

**Handläggare**

Lars Rosenqvist

Undersökning avseende referenshalter PFAS i mark och grundvatten

## Förekomst av PFAS i skogsmark (morän) i en region utan kända lokala föroreningskällor

Denna PM har tagits fram av SGU på uppdrag av Naturvårdsverket. Arbetet är utfört under ledning av Lars Rosenqvist, som skrivit handlingen med bidrag av och granskning från Maria Åkesson, Bo Thunholm och Joel Häggqvist. Patrick Casey har bistått datainsamlingen.

## Inledning

PFAS påträffas världen över, även på platser långt från kända föroreningskällor, varpå det uppstått en diskussion kring huruvida och i vilken omfattning det förekommer diffus antropogen bakgrundsbelastning av PFAS i mark och vatten. Insikt om och kvantifiering av en sådan eventuell bakgrundsbelastning är central för riskbedömning, -värdering och -hantering på olika skalor. Behovet har också blivit alltmer relevant i och med uppdaterade toxikologiska studier och en allt striktare reglering av PFAS, genom bland annat lägre riktvärden och gränsvärden för PFAS i mark och vatten.

I Sverige påvisas PFAS relativt konsekvent i nationell miljöövervakning av nederbörd och luft (Fredricsson m.fl. 2021), och Naturvårdsverket (NV) bedömer att atmosfärisk deposition av PFAS utgör ett betydande bidrag till den totala halten i miljön, även om detta bidrag på lokal nivå generellt bedöms vara ringa i förhållande till eventuella lokala föroreningskällor (Naturvårdsverket 2016). Studier i såväl naturlig skogsmark (Sörengård m.fl. 2022), grundvatten (Åkesson 2024) som ytvatten (Filipovic m.fl. 2015) i relativt ostörda områden i olika delar av landet stödjer detta resonemang. Den av Sörengård m.fl. (2022) presenterade undersökningen av PFAS i svensk skogsmark är avgränsad till det övre organiska humusskiktet, medan kännedom om referenshalter av PFAS i mineraljorden till stor del saknas i ostörda referensmiljöer. Baserat på en finsk studie av PFAS i sparade (5-12 år) ytliga mineraljordsprover (morän, ca 0–25 cm) från markgeokemisk kartläggning kan PFAS även förväntas förekomma i mineraljorden i förhållandevis låga halter (Reinikainen m.fl. 2024).

Det pågår för närvarande en statlig satsning som övergripande syftar till att stärka och samordna nationell vägledning kring spridning av PFAS i miljön. Sedan 2023 har SGU erhållit bidragsmedel från Naturvårdsverkets anslag 1:4 ap. 1 för att bistå denna satsning. Inom ramen för detta arbete låter SGU utföra olika typer av utredningar och undersökningar för att generera underlag kring eventuell förekomst av PFAS i mark och grundvatten bortom kända punktkällor, dvs. områden där atmosfärisk deposition och annan diffus spridning bedöms utgöra möjliga källor till förorening. Parallellt med denna satsning har Naturvårdsverket i samarbete med Statens geotekniska institut (SGI) inlett en konsekvensanalys av det förslag till generella riktvärden för PFAS i mark och grundvatten som SGI skickade på remiss under 2022 (Naturvårdsverket 2024; SGI 2024). Konsekvensanalysens syfte är att analysera de samhällsekonomiska konsekvenserna av de föreslagna generella riktvärdena för PFAS i förorenad mark. Resultaten från de undersökningar av PFAS i mark som SGU utför i samverkan med Naturvårdsverket och SGI utgör del av underlaget till konsekvensanalysen.

Undersökningarna av PFAS i områden utan känd påverkan från lokala föroreningskällor kommer att fortgå åtminstone också under innevarande år (2024), varpå utfört arbete planeras att syntetiseras i en eller flera mer djuplodande rapporter. Mot bakgrund av ett stort samhällsintresse är dock avsikten att i enkla former redovisa resultat av delmoment under arbetets gång. I linje med detta, redovisas i denna PM de inledande undersökningar i mark som utfördes under 2023, omfattandes bred provtagning och analys av PFAS i en skogsregion belägen mellan Gävle i söder och Hudiksvall i norr. Resultat från undersökningar av PFAS i grundvatten utförda av SGU 2023 inom stationsnätet för den nationella miljöövervakningen av grundvatten redovisas i en separat PM (Åkesson 2024).

## Metodik

### *Provtagning av jord 2023*

Undersökning av PFAS i mark har utförts i samband med SGU:s ordinarie geokemiska kartläggning av bakgrundshalter av grundämnen i morän, som under sommaren 2023 utfördes i nordöstra Svealand och sydöstra Norrland, i ett område mellan Gävle i söder och Hudiksvall i norr. Provtagning utfördes inom ett provtagningsnät med en provtäthet som används i den geokemiska kartläggningen av grundämnen i morän (Andersson m.fl. 2014). Ett grundläggande kriterium för urval av provplatser var att dessa inte fick ligga i nära anslutning till någon potentiell föroreningskälla för PFAS, såsom flygfält, brandövningsplatser, brandstationer, industrier, urbana områden, större vägar etc. Vidare gällde att de provgropar som valdes ut skulle representera sura podsolprofiler (figur 1) med en tydligt utvecklad organisk horisont (O-horisont), helst med en synlig utlakningshorisont (E-horisont), alternativt med inblandning av organiskt material (A-horisont), en B-horisont (med utfällning av järnoxider och -hydroxider samt ev. humus i dess övre del) och därunder en C-horisont (där moränen vanligen inte har störts av vittring). Sura podsolprofiler är den vanligaste jordmånstypen i Sverige och har utvecklats i jord från näringsfattigt glacialt ursprungsmaterial.

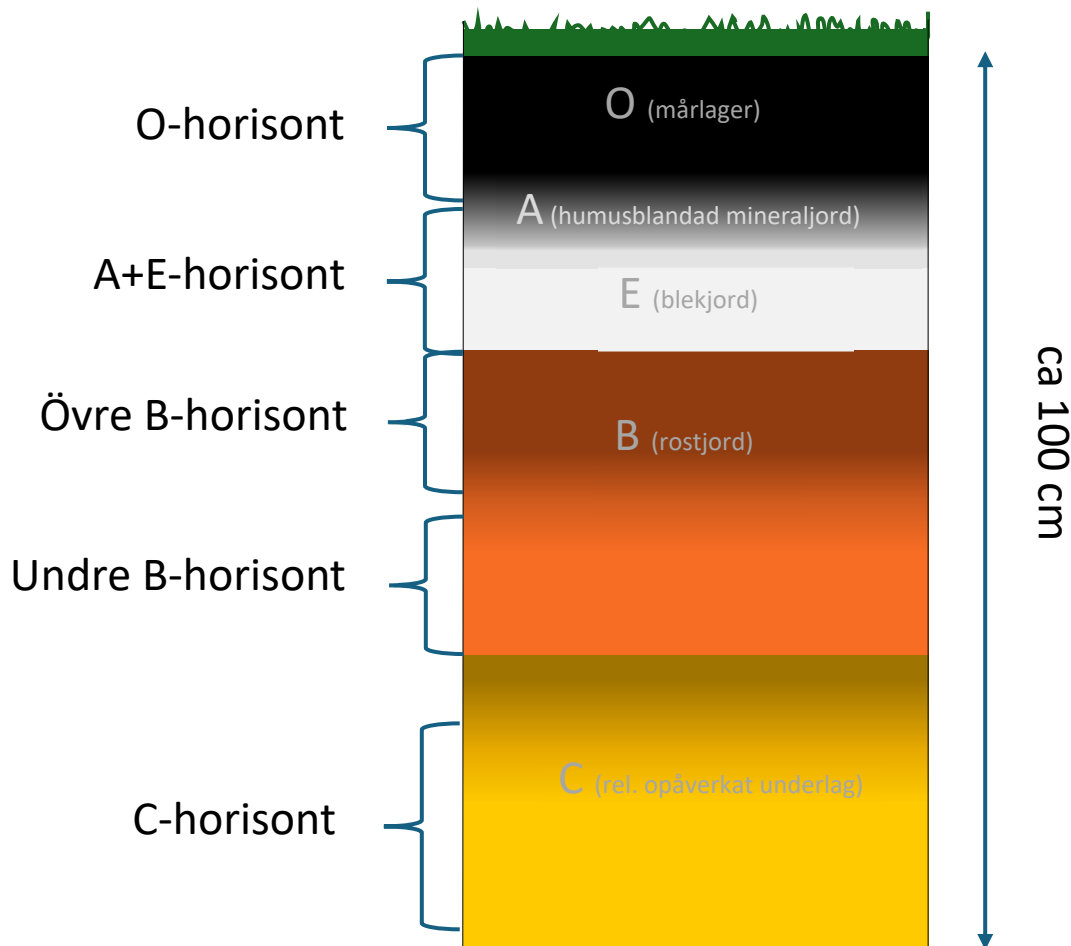
I föreliggande pilotstudie valdes 21 representativa provplatser ut, jämnt fördelade mellan provrutor och över hela karteringsområdet (se karta, figur 2). Inför fältarbetet utarbetades särskilda provtagningsinstruktioner (bilaga 1) som komplement till befintliga rutiner inom SGU:s geokemiska kartläggning av bakgrundshalter av grundämnen i morän. Syftet var att minimera risken för kontaminering i samband med provtagning, och att samtidigt öka möjligheterna för att bedöma eventuell påverkan av sådan kontaminering. Provtagningens osäkerhet/precision (repetierbarheten) uppskattades vid några provplatser genom provtagning och analys av dubbelprover (ordinarie prov samt fältreplikat), se avsnitt *Utvärdering*.

Provtagningen utfördes i juni och juli 2023, utifrån instruktionerna i bilaga 1. Vid var och en av de 21 provplatserna (provgroparna) uttogs fem prover från fem olika horisonter för analys av PFAS (figur 1). För provtagning av O-horisonten användes en humusborr (20 mm diameter) och för provtagning av mineraljord en liten spade av stål (omålad). I fyra av provgroparna uttogs dubbelprover (två separata delprover) från O-horisonten, och i två av provgroparna dubbelprover från E/A- B-, BC respektive C-horisonten i mineraljorden. Provhantering och förvaring av jordprover har gjorts i enlighet med analyslaboratoriets rutiner och skriftliga instruktioner. Endast från laboratoriet tillsända provkärl användes. Efter provtagning förvarades provburkarna väl förslutna i kylväska med kylklampar i fält, och i kylskåp, alternativt frys, i fältförråd. Proverna transporterades till SGU, där de placerades i kylrum (+4°C) i väntan på vidare provberedning och transport till laboratorium.

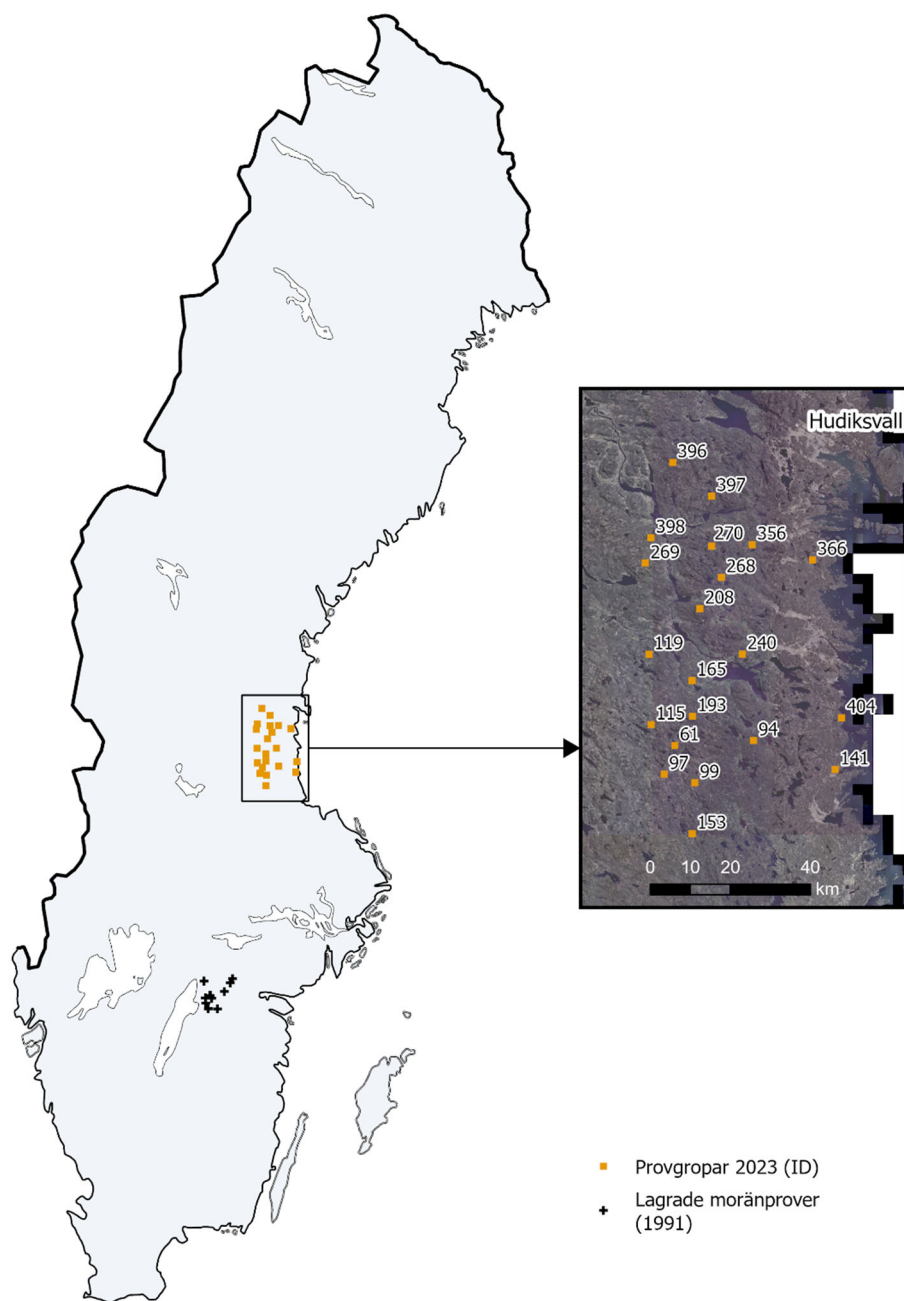
### *Sparade moränprover från tidigare kartering*

