



Havs  
och Vatten  
myndigheten



Stockholms  
stad

# PFAS och kvicksilver i konsumtionsfisk från Stockholms stads vattenområden

Rapport för Miljöförvaltningen, Stockholms stad

Författare: Magnus Karlsson, Arvid Jonsson & Hannes Waldetoft

Ansvaret för innehållet i denna rapport ligger helt hos författarna.

Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens hållning.

Titel: PFAS och kvicksilver i konsumtionsfisk från Stockholms stads vattenområden

Författare: Magnus Karlsson, Arvid Jonsson & Hannes Waldetoft

Upplaga: 2025-01-08

# Innehåll

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>Sammanfattning .....</b>          | <b>3</b>  |
| <b>Begreppslista .....</b>           | <b>4</b>  |
| <b>Popular Science Summary .....</b> | <b>5</b>  |
| <b>List of terms .....</b>           | <b>6</b>  |
| <b>1 Inledning .....</b>             | <b>7</b>  |
| <b>2 Bakgrund .....</b>              | <b>8</b>  |
| <b>3 Dataunderlag .....</b>          | <b>9</b>  |
| <b>4 Metodik.....</b>                | <b>11</b> |
| <b>5 Resultat.....</b>               | <b>13</b> |
| 5.1 Uppmätta halter .....            | 13        |
| 5.2 Intagsberäkningar .....          | 16        |
| <b>6 Diskussion .....</b>            | <b>18</b> |
| <b>7 Referenser .....</b>            | <b>19</b> |



## Sammanfattning

Baserat på insamlingar av konsumtionsfisk mellan åren 2021 och 2023 inom Stockholms stads miljöövervakningsprogram har föroreningsituationen avseende PFAS-ämnen och kvicksilver utvärderats. Genomsnittliga halter i gädda, gös och abborre av konsumtionsstorlek har relaterats till miljörelaterade gränsvärden samt utifrån definierade hälsorelaterade gränser för tolerabelt intag räknats om till teoretiskt konsumtionsutrymme. De undersökta vattenförekomsterna utgjordes av innerskärgårdsfjärdar, vikar av Mälaren och mindre insjöar.

Halter av  $\Sigma$ PFAS<sub>4</sub> varierade avsevärt med som lägst 2 ng/g vv i Ältasjön respektive knappt 60 ng/g vv i Magelungen. Förekomsten av PFAS-ämnen dominerades fullständigt av den enskilda föreningen PFOS. Det miljörelaterade gränsvärdet för PFOS på 9,1 ng/vv överskreds vid 10 av de 19 undersökta lokalerna. Även vad gäller kvicksilver förelåg betydande variationer mellan vattenområdena. De högsta halterna uppmättes i Brunnsviken och Judarn (0,6-0,7 mg/kg vv). Den lägsta halten (0,1 mg/kg vv) uppmättes i Långsjön och Ältasjön. I förhållande till ett typiskt bakgrundsvärde för inlandsfisk på 0,2 mg/kg var halterna förhöjda i 14 av vattenområdena.

Intagsberäkningar baserat på av europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten framtagna tolerabla intag indikerar att för vuxna personer kan, vad beträffar PFAS, konsumtionen av fisk överstiga 3 gånger/månad i Ältasjön medan intaget från fisk i Magelungen och Drevviken högst får uppgå till 1-2 gånger/år innan tolerabelt intag riskerar att överskridas. För kvicksilver är utrymmet för humankonsumtion generellt större innan tolerabelt intag överskrids, som lägst 2 gånger/månad.

## Begreppslista

Efsa = Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten

Hg = kvicksilver, metalliskt grundämne som finns naturligt i miljön, men ökat i miljön på grund av utsläpp till luft och vatten från exempelvis industri, trafik och förbränning.

Utsläppen av kvicksilver har generellt minskat under de senaste årtiondena, men det kan ändå förekomma förhöjda halter i fisk – särskilt insjöfisk.

Me-Hg = metylkvicksilver, en organisk biotillgänglig form av kvicksilver. Praktiskt taget allt kvicksilver i fisk utgörs av Me-Hg varför man normalt analyserar totalkvicksilver (Hg-tot).

PFAS = poly- och perfluorerade alkylsubstanser. Ämnesgrupp av industrikemikalier med fett- och vattenavvisande egenskaper som är mycket persistenta i miljön. Vissa PFAS är förbjudna, exempelvis PFOS som förbjöds inom EU 2008, men som återfinns i miljön på grund av just dess långlivade egenskaper i miljön.

TVI = tolerabelt veckointag, den exponering som anses tolerabel att utsättas för genom intag via dryck och föda utan att riskera negativa hälsoeffekter

vv = anger i enheter, tex mg/kg vv, att mängden är på våtviktsbasis, eller färskvikt som det också benämns

## Popular Science Summary

Based on collections of fish for consumption between 2021 and 2023 within the City of Stockholm's environmental monitoring program, the pollution situation regarding PFAS substances and mercury has been evaluated. Average levels in pike, pike-perch, and perch of consumption size have been related to environmental quality standard limits and converted to a theoretical room for consumption based on defined health-related limits for tolerable intake. The water bodies examined consisted of inner archipelago bays, bays of Lake Mälaren, and smaller lakes.

Levels of  $\Sigma$ PFAS<sub>4</sub> varied considerably, with a minimum of 2 ng/g vv in Lake Ältasjön and just under 60 ng/g vv in Lake Magelungen. The occurrence of PFAS substances was entirely dominated by the single compound PFOS. The environmental quality standard limit for PFOS of 9.1 ng/vv was exceeded at 10 of the 19 locations examined. There were also significant variations in mercury levels between the water areas. The highest concentrations were measured in Brunnsviken Bay and Lake Judarn (0.6-0.7 mg/kg vv). The lowest concentration (0.1 mg/kg vv) was measured in Lake Långsjön and Lake Ältasjön. In relation to a typical background value for inland fish of 0.2 mg/kg, the concentrations were elevated in 14 of the water areas. Intake calculations based on tolerable intakes developed by the European Food Safety Authority (Efsa) indicate that for adults, concerning PFAS, fish consumption can exceed 3 times/per month in Ältasjön. In contrast, the intake from fish in Lake Magelungen and Lake Drevviken may not exceed 1-2 times/year before the tolerable intake is at risk of being exceeded. For mercury, the scope for human consumption is generally larger before the tolerable intake is exceeded, at least 2 times/month.

