

PFAS i Östersunds kommun

Inledande kartläggning 2020

| | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Dokumentansvarig: | Ann-Charlotte Skoog, Miljöchef |
| Dokumenttyp: | Projektrapport |
| Berörd verksamhet: | Miljö och hälsa |
| Diarienummer: | 00073–2021 i databas MSN |
| Skapad: | 2021-03-22 |
| Senast reviderad: | 2021-03-22 |
| Antal sidor: | 53 |
| Författare: | Hanna Modin, Miljöskyddsinspektör |



Sammanfattning

Försvarsmakten och Länsstyrelsen Jämtlands län har tidigare genomfört provtagningar som visar att det förekommer höga halter av miljögiftet PFAS i Östersunds kommun. För att ta reda på mer om hur situationen ser ut har Östersunds kommun under 2020 genomfört en kartläggning av PFAS i olika delar av kommunen. PFAS står för poly- och perfluorerade alkylsubstanser och omfattar i dagsläget en grupp på över 4 700 högfluorerade ämnen. PFAS-ämnen är syntetiskt framställda och har funnits sedan 1950-talet. På grund av sina vatten-, smuts- och fettavstötande egenskaper och extrema motståndskraft mot nedbrytning används de i många olika produkter, bland annat brandskum och skidvalla. Flertalet ämnen har visat sig vara reproduktionsstörande och misstänkt cancerframkallande. PFAS är dock inte akuttoxiskt, utan hälsoeffekterna uppkommer vid en längre tids exponering och människor exponeras framförallt via intag av förorenat dricksvatten, fisk och skaldjur. Syftet med Östersunds kommuns kartläggning är att öka kunskapen om var PFAS-föreningar förekommer, för att på så sätt kunna identifiera potentiella källor och arbeta aktivt för att minska framtida spridning.

Inom ramen för kommunens kartläggning har 79 vattenprover, fyra markprover och två samlingsprover på sammanlagt 15 abborrar tagits. Prover har tagits på yt-, grund-, dag-, spill- och lakvatten samt snö. Valet av provtagningsplatser skedde i samråd med Länsstyrelsen Jämtlands län och med hjälp av information från kommunens olika förvaltningar samt från Räddningstjänsten. Provtagning i närheten av misstänkta punktkällor såsom brandövningsplatser, avfallsdeponier och skidstadion prioriterades. Även tidigare provtagningsresultat från Försvarsmakten och Länsstyrelsen låg till grund för urvalet.

För att ge en bra överblick över PFAS-situationen i kommunen redovisas både Östersunds kommuns, Länsstyrelsen och Försvarsmaktens resultat i rapportens kartor. I kommunens provtagningar har särskilt förhöjda halter uppmätts i Furulund nedströms från brandövningsplatsen, i närheten av skidstadion, vid en historisk brandövningsplats i Lit, i ett dagvattenutlopp i Lugnvik, nedströms från Gräfsåsens avfallsanläggning, vid Lit deponi, i Lövtorpsbäcken på Frösön och i dagvattendammar i Odenskog. Alla halter som har uppmätts i dricksvatten understiger Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten. Försvarsmakten har uppmätt mycket höga halter i det tidigare militära övningsområdet F 4, och Länsstyrelsen har bland annat uppmätt förhöjda halter i ytvattendrag nedströms från F 4-området. Höga halter PFOS uppmättes i ett jordprov från Furulunds brandövningsplats, men halterna bedöms inte utgöra någon fara för de människor som vistas på platsen. Det förbättrade kunskapsunderlaget kommer att utgöra en grund för Miljö och hälsas fortsatta tillsynsarbete. I flertalet fall har sannolika utsläppskällor kunnat identifieras och det åligger i nästa steg de verksamhetsutövare som ansvarar för de potentiella utsläppskällorna att vidare utreda omfattningen av föroreningen.

Länsstyrelsen, kommunen och Försvarsmakten har sammanlagt tagit elva fiskprover, på huvudsakligen abborre. På grund av de höga halter som uppmättes på flera platser i kommunen och på grund av att den europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten, Efsa, har fastställt ett nytt och lägre hälsobaserat riktvärde för den mängd PFAS-ämnen som bedöms vara säker att få i sig varje vecka föreslår Miljö och hälsa, med stöd av Livsmedelsverket, att tillfälliga kostråd införs för abborre och gädda i Lillsjön och Storsjön kring Frösön. Abborre och gädda från dessa vatten bör inte ätas mer än cirka 2–3 gånger per år. De tillfälliga kostråden för Storsjön ska gälla från Frösöns stränder och cirka 200 meter ut.

Innehåll

| | |
|---|-----------|
| 1. Bakgrund och syfte | 5 |
| 1.1. Inledning | 5 |
| 1.2. Om PFAS | 5 |
| 1.3. Rikt- och gränsvärden | 5 |
| 1.4. Exponering | 6 |
| 1.5. Hälsoeffekter | 7 |
| 1.6. Syfte | 7 |
| 2. Metod | 8 |
| 2.1. Praktiskt genomförande | 8 |
| 2.2. Praktiskt genomförande | 8 |
| 2.3. Installation av grundvattenrör | 10 |
| 2.4. Hantering av prover och analys | 10 |
| 2.5. Redovisning av resultat..... | 12 |
| 2.6. Källidentifiering..... | 12 |
| 3. Resultat | 13 |
| 3.1. Vatten | 13 |
| 3.2. Mark..... | 35 |
| 3.3. Fisk..... | 35 |
| 4. Diskussion | 38 |
| 4.1. Resultatens tillförlitlighet | 38 |
| 4.2. Miljökvalitetsnormer och statusklassning | 38 |
| 4.3. Möjliga saneringsmetoder | 39 |
| 4.4. Framtida tillsynsarbete | 39 |
| 4.5. Områden med särskild PFAS-problematik..... | 39 |
| 4.5.1. Furulund | 39 |
| 4.5.2. Lillsjön och närliggande dagvattendammar | 41 |
| 4.5.3. Skidstadion | 41 |
| 4.5.4. Övrigt dagvatten..... | 43 |
| 4.5.5. Brandövningsplats i Lit | 43 |
| 4.5.6. Deponier | 44 |
| 4.5.7. Bringåsen..... | 44 |
| 4.5.8. Före detta F 4-området | 45 |
| 4.6. Dricksvatten | 46 |
| 4.7. Mark..... | 46 |
| 4.8. Fisk..... | 46 |
| 5. Slutsatser | 49 |
| Referenser | 51 |
| I författarens ägo | 53 |

1. Bakgrund och syfte

1.1. Inledning

Försvarsmakten och Länsstyrelsen Jämtlands län har tidigare genomfört provtagningar som visar att det förekommer höga halter av miljögiften PFAS i Östersunds kommun. För att ta reda på mer om hur situationen ser ut har Östersunds kommun under 2020 genomfört en kartläggning av PFAS i olika delar av kommunen. Parallellt har Länsstyrelsen och Försvarsmakten fortsatt med sina undersökningar. Kartläggningen har genomförts som ett samarbete mellan flera förvaltningar, Räddningstjänsten och Länsstyrelsen.

