



PFAS i konsumtionsfisk och signalkräfta från Hjälmaren och Mälaren

Rapport för Hjälmarens vattenvårdsförbund

Magnus Karlsson, Arvid Jonsson & Tomas Viktor

Gräsön 2024-09-14



Havs
och Vatten
myndigheten



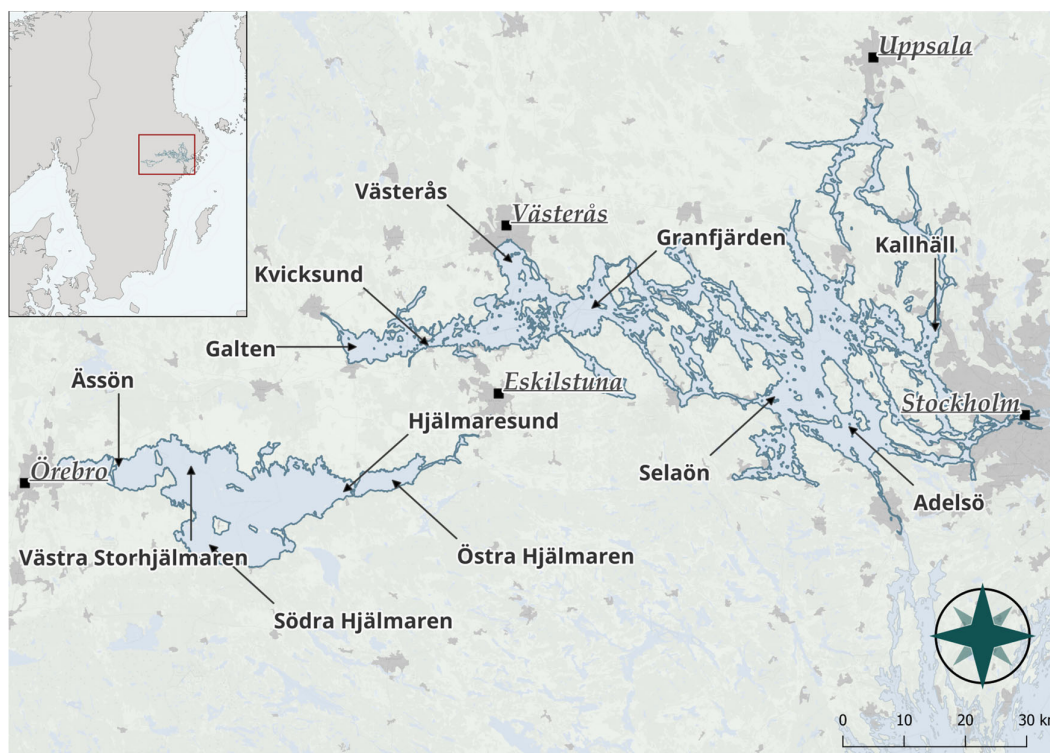
Inledning

Förekomsten av poly- och perfluorerade ämnen (PFAS) i miljön och i livsmedel är en central fråga för den hälsorelaterade miljöövervakningen i Sverige. Förekomsten av PFAS i fisk kan potentiellt begränsa möjligheterna till humankonsumtion. Inom EU finns gränsvärden för vilka PFAS-halter som olika livsmedel inklusive fisk och skaldjur maximalt får innehålla för att sättas ut på marknaden och saluföras. Hjälmarens Vattenvårdsförbund har inom ramen för det EU-finansierade projektet Life IP Rich Waters tilldelats medel för att undersöka förekomsten av PFAS i signalkräfta och fiskarter som är föremål för humankonsumtion från sjöarna Hjälmarens och Mälaren. Dessa båda vattenområden förbundna via Eskilstunaån och tillhörande Norrströms avrinningsområde är av central betydelse för det svenska kommersiella insjöfisket och här bedrivs även ett omfattande husbehovs- och sportfiske. Karlssons Ekosystemtjänster (KEAB) har erhållit uppdraget att samordna och leda utredningen. I det följande avrapporteras den.