Vid SGU finns sparade moränprover från karteringsaktiviteter sedan 1980-talet. SGU har analyserat grundämnen i framför allt finfraktioner (<0,063 mm) i moräners C-horisont, den visuellt sett opåverkade delen i jordmänen, typiskt på cirka 1 m djup. Ett par tusen av proverna har även analyserats på halterna i fraktionen <2 mm, det vill säga den fraktion som normalt analyseras vid undersökning av förorenad mark. Föreliggande undersökning har haft ambitionen att utvärdera möjligheten att även använda sådana sparade jordprover för undersökning av PFAS. Omfattande analyser av PFAS i sparade

moränprover har under 2023 inte varit möjligt att genomföra på grund av en omorganisering och flytt av SGU:s lager för dessa prover. Endast ett mindre stickprov bestående av 10 tillgängliga, sparade moränprover (finfraktionen <0,063 mm, torkade vid 60°C i ett dygn) från 1991 kunde analyseras avseende PFAS och TOC. Lägen för provuttag framgår i kartan i figur 2. Mer uppgifter om dessa jordprover återfinns i tabellen i bilaga 4. Ambitionen kvarstår att analysera PFAS och TOC i fler sparade prover om möjlighet ges under 2024 eller 2025.



**Figur 1.** Schematisk bild av jordmånshorisonter, Podsol. Provuttag för analys av PFAS och TOC gjordes från O-horisonten, A+E-horisonten (fortsättningsvis refererad till som E/A-horisonten), övre B-horisonten, undre B-horisonten (fortsättningsvis refererad till som BC-horisonten) samt C-horisonten.



**Figur 2.** Karta som visar lägen för provplatser (provgropar) vid SGU:s undersökning 2023 samt lagrade moränprover (C-horisont, <math><0,63 \mu\text{m}</math> kornstorlek) från kartläggning av markgeokemi 1991. I den förstörade bilden till höger redovisas provplats-ID enligt det system som används inom SGU:s kartläggning av markgeokemi.

### *Kemisk analys*

Information kring analysmetoder och ackreditering, kvantifieringsgränser och mätosäkerheter framgår av bilaga 2. Totalt analyserades 116 jordprover från fältundersökningen 2023 samt 10 sparade jordprover från tidigare geokemisk kartläggning avseende 35 PFAS och totalt organiskt kol (TOC). Analyserna utfördes av Eurofins Sverige. Analyspaketet för PFAS representerar ett brett spektrum av PFAS som kan förekomma i såväl mark som grundvatten, inklusive prekursorer samt olika grenade och ogrenade varianter (bilaga 2). Vid analyser av PFAS tillämpades extra låga kvantifieringsgränser (LOQ) och för PFOS kunde laboratoriet även rapportera spårbara halter i ett intervall mellan detektionsgräns (LOD) och LOQ.

För ett urval av mineraljordsprover från B-horisonten (20 prover), E/A-horisonten (3 prover) och C-horisonten (4 prover) utfördes oxalatextraktion samt analys av oxalatlösliga metaller för utvärdering av mineraljordens adsorptionskapacitet. Oxalatextraktion samt analys av oxalatlösliga metaller utfördes av ALS Scandinavia enligt en vedertagen metod (prof. Dan Berggren Kleja, SGI, personlig kommunikation).

### *Utvärdering*

Resultaten av PFAS-analyserna kontrollerades och sammanställdes efterhand de erhöles från laboratoriet. Summahalter beräknades för dels samtliga detekterade PFAS i respektive jordprov, dels för PFAS4, dvs. sammahalten för de fyra substanserna PFOS, PFOA, PFNA och PFHxS som ligger till grund för de förslag till generella riktvärden för PFAS i mark och grundvatten som SGI skickade på remiss under 2022. Vid beräkning av sammahalter har av laboratoriet rapporterade värden lägre än kvantifieringsgränsen, genomgående ansatts till värdet 0 (noll). Vidare beräknades den relativa sammansättningen av detekterade PFAS i varje enskilt prov för utvärdering av kemiska fingeravtryck och eventuell förändring av PFAS sammansättning med ökat markdjup.

För att utvärdera skillnaderna mellan dubbelprover beräknades den relativa procentuella differensen (RPD). RPD beräknas som den absoluta skillnaden mellan resultaten för duplikatparet, dividerat med medelvärdet för duplikatparet, och kan användas för att bedöma representativiteten/precisionen av uppmätta halter, och provtagnings- och analystillförlitligheten (ekvation 1).

Ekvation 1

$$RPD = \frac{|c_1 - c_2|}{\left(\frac{c_1 + c_2}{2}\right)} \times 100$$

Där:

RPD är den relativa procentuella differensen

$c_1$  är koncentrationen av ämnet i prov 1

$c_2$  är koncentration av ämnet i prov 2

## Rapportering till databas

Insamlade data levereras till SGU:s databaser enligt avtal med det nationella datavärdskapet för miljögifter. Därmed säkerställs att förvaltning och framtida användning av data möjliggörs för flera olika syften.

## Resultat

### Uppgifter om provplatser och analysresultat

I samband med fältundersökningen 2023 uttogs totalt 116 jordprover från 21 provgropar (figur 2), varav 25 prover från O-horisonten, 23 prover från E/A-horisonten, 22 prover från B-horisonten, 23 prover från BC-horisonten och 23 prover från C-horisonten. Fullständiga analysresultat avseende PFAS och TOC (totalt organiskt kol) redovisas i bilaga 3 för de 116 jordproverna från fältundersökningen 2023, och i bilaga 4 för de 10 sparade moränproverna (C-horisont) från kartläggning 1991. I bilaga 3 redovisas även uppmätta halter av oxalatlösligt aluminium och järn i 27 utvalda mineraljordsprover från fältundersökningen 2023. I respektive bilaga återfinns uppgifter om provplatserna och jordproverna såsom lägeskoordinater, markytans höjd över havet, jorddjup med mera.

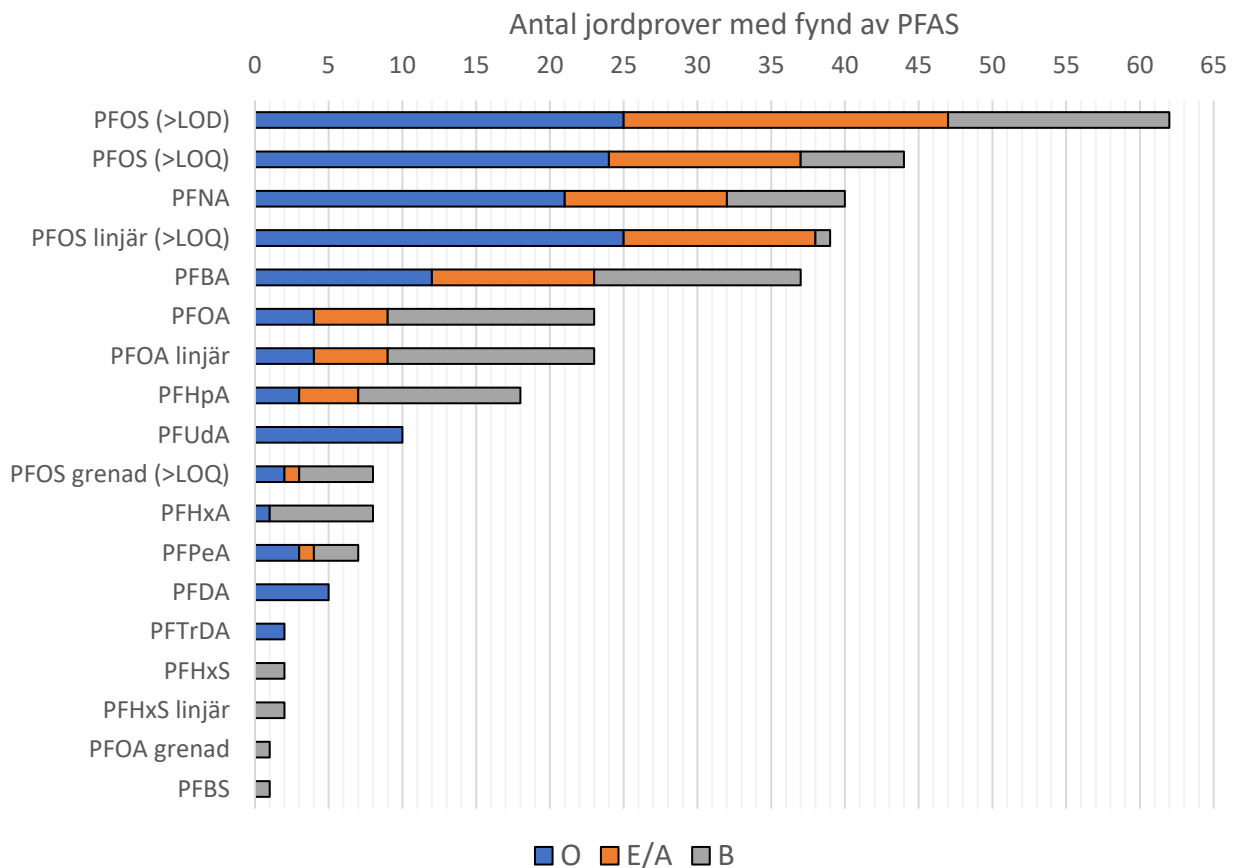
### Fynd av PFAS i jordproverna

I figur 3 illustreras antal jordprover med fynd av detekterade PFAS vid provtagningen 2023, uppdelat per jordmånshorisont. Detektion av halter över kvantifieringsgränsen (LOQ) noterades för 12 av de 35 analyserade PFAS. Av dessa 12 PFAS detekterades 10 i O-horisonten, 6 i E/A-horisonten och 9 i B-horisonten. För PFOS kunde laboratoriet även rapportera spårhalter i intervallet mellan kvantifieringsgränsen (LOQ) och analysmetodens detektionsgräns (LOD), vilket resulterade i en högre fyndfrekvens av PFOS i jordproverna. De 20 PFAS som inte detekterades (se figurtext under figur 3) utgörs till stor del av så kallade prekursorer, etrar eller andra PFAS som ställvis påträffas på platser som förorenats av PFAS, till exempel genom användning av brandsläckningsskum. För PFOA, PFHxS, PFOS och PFOSA rapporterades även resultat uppdelade för både grenade och linjära varianter, s.k. isomerer. De grenade isomererna har andra fysikalisk-kemiska egenskaper än motsvarande linjära molekyler. Grenade perfluorerade alkylsyror (PFAA) är exempelvis mer vattenlösliga, och är därför mer mobila, än motsvarande linjära (KEMI 2021). Det är en möjlig delförklaring till varför de linjära isomererna var mer frekvent förekommande i jordproverna (se figur 3).

Fynd av PFAS gjordes i samtliga 21 provgropar och i 62 av totalt 116 analyserade jordprover. En eller flera PFAS detekterades i samtliga 25 analyserade prover från O-horisonten, i 22 av 23 analyserade prover från E/A-horisonten samt i 19 av 22 analyserade prover från B-horisonten. Däremot saknades fynd av PFAS helt i jordprover från BC- och C-horisonten (se figur 3). Inte heller detekterades några kvantifierbara halter (>LOQ) av 35 analyserade PFAS eller spårbara halter (>LOD) av PFOS i de vid SGU sedan 1991 lagrade moränproverna (C-horisont, 0,6–1 m djup under markytan, kornstorlek <63 µm). Fynd av PFAS i föreliggande undersökning var således uteslutande avgränsade till markens humusskikt (O-horisonten) och den övre delen av mineraljorden (E/A- och B-horisonten).

Sett till samtliga 70 analyserade jordprover från O-, E/A- och B-horisonten uppvisar PFOS högst fyndfrekvens, med detektion i ca 89 procent av jordproverna (dvs. 62 av 70 prover), i det fall spårhalter

inom intervallet mellan LOD och LOQ inräknas. När detekterade spårhalter av PFOS under LOQ exkluderas blir fyndfrekvensen för PFOS i stället 64 procent (dvs. 45 av 70 prover). Utfallet visar tydligt på fyndfrekvensens beroende av rapporteringsgräns. Andra ämnen som kunde detekteras i halter över LOQ i de 70 analyserade proverna var, i fallande ordning (fyndfrekvens angiven inom parentes), PFNA (57%), PFBA (53%), PFOA (33%), PFHpA (26%), PFUdA (14%), PFHxA (11%), (PFPeA (10%), PFDA (7,1%), PFHxS (2,9%), PTrDA (2,9%) och PFBS (1,5%). Antal fynd av detekterade PFAS i analyserade jordprover, uppdelat per jordsmånshorisont, framgår även från tabell 2 i det följande avsnittet *Halter och fördelning av PFAS i jordproverna*.