1.2. Om PFAS

Förkortningen PFAS står för poly- och perfluorerade alkylsubstanser och omfattar i dagsläget en grupp på över 4 700 högfluorerade ämnen. På grund av sina vatten- och smutsavstötande egenskaper används PFAS som ytbehandling i många produkter, bland annat kläder, skor, matförpackningar och stekpannor. PFAS återfinns även i brandskum, skidvalla och skönhetsprodukter. Alla PFAS-ämnen är industriellt framställda och de första började användas på 50-talet. De unika vatten-, smuts- och fettavvisande egenskaperna samt den extrema motståndskraften mot nedbrytning, både kemiskt och biologiskt, bidrar till substansernas användbarhet. Detta gör dock även att de är extremt långlivade i naturen. Användningen har accelererat under de senaste decennierna och stora delar av Sveriges yt- och grundvatten innehåller idag PFAS. Ämnena är både fett- och vattenlösliga och kan spridas över stora områden.¹

Användning av brandsläckningsskum är den största direkta punktkällan, medan avfallshantering sannolikt är en betydande sekundär punktkälla. De två mest kända PFAS-ämnena är PFOS och PFOA. PFOS har framförallt använts i brandskum, men sedan 2008 är PFOS och ämnen som kan brytas ner till PFOS förbjudna inom EU. PFOA har använts i bland annat teflon och skidvalla och är förbjudet inom EU sedan december 2020.²

1.3. Rikt- och gränsvärden

Det finns i dagsläget inga rättsligt bindande gränsvärden för PFAS i dricksvatten, men dricksvatten får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa. Livsmedelsverket har därför tagit fram en åtgärdsgräns för en sammahalt av elva PFAS-ämnen på 90 ng/l och rekommenderar dricksvattenproducenterna att ta hänsyn till den fram till dess att det finns juridiskt bindande gränsvärden. Om åtgärdsgränsen överskrids bör dricksvattenproducenten vidta åtgärder för att sänka halten till så låga nivåer som är praktiskt möjligt. Om

¹ Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, Perfluorerade och polyfluorerade ämnen, 2020, <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>, hämtad 9 mars 2021.

² Naturvårdsverket, *Högfluorerade ämnen i miljön, PFAS*, 2020, <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Perfluorerade-amnen/>, hämtad 9 mars 2021.

halten överskrider 900 ng/l summa PFAS-11 avråds konsumenter från att dricka vattnet.³

För inlandsytvatten får årsmedelvärdet för PFOS inte överstiga miljökvalitetsnormen (MKN), som är satt till 0,65 ng/l. Detta är ett juridiskt bindande gränsvärde för vattenmyndighetens bedömning av påverkan, risk, status och åtgärdsbehov. Om tillförlitligheten för mätvärdena är tillräckligt stor finns ett åtgärdsbehov.⁴ Gränsvärdet är inte kopplat till dricksvattenkvalitet, utan utgår från eventuell påverkan på vattenlevande organismer.

Statens geotekniska institut har tagit fram preliminära riktvärden för PFOS i mark. Riktvärdena är inte juridiskt bindande, men syftet är att de ska ange en föroreningshalt i mark som inte ger oacceptabla negativa effekter på hälsa eller miljö. Vid känslig markanvändning, exempelvis bostäder, har riktvärdet satts till 3 µg PFOS/kg torrsustans (TS). Vid mindre känslig markanvändning, såsom industri, är motsvarande halt 20 µg PFOS/kg TS.⁵

Det saknas idag kostbaserade gränsvärden för PFAS i fisk. Som temporär åtgärdsnivå rekommenderar Livsmedelsverket MKN för fisk, som är satt till 9,1 µg/kg för PFOS. Miljökvalitetsnormen är ett mått på om fiskelokalerna kan anses vara utsatt för en förhöjd påverkan.⁶

1.4. Exponering

I miljön tas PFAS lätt upp och ansamlas i levande organismer, huvudsakligen i lever och blod. Beroende på vilken PFAS-variant det rör sig om kan det ta veckor eller år innan kemikalierna lämnar kroppen. Människor exponeras huvudsakligen för PFAS via mat, antingen direkt via livsmedlet eller indirekt via matförpackningarna. Fisk och skaldjur har pekats ut som betydande exponeringskällor, men människor kan även exponeras för PFAS via förorenat dricksvatten och andra livsmedel. Genom användning av kemiska produkter eller varor som behandlats med PFAS kan exponering även ske via huden. Exponering kan också ske genom inandning av förorenat damm. Den genomsnittliga exponeringen i Sverige är 60 ng PFOS/kg kroppsvikt och dag, respektive 2 ng PFOA/kg kroppsvikt och dag. Halterna av dessa PFAS-ämnen i människokroppen ökade successivt fram till och med 2010, men har därefter minskat. Istället syns idag en ökning av andra PFAS-ämnen.⁷

I kost utgörs källor huvudsakligen av djurprodukter såsom framförallt fisk och skaldjur, men även kött, ägg och mjölkprodukter. Studier har visat att PFAS-ämnen även kan tas upp och lagras i växter. Detta gäller framförallt bladgrönsaker och det

³ Livsmedelsverket, *Riskhantering PFAS i dricksvatten och egenfångad fisk*, 2021, <https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/dricksvattenproduktion/riskhantering-pfas-i-dricksvatten-egenfangad-fisk>, hämtad 9 mars 2021.

⁴ HVMFS 2013:19, *Föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten*, Stockholm: Havs- och vattenmyndigheten.

⁵ Michael Pettersson, Märta Ländell, Yvonne Ohlsson et al., *Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten*, SGI Publikation 21, Linköping: Statens geotekniska institut, 2015, <https://www.sgi.se/globalassets/publikationer/sgi-publikation/sgi-p21.pdf>, hämtad 9 mars 2021.

⁶ Livsmedelsverket, *Riskhantering PFAS i dricksvatten och egenfångad fisk*

⁷ Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, *Perfluorerade och polyfluorerade ämnen*.

är främst de kortkedjiga PFAS-ämnena som lagras (PFBA, PFPeA, PFHxA). Ur ett riskperspektiv är dessa ämnen mindre problematiska, då de inte är lika bioackumulerande i människa/djur som de mer långkedjiga PFAS-ämnena. Generellt sett utgör inte vegetabilier någon stor exponeringskälla.⁸ Tack vare olika regleringar minskar generellt utsläppen av långkedjiga PFAS, som är den typ av PFAS som har bedömts ha högst hälsorisker.

1.5. Hälsoeffekter

Kunskapen om skadliga hälsoeffekter kommer framförallt från studier av PFOS och PFOA i försöksdjur. Studierna visar att lever, fettmetabolism, sköldkörtelhormoner och immunsystemet påverkas vid PFAS-exponering. Lägre födelsevikt, försämrad tillväxt, försenad skelettbildning och könsmognad, beteendeförändringar samt minskad överlevnad har observerats hos nyfödda djur efter exponering under fostertiden.⁹

Studier av befolkningsgrupper med exponering för framför allt PFOS och PFOA via förorenade miljöer har påvisat samband mellan förhöjda halter av PFAS och ökade kolesterol-, fettsyra- och urinsyrahalter i blodet hos människor. Andra befolkningsstudier har visat på samband mellan förhöjda PFAS-halter i blodet hos mödrar och minskad födelsevikt eller försämrat immunförsvar hos barnet. Internationella cancerforskningsinstitutet bedömde år 2016 att PFOA kan vara cancerframkallande och kan öka risken för flera olika tumörsjukdomar.¹⁰ I dagsläget finns inga data som talar för akut toxicitet vid enstaka högre dos och det finns inga uppgifter om förgiftningstillbud.¹¹

Ytterligare forskning pågår och för de flesta PFAS-ämnen saknas ännu kunskap om hälsoeffekter, men det finns starka skäl att betrakta alla PFAS som hälsoskadliga.¹²

1.6. Syfte

Syftet med Östersunds kommuns kartläggning är att öka kunskapen om var PFAS-föreningar förekommer, för att på så sätt kunna identifiera potentiella källor och arbeta aktivt för att minska framtida spridning.