Ansvar för innehållet på webbplatsen ligger hos författarna och återspeglar inte Europeiska unionens officiella hållning.

Genomförande

Genom Per Pettersson, VD på Svenska Insjöfiskarens Centralförbund (SIC), kontaktades ett antal yrkesfiskare i Mälaren och Hjälmarens, vilka åtog sig att från ordinarie fiske spara undan delar av fångsten från olika fiskarter och signalkräfta. Fiskinsamlingen skedde under september och oktober 2023. Därutöver användes även material från fiskundersökningar som IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) genomfört i Västeråsfjärden (hösten 2023) och nordöstra Mälaren utanför Kallhäll (hösten 2022). Samtliga fångstlokaler framgår av **Figur 1**.



Figur 1. Fångstlokaler i Hjälmaren och Mälaren.

Fångsten frystes in av respektive fiskare och transporterades genom SIC:s försorg till IVLs fisktoxikologiska laboratorium i Stockholm där den dissekerades och provbereddes av försöksdjursföreståndare Tomas Viktor (**Fig. 3**). Muskelvävnad från två till tre individer av respektive fiskart blandades samman till ett samlingsprov för kemisk analys. Genomsnittliga längder och vikter av den fisk som analyserats framgår av **Tabell 1**. Från signalkräfta (*Pacifastacus leniusculus*) inom längdintervallet 10-20 cm bereddes samlingsprov av stjärtmuskel från 10 individer.

Tabell 1. Genomsnittliga längder och vikt (värden inom parentes avser min och max) samt antal samlingsprover och antal individer som provberetts från respektive art.

Art	Längd (cm)	Vikt (g)	Antal samlingsprover	Antal individer
Abborre (<i>Perca fluviatilis</i>)	32 (24-40)	492 (274-804)	10	30
Braxen (<i>Abramis brama</i>)	31 (31-31)	308 (307-309)	1	2
Gädda (<i>Esox lucius</i>)	64 (43-83)	1760 (584-3470)	9	26
Gös (<i>Sander lucioperca</i>)	47 (30-55)	905 (177-1330)	12	32
Signalkräfta (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)	10-20	75	7	75
Siklöja (<i>Coregonus albula</i>)	25 (23-27)	140 (109-160)	1	3
Ål (<i>Anguilla anguilla</i>)	65 (55-76)	690 (575-858)	1	3

Kemiska analyser utfördes vid IVLs specialanalytiska laboratorium i Stockholm under ledning av Dr Raed Awad med bistånd av laboratorieingenjör Musbau Adeoye Bello. Metodiken vid de kemiska analyserna beskrivs i **Bilaga A**. Totalt analyserades sjutton olika PFAS-föreningar (**Bil. B**). Av dessa ingår fyra varianter (PFOS, PFOA, PFNA och PFHxS) i den toxikologiska riskbedömningen för humankonsumtion (EU 2022/2388). Summan av dessa betecknas Σ PFAS₄. I resultatredovisningen har uppmätta halter jämförts mot EU-gränsvärden för saluföring, vilka varierar mellan olika arter (**Tab. 2**). Detta innebär naturligtvis inte att det skulle vara giftigare få i sig PFAS från en fiskart med lägre gränsvärde jämfört med en med högre. Det hänger samman med att gränsvärden inom EU sätts enligt den så kallade ALARA (As Low As Reasonable Achievable)-principen, vilket medför att man tar hänsyn till andra faktorer än strikt toxikologiska, exempelvis marknadsmässiga bedömningar för att inte riskera att på kort tid slå ut näringsgrenar. Målsättningen är att successivt fasa ut de livsmedel som innehåller de högsta halterna av hälsofarliga ämnen.

Tabell 2. Saluföringsgränsvärden inom EU (EU 2022/2388) för Σ PFAS₄ i arter som ingått i föreliggande studie.