## List of terms

EFSA = European Food Safety Authority

Hg = mercury, a metallic element that occurs naturally in the environment but has increased in the environment due to emissions to air and water from, for example, industry, traffic and combustion. Mercury emissions have generally decreased in recent decades, but elevated levels can still occur in fish – especially freshwater fish.

Me-Hg = methylmercury, an organic bioavailable form of mercury. Virtually all mercury in fish consists of Me-Hg, which is why total mercury (Hg-tot) is usually analyzed.

PFAS = poly- and perfluorinated alkyl substances. A group of industrial chemicals with grease and water-repellent properties that are very persistent in the environment. Some PFAS are banned, such as PFOS, which was banned in the EU in 2008 but is found in the environment due to its persistent properties.

TVI = tolerable weekly intake, the exposure that is considered tolerable to be exposed to through intake via drink and food without risking adverse health effects

ww = indicates in units, e.g., mg/kg ww, that the amount is on a wet weight basis, or fresh weight as it is also called

## **1 Inledning**

Miljöförvaltningen i Stockholm har under perioden 2021-2023 mätt halter av poly- och perfluorerade ämnen (PFAS) och kvicksilver (Hg) i fisk av konsumtionsstorlek från de vattenområden som ingår i den ordinarie löpande miljögiftsövervakningen. Förekomsten av PFAS och kvicksilver i fisk kan potentiellt begränsa möjligheterna till humankonsumtion. I syftet att ta fram underlag för bedömning av behovet av särskilda kostrekommendationer för egenfångad fisk i stadens vattenförekomster har Karlssons Ekosystemtjänster genomfört föreliggande utvärdering.

## 2 Bakgrund

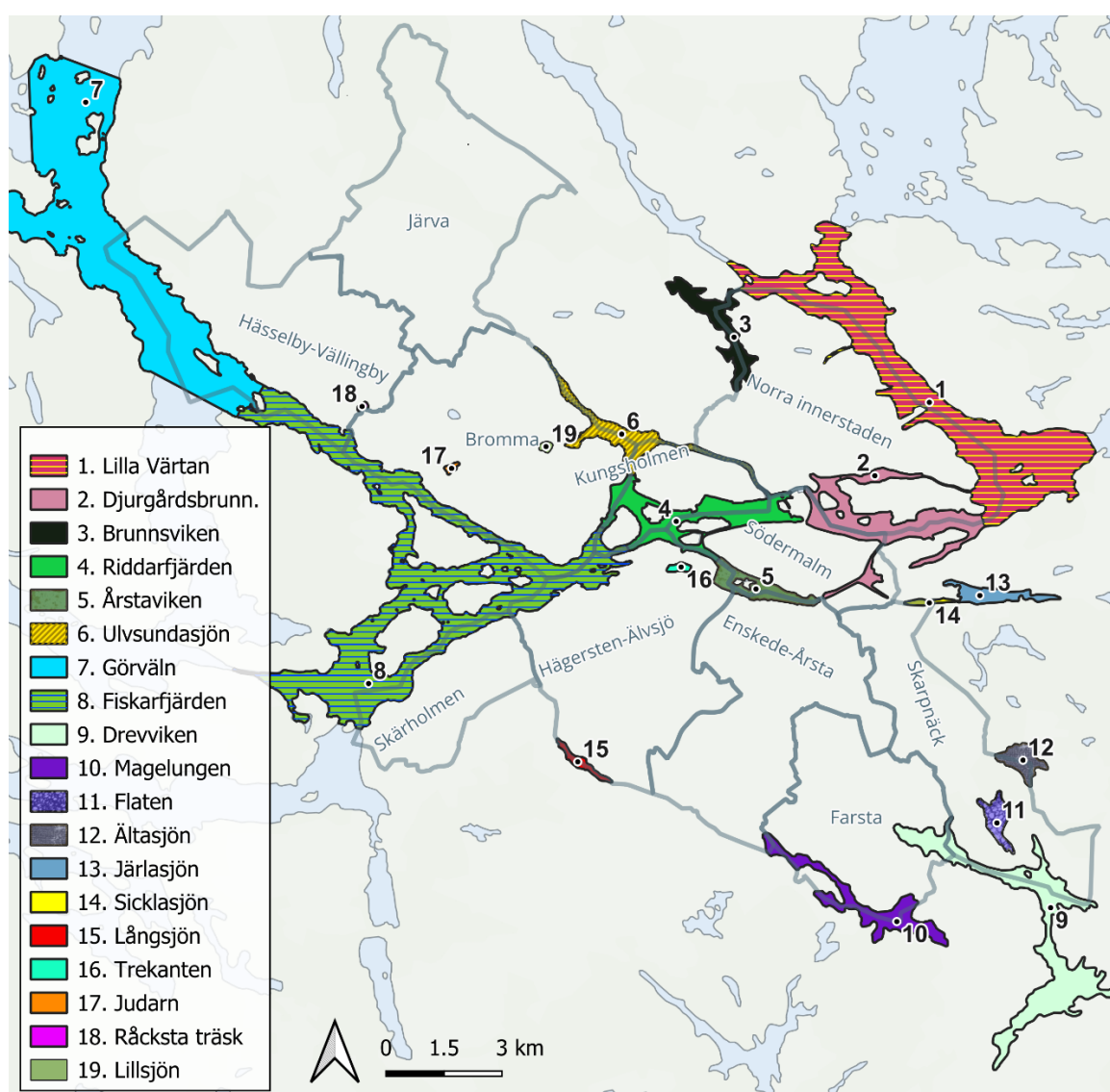
Inom Stockholms stads miljögiftsövervakning mäts sedan lång tid tillbaka årligen halter av olika miljöfarliga ämnen i abborre. Inom den svenska miljöövervakningen är det praxis att samla in och mäta föroreningshalter i abborre mellan 15 och 20 cm storlek. Abborre av denna storlek väger runt 50 g och används normalt inte för humankonsumtion. Skälet till att den ändå används inom miljöövervakning är att fisk inom denna storlekklass är förhållandevis enkelt att till rimliga ansträngningar samla in i erforderliga mängder. Det är emellertid väl känt (Meili, et al., 2004) att kvicksilverhalter ökar med stigande ålder i fisken, så kallad bioackumulation. Eftersom fisk växer i storlek under större delen av sitt liv är kvicksilverhalter i abborre av konsumtionsstorlek vanligtvis högre än i de mindre individer som analyseras inom miljöövervakning. Även i gädda finns ett sedan länge väldokumenterat samband mellan storlek och kvicksilverhalt (Johnels et al., 1967). När det gäller PFAS är kunskapsläget grundare. Vid en utvärdering av resultat från Stockholms stads miljöövervakningsprogram kunde inget samband mellan storlek och PFAS-halt i abborre identifieras (Waldetoft et al., 2024). I syfte att öka kunskapsunderlaget avseende halter i fiskarter av betydelse för humankonsumtion har Stockholms stad mellan 2021 och 2023 analyserat kvicksilver och PFAS i abborre (*Perca fluviatilis*), gös (*Sander lucioperca*) och gädda (*Esox lucius*) från stadens vattenförekomster i fisk av konsumtionsstorlek.