⁸ Emma Halldin Ankarberg, e-postkonversation med toxikolog på Livsmedelsverket, 25 augusti 2020.

⁹ Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, *Perfluorerade och polyfluorerade ämnen*.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Karl Forsell, e-postkonversation med överläkare inom miljömedicin på Norrlands universitetssjukhus, 2 september 2020.

¹² Kemikalieinspektionen, *Högfluorerade ämnen, PFAS, i vardagsvaror*, 2021, <https://www.kemi.se/kemikalier-i-vardagen/kemikaliesmarta-val/material-och-amnen/hogfluorerade-amnen-pfas#:~:text=PFAS%2D%C3%A4mnen%20kopplas%20till%20skadliga.betrakta%20alla%20PFAS%20som%20h%C3%A4lsoskadliga.>, hämtad 9 mars 2021.

2. Metod

2.1. Praktiskt genomförande

Under 2020 har Östersunds kommun provtagit ytvatten, grundvatten, dagvatten, lakvatten, spillvatten, mark och fisk. Planeringen av provtagningen skedde kontinuerligt under 2020 och provtagningen genomfördes huvudsakligen i maj, september och oktober.

Kommunens vattenprovtagning genomfördes av Miljö och hälsa, Avfall VA och Kultur och fritid. Totalt togs 79 vattenprover och vid all vattenprovtagning var händerna rentvättade eller handskförsedda. Vid ytvattenprovtagning togs provet direkt i flaska medan flaskan fördes framåt i vattnet. Grundvattenprovtagning skedde dels i form av dricksvattenprovtagning hos fastigheter med enskilda brunnar, dels med vakuumpump och grundvattenrör. Vid provtagningen av grundvattenrören vid skidstadion och brandövningsplatserna omsattes rören en vecka innan uttag och vakuumpumpens slang byttes mellan varje provtagningstillfälle samt förspolades med Milli-Q ultrarent vatten. Vid provtagning av grundvatten vid deponierna användes nya slangar, och slangarna förspolades ordentligt med vatten från det aktuella röret innan proverna togs. Vid provtagning i dagvattenbrunn användes en teleskopprovtagare i aluminium. Provet på spillvatten togs med hjälp av fastmonterade provtagare. Ingen provtagning genomfördes i anslutning till regnevent, då detta kan leda till missvisande prover både som följd av utspädning och ökad urlakning.

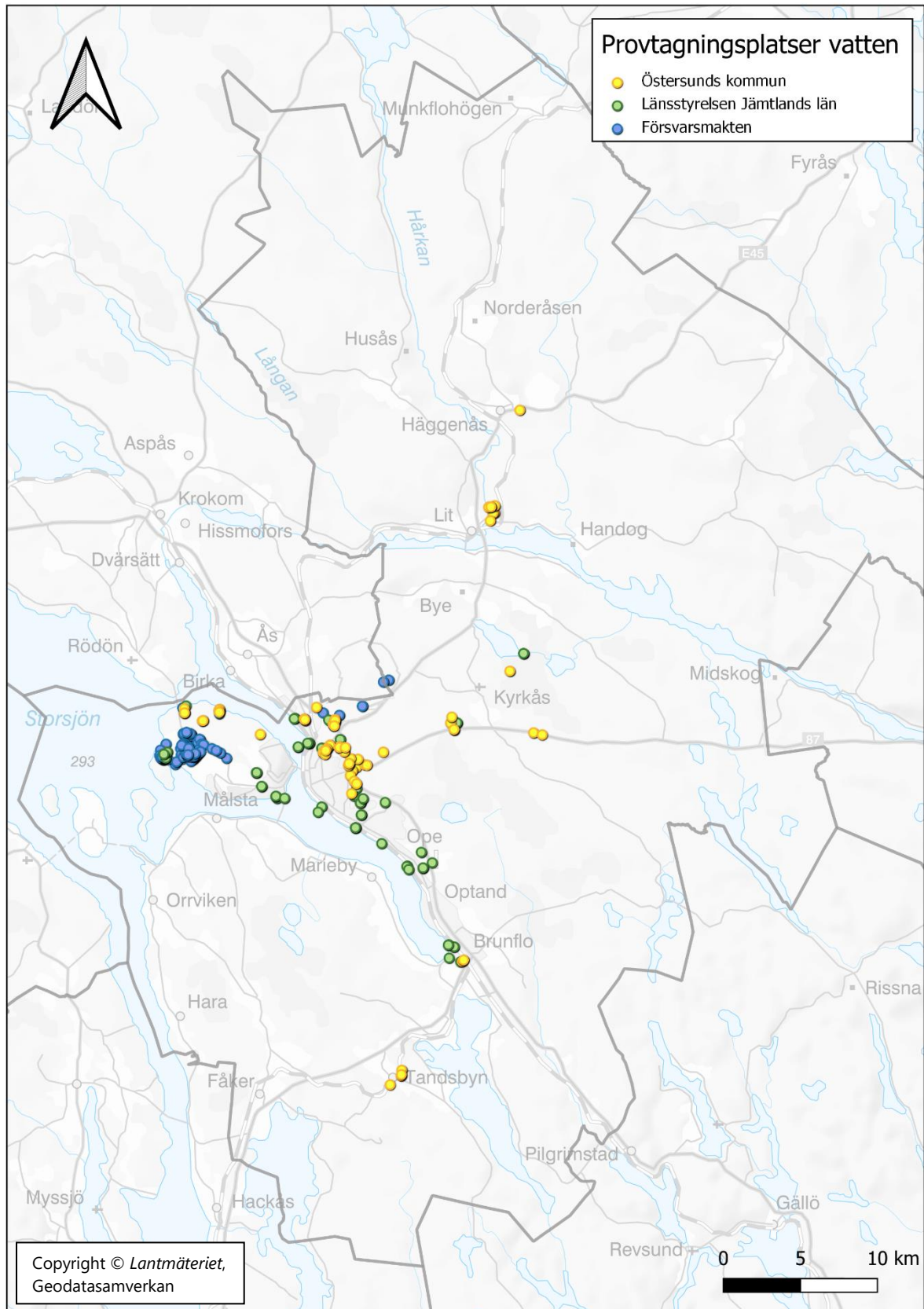
Markproverna togs med borrhandsvagn i samband med installation av grundvattenrören samt som samlingsprover i samband med grävarbeten. Det översta lagret av vad som bedömdes vara den naturligt förekommande jordarten på platsen skickades in. Totalt fem markprover skickades in för analys.

Fiskprovtagningen skedde i Lillsjöns norra del och genomfördes av Samhällsbyggnad samt med stor hjälp från Jämtlands unga sportfiskare. Fisket skedde från båt och från brygga. Fisket inriktades på abborre, då den utgör en vanlig matfisk och förekommer naturligt i sjön. Femton abborrar skickades in för analys. I rapporten redovisas även analysresultat för PFAS i fisk som har fångats i andra delar av kommunen. Dessa fisken har utförts av Länsstyrelsen eller på uppdrag av Länsstyrelsen.