**Figur 3.** Antal jordprover med fynd av olika PFAS vid provtagningen 2023, uppdelat per jordmånshorisont (O-, E/A-, och B-horisonten). Inga fynd av PFAS påvisades i BC- och C-horisonten. Sammantaget detekterades 12 av 35 analyserade PFAS i halter över kvantifieringsgräns (LOQ). De PFAS som inte detekterades i något jordprov var PFDoA, PFHxS grenad, PFHpS, PFDS, 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS, 10:2 FTS, EtFOSA, EtFOSE, EtFOSAA, MeFOSAA, MeFOSA, MeFOSE, FOSAA, PFNS, PFDoS, PFPes, PFTrDS, PFUnDS, PFOSA, PFOSA grenad och PFOSA linjär.



### *Halter och relativ fördelning av PFAS i jordproverna*

Sammanfattande statistik avseende halter av påträffade PFAS uppdelat per jordmåns horisont presenteras i tabell 1. I figur 4 visas uppmätta halter samt den relativa fördelningen av PFAS i jordproverna inom de tre jordmåns horisonter där PFAS detekterades, dvs. det översta organiska humusskiktet (O-horisonten) samt de två underliggande övre mineraljordshorisonterna (E/A- och B-horisonten).

Det framgår, framför allt av figur 4, att uppmätta halter av olika PFAS uppvisade förhållandevis stor variation mellan olika provplatser och jordmåns horisonter, men även mellan jordprover (replikat) tagna inom samma horisont på en given plats. De högsta halterna av PFAS uppmättes i O-horisonten, där 10 av de totalt 35 analyserade PFAS detekterades i halter över kvantifieringsgränsen. I O-horisonten varierade beräknade summahalter för detekterade PFAS mellan 0,11–4,23 µg/kg TS (median 1,22 µg/kg TS). I mineraljorden uppmättes betydligt lägre halter av PFAS. Summerade halter av detekterade PFAS i E/A-horisonten låg mellan 0,01–0,66 µg/kg TS (median 0,094 µg/kg TS) och i B-horisonten mellan 0,02–0,87 µg/kg TS (median 0,279 µg/kg TS). På djupare nivåer i mineraljorden, i BC- och C-horisonten, detekterades som tidigare nämnt inte några PFAS i halter över laboratoriets angivna kvantifierings- och detektionsgränser (figur 3).

De halter av PFAS som detekterades i O-horisonten i föreliggande undersökning är av samma storleksordning som tidigare rapporterades av Sörengård m.fl. (2022) i deras landsomfattande screening av PFAS i den övre delen (0–10 cm) av humustäcket i svensk skogsmark. I deras undersökning detekterades 16 av totalt 28 analyserade PFAS i summahalter (för detekterade PFAS) mellan 0,40–6,6 µg/kg TS med en tendens till ökande halter från norr till söder och från väster till öster.

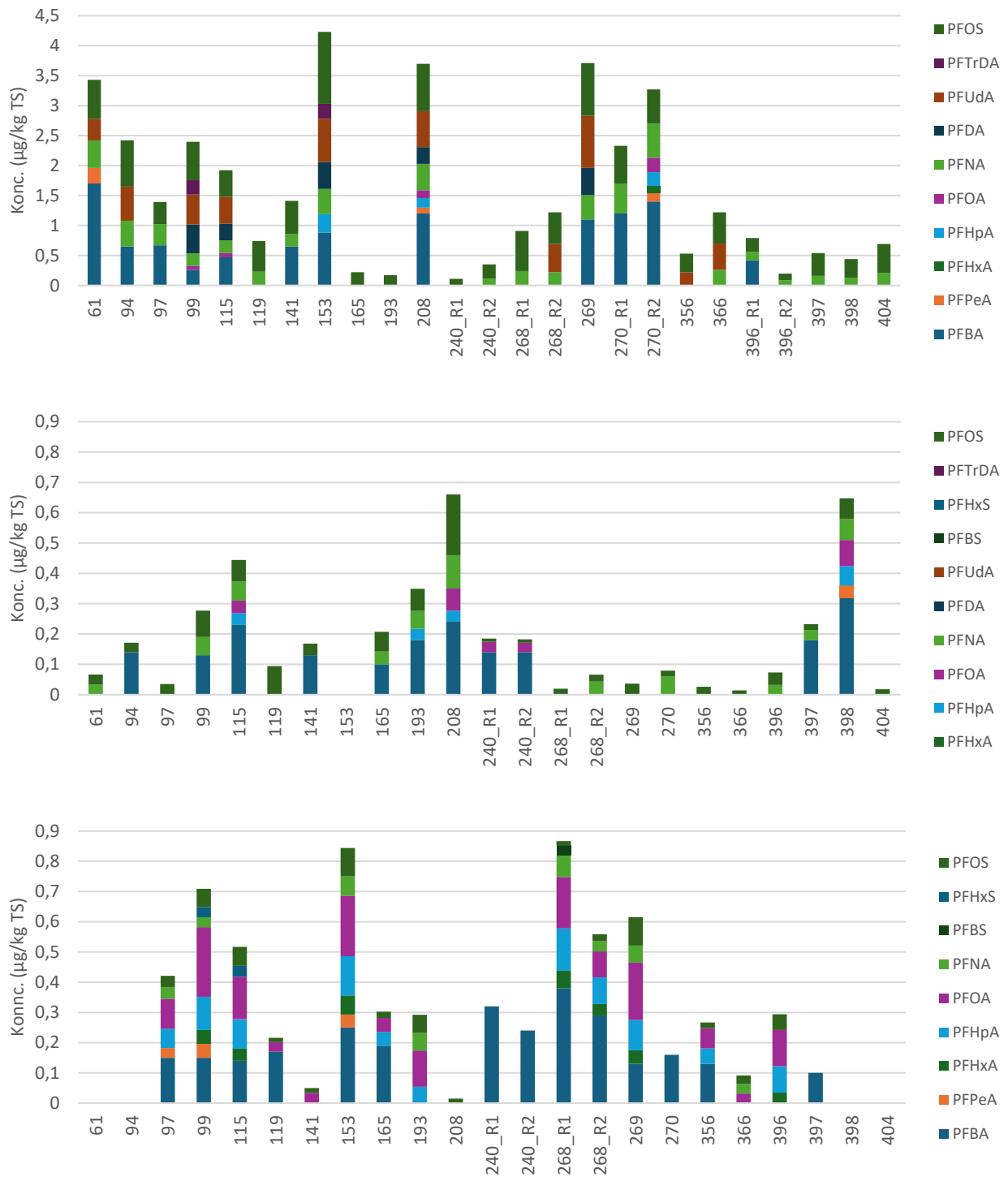
Det framgår i figur 4 att den relativa fördelningen av olika PFAS i jordproverna skiljer sig mellan de tre markhorisonter där PFAS detekterades. Det förefaller som om det relativa bidraget av PFAS med längre kolkedjor tenderar att minska med djupet samtidigt som det relativa bidraget av PFAS med kortare kolkedjor tenderar att öka. Detta förklaras av att långa PFAS har relativt lägre vattenlöslighet och större benägenhet att fastläggas till det fasta jordmaterialet jämfört med PFAS med kortare kolkedjor. Således utgjorde till exempel PFOS och PFNA (8 resp. 9 perfluorerade kol<sup>1</sup>) högre procentuell andel i O-horisonten medan den procentuella andelen av exempelvis PFHpA och PFOA (6 resp. 7 perfluorerade kol) var högre i B-horisonten. Några PFAS detekterades i endast en specifik horisont. Till exempel påträffades PFDA, PFUdA och PFTrDA (10, 11 resp. 13 perfluorerade kol) enbart i O-horisonten, medan PFBS och PFHxS (4 resp. 6 perfluorerade kol) endast detekterades i B-horisonten.

---

<sup>1</sup> Perfluorerade kolatomer avser sådana som är bundna till fluor.

**Tabell 1.** Sammanfattande statistik över halter ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS) av påträffade ämnen i alla 116 jordprover samt redovisat separat för O-, E/A- och B-horisonten. Ämnena är sorterade efter fyndfrekvens (högst till lägst) baserat på alla prover. m = median, p = percentil, < avser mindre än kvantifieringsgräns (LOQ) och << avser mindre än detektionsgräns (LOD).

Ämne	Prov- urval	Antal analyser	Antal fynd	min	p5	p10	p25	m	p75	p90	p95	max
<b>PFOS inkl. spårhalter</b>	Alla	116	62	<<	<<	<<	<<	0,015	0,092	0,523	0,653	1,200
	O	25	25	0,110	0,110	0,146	0,257	0,510	0,645	0,826	1,104	1,200
	E/A	23	22	<<	0,002	0,011	0,018	0,033	0,068	0,091	0,179	0,200
	B	22	15	<<	<<	<<	<<	0,017	0,054	0,085	0,094	0,094
<b>PFOS exkl. spårhalter</b>	Alla	116	45	<	<	<	<	<	0,092	0,523	0,653	1,200
	O	25	25	0,110	0,110	0,146	0,275	0,510	0,645	0,826	1,104	1,200
	E/A	23	13	<	<	<	<	0,033	0,068	0,091	0,179	0,200
	B	22	7	<	<	<	<	<	0,054	0,085	0,094	0,094
<b>PFNA</b>	Alla	116	40	<	<	<	<	<	0,059	0,223	0,422	0,570
	O	25	21	<	<	<	0,120	0,210	0,415	0,476	0,549	0,570
	E/A	23	11	<	<	<	<	<	0,059	0,067	0,102	0,110
	B	22	8	<	<	<	<	<	0,035	0,062	0,070	0,071
<b>PFBA</b>	Alla	116	37	<	<	<	<	<	0,140	0,392	0,913	1,700
	O	25	12	<	<	<	<	<	0,775	1,280	1,610	1,700
	E/A	23	11	<	<	<	<	<	0,140	0,236	0,304	0,320
	B	22	14	<	<	<	<	0,135	0,203	0,311	0,371	0,380
<b>PFOA</b>	Alla	116	23	<	<	<	<	<	<	0,086	0,145	0,240
	O	25	4	<	<	<	<	<	<	0,095	0,207	0,240
	E/A	23	5	<	<	<	<	<	<	0,060	0,083	0,086
	B	22	14	<	<	<	<	0,040	0,125	0,197	0,226	0,230
<b>PFHpA</b>	Alla	116	18	<	<	<	<	<	<	0,064	0,113	0,310
	O	25	3	<	<	<	<	<	<	0,188	0,286	0,310
	E/A	23	4	<	<	<	<	<	<	0,038	0,059	0,064
	B	22	11	<	<	<	<	0,023	0,091	0,124	0,139	0,140
<b>PFUdA</b>	Alla	116	10	<	<	<	<	<	<	<	0,475	0,870
	O	25	10	<	<	<	<	<	0,460	0,648	0,825	0,870
	E/A	23	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	B	22	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>PFHxA</b>	Alla	116	8	<	<	<	<	<	<	<	0,041	0,110
	O	25	1	<	<	<	<	<	<	<	0,077	0,110
	E/A	23	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	B	22	7	<	<	<	<	<	0,039	0,054	0,062	0,063
<b>PFPeA</b>	Alla	116	7	<	<	<	<	<	<	<	0,04	0,26
	O	25	3	<	<	<	<	<	<	0,12	0,23	0,26
	E/A	23	1	<	<	<	<	<	<	<	0,032	0,040
	B	22	3	<	<	<	<	<	<	0,040	0,046	0,046
<b>PFDA</b>	Alla	116	5	<	<	<	<	<	<	<	0,042	0,480
	O	25	5	<	<	<	<	<	<	0,450	0,471	0,480
	E/A	23	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	B	22	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>PFHxS</b>	Alla	116	2	<	<	<	<	<	<	<	<	0,036
	O	25	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	E/A	23	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	B	22	2	<	<	<	<	<	<	0,023	0,036	0,036
<b>PFBS</b>	Alla	116	1	<	<	<	<	<	<	<	<	0,032
	O	25	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	E/A	23	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	B	22	1	<	<	<	<	<	<	<	0,027	0,032
<b>PFTrDA</b>	Alla	116	2	<	<	<	<	<	<	<	<	0,250
	O	25	2	<	<	<	<	<	<	0,096	0,247	0,250
	E/A	23	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	B	22	0	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Summa PFAS4 inkl. spårhalter av PFOS</b>	Alla	116	62	<<	<<	<<	<<	0,023	0,222	0,753	1,141	1,620
	O	25	25	0,110	0,128	0,186	0,360	0,740	1,120	1,368	1,548	1,620
	E/A	23	22	<<	0,003	0,015	0,031	0,053	0,107	0,204	0,351	0,383
	B	22	15	<<	<<	<<	<<	0,076	0,238	0,352	0,358	0,358
<b>Summa detekterade PFAS inkl. spår- halter av PFOS</b>	Alla	116	62	<<	<<	<<	<<	0,058	0,435	1,271	2,547	4,230
	O	25	25	0,110	0,128	0,186	0,485	1,220	2,408	3,703	4,074	4,230
	E/A	23	22	<<	0,003	0,015	0,035	0,094	0,233	0,566	0,657	0,660
	B	22	19	<<	<<	<<	0,081	0,279	0,527	0,804	0,863	0,867