För PFAS och Hg finns hälsobaserade riktvärden, i form av tolerabla veckointag (TVI), framtagna av den europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten (EFSA, 2012; EFSA 2020). För PFAS gäller TVI summan av föreningarna PFOS, PFOA, PFNA och PFHxS, vilket benämns  $\sum\text{PFAS}_4$ . TVI för  $\sum\text{PFAS}_4$  har satts till 4,4 ng/g kroppsvikt och för Hg till 1,3 µg/kg kroppsvikt. Med utgångspunkt i detta går det med kännedom om aktuella halter beräkna vilka mängder fisk som kan ätas utan att riktvärden överskrids.

### 3 Dataunderlag

Samtliga fångstlokaler framgår av **Figur 1**. Dataunderlaget spänner över innerskärgårdsfjärdarna Lilla Värtan, Strömmen (benämnd Djurgårdsbrunnsviken) och Brunnsviken; Mälarfjärdarna Riddarfjärden, Årstaviken, Ulvsundasjön, Görväln och Fiskarfjärden samt insjöarna Drevviken, Magelungen, Flaten, Ältasjön, Järlasjön, Sicklasjön, Långsjön, Trekanten, Judarn, Råcksta träsk och Lillsjön, inalles 19 vattenområden som i varierande grad påverkats och påverkas av antropogena aktiviteter.

I **Tabell 1** redovisas artvis fångststatistik över det material som legat till grund för utvärderingen.



**Figur 1.** Fångstlokaler för konsumtionsfisk inom Stockholms stads vattenområden. Djurgårdsbrunnsviken representerar vattenförekomsten Strömmen.

**Tabell 1.** Genomsnittliga längder och vikt (värden inom parentes avser min och max) samt antal samlingsprover och antal individer som provberetts från insamlad abborre, gädda och gös.

| Lokal                | Längd (cm) | Totalvikt (g)   | Antal samlingsprover | Antal individer |
|----------------------|------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| <b>Abborre</b>       |            |                 |                      |                 |
| Lilla Värtan         | 30 (23-38) | 400 (290-790)   | 4                    | 13              |
| Djurgårdsbrunnsviken | 32 (28-38) | 430 (290-720)   | 4                    | 8               |
| Brunnsviken          | 32 (27-38) | 430 (240-820)   | 4                    | 14              |
| Riddarfjärden        | 30 (25-39) | 390 (200-860)   | 4                    | 14              |
| Årstaviken           | 36 (24-44) | 720 (160-1300)  | 5                    | 12              |
| Ulvsundasjön         | 30 (25-39) | 340 (190-790)   | 4                    | 18              |
| Görväln              | 33 (27-41) | 540 (240-1100)  | 4                    | 13              |
| Fiskarfjärden        | 31 (28-36) | 450 (310-730)   | 2                    | 8               |
| Drevviken            | 30 (25-38) | 400 (200-750)   | 4                    | 18              |
| Magelungen           | 30 (25-33) | 400 (200-530)   | 4                    | 13              |
| Flaten               | 33 (30-36) | 530 (410-780)   | 4                    | 11              |
| Ältasjön             | 30 (24-35) | 380 (190-610)   | 4                    | 12              |
| Järlasjön            | 33 (27-40) | 600 (270-1100)  | 2                    | 8               |
| Sicklasjön           | 31 (22-28) | 490 (230-810)   | 4                    | 11              |
| Långsjön             | 28 (24-35) | 340 (170-590)   | 4                    | 15              |
| Trekanten            | 25 (22-28) | 220 (150-310)   | 2                    | 5               |
| Judarn               | 37 (32-42) | 790 (440-1200)  | 2                    | 4               |
| Råcksta träsk        | 32 (28-36) | 460 (300-700)   | 2                    | 7               |
| <b>Gädda</b>         |            |                 |                      |                 |
| Drevviken            | 55 (48-60) | 1040 (660-1600) | 4                    | 10              |
| Magelungen           | 54 (51-60) | 910 (740-1200)  | 2                    | 4               |
| <b>Gös</b>           |            |                 |                      |                 |
| Drevviken            | 44 (41-48) | 750 (540-950)   | 1                    | 2               |
| Lillsjön             | 39 (31-42) | 540 (250-730)   | 1                    | 5               |

## 4 Metodik

Fiskinsamling har utförts med bottenstående nät av Thomas Jansson och Anna Gustafsson vid Naturvatten i Roslagen samt med spöfiske av lokala sportfiskare. Preparering och provberedning har utförts av Inger Abrahamsson, Gräsö. Kemiska analyser har utförts vid IVL Svenska Miljöinstitutet i Stockholm. Arbetet har skett parallellt med den ordinarie övervakningen av mindre abborre som ingår i stadens miljökontrollprogram. Resultatredovisningen baseras på medelvärdet av uppmätta halter i samlingsprover från perioden 2021-2023. I rapporten görs jämförelser med de miljörelaterade gränsvärden som finns inom EU avseende kemisk status i vattenförekomster (HVMFS 2019:25) För PFAS baseras gränsvärdet på den enskilda substansen PFOS och uppgår till 9,1 ng/g vv medan det för kvicksilver är satt till 0,02 mg/kg vv.