2.2. Praktiskt genomförande

Valet av provtagningsplatser skedde i samråd med Länsstyrelsen Jämtlands län och med hjälp av information från kommunens olika förvaltningar samt från Räddningstjänsten. Provtagning i närheten av misstänkta punktkällor såsom brandövningsplatser, avfallsdeponier och skidstadion prioriterades. Även tidigare provtagningsresultat från Försvarmakten och Länsstyrelsen låg till grund för urvalet. Områden där omfattande data redan finns har inte prioriterats.

I figur 1 finns en översikt över Östersunds kommun, Länsstyrelsens och Försvarsmaktens provtagningsplatser för vatten under 2014–2020.



Figur 1. Översikt över Östersunds kommun, Länsstyrelsen Jämtlands län och Försvarsmaktens provtagningsplatser för vatten under 2014–2020.

2.3. Installation av grundvattenrör

För att utreda hur spridningen via grundvatten ser ut installerades under hösten grundvattenrör vid skidstadion, Räddningstjänstens brandövningsplats i Furulund och en potentiell tidigare brandövningsplats i Lit. Urvalet av platser motiverades med resultaten från vårens provtagningar för de två förstnämnda platserna och bristen på ytvatten för provtagning vid den potentiella brandövningsplatsen i Lit. På grund av problematiska geologiska och hydrologiska förhållanden vid skidstadion och Furulund utgick ett flertal planerade grundvattenrör. Av fem föreslagna rör vid skidstadion installerades endast ett rör, på grund av berg i dagen eller ytligt berg vid övriga föreslagna punkter. Vid provtagningstillfället var det installerade grundvattenröret helt torrt och alltså kunde inget grundvatten från skidstadion provtas. I Furulund installerades två av tre föreslagna grundvattenrör. Det tredje röret utelämnades då inget grundvatten påträffades vid installationen av de första två rören. I Lit installerades två av två föreslagna grundvattenrör. Mer detaljerad information om grundvattenrören och markprover återfinns i bilaga 1.

2.4. Hantering av prover och analys

Vattenproverna hölls kylda, förvarades som längst över en natt och skickades sedan kylda till laboratoriet Eurofins. Analysresultaten redovisas som halt av respektive PFAS-ämne, summan för alla analyserade PFAS samt summan för PFAS-11. PFAS-11 utgörs av summahalten av elva olika PFAS-ämnen. I dagsläget finns rekommenderade åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten endast för PFAS-11, se *1.3 Rikt- och gränsvärden*.

Markproverna förvarades kylt efter uttag och skickades sedan till laboratoriet Synlab för analys.

Abborrarna hölls intakta och förvarades i PFAS-fria plastpåsar i frysen till dess att de skickades för analys. De skickades först till ALS Global för dissektion och metallanalys och sedan till Eurofins för PFAS-analys. Fiskarna delades upp i två grupper utifrån vikt och analyserna gjordes på två samlingsprover på muskelvävnad. För gruppen med små abborrar (131–275 gram) skickades åtta individer in och för gruppen med stora abborrar (301–496 gram) skickades sju individer in.

I analyserna ingår de PFAS-ämnen som är listade i tabell 1. De PFAS-ämnen som ingår i summahalten PFAS-11 är markerade med fetstil. PFAS-11 är framförallt relevant från ett dricksvattenperspektiv, då Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten gäller dessa ämnen. I PFAS-11 ingår bland annat PFOS, som tidigare var en vanlig beståndsdel i brandskum.

Tabell 1. I tabellen visas vilka PFAS-ämnen som ingår i de olika analyserna. De fetmarkerade PFAS-ämnena ingår i summahalten PFAS-11, som är relevant främst från ett dricksvattenperspektiv.

| Vatten | Mark | Fisk |
|--|--|---|
| 4:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) | 4:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) | 4:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) |
| 6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) | 6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) | 6:2 (Fluortelomer sulfonat) |
| 8:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) | 8:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) | 8:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) |
| EtFOSA (N-etylperfluoroktansulfonamid) | EtFOSA (N-etylperfluoroktansulfonamid) | H2PFDA (2H, 2H-Perfluordekansyra) |
| EtFOSAA (N-etylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra) | EtFOSAA (N-etylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra) | H4PFUnA (2H, 2H, 3H, 3H-Perfluordekansyra) |
| EtFOSE (N-etylperfluoroktansulfonamid-etanol) | EtFOSE (N-etylperfluoroktansulfonamid-etanol) | HPFHpA (7H-Dodekafluorheptansyra) |
| FOSAA (Perfluoroktansulfonamid-ättiksyra) | FOSAA (Perfluoroktansulfonamid-ättiksyra) | N-etylperfluoroktansulfonamid |
| HPFHpA (7H-Perfluorheptansyra) | HPFHpA (7H-Perfluorheptansyra) | N-etylperfluoroktansulfonamid-etanol |
| MeFOSA (N-metylperfluoroktansulfonamid) | MeFOSA (N-metylperfluoroktansulfonamid) | N-etylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra |
| MeFOSAA (N-metylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra) | MeFOSAA (N-metylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra) | N-metylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra |
| MeFOSE (N-metylperfluoroktansulfonamid-etanol) | MeFOSE (N-metylperfluoroktansulfonamid-etanol) | N-metylperfluoroktansulfonamid |
| P37DMOA (Perfluor-3,7-dimetyloktansyra) | P37DMOA (Perfluor-3,7-dimetyloktansyra) | N-metylperfluoroktansulfonamid-etanol |
| PFBA (Perfluorbutansyra) | PFBA (Perfluorbutansyra) | PF-3,7-DMOA (Perfluor-3,7-dimetyloktansyra) |
| PFBS (Perfluorbutansulfonsyra) | PFBS (Perfluorbutansulfonsyra) | PFBA (Perfluorbutansyra) |
| PFDA (Perfluordekansyra) | PFDA (Perfluordekansyra) | PFBS (Perfluorbutansulfonsyra) |
| PFDoA (Perfluordodekansyra) | PFDoA (Perfluordodekansyra) | PFDA (Perfluordekansyra) |
| PFDoS (Perfluordodekansulfonat) | PFDoS (Perfluordodekansulfonat) | PFDoA (Perfluordodekansyra) |
| PFDS (Perfluordekansulfonsyra) | PFDS (Perfluordekansulfonsyra) | PFDS (Perfluordekansulfonsyra) |
| PFHpA (Perfluorheptansyra) | PFHpA (Perfluorheptansyra) | PFHpA (Perfluorheptansyra) |
| PFHpS (Perfluorheptansulfonsyra) | PFHpS (Perfluorheptansulfonsyra) | PFHpS (Perfluorheptansulfonsyra) |
| PFHxA (Perfluorhexansyra) | PFHxA (Perfluorhexansyra) | PFHxA (Perfluorhexansyra) |
| PFHxDA (Perfluorhexadekansyra) | PFHxDA (Perfluorhexadekansyra) | PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra) |
| PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra) | PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra) | PFNA (Perfluornonansyra) |
| PFNA (Perfluornonansyra) | PFNA (Perfluornonansyra) | PFOA (Perfluoroktansyra) |
| PFNS (Perfluornonansulfonat) | PFNS (Perfluornonansulfonat) | PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) |
| PFOA (Perfluoroktansyra) | PFOA (Perfluoroktansyra) | PFOSA (Perfluoroktansulfonamid) |
| PFODA (Perfluoroktadekansyra) | PFODA (Perfluoroktadekansyra) | PFPeA (Perfluorpentansyra) |
| PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) | PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) | PFPeS (Perfluorpentansulfonat) |
| PFOSA (Perfluoroktansulfonamid) | PFOSA (Perfluoroktansulfonamid) | PFTA (Perfluortetradekansyra) |
| PFPeA (Perfluorpentansyra) | PFPeA (Perfluorpentansyra) | PFTa (Perfluortridekansyra) |
| PFPeS (Perfluorpentansulfonat) | PFPeS (Perfluorpentansulfonat) | PFUnA (Perfluorundekansyra) |
| PFTeDA (Perfluortetradekansyra) | PFTeDA (Perfluortetradekansyra) | Total PFOS/PFOA exkl LOQ |
| PFTrDA (Perfluortridekansyra) | PFTrDA (Perfluortridekansyra) | Total PFOS/PFOA inkl LOQ |
| PFUdA (Perfluorundekansyra) | PFUdA (Perfluorundekansyra) | 10:2 (Fluortelomer sulfonat) |