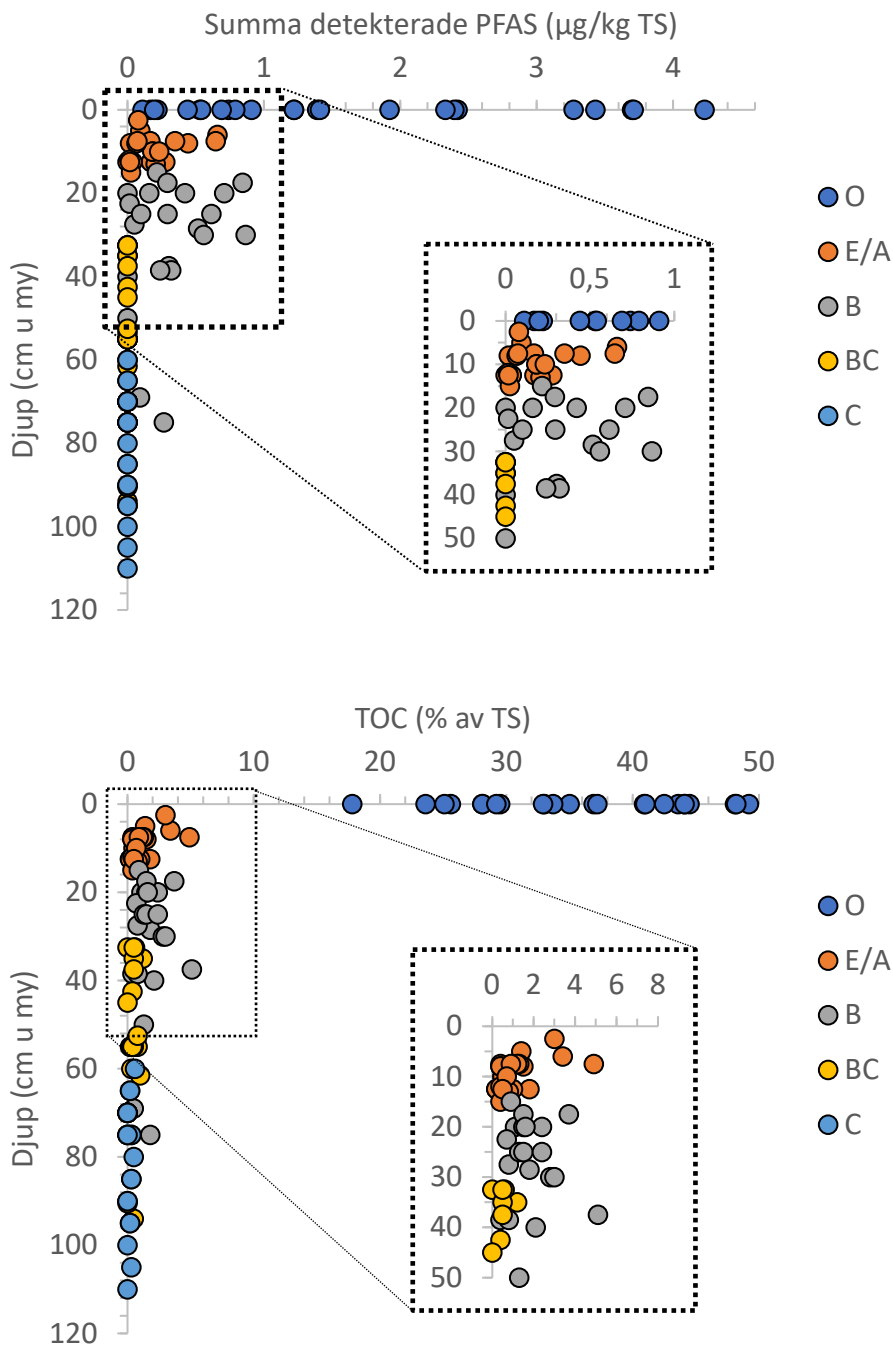


**Figur 4.** Detekterade halter samt relativ fördelning av PFAS i de jordmånshorisoner där PFAS detekterats, dvs. O-horisonen (överst), E/A-horisonen (mitten) och B-horisonen (nederst). Notera de olika skalorna på y-axeln (µg/kg TS). TS avser torrsubstans. På x-axeln visas provplats-ID (för lokalisering hänvisas till figur 2). R1 och R2 representerar replikat från dubbelprovtagning i några av provgröparna.

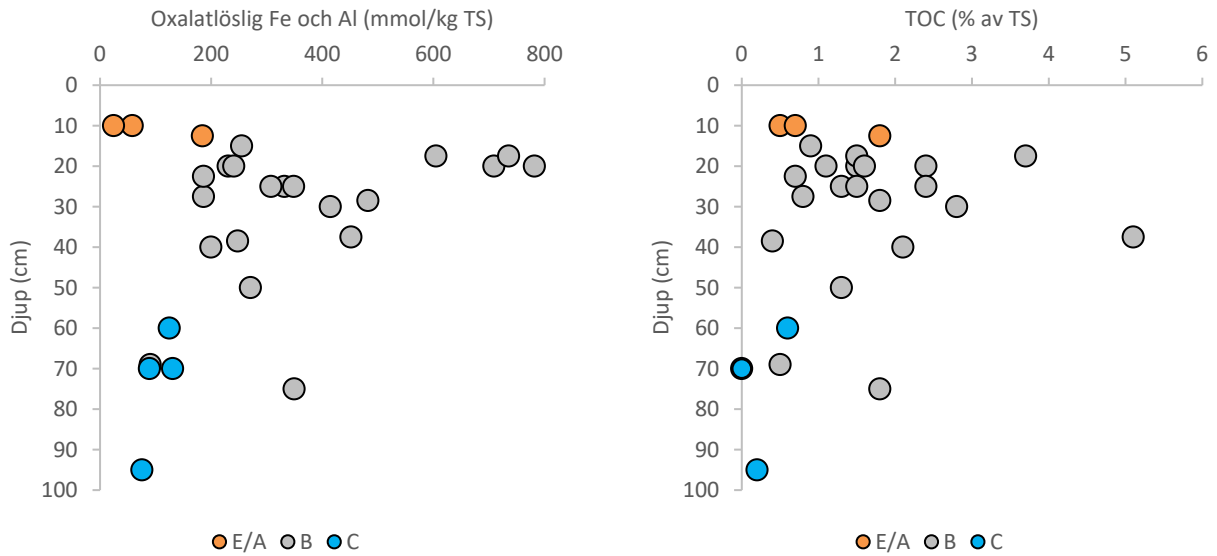
### *Fastläggning och djupberoende*

Som framgått från ovanstående avsnitt uppvisar halten PFAS i marken ett djupberoende tydligt kopplat till de jordmåns horisonter som bildats i de sura podsoljordarna. Detta djupberoende illustreras även i figur 5 där beräknade summahalter av detekterade PFAS (övre diagrammet) samt uppmätta halter av totalt organiskt kol (TOC) (nedre diagrammet) i samtliga 166 analyserade jordprover har plottats i relation till markdjupet. En jämförelse mellan de två diagrammen i figur 5 vittnar om att organiskt kol är en viktig sorbent för PFAS i marken, vilket är väl belagt inom forskningen (t.ex. Ahrens m.fl. 2011; Chen m.fl. 2013 och Milinovic m.fl. 2015; de Campos Pereira m.fl. 2018). Långa PFAS tenderar generellt att i större utsträckning än korta binda in till organiskt kol, och perfluorerade sulfonsyror (s.k. PFSA) att fastläggas starkare än perfluorerade karboxylsyror (s.k. PFCA) (KEMI 2021).

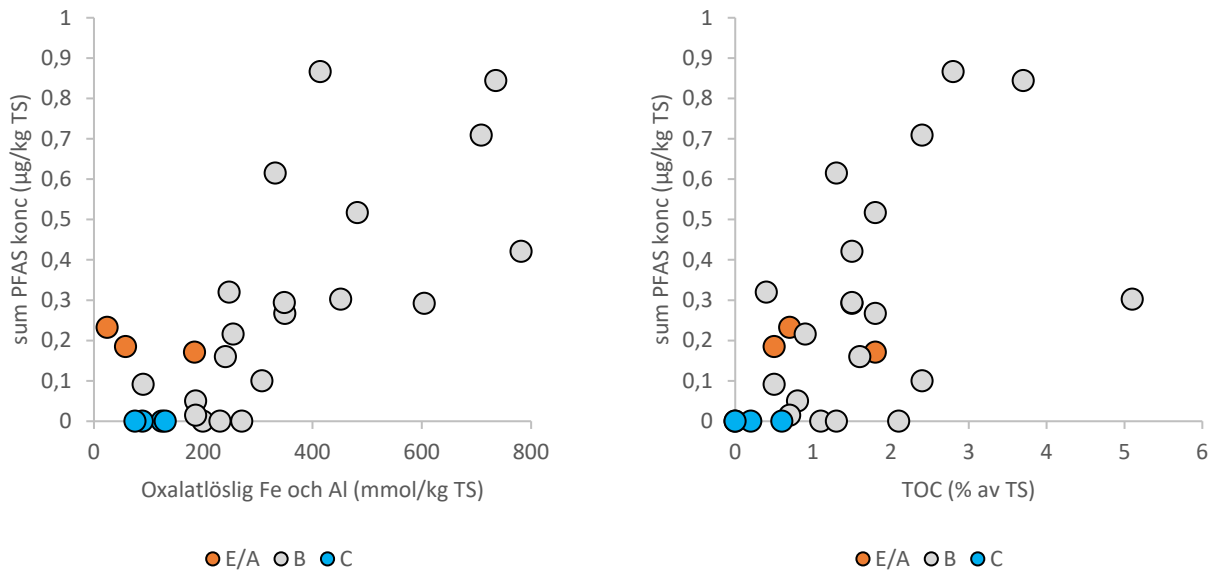
Vidare ger de oxalatlakningar som utfördes på ett urval av jordprover från framför allt B-horisonten (20 prover) och till mindre del E/A- och C-horisonten (3 respektive 4 prover) ytterligare vägledning om hur adsorptionsförmågan varierar i mineraljorden. I figur 6 visas hur den oxatlösliga halten järn och aluminium (till vänster) och, för jämförelse, halten TOC (till höger) varierar med markdjupet i mineraljorden inom de tre mineraljordshorisonterna. I figur 7 kan en positiv korrelation skönjas mellan beräknad summahalt PFAS och oxatlöslig halt av järn- och aluminium (till vänster), och ett likartat positivt samband urskiljas mellan PFAS och TOC (till höger). Diagrammen i figurerna 6 och 7 är exempel på resultat som visar att fastläggningen av PFAS i mineraljorden är kopplad till markens adsorptionsförmåga, vilken är som störst i B-horisonten till följd av anrikning av organiskt kol och metall(hydr)oxider. Flera studier (se till exempel de Campos Pereira 2021 och referenser däri) visar att organiskt material i de flesta fall spelar en nyckelroll i bindningen, men att även andra markfaktorer som halten oxatlösliga aluminium- och järn(hydr)oxider (de Campos Pereira m.fl. 2020; Umeh m.fl. 2021) och andelen silt-ler (Knight m.fl. 2019) kan ha betydelse. De låga halterna av totalt organiskt kol (TOC) och bristen på specifika adsorptionsplatser är en möjlig förklaring till varför PFAS inte kunde detekteras i de djupare delarna av mineraljorden (dvs. BC- och C-horisonten) i föreliggande undersökning. Redovisningen i figurerna 5 och 7 beaktar summahalter av detekterade PFAS, medan det återstår att utvärdera individuella PFAS djupberoende kopplat till markens adsorptionsförmåga.



**Figur 5.** Beräknade summahalter av detekterade PFAS (övre diagrammet) och uppmätta halter av totalt organiskt kol (TOC) (nedre diagrammet) i 166 jordprover från 21 provgröpar, redovisade per horisont samt i relation till djupet under markytan.



**Figur 6.** Oxalatlösliga halter av järn och aluminium (mmol/kg TS) och halt TOC (% av TS) i tre olika mineraljordshorisonter (E/A- B- och C-horisonten) i relation till djup under markytan (cm). TOC avser totalt organiskt kol. TS avser torrsubstans.



**Figur 7.** Summahalter av detekterade PFAS (µg/kg TS) i relation till oxalatlösliga halter av järn och aluminium (mmol/kg TS) och halten TOC (% av TS) i jordprover från tre olika mineraljordshorisonter (E/A- B- och C-horisonten). TOC avser totalt organiskt kol.

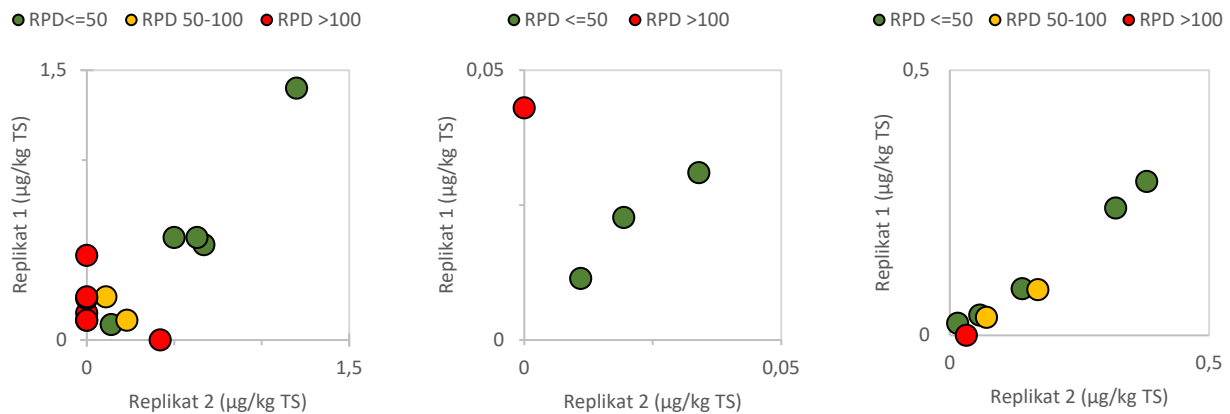
## Dubbelprover

För att få viss uppfattning om PFAS-halternas rumsliga variation vid respektive provplats uttogs dubbelprover (två replikat R1 och R2) från det organiska humusskiktet (O-horisonten) i fyra av provgröparna (ID 240, 268, 270 och 396) samt från mineraljordens E/A-, B, BC och C-horisonten i två av dessa provgröpar (ID 240 och 268). Analysresultat avseende PFAS samt beräknade RPD-värden framgår av tabell 2.