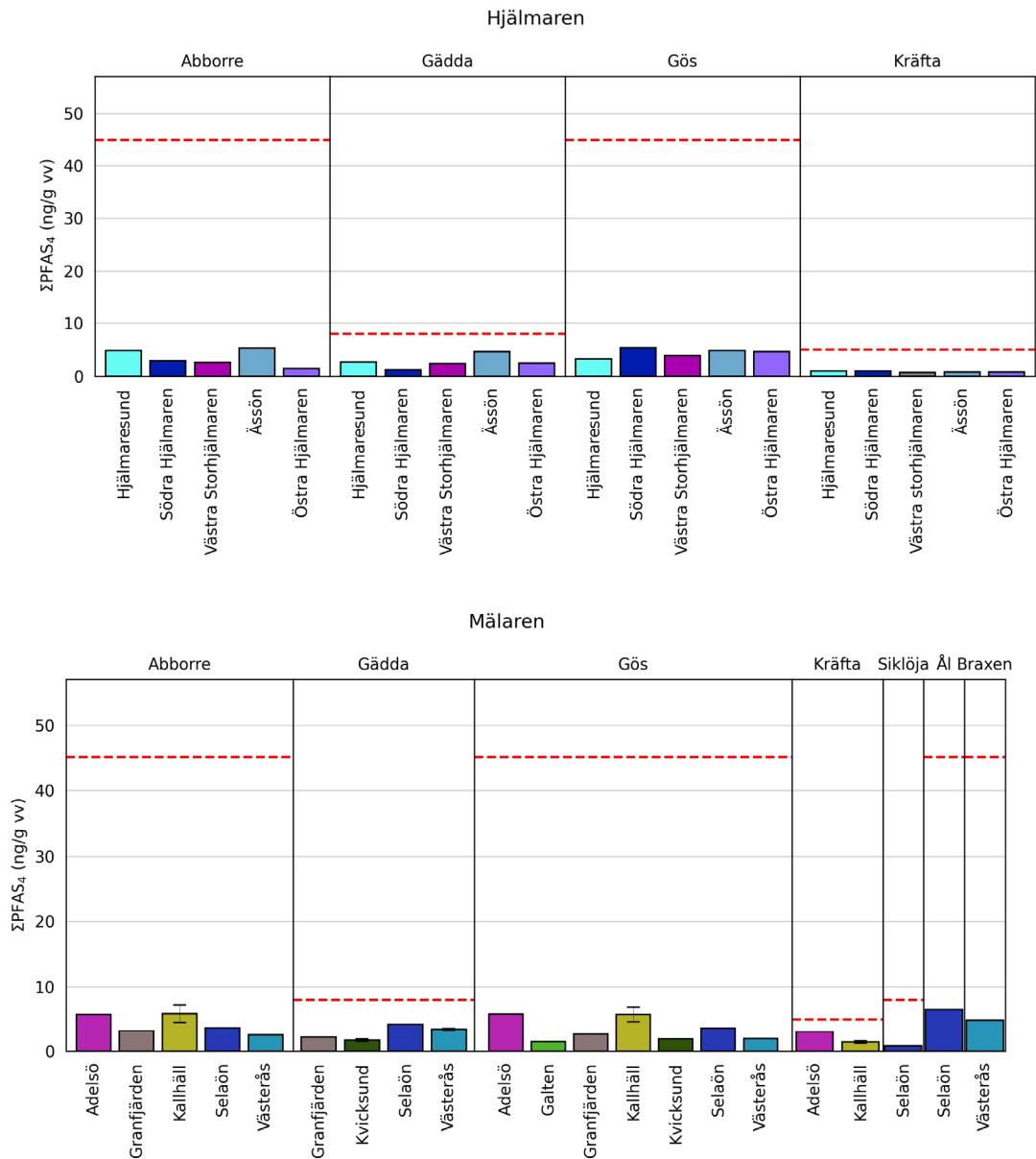
Art	Saluföringsgränsvärde (ng/g vv)
Abborre (<i>Perca fluviatilis</i>)	45
Braxen (<i>Abramis brama</i>)	45
Gädda (<i>Esox lucius</i>)	8
Gös (<i>Sander lucioperca</i>)	45
Signalkräfta (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)	5
Siklöja (<i>Coregonus albula</i>)	8
Ål (<i>Anguilla anguilla</i>)	45