2.5. Redovisning av resultat

För att ge en bra överblick över situationen i kommunen redovisas både Östersunds kommuns, Länsstyrelsen Jämtlands läns och Försvarsmaktens resultat i kartorna. En separat sammanställning av majoriteten av Länsstyrelsens resultat finns i rapporten ”Provtagning av PFAS i ytvatten i Jämtlands län 2018–2019”.¹³ I den rapporten redovisas dock inte de prover som har tagits av Länsstyrelsen under år 2020, men de inkluderas i föreliggande rapport. De rapporter som Försvarsmaktens analysresultat är hämtade från återfinns i fotnoterna nedan samt i referenslistan.^{14 15 16 17 18 19 20 21 22 23} Försvarsmaktens undersökningar har genomförts av konsultbolaget NIRAS Sweden AB, men det är Försvarsmakten som äger resultaten och som ska kontaktas för att få tillgång till materialet. Provtagningsmetodik för de prover som har tagits av Länsstyrelsen och Försvaret redogörs för i respektive myndighets rapporter.

2.6. Källidentifiering

Som ett steg i att tolka analysresultaten beställdes källfördelningsanalyser av Anna Kärrman, universitetslektor på institutionen för naturvetenskap och teknik vid Örebro universitet. Kärrman har under många år bedrivit forskning relaterad till PFAS. Källfördelningsanalyserna utgår från fördelningen av de olika PFAS-ämnena och ger information om potentiella utsläppskällor. Miljö och hälsa valde ut åtta områden där källidentifiering bedömdes särskilt relevant och de tillhörande analysresultaten skickades till Kärrman för utvärdering. Källfördelningsanalyserna har sammanställts i en rapport som återfinns i bilaga 2.

¹³ Länsstyrelsen Jämtlands län, *Provtagning av PFAS i ytvatten i Jämtlands län 2018–2019*, Rapport nr: 2020:28, Östersund: 2020,

<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.52ea1660172a20ba65c34cb2/1600419404842/Provtagning%20av%20PFAS%20i%20vatten%20i%20J%20C%20A4mtlands%20i%20C%20A4n%202018-2019.pdf>, hämtad 9 mars 2021.

¹⁴ Jenny Westerberg, Katrin Holmström, *Årsrapport kontrollprogram avseende PFAS 2018–2019 – F.d. Jämtlands flygflottilj*, FM2015-13438, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

¹⁵ Jenny Westerberg, Linnéa Thunberg, Johan Edvinsson, Frida Brodin Larsson, Kim Lundmark, *PFAS i dagvattennätet vid f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj, nuvarande Östersund Åre Airport*, FM2015-13438:16, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2020.

¹⁶ Jenny Westerberg, Eva Helgesson, Linnéa Thunberg, Katrin Holmström, *Källspårning avseende PFAS inom spillvattennätet på f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj*, FM2015-13438:14 Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

¹⁷ Johan Edvinsson, Jenny Bergkvist, *Kompletterande provtagning vid f.d. F 4 Frösön flygflottilj, med avseende på PFAS*, FM2015-13438:3, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2017.

¹⁸ Sanna Börjesson, Katrin Holmström, *Undersökning med avseende på PFAS i fisk, ytvatten och sediment vid f.d. F 4, Jämtlands flygflottilj*, 2015-13438:6, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2018.

¹⁹ Martin Axelsson, Mia Wärjerstam, Jenny Bergkvist, Jonny Bard, *Översiktlig avgränsning avseende PFAS kring den f.d. brandövningsplatsen på tidigare F 4 Frösön*, FM2015-13438:3, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2017.

²⁰ Martin Axelsson, Jenny Bergkvist, Jonny Bard, *Undersökning av föroreningsituationen avseende PFAS inom tidigare F 4 Frösön*, FM2015-13438:3, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2017.

²¹ Martin Axelsson, Jonny Bard, *MTU avseende PFAS inom f.d. Jämtlands flygflottilj, F 4 Frösön*, FM2015-13438:1, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2015.

²² Bergkvist, Jenny, *Översiktlig miljöteknisk markundersökning inom Frösö Park, fastigheten Kungsgården 5:3 m.fl.*, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2017.

²³ Nyqvist, Fredrik; Davidsson, Emma; Johansson, Sinikka; Edvinsson, Johan, *PFAS i ytvatten vid övnings- och skjutfält*, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

3. Resultat

3.1. Vatten

Analysresultaten för summahalten PFAS-11 och PFOS i vatten presenteras i översiktliga kartor i figur 2–17 samt i grafer i figur 18–21. I kartorna inkluderas även resultaten från Länsstyrelsens och Försvarsmaktens provtagningar, medan graferna enbart inkluderar kommunens provtagningsresultat. Proverna har tagits på ytvatten, dagvatten, grundvatten, spillvatten, lakvatten och snö. Som ytvatten räknas i denna rapport det vatten som förekommer i vattendrag, sjöar, trädgårdsdammar och diken. Dagvatten innefattar det vatten som förekommer i dagvattendammar eller i slutna dagvattenledningar.

Både halterna PFAS-11 och PFOS redovisas. PFOS utgör som tidigare nämnts en del av summahalten PFAS-11. I och med att PFOS är starkt sammanlänkat med brandskum kan proportionen av PFOS i summahalten indikera om den uppmätta halten kan länkas till historisk användning av brandskum. PFOS-påverkan förekommer i områden där bränder har släckts och framförallt i närheten av brandövningsplatser (BÖP:er). Fram till år 2002 var majoriteten av de skum som var avsedda för att släcka vätskebränder PFOS-baserade.²⁴