Vad gäller human exponering av PFAS så finns det i Sverige två dominerande källor: fisk och dricksvatten. Av den anledningen har intagsberäkningen tagit mängden  $\sum \text{PFAS}_4$  som invånare i Stockholm får i sig via dricksvattnet i beaktning. I beräkningen har antagits att det kommunala dricksvattnet innehåller 4 ng/L  $\sum \text{PFAS}_4$ , vilket är det minimikrav som idag ställs på dricksvatten, samt att varje person intar två liter dricksvatten per dag. Beräkningen av möjlig fiskkonsumtion med avseende på kvicksilver har inte kompenserat för intag från dricksvatten. Anledningen är att det, för den svenska befolkningen, är fisk som är den dominerande källan (Livsmedelsverket, 2012). Däremot har det kompenserats för genomsnittligt intag av kvicksilver från andra källor som vid en normal kosthållning uppgår till 0,3 µg/kg kroppsvikt och vecka (Livsmedelsverket, 2017). TVI för kvicksilver (Hg) är egentligen beräknat för den organiska biotillgängliga formen metylkvicksilver (Me-Hg) (EFSA, 2012). I praktiken är allt kvicksilver i fisk just metylkvicksilver varför de uppmätta halterna av totalkvicksilver (Hg-tot) används rakt av. I övrigt utgår alla beräkningar i denna rapport från en person som väger 70 kilo, samt att en fiskportion består av 150 gram fisk. I de fall det utöver abborre funnits data från andra arter (gös och gädda) har ett medelvärde inkluderande samtliga arter legat till grund för intagsberäkningarna.

I syfte att visualisera skillnader i föroreningshalter mellan vattenområdena och hur det potentiellt påverkar möjligheterna till humankonsumtion har vi gjort en klassindelning över hur många portioner som kan konsumeras av en vuxen person innan TVI riskerar att överskridas. Klassindelningen (**Tab. 2**) är rent statistisk och baseras på uppmätta PFAS-halter i fiskmuskel från gädda, gös och abborre från analyser som utförts vid IVL Svenska Miljöinstitutet under de senaste fem åren från totalt 49 lokaler i syd- och mellansvenska inlandsvatten. Klassgränserna för kvicksilver har för enkelhetens skull följt samma indelning i antal möjliga portioner/år.

**Tabell 2.** Klassgränser för antal möjliga portioner innan TVI överskrids för en vuxen person baserat på ett statistiskt underlag från uppmätta PFAS-halter i insjöfisk vid IVL Svenska Miljöinstitutet mellan åren 2019 och 2024, totalt 49 lokaler.

| Percentil | PFAS-halt i fiskmuskel (ng/g vv) | Antal möjliga portioner/år |
|-----------|----------------------------------|----------------------------|
| 5         | 1,8                              | >50                        |
| 25        | 3,2                              | 49-28                      |
| 75        | 14                               | 27-7                       |
| 95        | 30                               | 6-4                        |
| >95       | >30                              | 0-3                        |

## 5 Resultat

### 5.1 Uppmätta halter

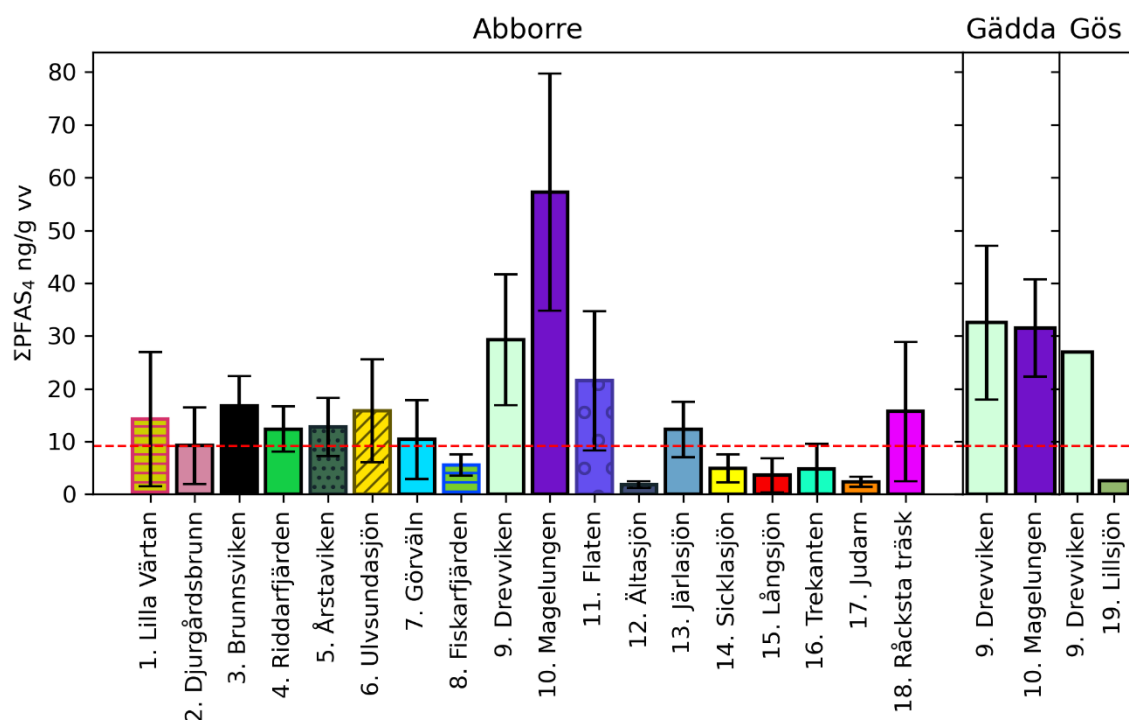
Uppmätta  $\Sigma$ PFAS<sub>4</sub>-, PFOS- och Hg-halter i samtliga fångstlokaler och arter redovisas i **Tabell 3**. Som framgår av tabellen var det ingen skillnad mellan summahalten av PFAS<sub>4</sub> och PFOS, det vill säga bidraget från PFOS utgör hela bidraget till  $\Sigma$ PFAS<sub>4</sub>. Övriga PFAS föreningar som ingår indexet förelåg i så pass låga halter att de ej signifikant bidrog till summahalten eller var under detektionsnivån.