Resultaten visar att precisionen i mätningarna (repetierbarheten) varierar både mellan och inom jordmånshorisonterna. Detta illustreras i figur 8 där uppmätta halter av PFAS i replikprover redovisade i tabell 2 plottats på x- respektive y-axeln. I figuren framträder för några mätningar en relativt god korrelation mellan resultat från analys av dubbelprover. Dessa har markerats i grönt (RPD ≤ 50). Några dubbelprover uppvisade större haltskillnader mellan replikaten. I figuren har dessa markerats i gult (RPD 50–100) respektive rött (RPD > 100). Resultaten indikerar att en större haltvariation av PFAS kan förväntas förekomma i det organiska humusskiktet än i den övre delen av mineraljorden. Precisionen i mätningarna var generellt bättre i mineraljorden (E/A- och B-horisonten) än i humusskiktet (O-horisonten). Precisionen var också över lag bättre för PFOS jämfört med övriga detekterade PFAS, vilket möjligen delvis kan förklaras av att laboratoriet kunde rapportera spårhalter (mellan LOD och LOQ) för PFOS. RPD-värden > 100 i tabell 2 betyder att mätvärden överskridande kvantifieringsgränsen endast erhöles i det ena av de två analyserade dubbelproverna.

**Tabell 2.** Uppmätta halter ( $R1_{konc}$  och  $R2_{konc}$ ) av olika PFAS i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  torrsbstans och relativ procentuell differens (RPD) för dubbelprover av jord från dels O-horisonten i provgröparna med ID 240, 268, 270 och 396, dels E/A- och B-horisonten i provgröparna med ID 240 och 268. Lägen för provgröparna framgår av kartan i figur 2. Ytterligare information om provgröparna återfinns i bilaga 3.

Parameter	Horisont	Provgrop 240 Koord: N 6794950, E 592355			Provgrop 268 Koord: N 6814035, E 587119			Provgrop 270 Koord: N 6821855, E 584679			Provgrop 396 Koord: N 6842666, E 574958		
		$R1_{konc}$	$R2_{konc}$	RPD	$R1_{konc}$	$R2_{konc}$	RPD	$R1_{konc}$	$R2_{konc}$	RPD	$R1_{konc}$	$R2_{konc}$	RPD
PFBA	O	<	<	-	<	<	-	1,2	1,4	15	0,42	<	>100
	E/A	0,14	0,14	0	<	<	-						
	B	0,32	0,24	29	0,38	0,29	27						
PFPeA	O	<	<	-	<	<	-	<	0,15	>100	<	<	-
	B	<	<	-	0,058	0,038	42	<	0,11	>100	<	<	-
PFHxA	O	<	<	-	<	<	-	<	0,23	>100	<	<	-
	B	<	<	-	0,14	0,088	46	<	0,24	>100	<	<	-
PFOA	O	<	<	-	<	<	-	<	0,24	>100	<	<	-
	E/A	0,034	0,031	9,2	<	<	-						
PFNA	B	<	<	-	0,17	0,086	66						
	O	<	0,11	>100	0,24	0,22	8,7	0,50	0,57	13	0,14	0,09	48
PFNA	E/A	<	<	-	<	0,043	>100						
	B	<	<	-	0,071	0,034	70						
PFUdA	O	<	<	-	<	0,47	>100	<	<	-	<	<	-
PFBS	B	<	<	-	0,032	<	>100						
PFOS	O	0,11	0,24	74	0,67	0,53	23	0,63	0,57	10	0,23	0,11	71
	E/A	0,011	0,011	3,6	0,019	0,023	16						
	B	<	<	-	0,016	0,023	38						



**Figur 8.** Uppmätta halter av olika PFAS (redovisade i tabell 2) i O-horisonen (vänster), E/A-horisonen (mitten) och B-horisonen (höger) i replikat (dubbelprover). RPD anges för tre intervall:  $\leq 50$ , 50–100 och  $> 100$ . RPD-värden  $> 100$  betyder att mätvärden överskridande kvantifieringsgränsen endast erhöles i det ena av de två analyserade dubbelproverna.

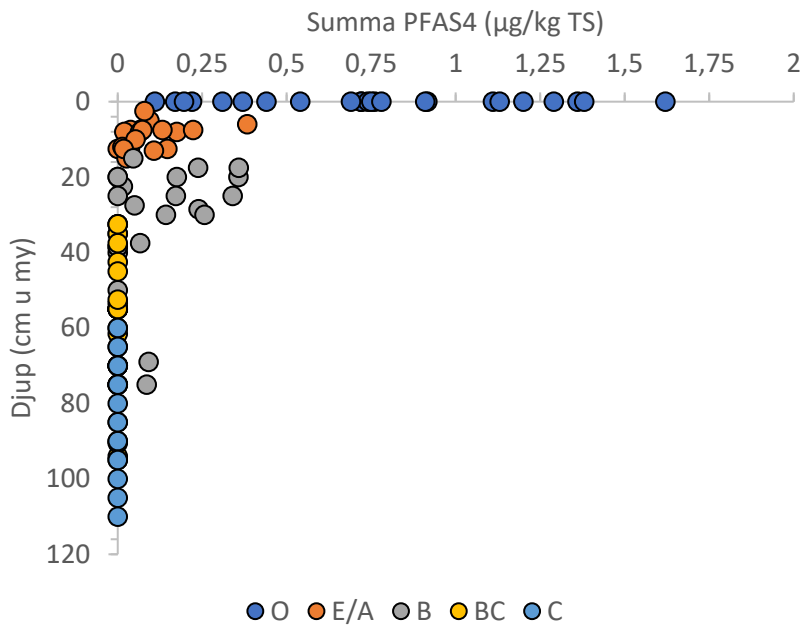
### Summahalt PFAS4, revidering av riktvärden

Beräknade summahalter av PFAS4 (dvs. PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS) i samtliga analyserade jordprover i föreliggande undersökning redovisas i tabellform i bilaga 3. I figur 9 illustreras hur beräknad summahalt av PFAS4 i jordproverna (166 st.) från respektive markhorison (O, E/A, B, BC och C) minskar med markdjupet. Från figuren framgår att kvantifierbara summahalter av PFAS4 enbart kunde påvisas i ytlig jord (O-, E/A- och B-horisonen) och över lag saknades på nivåer under ca 0,4 m djup. Resultaten visar på en betydande variation i ytlig jord vad gäller den beräknade summahalten PFAS4. Inga kvantifierbara summahalter av PFAS4 noterades i BC- och C-horisonen. De beräknade summahalterna av PFAS4 i B-horisonen i föreliggande undersökning är jämförbara med resultat från Finland, där summahalter av PFAS4 upp till 0,31  $\mu\text{g}/\text{kg TS}$  (medelvärde 0,06  $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ ) detekterades i B-horisonen i moränprover som sparats från tidigare kartläggning i opåverkade referensområden (Reinikainen m.fl. 2024).

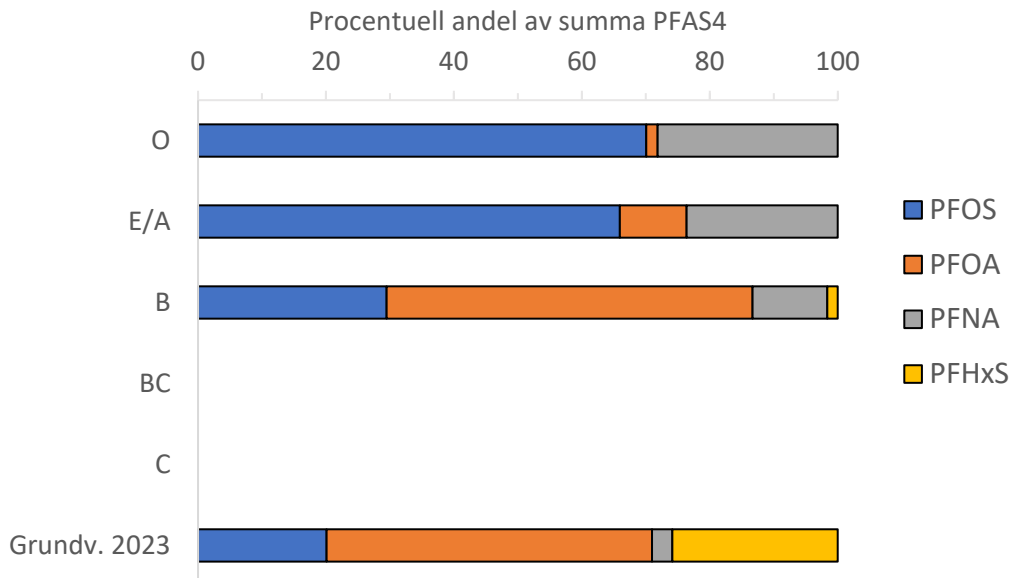
År 2020 reviderade den europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (Efsa) sin rekommendation till ett tolerabelt veckointag (TVI) med summahalten av PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS (dvs. PFAS4). Med anledning av detta har SGI genomfört ett arbete med målet att redovisa generella riktvärden för PFAS i mark och grundvatten (SGI 2024). Förslag till generella riktvärden för PFAS4 i mark och grundvatten skickades på remiss under 2022.

Det av Efsa reviderade (avsevärt lägre) TVI-värdet innebär att generella riktvärden för känslig och mindre känslig markanvändning hamnar på en nivå som är jämförbar med de bakgrundshalter i ytlig jord som påvisats i skogsmark i föreliggande undersökning. Detta riskerar att medföra stora konsekvenser, såväl ekonomiskt som vad gäller hantering av bland annat förorenad mark och schaktade massor (Naturvårdsverket 2024). Naturvårdsverket har därför i samarbete med SGI inlett en samhällsekonomisk konsekvensanalys som underlag inför beslut om att införa generella riktvärden för vissa PFAS. För mer information hänvisas till Naturvårdsverkets och SGI:s webbplatser (Naturvårdsverket 2024; SGI 2024).





**Figur 9.** Beräknade summahalter av PFAS4 (PFOA, PFOS, PFNA och PFHxS) i relation till markdjupet i 166 analyserade jordprover från 21 provgröpar, redovisade per horisont.



**Figur 10.** Procentuell andel PFOA, PFOS, PFNA och PFHxS av summahalten PFAS4 (baserat på medelhalter) i de jordmåns horisonter där PFAS detekterats, dvs. O-horisonten, E/A-horisonten och B-horisonten (nederst). Varken i BC- eller C-horisonten detekterades halter över kvantifieringsgräns. Längst ner i figuren visas motsvarande procentuella fördelning för de grundvattenprover (i vilka de fyra substanserna detekterades) som togs i samband med SGU:s undersökningar 2023 (Åkesson 2024).

I figur 10 visas hur den procentuella andelen PFOS och PFNA med jämförelsevis längre perfluorerade kolkedjor (8 resp. 9 perfluorerade kol) minskar från O-horisonten till B-horisonten, medan andelen av de mer mobila PFOA och PFHxS, med kortare perfluorerade kolkedjor (7 resp. 6 perfluorerade kol), ökar. För jämförelse visas även den procentuella fördelningen av PFOS, PFNA, PFOA och PFHxS i grundvatten för de prover (i vilka de fyra substanserna detekterades) som togs i samband med SGU:s landsomfattande undersökning av referenshalter 2023 (Åkesson 2024). Det ska noteras att det är de mer mobila PFOA och PFHxS som uppvisar högst procentuell andel i grundvattnet.

## Slutsatser och fortsatt arbete

De provplatser som omfattas av föreliggande undersökning kan genomgående anses representera miljöer opåverkade av lokala föroreningskällor (punktkällor). Resultaten visar att det sker ett diffust tillskott av PFAS till skogsmarken och ackumulation av PFAS i humuslagret och den övre delen av mineraljorden. Det har gett upphov till halter av PFAS på upp till några mikrogram per kilo torrsubstans i humusskiktet och den övre delen av mineraljorden. Däremot saknas spår av PFAS (halter <LOQ) helt under ca en halv meters djup i mineraljorden. Vidare är förekomsten av PFAS i marken tydligt avgränsad till specifika jordmånshorisonter (O- E/A- och B-horisonten) som utvecklats i de sura podsoljordar som ingick i undersökningen. För att erhålla ett representativt värde på en referenshalt av PFAS i mark i liknande naturliga skogsområden är det således viktigt att beakta de jordmänsbildande processerna och åtminstone den översta metern av markprofilen.