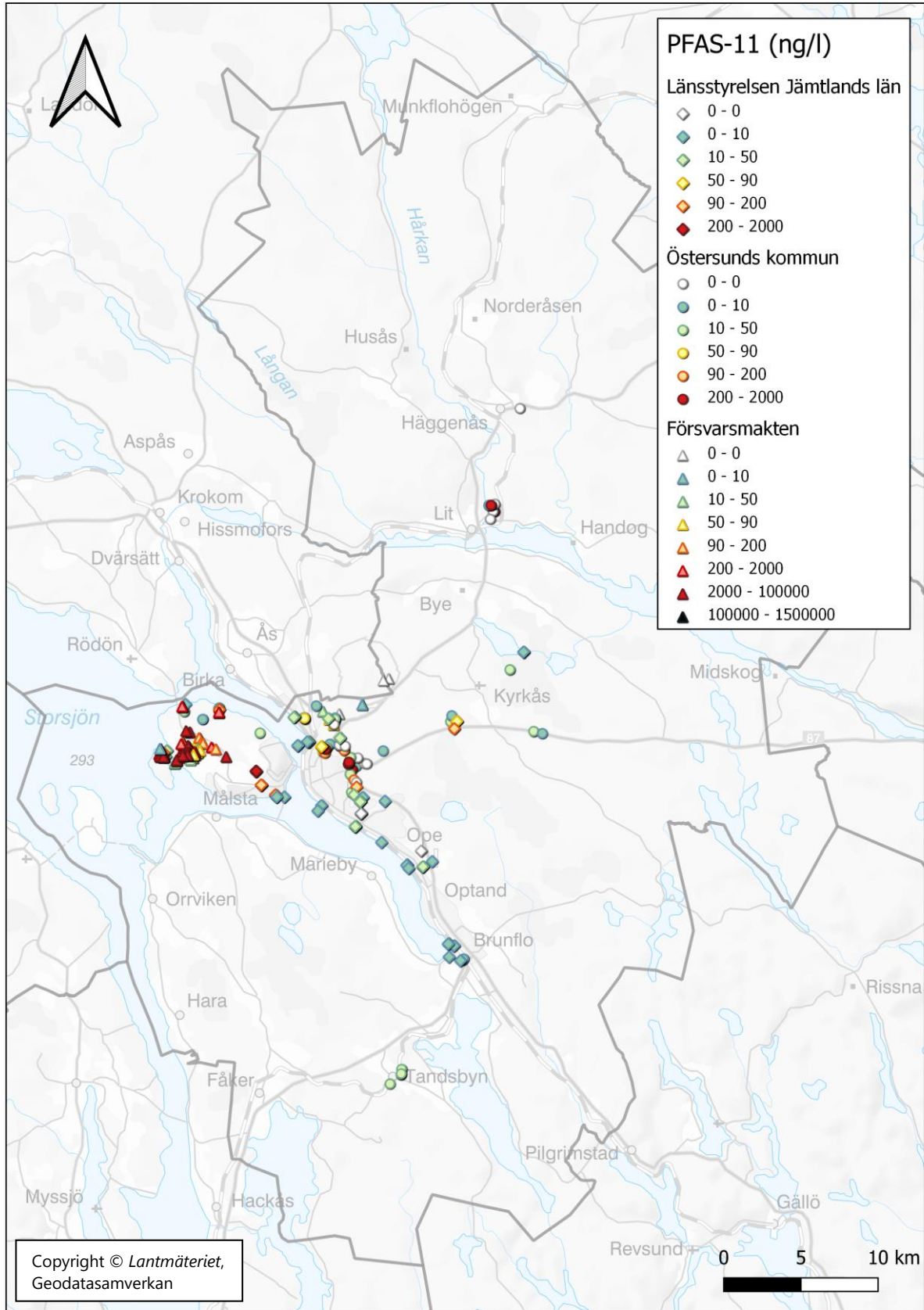
På flertalet platser i kommunen sker kontinuerlig spridning av PFAS via yt- och grundvatten. Detta innebär att påverkan från exempelvis historisk användning av brandskum kan påträffas långt ifrån punktkällan. Spridningen via grundvatten varierar och beror på de geologiska förhållandena på den aktuella platsen, samt på hur stor del av föroeningarna som binder till jordpartiklarna. PFAS-ämnen med längre kedjelängder binder starkare till jordpartiklar och stannar då i jordlagret istället för att spridas vidare i grundvattnet.²⁵

På vissa platser har halterna varit under labbets detektionsgräns. För att förenkla datahanteringen har dessa halter redovisats som nollor i kartorna, trots att det rör sig om värden som exempelvis <0,1. När prover har tagits på dricksvatten har resultatet knutits till både koordinaterna för brunnen och för den kran där provet har tagits. Detta har resulterat i att samma provtagningsresultat i vissa fall förekommer två gånger i kartorna.

I översiktskartan i figur 2 framträder några områden med särskilt förhöjda halter i de prover som har tagits på yt-, grund-, lak-, spill- och dagvatten samt snö. Dessa områden presenteras i högre upplösning i senare kartor. De halter som överstiger Livsmedelsverkets åtgärdsgräns på 90 ng/l summa PFAS-11 visas med orange, röd och svart färg. Då avsevärt högre halter har uppmätts inom ramen för Försvarsmaktens provtagningar har de resultaten delats upp i fler klasser.

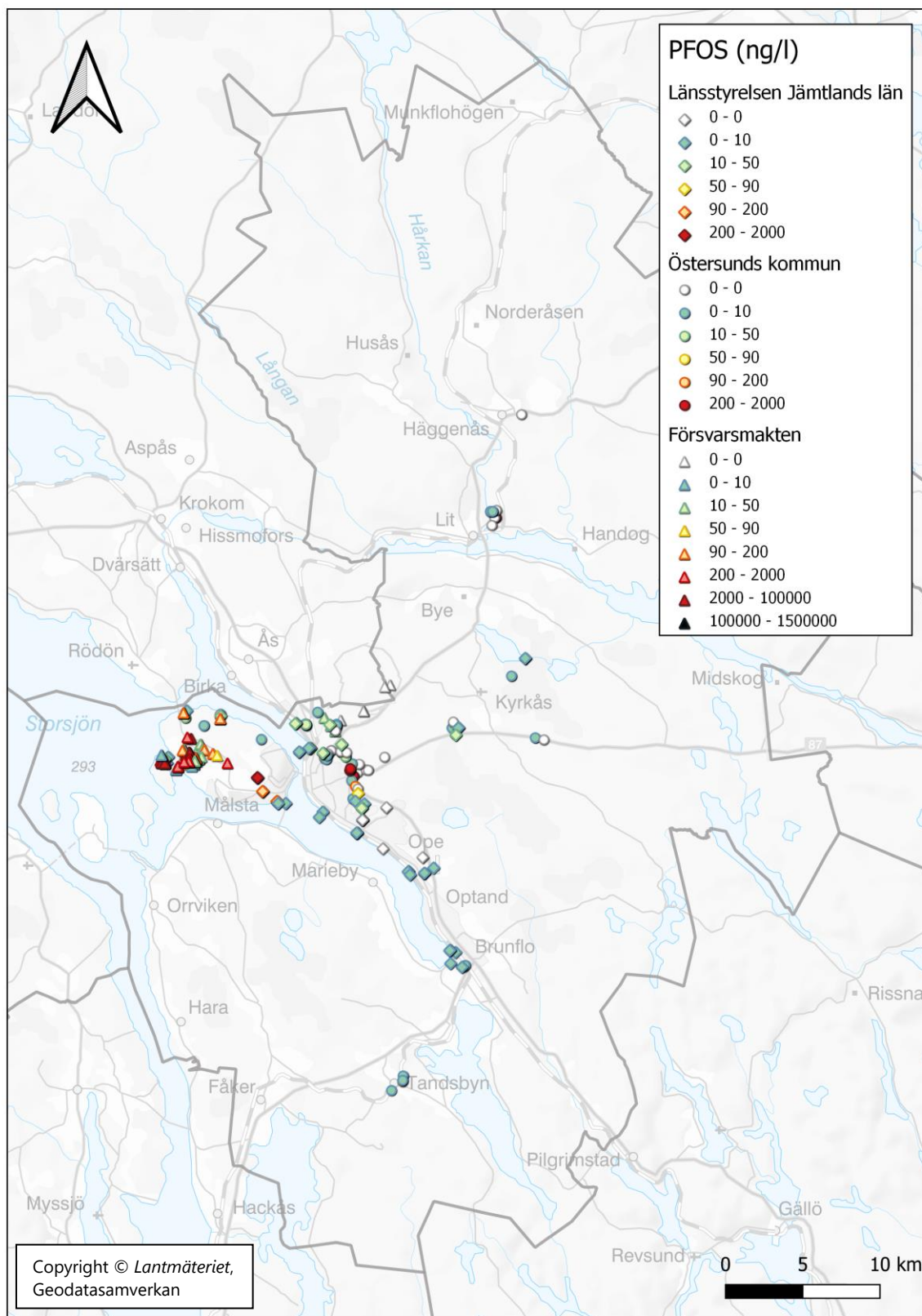
²⁴ Anna Kärrman, *PFAS-data från Östersunds kommun*, Örebro: 2021, s. 1.