**Tabell 3.** Genomsnittliga halter (värden inom parentes avser min och max) av  $\Sigma$ PFAS<sub>4</sub>, PFOS och Hg från samtliga arter och fångstlokaler. Siffra inom parentes relaterar till lokalens numrering i **Figur 1**.

| Lokal                    | $\Sigma$ PFAS <sub>4</sub> (ng/g vv) | PFOS (ng/g vv) | Hg (mg/kg vv)     |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------|
| <b>Abborre</b>           |                                      |                |                   |
| Lilla Värtan (1)         | 14 (5,6-33)                          | 14 (5,6-33)    | 0,48 (0,39-0,58)  |
| Djurgårdsbrunnsviken (2) | 9,2 (4,2-20)                         | 9,2 (4,2-20)   | 0,35 (0,019-0,60) |
| Brunnsviken (3)          | 17 (13-25)                           | 17 (13-25)     | 0,64 (0,39-1,0)   |
| Riddarfjärden (4)        | 12 (8,5-17)                          | 12 (8,5-17)    | 0,31 (0,20-0,47)  |
| Årstaviken (5)           | 13 (6,4-19)                          | 13 (6,4-19)    | 0,52 (0,075-0,91) |
| Ulsundasjön (6)          | 16 (7,2-26)                          | 16 (7,2-26)    | 0,29 (0,22-0,31)  |
| Görväln (7)              | 10 (5,4-21)                          | 10 (5,4-21)    | 0,20 (0,069-0,32) |
| Fiskarfjärden (8)        | 5,5 (4,1-6,9)                        | 5,5 (4,1-6,9)  | 0,29 (0,22-0,35)  |
| Drevviken (9)            | 30 (12-41)                           | 30 (12-41)     | 0,19 (0,091-0,38) |
| Magelungen (10)          | 57 (32-79)                           | 57 (32-79)     | 0,29 (0,18-0,37)  |
| Flaten (11)              | 22 (8,6-39)                          | 21 (8,6-39)    | 0,34 (0,13-0,49)  |
| Ältasjön (12)            | 1,8 (1,0-2,4)                        | 1,8 (1,0-2,4)  | 0,09 (0,06-0,14)  |
| Järlasjön (13)           | 12 (8,6-16)                          | 12 (8,6-16)    | 0,37 (0,23-0,50)  |
| Sicklasjön (14)          | 4,9 (1,2-6,8)                        | 4,9 (1,2-6,8)  | 0,21 (0,15-0,31)  |
| Långsjön (15)            | 3,6 (0,63-7,9)                       | 3,6 (0,63-7,9) | 0,10 (0,054-0,19) |
| Trekanten (16)           | 4,9 (1,5-8,2)                        | 4,9 (1,5-8,2)  | 0,30 (0,23-0,36)  |
| Judarn (17)              | 2,3 (1,7-3,0)                        | 2,3 (1,7-3,0)  | 0,67 (0,33-1,0)   |
| Räcksta träsk (18)       | 16 (6,4-25)                          | 16 (6,4-25)    | 0,39 (0,11-0,66)  |
| <b>Gädda</b>             |                                      |                |                   |
| Drevviken (9)            | 33 (16-51)                           | 33 (16-51)     | 0,18 (0,13-0,30)  |
| Magelungen (10)          | 32 (25-38)                           | 32 (25-38)     | 0,21 (0,19-0,22)  |
| <b>Gös</b>               |                                      |                |                   |
| Drevviken (9)            | 27                                   | 27             | 0,13              |
| Lillsjön (19)            | 2,6                                  | 2,6            | 0,08              |

Halterna av  $\Sigma$ PFAS<sub>4</sub> som i praktiken enbart utgjordes av PFOS varierade stort mellan fångstlokalerna (**Fig. 2**). Den högsta halten i ett enskilt prov uppmättes i abborre från Magelungen (79 ng/g vv) medan den lägsta halten uppmättes i Långsjön (0,6 ng/g vv). Halten av PFOS som ligger till grund för värderingen gentemot kemisk status översteg