Resultaten vittnar även om att det sker en selektiv fastläggning (adsorption) och transport av olika enskilda PFAS längs markprofilen, avhängig såväl substansernas varierande kemiska- och fysikaliska egenskaper (som har en inverkan på substansernas mobilitet) som markens kapacitet att adsorbära PFAS. Undersökningen understryker att organiskt kol är en viktig sorbent för PFAS, varför det är relevant att utöver PFAS även låta analysera totalt organiskt kol (TOC) i jordprover i samband med utvärdering av diffus påverkan.

Det framgår också att andelen PFAS med jämförelsevis längre kolkedjor ( $\geq 8$  perfluorerade kolatomer) minskar med ökat markdjup samtidigt som andelen PFAS med kortare kolkedjor ( $< 8$  perfluorerade kolatomer) ökar. Långkedjade PFAS sorberar således starkare till jordmaterialet än kortkedjade PFAS. De kortkedjade PFAS kommer därför att i större utsträckning än de långkedjade laka till grundvattnet. Resultat från de grundvattenundersökningar som SGU har genomfört 2023 vittnar om att det främst är de mer mobila PFAS, med kortare kolkedjor, som påträffas i grundvatten i opåverkade referensområden (Åkesson 2024).

En relevant fråga att ställa sig är förstås huruvida resultatet från föreliggande undersökning av PFAS i mark är representativt även för andra delar av landet. Det kan konstateras att summalterna av detekterade PFAS i humusskiktet (O-horisonten) är av ungefär samma storleksordning som rapporterats av Söregård m.fl. (2022) i deras nationella screening av PFAS i den övre delen (0–10 cm) av humusskiktet i svensk skogsmark. Utifrån deras undersökning kan ett mönster med ökande halter från norr till söder och från väster till öster förväntas. Samtidigt visar föreliggande undersökning, utförd inom ett relativt avgränsat område (från Gävle i söder till Hudiksvall i norr, se figur 2), på en betydande haltvariation mellan provplatserna, både för enskilda PFAS och summerade halter. Analyserna av

dubbelprover visar dessutom att haltvariationen kan vara betydande på en och samma provplats, framför allt inom humusskiktet (O-horisonten).

Oavsett en förväntat stor rumslig haltvariation, ger resultaten från föreliggande undersökning en fingervisning om storleksordningen av de halter av PFAS som kan förväntas förekomma i svensk skogsmark och hur halterna distribueras med markdjupet. Dessutom bidrar undersökningen till ökad förståelse för fördelningen av PFAS i mineraljorden, kunskap som utifrån vad SGU erfar till stor del saknas. Sådan information kan vara användbar i det fortlöpande arbetet med att upprätta generella riktvärden för PFAS i mark, samt i den aktuella samhällsekonomiska konsekvensanalysen som Naturvårdsverket och SGI låter genomföra. I andra jordarter och jordmånstyper, med annan textur och annat organiskt innehåll än de sandiga podsoljordar som ingick i föreliggande undersökning, kan sannolikt en annan vertikal distribution av PFAS förväntas. Även den storskaliga markanvändningen och närheten till tätbebyggda områden kan förväntas ha effekter på den diffusa bakgrundsbelastningen. Till exempel indikerar en nyligen genomförd finsk studie att betydligt högre halter av PFAS i mark kan förväntas förekomma i urbana områden än i naturlig moränjord (skogsmark) till följd av diffus belastning (Reinikainen m.fl. 2024).

För att kunna dra mer långtgående slutsatser om omfattning av och orsaker till diffus spridning av PFAS till mark och grundvatten i olika delar av landet med olika typer av markanvändning och geologiska och hydrogeologiska förutsättningar, krävs fortsatt insamling av data kompletterat med fördjupad utvärdering. Utifrån hittills erhållna erfarenheter och resultat avser SGU:s fortsatta arbete, under förutsättning av fortsatt ändamålsenlig bidragsfinansiering, omfatta bland annat:

- Provtagning av jord på fler provplatser bortom kända föroreningskällor för utökad täckning avseende olika typer av markmiljöer, markanvändning och geografiska lägen. För ökad förståelse av hur PFAS fördelas mellan mark och grundvatten avses markprovtagning att utföras på platser inom stationsnätet för den nationella miljöövervakningen av grundvatten, med känd förekomst av PFAS i grundvattnet.
- Provtagning av jord och grundvatten i mer tätbefolkade urbana områden för utvärdering av ”antropogena bakgrundshalter” av PFAS i miljöer med förväntat högre diffus belastning av PFAS jämfört med till exempel skogsområden.
- Analys av PFAS och TOC i sparade jordprover från SGU:s tidigare kartläggning av markgeokemi (om möjlighet finns).
- Provtagning av jord (torv), grundvatten och avrinnande ytvatten i instrumenterade våtmarksområden.
- Undersökning inom områden med integrerade mätningar, vilket avser provtagning av olika provtagningsmatriser, till exempel nederbörd, grundvatten och avrinnande ytvatten, för ökad systemförståelse.
- Utvärdering av insamlade data från 2023 och 2024 för både jord och grundvatten för bättre förståelse avseende till exempel transport av PFAS till grundvattnet.

## Referenser

- Andersson, M., Carlsson, M., Ladenberger, A., Morris, G., Sadhegi, M. & Uhlbäck, J., 2014: Geokemisk Atlas över Sverige, Sveriges Geologiska Undersökning, 212 pp.  
<<https://resource.sgu.se/dokument/mineralnaring/Geokemisk%20atlas/text/geokemisk-atlas-over-sverige.pdf>> Åtkommen 26 augusti 2024.
- Ahrens, L., Yeung, L.W.Y., Taniyasu, S., Lam, P.K.S. & Yamashita, N., 2011: Partitioning of perfluorooctanoate (PFOA), perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctane sulfonamide (PFOSA) between water and sediment. *Chemosphere*, 85, 731-737.
- Chen, Y.-C., Lo, S.-L., Li, N.-H., Lee, Y.-C. & Kuo, J., 2013: Sorption of perfluoroalkyl substances (PFASs) onto wetland soils. *Desalination and Water Treatment* 51, 7469-7475.
- De Campos Pereira, H., 2021: Binding of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in soil. Effects of solution chemistry, soil properties and PFAS structure. Doctoral thesis. Swedish university of agricultural sciences. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2021:75, 145 s.
- De Campos Pereira, H., Ullberg, M., Kleja, D.B., Gustafsson, J.P. & Ahrens, L., 2018: Sorption of perfluoroalkyl substances (PFASs) to an organic soil horizon – Effect of cation composition and pH. *Chemosphere* 207, 183-191.
- De Campos Pereira, H., Kleja, D.B., Sjöstedt, C., Ahrens, L., Klysubun, W. & Gustafsson, J.P., 2020: The adsorption of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) onto ferrihydrite is governed by surface charge. *Environ. Sci. Technol.* 54, 15722-15730.
- Filipovic, M., Laudon, H., McLachlan, M.S. & Berger, U., 2015: Mass balance of perfluorinated alkyl acids in a pristine boreal catchment. *Environ. Sci. Technol.* 49, 12127–12135.
- Fredricsson, M., Danielsson, H., Hansson, K., Karlsson, G.P., Nerentorp, M., Potter, A., Hansson, H.C., Areskoug, H., Tunved, P., Mellqvist, J., Lindström, B., Nanos, T., Andersson, S., Carlund, T. & Leung, W., 2021: Nationell luftövervakning – Sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m 2019. *IVL-rapport C 584*. IVL Svenska Miljöinstitutet, 220 s.
- KEMI, 2021: Kunskapssammanställning om PFAS, PM 1/21, Kemikalieinspektionen, 69 s.  
<<https://www.kemi.se/publikationer/pm/2021/pm-1-21-kunskapssammanstallning-om-pfas>>  
Åtkommen 26 augusti 2024.
- Knight, R.R., Janik, L.J., Navarro, D.A., Kookana, R.S. & McLaughlin, M.J. 2019: Predicting partitioning of radiolabelled 14C-PFOA in a range of soils using diffuse reflectance infrared spectroscopy. *Sci. Total Environ.*, 686, 505–513.
- Milinovic, J., Lacorte, S., Vidal, M. & Rigol, A., 2015: Sorption behavior of perfluoroalkyl substances in soils. *Science of the Total Environment*, 511, 63–71.
- Naturvårdsverket, 2016: Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel – en sammantagen bild av förekomsten i miljön. Redovisning av ett regeringsuppdrag. *Naturvårdsverket rapport 6709*. Naturvårdsverket, 172 s.
- Naturvårdsverket, 2024: *Tillsynsvägledning, tillsyn av PFAS-förorenade områden. Sambällsekonomisk konsekvensanalys, generella riktvärden för vissa PFAS*. <<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/forenade-omraden/tillsyn-av-pfas-forenade-omraden/>> Åtkommen 2 september 2024.

- Reinikainen, J., Tarvainen, T. & Perkola, N., 2024: Suomen maaperän PFAS-pitoisuudet. Geologiska forskningscentralen GTK. Arbetsrapport (på finska), 178 s.
- SGI 2024: *Riskbedömning PFAS, Revidering av riktvärden*. <<https://sgi.se/sv/vagledning-i-arbetet/forenadede-omraden/hogfluorerade-amnen-pfas/riskbedomning-pfas/>> Åtkommen 26 augusti 2024.
- Söregård M., Kikuchi J., Wiberg K. & Ahrens L., 2022: Spatial distribution and load of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in background soils in Sweden. *Chemosphere* 295, 133944.
- Umeh, A.C., Naidu, R., Shilpi, S., Boateng, E.B., Rahman, A.T., Chadalavada, S., Lamb, D. & Bowman, M. 2021: Sorption of PFOS in 114 well characterized tropical and temperate soils: application of multivariate and artificial neural network analyses. *Environ. Sci. Technol.*, 55, 1779–1789.
- Åkesson, M., 2024: Inledande screening av PFAS i grundvatten i områden utan kända lokala föroreningskällor. Undersökning avseende referenshalter PFAS i mark och grundvatten. *SGU-PM*, Sveriges geologiska undersökning, 33 s.  
<<https://www.sgu.se/globalassets/grundvatten/pfas/inledande-screening-av-pfas-i-grundvatten-i-omraden-utan-kanda-lokala-foreningskallor.pdf>> Åtkommen 26 augusti 2024.

## Bilaga 1. Provtagningsinstruktioner.

# Instruktion för provtagning av jord för analys av bakgrundshalter av PFAS inom SGU:s geokemiska kartläggning, fältsäsongen 2023

### Bakgrund och syfte

PFAS är en organisk ämnesgrupp som består av ett stort antal olika organiska ämnen. PFAS förekommer inte naturligt utan är syntetiskt framställt av människan.

Syftet med denna undersökning är att undersöka bakgrundshalter av högfluorerade ämnen (PFAS) i jord i områden där atmosfärisk deposition bedöms vara den enda källan. Undersökningen utförs i form av en pilotstudie inom ramen för Naturvårdsverkets regeringsuppdrag om PFAS-förorenade områden (RUPFO) i samverkan med Statens geotekniska institut (SGI) och Sveriges geologiska undersökning (SGU).

Uttag av jordprover för kemisk analys av PFAS genomförs i samband med SGU:s geokemiska kartläggning av grundämnen i mark. Sådan kartläggning kommer under fältsäsongen 2023 att genomföras i ett område längs den svenska östkusten, från Gävle i söder till Hudiksvall i norr.

Utöver de jordprover (morän) som inom den geokemiska kartläggningen tas på cirka en meters djup i C-horisonten ska prover för analys av PFAS även tas på flera djup (från flera jordmånshorisonter) i de cirka 20 provgropar som väljs ut i pilotstudien. I samtliga prover analyseras även TOC, och i utvalda prover från B-horisonten analyseras järn- och aluminium (hydr)oxider.

Denna instruktion beskriver hur provtagningen är tänkt att gå till och hur jordprover ska tas i de utvalda provgroparna.

### Val av provplatser

Inom SGU:s geokemiska kartläggning tas jordprover inom ett provtagningsnät med en provtäthet som används i SGU:s geokemiska kartläggning av grundämnen i mark. I pilotstudien väljs 20 representativa provplatser ut, jämnt fördelade mellan provrutor och över hela karteringsområdet.

Kriterier för urval av punkter:

- Provplatserna får inte ligga i nära anslutning till någon potentiell föroreningskälla för PFAS, såsom flygfält, brandövningsplatser, brandstationer, industrier, urbana områden, större vägar etc.
- De provgropar som väljs ut ska representera sura podsolprofiler med en tydligt utvecklad organisk horisont (O-horisont), helst med en synlig utlakningshorisont (E-horisont), en B-horisont (med utfällning av rost och ev. humus i dess övre del) och därunder en C-horisont (där moränen vanligen inte har störts av vittring).

## Riktlinjer vid provtagning i provgropar

Vid varje provplats grävs en provgrop i morän med spade ner till cirka en meters djup under markytan (C-horisonten). Prov från O-horisonten tas med humusborr medan moränprover tas med en liten trädgårdsspade. (omålad).

### *Dokumentation*

Jordmånsbeskrivning – foto (gärna med skalstock) samt beskrivning av jordmåns horisonter i djupled, inklusive måttangivelser för tjocklek på respektive horisont och nivåer för provuttag.

Som fältprotokoll används SGU:s mall för geokemisk provtagning.