Figur 2. Proveredning av gös, gädda och abborre. Foto: Tomas Viktor

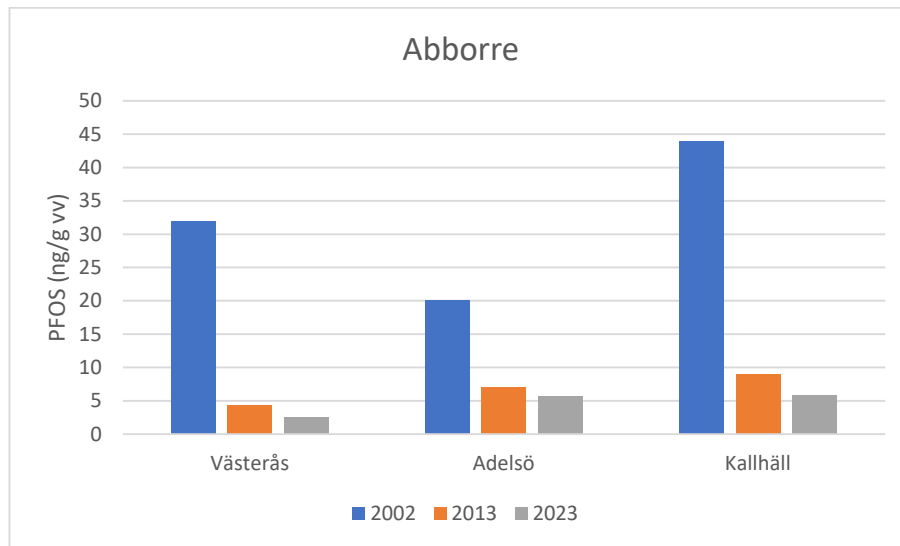
Resultat

Uppmätta Σ PFAS₄-halter understeg genomgående med marginal gällande saluföringsgränsvärden i (Fig. 4). Gädda är den enda fiskart som möjligtvis skulle kunna överskrida gränsvärden i enstaka fall. För andra fiskarter är det för stor differens mellan gränsvärde och uppmätta halter för att det utifrån grundläggande statistisk teori skulle förekomma gränsvärdesöverskridanden i de populationer som undersökts. Halter i kräfta var generellt lägre jämfört med fisk. Halter i gös, gädda och abborre var av samma storleksordning, vilket är logiskt då de är besläktade och lever på samma trofiska nivå som rovfiskar i ekosystemet. Halter av samtliga 17 analyserade PFAS-ämnen redovisas i **Bilaga C**. Värt att notera är att i genomsnitt rymdes 86 % av det samlade PFAS-innehållet i de fyra föreningar som ingår i PFAS₄ och bland dessa fanns en klar dominans av PFOS (perfluoroktansulfonsyra).



Figur 3. Uppmätta Σ PFAS₄-halter i fisk ock kräfta från Hjälaren samt Mälaren. Röd streckad linje indikerar EUs saluföringsgränsvärde för respektive art (EU 2022/2238).

I Mälaren har det tidigare vid några lokaler undersökts halter av PFOS i abborre av Stockholms universitet (Järnberg et al., 2008) respektive IVL (Karlsson & Viktor, 2014). I **Figur 4** jämförs tidigare uppmätta halter mot resultaten från föreliggande studie. PFOS-halterna har vid samtliga lokaler minskat över tid.