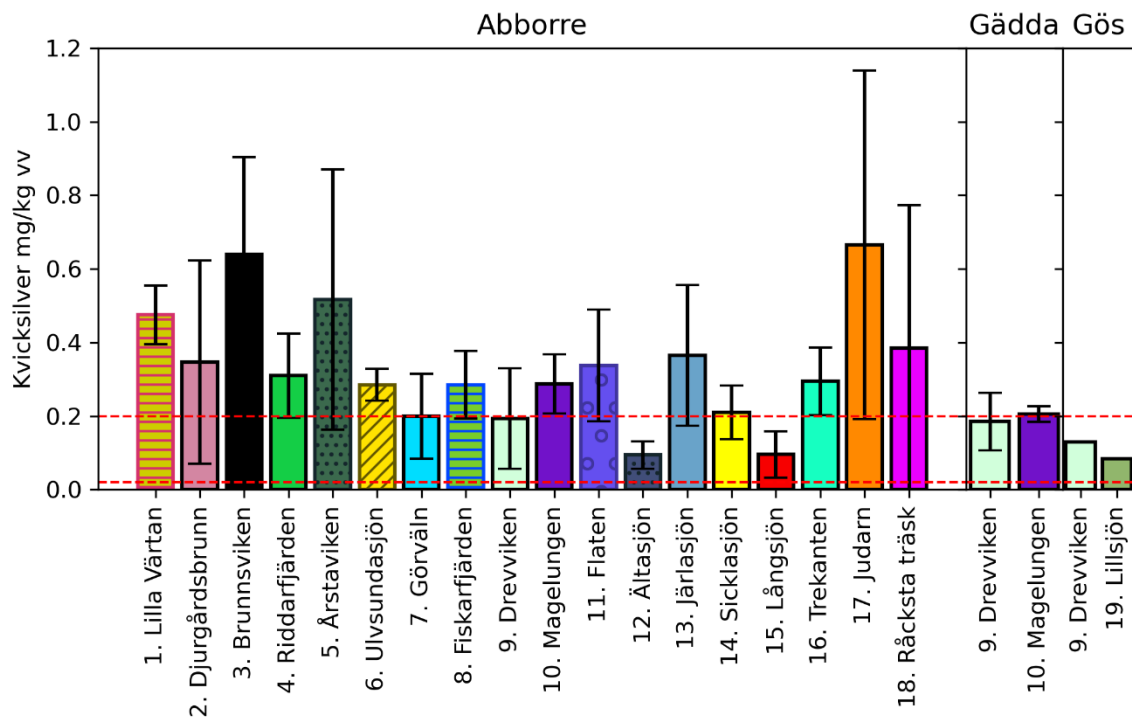
gränsvärdet på 9,1 ng/g vv i 10 av de undersökta lokalerna. Det var framförallt i de mindre insjöarna som halterna låg under gränsvärdet.



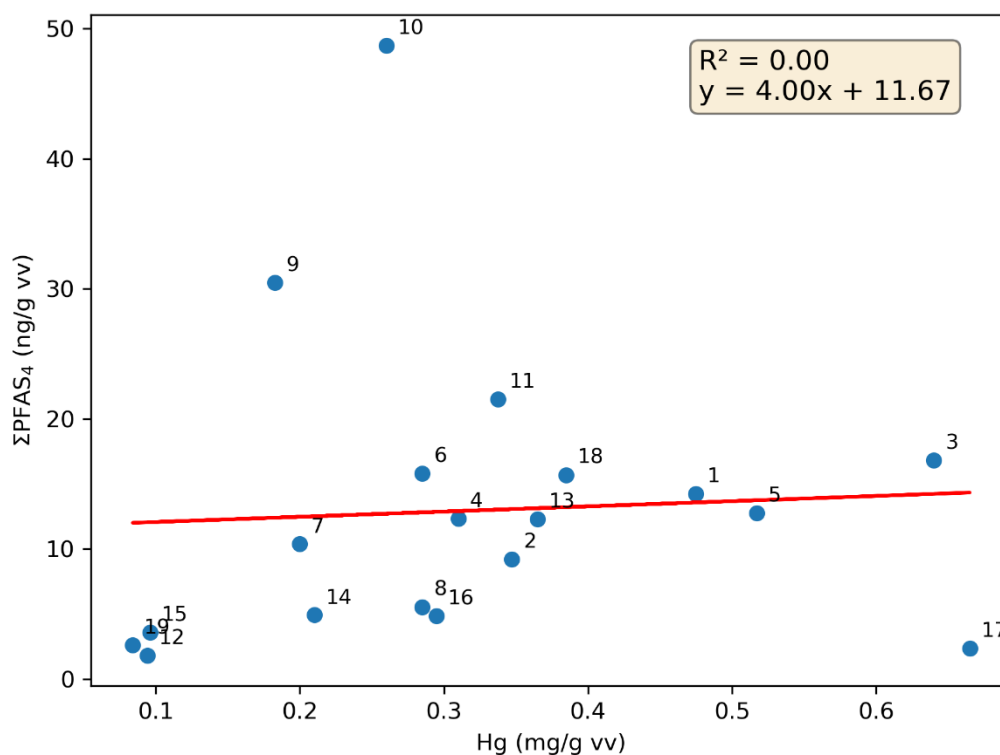
**Figur 2.** ΣPFAS4-halter i abborre, gädda och gös för de olika lokalerna i Stockholms stads vattenområden. Felstaplar visar standardavvikelsen. Röd linje visar gränsvärdet för kemisk status, 9,1 ng PFOS /g vv.

Kvikksilverhalterna varierade mellan som högst 1,0 mg/kg vv i Brunnsviken och Judarn till 0,1 mg/kg vv i Ältasjön och Lillsjön. Gränsvärdet för kemisk status 0,02 mg/kg vv överskreds vid samtliga fångstlokaler. Så är fallet i praktiskt taget alla Sveriges vattenförekomster. I förhållande till ett tidigare ofta använt bakgrundsvärde för halter i insjöfisk (NV, 1999) på 0,2 mg/kg vv så låg halterna i nivå eller under detta värde i Görväln, Drevviken, Ältasjön, Sicklasjön, Långsjön och Lillsjön.

I **Figur 4** jämförs uppmätta halter av ΣPFAS4 och Hg mellan lokalerna med linjär regression. Ingen korrelation förelåg. Det vill säga det finns inget samband att fisken i områden med höga PFAS-halter också har höga halter av kvicksilver eller vice versa.



**Figur 3.** Kvicksilverhalter i abborre, gädda och gös från de olika fångstlokalerna i Stockholms stad. Felstaplar visar standardavvikelsen. Röd linje visar gränsvärde för kemisk status 0,02 mg/kg vv samt 0,2 mg/kg, ett tigare ofta använt bakgrundsvärde för insjökonsumenter.