### *Jordmåns horisonter*

Från var och en av de 20 provgroparna tas fem prover/provgrop för analys av PFAS (se figur 1):

- **O-horisonten/humuslagret** (organiskt material/humus ovanpå mineraljorden)

O-horisonten (humuslagret) provtas med humusborr i direkt närhet till provgropen, helst i anslutning till samma schaktvägg från vilken mineraljordsprover tas. Humusprovet uttas med borsten till en bit nedanför mineraljordens överkant. Humuskärnan placeras på en rengjord skärbräda varefter levande växtdelar och förna (nedfallna barr, löv etc.) avlägsnas med kniv från provets ovansida. Mineraljord ska inte ingå i humusprovet, utan skrapas/skärs bort från provets undersida – ljusa mineraljordskorn avlägsnas/skrapas bort från undersidan av humusprovet. Djupet på humuskärnan mäts med linjal/tumstock och antecknas i fältprotokollet innan provet placeras i provkärl.

- **A- och E-horisonten** (mineraljord, under O-horisonten)

Humusinblandad mineraljord (A) samt grått urlakningsskikt (E) under O-horisonten. Representativt prov tas ner till gränsen mellan E- och övre B-horisonten med liten spade.

Provmängd: 0,5 kg

- **Övre B-horisonten** (mineraljord, under E-horisonten)

Utfällning av oxider och hydroxider (ofta rostfärgade) samt humus under E-horisonten. Prov tas från gränsen mellan E- och B-horisonten och 10 cm ner i B-horisonten med liten spade

Provmängd: 0,5 kg (gärna mer för att säkerställa eventuell kompletterande analys i övre B)

- **Nedre B-horisonten** (mineraljord, resterande B-horisont)

Utgör mineraljorden i den resterande delen av B-horisonten. Representativt prov tas ner till gränsen mellan B- och C-horisonten med liten spade.

Provmängd: 0,5 kg

- **C-horisonten**

Jordprov från cirka 0,8–1 m djup där moränen vanligen inte har störts av vittring. Visuellt sett opåverkad delen i jordmånen. Prov tas på samma djup och på samma sätt som vid SGU:s geokemiska kartläggning.

Provmängd: 0,5 kg (gärna mer för att säkerställa eventuell kompletterande analys i övre B)

För att undvika korskontaminering mellan horisonter ska provtagningsutrustning rengöras mellan provtagning av olika horisonter och provtagning av horisonter utförs från djupare till ytligare nivå i provgruppen (1. C-horisont, 2. Nedre B-horisont, 3. Övre B-horisont, 4. A- och E-horisont samt 5. O-horisont).

*Dubbelprover/ replikat*

I tre av de 20 provgröpar som valts ut för undersökning av PFAS genomförs kvalitetskontroll genom uttag av dubbelprover, dvs. två separata delprover, från var och en av de fem jordmåns-horisonterna: O-, A-E, övre B, undre B och C-horisonten (dvs. totalt 10 prover per provgröpa).

*Sammanfattning – antal prover*

Moment	Horisont	Antal prover
<b>20 provgröpar</b>	O (humusskiktet)	20
	A-E	20
	Övre B	20
	Undre B	20
	C	20
<b>Dubbelprov i tre av de 20 provgröparna</b>	+1 prov i alla horisonter	15
<b>TOTALT</b>		Cirka 115 prover

*Provmärkning*

Humus- och mineraljordsprover läggs i provpåse som försluts och provets ID nummer skrivs på varje påse med vattenfast penna.

Prov-ID, horisont, år, projekt, löpande nr.

Exempel på provID:

O horisont: 23xx001 O

A-E horisont: 23xx001 AE

Övre B horisont: 23xx001 Bø

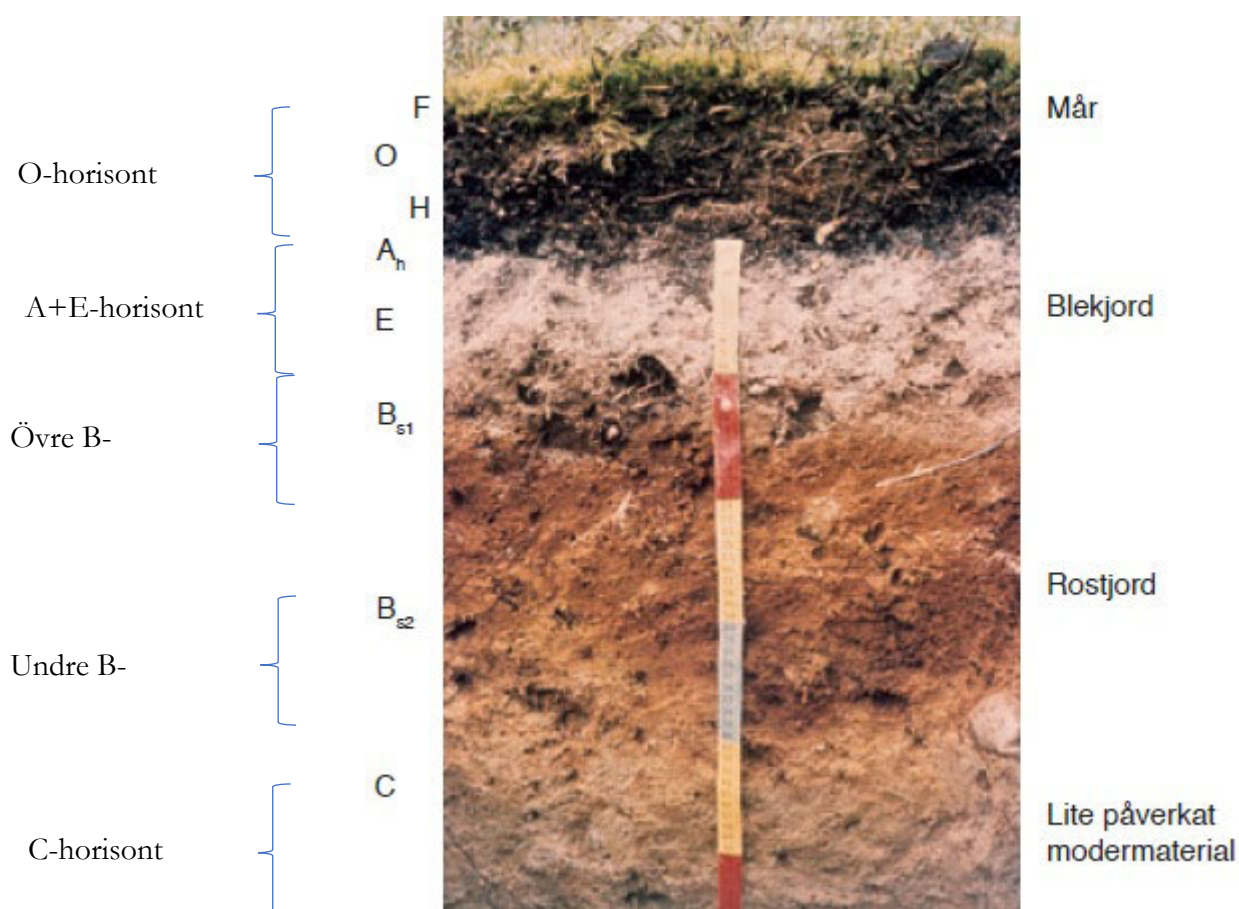
Nedre B horisont: 23xx001 Bn

Morän C-horisont: 23xx001 C



### Förvaring av prover

Provbarkarna förvaras väl förslutna i kylväska med kylklampar i fält, och i kylskåp, alternativt frys, i fältförråd. Proverna transporteras till SGU, där de placeras i kylrum i väntan på vidare provberedning och transport till laboratorium. Lars Rosenqvist kvitterar ut en nyckel till SGU:s kylrum från vaktmästeriet och överlämnar nyckeln till Patrick Casey.



**Figur 1.** Jordmånshorisont, Podsol. Provuttag för analys av bland annat PFAS görs från O-horisonten, A+E-horisonten, övre B-horisonten, undre B-horisonten samt C-horisonten.

## Provtagningshygien

PFAS förekommer inte naturligt i miljön och förväntas förekomma i mycket låga bakgrundshalter. Det är därför extra viktigt att undvika korskontaminering mellan olika provplatser och mellan olika horisonter i samma provgrop. Korskontaminering kan även ske mellan fältutrustning, skyddskläder och hudvårdsprodukter/smink och de jordprover som tas för analys av bakgrundshalter av PFAS.

Följande försiktighetsåtgärder måste vidtas i samband med provtagningen:

- Nitrilhandskar ska användas vid provtagning (rekommenderas av SGS och ALS). Handskarna ska bytas (*använda handskar slängs, nya handskar på*) vid provtagning mellan horisonter och mellan provgropar.
- Provtagningsutrustning i form av spadar, spatlar och knivar ska vara av stål och omålade.
- Rengöring av provtagningsutrustning ska utföras mellan olika provplatser (provgropar) liksom mellan olika horisonter i samma provgrop. Rengöring kan göras med ren trasa i ett material som inte innehåller PFAS (t ex bomull).
- Provtagning av olika horisonter i en provgrop ska göras från djupare till grundare nivåer i provgropen för att undvika korskontaminering mellan horisonter, se ovan under rubriken *Riktlinjer vid provtagning i provgropar* och underrubrik *Horisonter*.
- Använd helst bomullskläder i samband med provtagning. Undvik kontakt mellan vatten- och smutsavvisande kläder och provmaterialet, provtagningsutrustning, provkärl med mera.
- Hudvårdsprodukter (till exempel handkräm) och smink kan innehålla PFAS och ska inte användas i samband med provtagning. Undvik även solkräm i samband med provtagning, men om sådan av skyddsskäl måste användas, undvik kontakt med provmaterial och använd handskar (Nitril) vid provtagning. Myggmedel får inte heller användas i samband med provtagningen.

## Bilaga 2. Analyserade parametrar i jordprover

Ämne	Kvantifieringsgräns (µg/kg TS)	Mätosäkerhet	Mätmetod
Provberedning, krossning, malning			SS-EN 16179:2012 mod.
Torrsubstans		± 5%	SS-EN 12880:2000
TOC		± 16%	SS-EN 15936:2022 metodappl. A/fd SS-EN 13137:2001 metodappl. A
PFBA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFPeA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFHxA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFHpA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOA grenad	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOA linjär	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFNA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFDA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFUdA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFDoA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFBFS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFHxS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFHxS grenad	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFHxS linjär	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFHpS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOS inkl. LOD-LOQ	<0,006	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOS grenad	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOS linjär	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFDS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
4:2 FTS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
6:2 FTS	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
8:2 FTS	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
EtFOSA	<0,20	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
EtFOSE	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
EtFOSAA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
MeFOSAA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
MeFOSA	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
MeFOSE	<0,030	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
FOSAA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFNS	<0,20	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFTTrDA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFDoS	<1,0	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFPeS	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFTTrDS	<1,0	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFUnDS	<1,0	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOSA	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOSA grenad	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
PFOSA linjär	<0,10	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.
10:2 FTS	<0,50	± 36%	DIN 38414-14 mod. Anal. Chem.2005,77,6353 mod.

Bilaga 3 (1/5). Analysresultat PFAS, totalt organiskt kol (TOC) samt oxalatlösligt järn (Ox-Fe) och aluminium, (Ox-Al), fältundersökning 2023.

Provgrop ID	61					94					97					99					115									
Koordinat (N, E)	N 6772199, E 575507					N 6773439, E 595117					N 6765061, E 572830					N 6762929, E 580476					N 6777396, E 569574									
Markyta (m ö.h.)	305					97					241					97					330									
Horisont	O	E	B	BC	C	O	A	B	BC	C	O	E	B	BC	C	O	E	B	BC	C	O	E	B	BC	C					
Djup (cm)	5-10		35-45		58-65	75	10-15		15-25		30-40	70	10-15		15-25		25-40	70	10-15		15-25		50-57	60	4-12		22-35		35-50	65
Replikat (R1, R2)																														
Torrsubstans (%)	41,7	92,7	84,2	84	90,9	49,3	86,6	87,6	86,8	87	57,2	97,8	87,5	98,9	93,6	62,5	94,6	79,8	85,7	91	70,4	91,6	77,9	86,4	92					
TOC (% av TS)	44,1	0,4	2,1	1	0,3	48,1	1,8	1,1	1,2	<0,2	49,2	1	1,5	<0,2	<0,2	40,9	0,3	2,4	0,7	0,6	36,9	1,5	1,8	0,4	0,2					
Ox-Fe (µg/kg TS)	1 833 285					3 200 370					6 088 219					9 857 582					741 839					6 713 669				
Ox-Al (µg/kg TS)	4 500 522					3 427 344					18 155 986					14 366 775					3 004 111					9 766 390				
PFBA (µg/kg TS)	1,7	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,65	0,14	<0,10	<0,10	<0,10	0,67	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	0,26	0,13	0,15	<0,10	<0,10	0,47	0,23	0,14	<0,10	<0,10					
PFPeA (µg/kg TS)	0,26	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	0,032	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,046	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFHxA (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,046	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,04	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFHpA (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	0,064	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,11	<0,030	<0,030	<0,060	0,039	0,098	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFOA (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	0,099	<0,030	<0,030	0,066	<0,030	0,23	<0,030	<0,030	0,071	0,041	0,14	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFOA grenad (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,033	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFOA linjär (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	0,099	<0,030	<0,030	0,066	<0,030	0,19	<0,030	<0,030	0,071	0,041	0,14	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFNA (µg/kg TS)	0,46	0,033	<0,030	<0,030	<0,030	0,43	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,35	<0,030	0,039	<0,030	<0,030	0,21	0,06	0,033	<0,030	<0,030	0,21	0,063	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFDA (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,48	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
PFUDA (µg/kg TS)	0,36	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,57	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,45	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
PFDA (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
PFBS (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFHxS (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,033	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,036	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFHxS grenad (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFHxS linjär (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,033	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,036	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFHpS (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFOS (µg/kg TS)	0,65	0,033	<0,030	<0,030	<0,030	0,77	0,031	<0,030	<0,030	<0,030	0,37	0,035	0,037	<0,030	<0,030	0,64	0,087	0,061	<0,030	<0,030	0,44	0,071	0,063	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFOS inkl LOD-LOQ (µg/kg TS)																														
PFOS grenad (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,045	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFOS linjär (µg/kg TS)	0,65	0,033	<0,030	<0,030	<0,030	0,77	0,031	<0,030	<0,030	<0,030	0,37	0,035	<0,030	<0,030	<0,030	0,64	0,087	<0,030	<0,030	<0,030	0,41	0,071	0,063	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
PFDS (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
4:2 FTS (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
6:2 FTS (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
8:2 FTS (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
EtFOSA (µg/kg TS)	<0,58	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,97	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,84	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,40	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,40	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20			
EtFOSE (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
EtFOSAA (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
MeFOSAA (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
MeFOSA (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
MeFOSE (µg/kg TS)	<0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030			
FOSAA (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
PFNS (µg/kg TS)	<0,58	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,97	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,84	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,40	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,40	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20			
PFTDA (µg/kg TS)	<0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,49	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,24	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
PFDoS (µg/kg TS)	<2,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<1,0											

Bilaga 3 (2/5). Analysresultat PFAS, totalt organiskt kol (TOC) samt oxalatlösligt järn (Ox-Fe) och aluminium (Ox-Al), fältundersökning 2023.