Figur 4. *Haltutveckling över tid avseende PFOS i abborre från tre lokaler i Mälaren. Data från Järnberg et al., 2008; Karlsson & Viktor, 2014 samt föreliggande studie.*

Sammanfattande bedömning

Sett från ett humankonsumtionsperspektiv är resultaten från föreliggande studie positiva. Σ PFAS₄-halterna i undersökta fiskarter och signalkräfta var inte påtagligt höga jämfört med hur det ser ut i många andra vattenområden, exempelvis i lokalt belastade sjöar och fjärdar i närheten av centrala Stockholm (Waldetoft et al., 2024). Halterna varierade förhållandevis lite mellan fångstlokalerna i de bägge sjöarna och även mellan olika arter. En tolkning är att det i delar av de bägge sjöarna där det bedrivs yrkesfiske föreligger en PFAS-exponering som kan sägas motsvara en "urban bakgrund", där "urban" syftar till att PFAS-halterna är högre jämfört med vattenområden som enbart påverkas av atmosfärisk deposition och "bakgrund" till att halterna inte vid någon fångstlokal ligger på en sådan nivå att det pekar mot en lokal kontamineringsituation med tillförsel från en punktkälla, exempelvis en brandövningsplats.

Halter i gös, gädda och abborre var av samma storleksordning, vilket är logiskt då de är besläktade och lever på samma trofiska nivå som rovfiskar i ekosystemet. En implikation av detta är att halter i abborre i den storlek som ofta används inom miljöövervakning (cirka 20 cm) är en bra indikator för vilka PFAS-halter som förekommer i konsumtionsfisk av dessa arter. Det har nämligen visat sig (Waldetoft et al., 2024) att det inte föreligger några systematiska skillnader i halter mellan stor och liten abborre. Det förefaller som att det redan i ung ålder uppstår en jämvikt mellan halter i fisken och omgivande vatten och att det därefter inte sker någon ytterligare bioackumulation med stigande ålder och storlek på fisken.

Halter av PFOS som utgör den dominerade källan till halter av PFAS i fisk (cirka 85 %), förefaller, vid jämförelse mot det empiriska underlag som funnits tillhanda (Järnberg et al., 2008; Karlsson & Viktor, 2014) ha minskat över den senaste tjuugoårsperioden. Detta speglar sannolikt den reglering och minskning i användningen av PFOS i samhället som skett under de senaste decennierna.

Den europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten (EFSA) har tagit fram hälsobaserade riktvärden (EFSA, 2020) för vad som anses vara ett tolerabelt veckointag av PFAS (TVI). Så länge TVI underskrids anses risken för att sjukdom eller andra negativa effekter uppstår som mycket liten. Givet uppmätta halter i fisk och antaganden kring övrigt PFAS-intag främst via dricksvatten kan den "tolerabla" fiskkonsumtionen från Mälaren och Hjälmaren beräknas (se Waldetoft & Karlsson, 2023 för beräkningsgång) till att för en vuxen person uppgå till högst en fiskportion per månad. Det finns i dagsläget inga specifika svenska kostråd för PFAS-ämnen i fisk då det pågår en risk-nyttovärdering inom EU kopplat till denna ämnesgrupp. Livsmedelsverket anser emellertid att om man följer de kostråd som finns framtagna sedan tidigare för tex kvicksilver i insjöfisk så är man på säkra sidan även vad gäller PFAS. De befintliga kostråden som idag finns för dioxin, PCB och kvicksilver skyddar även känsliga grupper som små barn och gravida. För barn och kvinnor som är gravida, ammar eller planerar att skaffa barn är Livsmedelsverkets generella rekommendation för konsumtion av insjöfisk att konsumtion av sådan fisk bör ske högst 2-3 gånger per år. Detta förutsätter att fisken inte kommer från ett område som är kraftigt belastat av en punktkälla, vilket inte är fallet med de områden där det idag det bedrivs yrkesfiske i Mälaren och Hjälmaren.

Under de senaste åren har en diskussion förts i svenska medier om huruvida kräftkonsumtion är förknippat med hälsorisker avseende intag av PFAS. Eftersom kräftor äts endast ett fåtal gånger per år av majoriteten av svenskar anser inte Livsmedelsverket att kräftkonsumtion generellt är en riskfaktor <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/pfas-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser>. Den studie som nu genomförts pekar i samma riktning. Om motsvarande intagsberäkningar som för fisk genomförs med uppmätta halter i signalkräfta från Mälaren och Hjälmaren blir det tolerabla intaget en kräftportion per vecka.