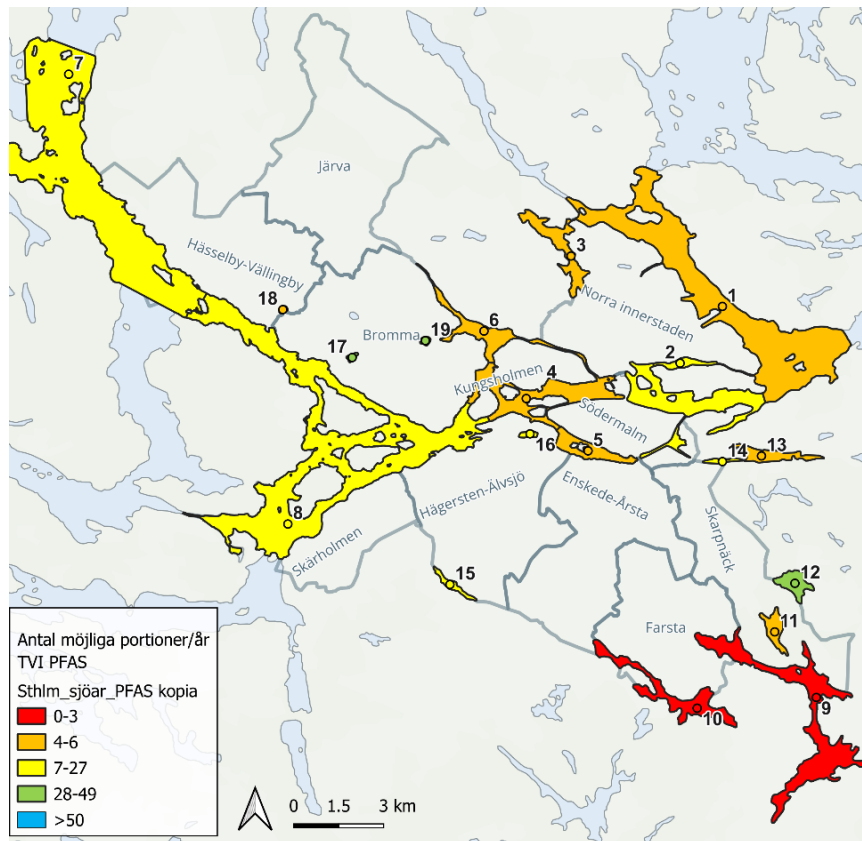
**Figur 4.** Jämförda halter av kvicksilver och ΣPFAS<sub>4</sub> med en linjär regression.  $R^2 = 0,00$ .

## 5.2 Intagsberäkningar

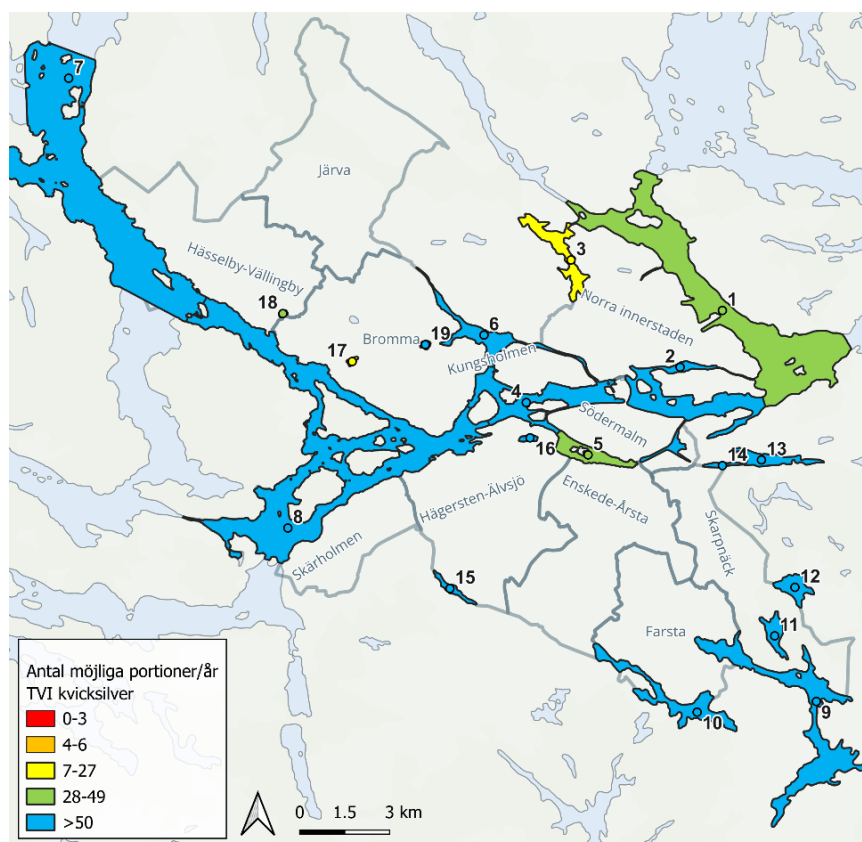
I **Tabell 4**, **Figur 5**, **Figur 6** redovisas hur många gånger per år en vuxen person (kroppsvikt 70 kg) kan äta fisk från respektive vattenområde utan att riskera att TVI överskridas avseende PFAS respektive kvicksilver. I samtliga vattenområden är det TVI avseende PFAS som primärt riskerar att överskridas vid fiskkonsumtion medan det finns ett större utrymme till TVI för kvicksilver. I Magelungen och Drevviken är utrymmet för fiskkonsumtion innan TVI uppnås begränsat till 1 respektive 2 gånger/år. Andra vattenområden där utrymmet för fiskkonsumtion är relativt begränsat (4-5 portioner/år) innan TVI för PFAS uppnås är Brunnsviken, Flaten och Räcksta träsk.