Provgrop ID	119					141					153					165					193				
Koordinat (N, E)	N 6794890, E 569064					N 6766196, E 615514					N 6750261, E 579825					N 6788361, E 579808					N 6779474, E 579882				
Markyta (m ö.h.)	164					20					251					254					311				
Horisont	O	E	B	BC	C	O	E	B	BC	C	O	E	B	BC	C	O	E	B	BC	C	O	E	B	BC	C
Djup (cm)	3-7 10-20 40-50 75					5-10 20-35 30-35 75					10-15 15-20 50-60 70					6-20 25-50 50-60 85					5-10 15-20 30-40 75				
Replikat																									
Torrsubstans (%)	63	91,3	83,4	91,9	93,4	71,2	94,5	94,5	93,5	92,1	55,4	94,8	76,3	87,4	93,8	61,7	87,9	73,6	85,1	85,9	81,2	96,8	89,5	95,5	96,2
TOC (% TS)	44,5	1,4	0,9	<0,2	<0,2	33	1,3	0,8	0,6	<0,2	29,5	0,2	3,7	0,6	<0,2	25,6	0,8	5,1	0,8	0,3	17,8	1,2	1,5	0,5	0,3
Ox-Fe (µg/kg TS)	3 392 765					6 833 736					11 728 115 509 960					5 920 011					5 745 461				
Ox-Al (µg/kg TS)	5 234 832					1 723 380					14 180 916 2 149 166					9 329 475					13 541 320				
PFBA	<0,40	<0,13	0,17	<0,10	<0,10	0,65	0,13	<0,10	<0,10	<0,10	0,88	<0,10	0,25	<0,10	<0,10	<0,40	0,1	0,19	<0,10	<0,10	<0,40	0,18	<0,10	<0,10	<0,10
PFPeA	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,50	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	0,043	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxA	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	0,063	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHpA	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,31	<0,030	0,13	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	0,046	<0,030	<0,030	<0,12	0,037	0,054	<0,030	<0,030
PFOA	<0,12	<0,040	0,032	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,034	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	0,2	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	0,046	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	0,12	<0,030	<0,030
PFOA grenad	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOA linjär	<0,12	<0,040	0,032	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	0,034	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	0,2	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	0,046	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	0,12	<0,030	<0,030
PFNA	0,23	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	0,21	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,42	<0,030	0,064	<0,030	<0,030	<0,12	0,042	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	0,059	0,058	<0,030	<0,030
PFDA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,45	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFUDA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,72	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFBS	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS grenad	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS linjär	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHpS	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS	0,51	0,094	<0,030	<0,030	<0,030	0,55	0,038	<0,030	<0,030	<0,030	1,2	<0,030	0,094	<0,030	<0,030	0,22	0,065	<0,030	<0,030	<0,030	0,17	0,073	0,06	<0,030	<0,030
PFOS inkl LOD-LOQ	0,014					0,0160										0,0205									
PFOS grenad	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	0,079	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	0,031	<0,030	<0,030
PFOS linjär	0,51	0,094	<0,030	<0,030	<0,030	0,55	0,038	<0,030	<0,030	<0,030	1,2	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,22	0,065	<0,030	<0,030	<0,030	0,17	0,073	<0,030	<0,030	<0,030
PFDS	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
4:2 FTS	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
6:2 FTS	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
8:2 FTS	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
EtFOSA	<0,80	<0,27	<0,20	<0,20	<0,20	<0,40	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,44	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,80	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,80	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
EtFOSE	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
EtFOSAA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MeFOSAA	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
MeFOSA	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
MeFOSE	<0,12	<0,040	<0,030	<0,030	<0,030	<0,060	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,066	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,12	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
FOSAA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFNS	<0,80	<0,27	<0,20	<0,20	<0,20	<0,40	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,44	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,80	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,80	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
PFTrDA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoS	<4,0	<1,3	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFPeS	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFTrDS	<4,0	<1,3	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFUnDS	<4,0	<1,3	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFOSA	<0,40	<0,13	<0,10	<0,10	&																				



Bilaga 3 (4/5). Analysresultat PFAS, totalt organiskt kol (TOC) samt oxalatlösligt järn (Ox-Fe) och aluminium, (Ox-Al), fältundersökning 2023.

Provgrop ID	269					270					356					366					
Koordinat (N, E)	N 6817648, E 568097					N 6821855, E 584679					N 6822167, E 594790					N 6818399, E 609846					
Markyta (m ö.h.)	331					269					167					33					
Horisont	O	E	B	BC	C	O	O	AE	B	BC	C	O	AE	B	BC	C	O	AE	B	BC	C
Djup (cm)	10-15		20-30	35-40	70	0-5		15-25	30-35	75	10-20		65-85	90-98	105	8-16		63-75	85-96	110	
Replik						R1	R2														
Torrsubstans (%)	31,5	85,6	78,4	85,2	90,7	32	37	88,1	76,7	80	87,2	55,7	87,8	77,7	85,9	86,8	54,1	96,1	94,6	96,1	93,9
TOC (% TS)	41	0,2	1,3	0,5	<0,2	28,1	33,7	3	1,6	0,5	<0,2	43,6	0,4	1,8	0,5	0,3	29,2	0,4	0,5	<0,2	<0,2
Ox-Fe (µg/kg TS)	7 283 282				1 909 663	3 341 334				4 110 512					2 381 286						
Ox-Al (µg/kg TS)	5 436 648				2 601 014	4 882 398					7 441 853					1 286 761					
PFBA (µg/kg TS)	1,1	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	1,2	1,4	<0,10	0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFPeA (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	0,15	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxA (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	0,045	<0,030	<0,030	<0,11	0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHpA (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	0,1	<0,030	<0,030	<0,11	0,23	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	0,051	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOA (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	0,19	<0,030	<0,030	<0,11	0,24	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	0,067	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	0,032	<0,030	<0,030
PFOA grenad (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOA linjär (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	0,19	<0,030	<0,030	<0,11	0,24	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	0,067	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	0,032	<0,030	<0,030
PFNA (µg/kg TS)	0,41	<0,030	0,056	<0,030	<0,030	0,5	0,57	0,061	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,26	<0,030	0,031	<0,030	<0,030
PFDA (µg/kg TS)	0,45	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFUdA (µg/kg TS)	0,87	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoA (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFBS (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS grenad (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS linjär (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFHpS (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS (µg/kg TS)	0,88	0,036	0,094	<0,030	<0,030	0,63	0,57	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,31	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,52	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS inkl LOD-LOQ (µg/kg TS)						0,0182					0,0259					0,0189					
PFOS grenad (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	0,07	<0,030	<0,030	<0,11	0,07	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS linjär (µg/kg TS)	0,88	0,036	<0,030	<0,030	<0,030	0,56	0,5	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,31	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,52	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
PFDS (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
4:2 FTS (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
6:2 FTS (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
8:2 FTS (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
EtFOSA (µg/kg TS)	<0,76	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,75	<0,44	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,43	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,89	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
EtFOSE (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
EtFOSAA (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MeFOSAA (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
MeFOSA (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
MeFOSE (µg/kg TS)	<0,11	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,11	<0,065	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,13	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
FOSAA (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFNS (µg/kg TS)	<0,76	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,75	<0,44	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,43	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,89	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
PFTrDA (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoS (µg/kg TS)	<3,8	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,7	<2,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFPeS (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFTrDS (µg/kg TS)	<3,8	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,7	<2,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFUnDS (µg/kg TS)	<3,8	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,7	<2,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFOSA (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFOSA grenad (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFOSA linjär (µg/kg TS)	<0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,37	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
10:2 FTS (µg/kg TS)	<1,9	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,9	<1,1	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,1	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<2,2	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Sum PFAS4 (µg/kg TS)	1,29	0,036	0,34	<	<	1,13	1,38	0,079	<	<	<	0,31	0,026	0,086	<	<	0,78	0,014	0,092	<	<
Sum detekt. PFAS (µg/kg TS)	3,71	0,036	0,615	<	<	2,33	3,27	0,079	0,16	<	<	0,53	0,026	0,267	<	<	1,22	0,014	0,092		

Bilaga 3 (5/5). Analysresultat PFAS, totalt organiskt kol (TOC) samt oxalatlösligt järn (Ox-Fe) och aluminium, (Ox-Al), fältundersökning 2023.

Provgrop ID	396						397					398					404			
Koordinat (N, E) SWEREF 99TM	N 6842666, E 574958						N 6834295, E 584681					N 6823903, E 569546					N 6779092, E 617104			
Markyta (m ö.h.)	345						356					275					3			
Horisont	O	O	AE	B	BC	C	O	AE	B	BC	C	O	AE	B	BC	C	O	AE	BC	C
Djup (cm)	5-10		20-30	50-60	80		5-15		20-30	45-60	100	5-10		45-55	60-70	85	5-20		55-65	70
Replik	R1	R2																		
Torrsubstans %	50,9	52,3	87	77,4	85,6	87	39,9	85,7	76,4	82,3	91,3	37,9	81	82,9	88,8	88,6	18,2	91,5	87,7	89,3
TOC (% TS)	25,1	32,9	0,9	1,5	0,4	0,5	44,1	0,7	2,4	0,8	<0,2	48,2	4,9	1,3	0,2	0,3	42,5	0,5	0,3	<0,2
Ox-Fe (µg/kg TS)	7 543 548						756 558 4 922 451					4 232 065								
Ox-Al (µg/kg TS)	5 762 666						294 036 5 924 381					5 260 583								
PFBA (µg/kg TS)	0,42	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	0,18	0,1	<0,10	<0,10	<0,32	0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFPeA (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	0,04	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxA (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	0,035	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFHpA (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	0,087	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	0,064	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFOA (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	0,12	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFOA grenad (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFOA linjär (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	0,12	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	0,086	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFNA (µg/kg TS)	0,14	0,086	0,032	<0,030	<0,030	<0,030	0,16	0,033	<0,030	<0,030	<0,030	0,13	0,069	<0,030	<0,030	<0,030	0,21	<0,030	<0,030	<0,030
PFDA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFUdA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFBS (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS grenad (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFHxS linjär (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFHpS (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS (µg/kg TS)	0,23	0,11	0,041	0,052	<0,030	<0,030	0,38	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,31	0,068	<0,030	<0,030	<0,030	0,48	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS inkl LOD-LOQ (µg/kg TS)							0,0196										0,0176			
PFOS grenad (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	0,039	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
PFOS linjär (µg/kg TS)	0,23	0,11	0,041	<0,030	<0,030	<0,030	0,38	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,31	0,044	<0,030	<0,030	<0,030	0,48	<0,030	<0,030	<0,030
PFDS (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
4:2 FTS (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
6:2 FTS (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
8:2 FTS (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
EtFOSA (µg/kg TS)	<0,48	<0,46	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,62	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,64	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<1,3	<0,20	<0,20	<0,20
EtFOSE (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
EtFOSAA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
MeFOSAA (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
MeFOSA (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
MeFOSE (µg/kg TS)	<0,072	<0,069	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,092	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,095	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,20	<0,030	<0,030	<0,030
FOSAA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFNS (µg/kg TS)	<0,48	<0,46	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,62	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,64	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<1,3	<0,20	<0,20	<0,20
PFTrDA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoS (µg/kg TS)	<2,4	<2,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<6,6	<1,0	<1,0	<1,0
PFPeS (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFTrDS (µg/kg TS)	<2,4	<2,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<6,6	<1,0	<1,0	<1,0
PFUnDS (µg/kg TS)	<2,4	<2,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<6,6	<1,0	<1,0	<1,0
PFOSA (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFOSA grenad (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
PFOSA linjär (µg/kg TS)	<0,24	<0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,66	<0,10	<0,10	<0,10
10:2 FTS (µg/kg TS)	<1,2	<1,1	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,52	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,6	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<3,4	<0,50	<0,50	<0,50
Sum PFAS4 (µg/kg TS)	0,37	0,196	0,073	0,172	<	<	0,54	0,053	<	<	<	0,44								