²⁵ Ibid.



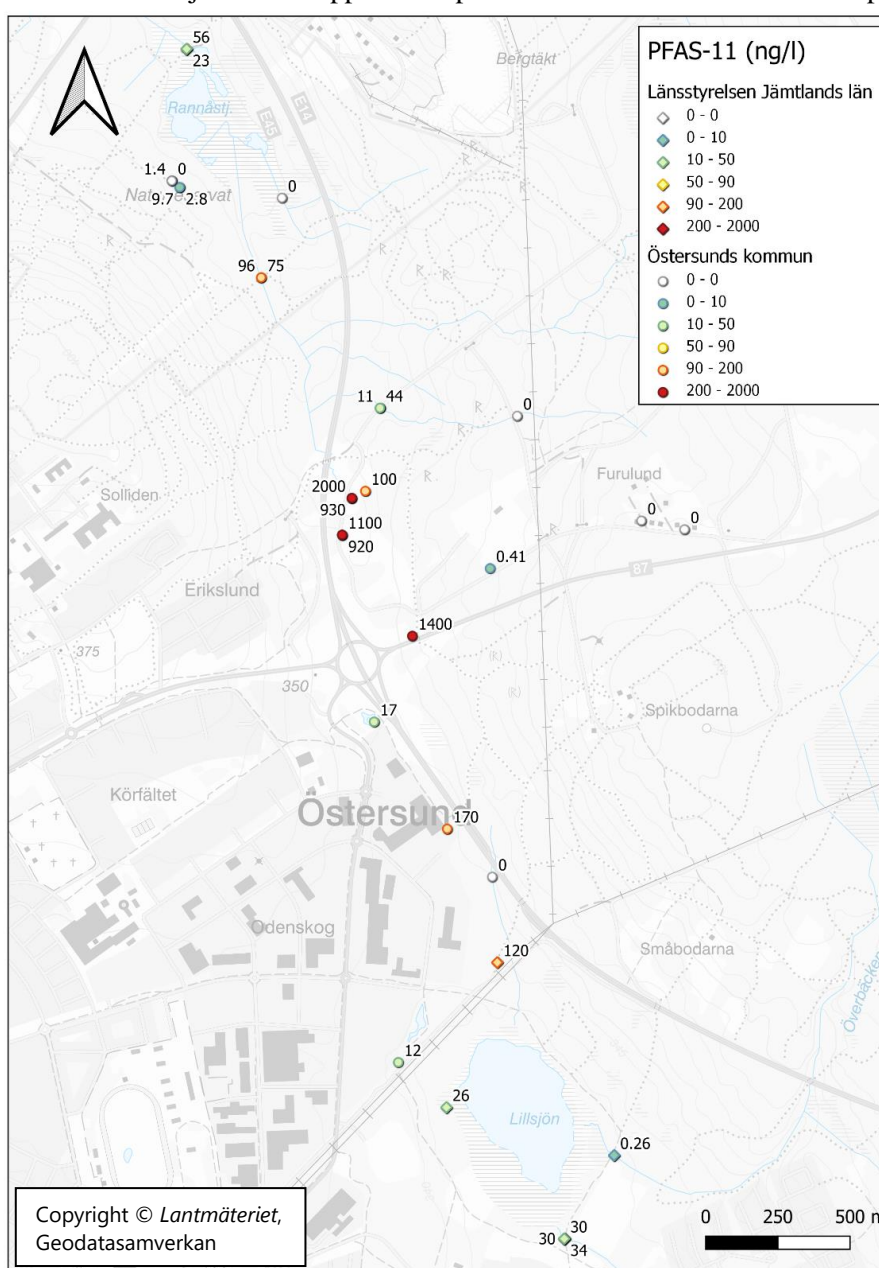
Figur 2. Översikt över Östersunds kommuns, Länstyrelsen Jämtlands läns och Försvarsmaktens provtagningsresultat för summahalten PFAS-11 i vatten från 2014–2020.

PFOS utgör en del av summahalten PFAS-11 och halterna i figur 3 är därför lägre än i figur 2. PFOS är starkt sammanlänkat med historisk användning av brandskum och de högsta koncentrationerna kan ses i områden med direkt eller indirekt spridning från brandövningsplatser.



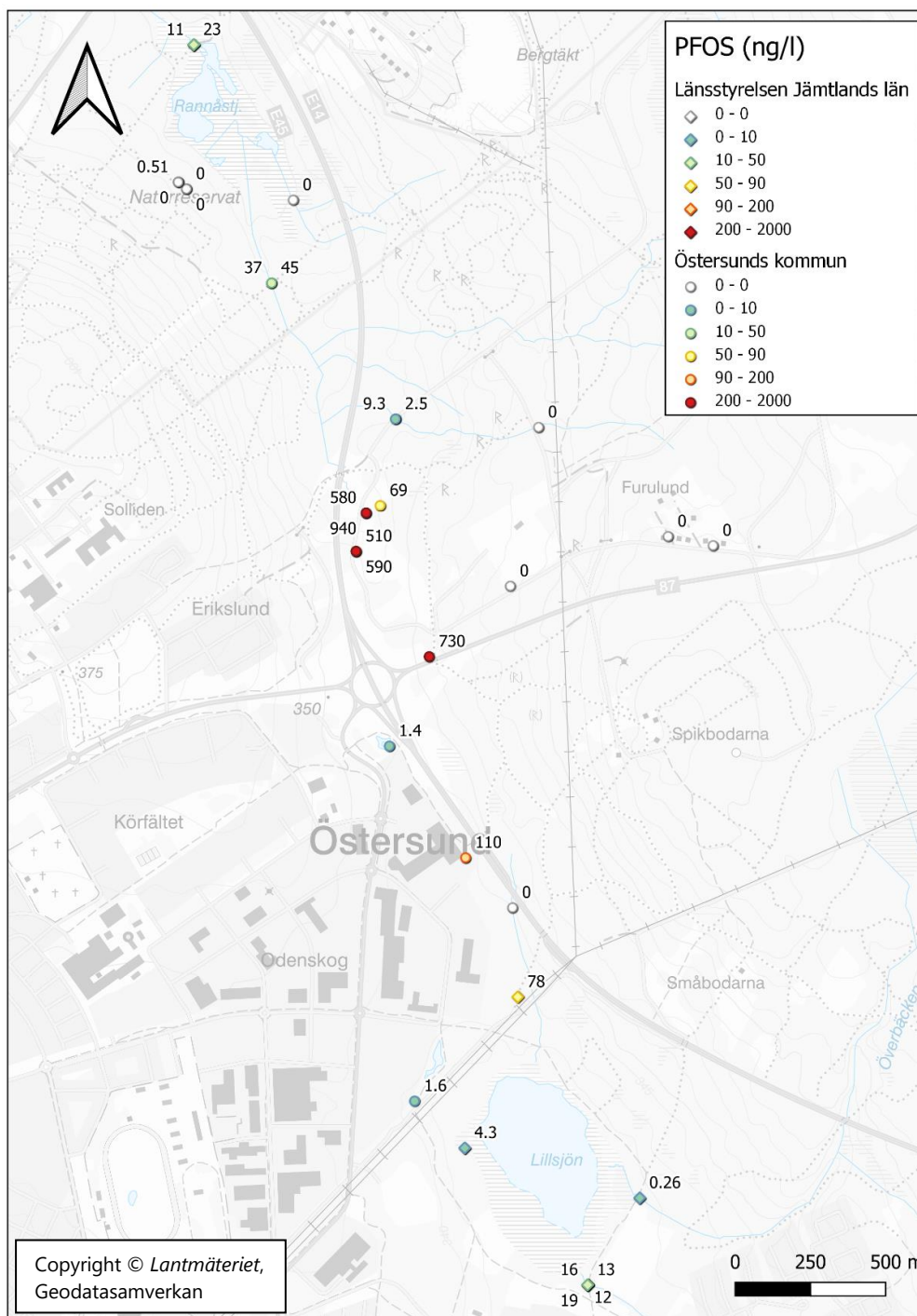
Figur 3. Översikt över Östersunds kommun, Länstyrelsen Jämtlands läns och Försvarsmaktens provtagningsresultat för PFOS i vatten från 2014–2020.