**Tabell 4.** Beräknat antal möjliga portioner en vuxen person kan inta per år innan TVI riskerar att överskridas för PFAS respektive kvicksilver i de olika vattenområden baserat på genomsnittliga halter i gös, gädda och abborre.

| Lokal                | Antal möjliga<br>portioner/år TVI<br>PFAS | Antal möjliga<br>portioner/år TVI<br>Hg |
|----------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Lilla Värtan         | 5                                         | 36                                      |
| Djurgårdsbrunnsviken | 8                                         | 60                                      |
| Brunnsviken          | 4                                         | 24                                      |
| Riddarfjärden        | 6                                         | 72                                      |
| Årstaviken           | 6                                         | 43                                      |
| Ulvsundasjön         | 5                                         | 72                                      |
| Görväln              | 7                                         | 108                                     |
| Fiskarfjärden        | 12                                        | 72                                      |
| Drevviken            | 2                                         | 120                                     |
| Magelungen           | 1                                         | 84                                      |
| Flaten               | 4                                         | 60                                      |
| Ältasjön             | 44                                        | 237                                     |
| Järlasjön            | 6                                         | 60                                      |
| Sicklasjön           | 16                                        | 96                                      |
| Långsjön             | 22                                        | 228                                     |
| Trekanten            | 16                                        | 72                                      |
| Judarn               | 34                                        | 24                                      |
| Räcksta träsk        | 5                                         | 48                                      |
| Lillsjön             | 30                                        | 264                                     |



**Figur 5.** Antal möjliga portioner/år för vuxen person utan att TVI för PFAS överskrids.



**Figur 6.** Antal möjliga portioner/år för vuxen person utan att TVI för Hg överskrids.

## 6 Diskussion

Halter av PFAS och kvicksilver varierade stort mellan de olika lokalerna på ett till synes oförutsägbart sätt. Det pekar mot att det är de lokala föroreningssituationerna i de enskilda vattenförekomsterna som återspeglas och inte ett storskaligt mönster med exempelvis högre halter närmare Stockholms tätort en geografisk gradient eller ett samband med vattenområdenas storlek. De högsta PFAS-halter uppmättes i Magelungen (57 ng/g vv) och Drevviken (30 ng/g vv) medan fisk från den närbelägna Ältasjön hade lägst halter (2 ng/g vv). Däremot förelåg en tydlig korrelation mellan halter i de olika undersökta arterna abborre, gös och gädda. Liknande samband har påvisats i andra lokaler i Mälaren och Hjälmaren (Karlsson et al., 2024). De högsta kvicksilverhalterna uppmättes i Brunnsviken och Judarn (0,6-0,7 mg/kg vv) medan de lägsta uppmättes i Långsjön, Lillsjön och Ältasjön (0,1 mg/kg vv).

Vid intagsberäkningarna har vi utgått från de genomsnittligt uppmätta halterna. Detta motiveras av att eventuella negativa hälsoeffekter orsakas av långvarig exponering inte vilken dos man erhåller vid ett enstaka konsumtionstillfälle. I det långa loppet bör det också vara så om man äter fisk från ett vattenområde regelbundet så är det genomsnittliga halten i fisken som utgör grunden för den exponering man utsätts för. De klassindelningar som gjorts av uppmätta halter omräknat till möjlig konsumtion gentemot TVI är statistiskt grundade och gör inga anspråk på att vara toxikologiskt vägledande för hur man ska ställa sig till konsumtion från fisk från de olika vattenområden. De är att betrakta som visualiseringsverktyg för att åskådliggöra skillnaderna mellan vattenområdena. Generellt är sannolikheten högre att man vid regelbunden fiskkonsumtion överskrider TVI för PFAS än för kvicksilver. Tolerabel fiskkonsumtion med avseende på PFAS varierar mellan 1-2 portioner/år från Magelungen och Drevviken till 3 portioner/månad i Ältasjön. För kvicksilver är motsvarande värden för vuxna personer som lägst 2 portioner/månad av fisk från Brunnsviken och Judarn till 20 portioner/månad i Långsjön, Lillsjön och Ältasjön.

I förhållande till miljörelaterade gränsvärden översteg kvicksilverhalterna vid samtliga lokaler gränsvärdet för kemisk status på 0,02 mg/kg vv. Det är fallet i praktiskt taget alla Sveriges vattenförekomster och säger inte så mycket om den lokala kontamineringsituationen. I förhållande till ett tidigare bakgrundsvärde på 0,2 mg/kg vv (NV, 1999) kan konstateras att kvicksilverhalterna är högre i drygt hälften av vattenområdena. För PFAS-ämnen finns ett gränsvärde för PFOS på 9,1 ng/g vv. Det värdet överskreds i 14 av de 19 undersökta vattenområdena.

## 7 Referenser

- EFSA, 2012. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. Efsa Journal 10, 2985.
- 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, e06223.
- HVMFS, 2019:25. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Johnels, A. G., Westermarck, T., Berg, W., Persson, P. I., & Sjöstrand, B., 1967. Pike (*Esox lucius L.*) and some other aquatic organisms in Sweden as indicators of mercury contamination in the environment. Oikos 18:323-333.
- Karlsson, M., Jonsson, A. & Viktor, T., 2024. PFAS i konsumtionsfisk och signalkräfta från Hjälmarén och Mälaren. KEAB rapport 2024:2.
- Livsmedelsverket, 2012. Market Basket 2010 - chemical analysis, exposure estimation and health-related assessment of nutrients and toxic compounds in Swedish food basket.
- Livsmedelsverket, 2017. Swedish Market Basket Survey 2015 – per capita-based analysis of nutrients and toxic compounds in market baskets and assessment of benefit or risk.
- Meili, M. et al., 2004. Modelling critical loads of metals for aquatic ecosystems: Critical levels of mercury in precipitation. – In: United Nations Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (UN/ECE-CLRTAP), Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping of critical loads & levels and air pollution effects, risks, and trends. Federal Environmental Agency, Berlin, UBA-Texte 52/04, Chapter 5.5.3.2, pp. V.60-63. (ISSN 0722-186X).
- NV, 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket rapport 4914.
- 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.



Havs  
och Vatten  
myndigheten