Referenser

EU, 2022/2388. Kommissionens förordning (EU) 2022/2388 av den 7 december 2022 om ändring av förordning (EG) nr 1881/2006 vad gäller gränsvärden för högfluorerade ämnen i vissa livsmedel.

EFSA, 2020. Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. Efsa Journal, 18(9), e06223.

Järnberg U, Holmström K, van Bavel B, Kärrman A. 2008. Perfluoralkylated acid sand related compounds (PFAS) in the Swedish environment. Naturvårdsverket.

Karlsson, M. & Viktor, T., 2014. Miljöstörande ämnen i fisk från Stockholmsregionen. IVL-rapport B2214. <https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1552450/FULLTEXT01.pdf>

Waldetoft, H. & Karlsson, M., 2023. Föroreningshalter i fisk och signalkräfta från nordöstra Mälaren, Järfälla kommun. IVL-rapport C754. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1747662/FULLTEXT01.pdf>

Waldetoft, H., Karlsson, O. M., & Awad, R., 2024. No evidence of an association between size and levels of four per- and polyfluorinated substances (PFAS) in perch (*Perca fluviatilis*). Science of The Total Environment, 934, 173124.

Bilaga A – Metodik vid kemiska analyser

Linjära isomerstandarder för perfluorbutansyra (PFBA), perfluorpentansyra (PFPeA), perfluorhexansyra (PFHxA), perfluorheptansyra (PFHpA), perfluoroktansyra (PFOA), perfluorononansyra (PFNA), perfluordekansyra (PFDA), perfluorundecanoic syra (PFU), perfluorodekansyra (PFDoDA), perfluortridekansyra (PFTrDA), perfluortetradekansyra (PFTeDA), perfluorbutansulfonat (PFBS), perfluorohexansulfonat (PFHxS), PFOS, perfluordekansulfonat (PFDS), 6:2 fluorotelomer (62 fluorotelomer: 8:2 fluorotelomersulfonat (8:2 FTS) erhöles från Wellington Labs. Extraktion utfördes med användning av metanol i ett ultraljudsbad följt av lösningsmedelsrengöring. 1 g w.w. homogeniserat prov vägdes in i ett 13 ml polypropen (PP)-rör och förstärktes sedan med internt märkt PFAS-standard 10 ng vardera (50 µL av 200 ng/ml) (tabell A1). Provet vortexblandades under 1 min och extraherades med 5 ml MeOH genom ultraljudsbehandling i ultraljudsbad under 15 min, och centrifugerades sedan. Supernatanten flyttas till ett annat 13 mL PP-rör. Provet extraherades igen med 5 mL MeOH i ultraljudsbad under 15 minuter, följt av centrifugering och flytt av supernatanten till det föregående 13 mL PP-röret. Det kombinerade extraktet reducerades till 1 ml under en försiktig kväveström. Extraktet sattes till ett Eppendorfrör innehållande 50 mg ENVI-kolhydrat plus 25 µL isättika, där det vortexade och centrifugerades. Därefter togs 0,5 ml till Eppendorfrör och 0,5 ml 4mM NH₄OAc-lösning tillsattes. Före analys tillsattes volymetrisk standard 10 ng av 3,5 BTPA och blandningen centrifugerades. Supernatanten flyttas till 1,5 ml vail för analys.

Instrumentell analys gjordes med HPLC-MS/MS-analys, där en AB Sciex API4000 kopplad till ett Shimadzu Prominence HPLC-system. LC arbetade med flödes hastighet 0,4 ml/min med användning av mobil fas (A) 100% vatten innehållande 2 mM ammoniumacetat, (B) 100% MeOH innehållande 2 mM ammoniumacetat under gradient från 100:0 till 0:100 under 16 minuter följt med 2 min jämvikt. LC-kolonnen HyPURITY C8 (5 µm, 50 x 3 mm, Thermo Scientific), hölls vid 40 °C. AB Sciex API4000 trippelkvadrupolmasspektrometer var utrustad med en elektroprayjoniseringskälla som arbetade under negativt läge. Jonkällans temperatur 600 °C, jonsprayspänningen sattes till 4,0 kV. Kvantifieringen av studerade PFAS gjordes genom utspädning av intern standardmetod med användning av en 8-punkts linjär kalibreringskurva med 1/x viktning från 0,088 till 20 ng/ml (linjär). Ett annat UPLC-instrument Shimadzu 8060NX kopplat till Shimadzu UPLC-system användes för analys av PFAS i fiskprover från 2022 och 2023, där LC arbetade med flödes hastighet 0,36 till 0,4 mL/min med hjälp av mobil fas (A) 100 % vatten innehållande 2 mM ammonium acetat, (B) 100 % MeOH innehållande 2 mM ammoniumacetat under gradient från 95:5 till 5:95 under 9 min följt av 2 min jämvikt. LC-kolonnen Shim-pack GIST-HP (C18-AQ; 1,9 µm; 50x2,1), hölls vid 40 °C. Shimadzu 8060NX trippelkvadrupolmasspektrometer var utrustad med en elektroprayjoniseringskälla som arbetade under negativt läge. Gränssnittstemperaturen 300°C, värmegasflöde 15L/min, DL-temperatur 150, och värmeblockstemperatur 350°C. Jonkällans temperatur 600 °C och gränssnittsspänningen sattes till -1,0 kV. Kvantifieringen av studerade PFAS gjordes genom utspädning av intern standardmetod med användning av en 10-punkts linjär kalibreringskurva med 1/x viktning från 0,01 till 20 ng/ml (linjär). För kvalitetskontroll och utvärdering av noggrannhet och precision extraherades tre procedurämnen som vardera bestod av ett tomt 13 PP-rör med varje batch för att övervaka laboratoriebakgrundskontamination, samt ett QC-prov bestående av ett tomt 13 PP-rör spikat med PFOA, PFOS och 6:2FTS med 20 ng vardera extraherades med varje sats. Alla mål var under detektionsgränsen i procedurblankerna. Detektionsgränsen (LOD) för den analyserade PFAS bestämdes som tre gånger standardavvikelsen för blanksignalerna (tabell A1). Mätfelet för de olika PFAS-ämnena var cirka 25 %.

Bilaga B – Förkortning och fullständiga namn för 17 undersökta PFAS-ämnen

Tabell B1. Förkortning och fullständiga namn för 17 analyserade PFAS-ämnen samt detektionsgräns (LOD) och kvantifieringsgräns (LOQ) vid de kemiska analyserna som utförts vid IVL Svenska Miljöinstitutets specialanalytiska laboratorium i Stockholm.

Förkortning	Fullständigt namn	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
PFOA	Perfluoroktansyra	0,05	0,15
PFOS	Perfluoroktansulfonsyra	0,05	0,15
PFHxS	Perfluorhexansulfonat	0,05	0,15
PFNA	Perfluornonansyra	0,05	0,15
PFDA	Perfluordekansyra	0,05	0,15
PFUnDA	Perfluorundekansyra	0,05	0,15
PFDoDA	Perfluordodekansyra	0,05	0,15
PFTrDA	Perfluortridekansyra	0,05	0,15
PFTeDA	Perfluortetradekansyra	0,05	0,15
PFBS	Perfluorbutansulfonat	0,05	0,15
PFPeA	Perfluorpentansyra	0,05	0,15
PFHxA	Perfluorhexansyra	0,05	0,15
PFHpA	Perfluorheptansyra	0,05	0,15
PFPeS	Perfluorpentansulfonat	0,05	0,15
PFHpS	Perfluorheptansulfonat	0,05	0,15
PFNS	Perfluornonansulfonat	0,05	0,15
PFDS	Perfluordekansulfonat	0,05	0,15