I figur 4 ses en närbild på Rannåstjärnens naturreservat, Furulunds brandövningsområde, Odenskogs industriområde och Lillsjön. De högsta halterna i kommunens provtagningar har uppmätts i Furulundsområdet, där Räddningstjänsten har haft övningar sedan sent 80- eller tidigt 90-tal. Förhöjda halter ses även nedströms övningsområdet i det västra inloppet till Rannåstjärnen samt i Rannåstjärnens utlopp. De förhöjda halter som har uppmätts i Lillsjön kan delvis knytas till påverkan från de tre dagvattendammar som renar dagvatten från Odenskogs industriområde samt till avrinningen från snödeponin. Högst halt (170 ng/l summa PFAS-11) har uppmätts i den så kallade Coopdammen. Ett dike som inte syns på kartan förbinder Coopdammen med Lillsjön och i detta dike har 120 ng/l summa PFAS-11 uppmätts. I de två övriga dammarna uppmättes betydligt lägre halter (17 och 12 ng/l summa PFAS-11). De två provtagningsspunkterna sydväst om Rannåstjärnen är kopplade till påverkansområdet för Lövlunda deponi.



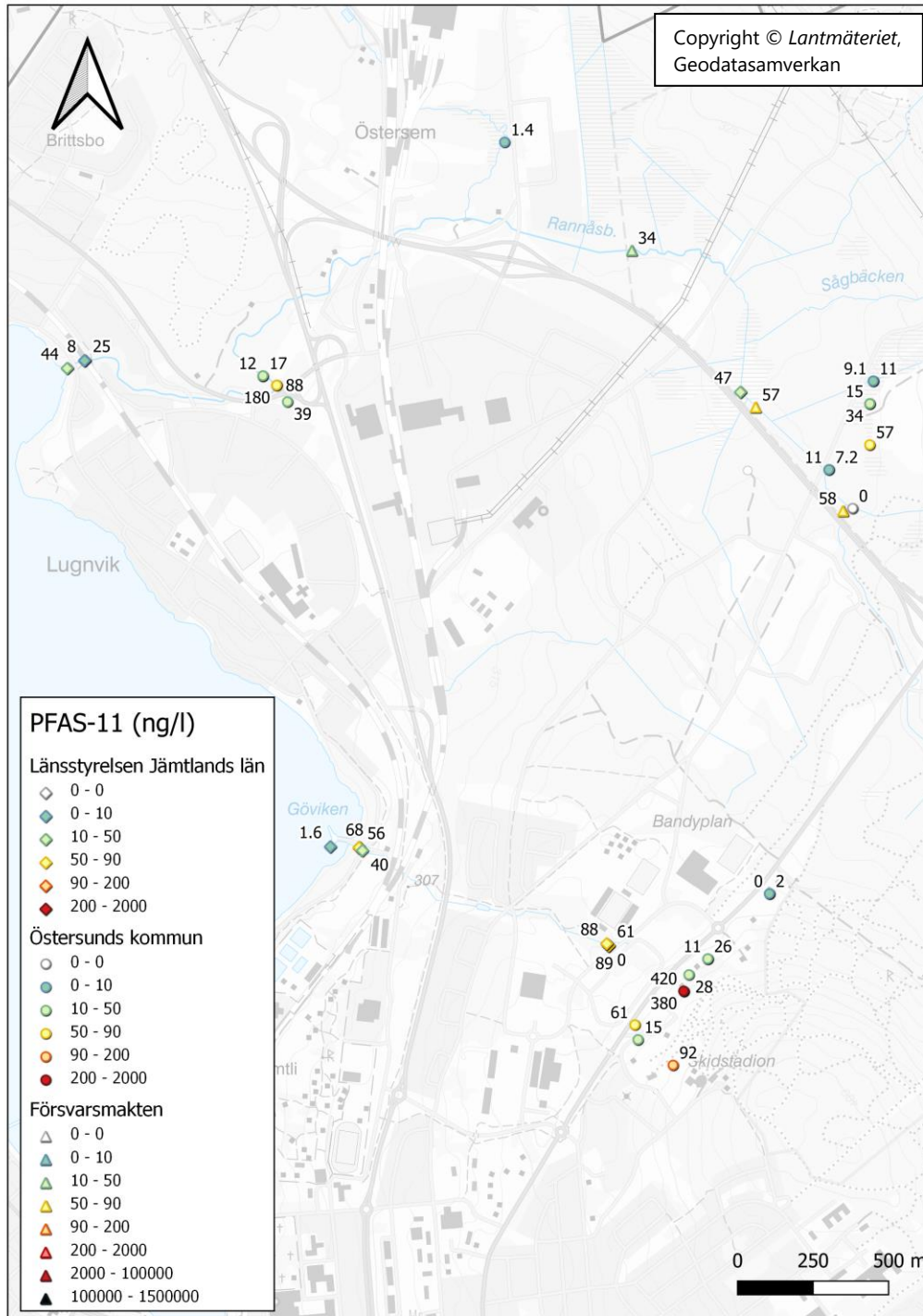
Figur 4. Närbild på provtagningresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten i Rannåsens naturreservat, Furulunds brandövningsområde, Odenskogs industriområde och Lillsjöns naturreservat. Kartan inkluderar Östersunds kommuns och Länstyrelsen Jämtlands läns provtagningresultat från 2018–2020. Proverna har tagits på yt-, grund- och dagvatten.

I figur 5 visas samma provtagningspunkter som i figur 4, men med PFOS-halten istället för PFAS-11. Genom att jämföra dessa halter med halterna i figur 4 är det möjligt att resonera kring hur stor del av påverkan som sannolikt härstammar från historisk brandskumsanvändning. PFOS-halterna i närheten av Furulunds brandövningsområde är höga i förhållande till summahalten PFAS-11. I flera fall bidrar PFOS med mer än hälften av den totala PFAS-11-halten. Detta är också fallet för Coopdammen och det avvattnande diket (110 och 78 ng/l PFOS), medan PFOS-innehållet i övriga dagvattendammar och avrinning från snödeponin är betydligt lägre (1,4, 1,6 och 4,3 ng/l PFOS).



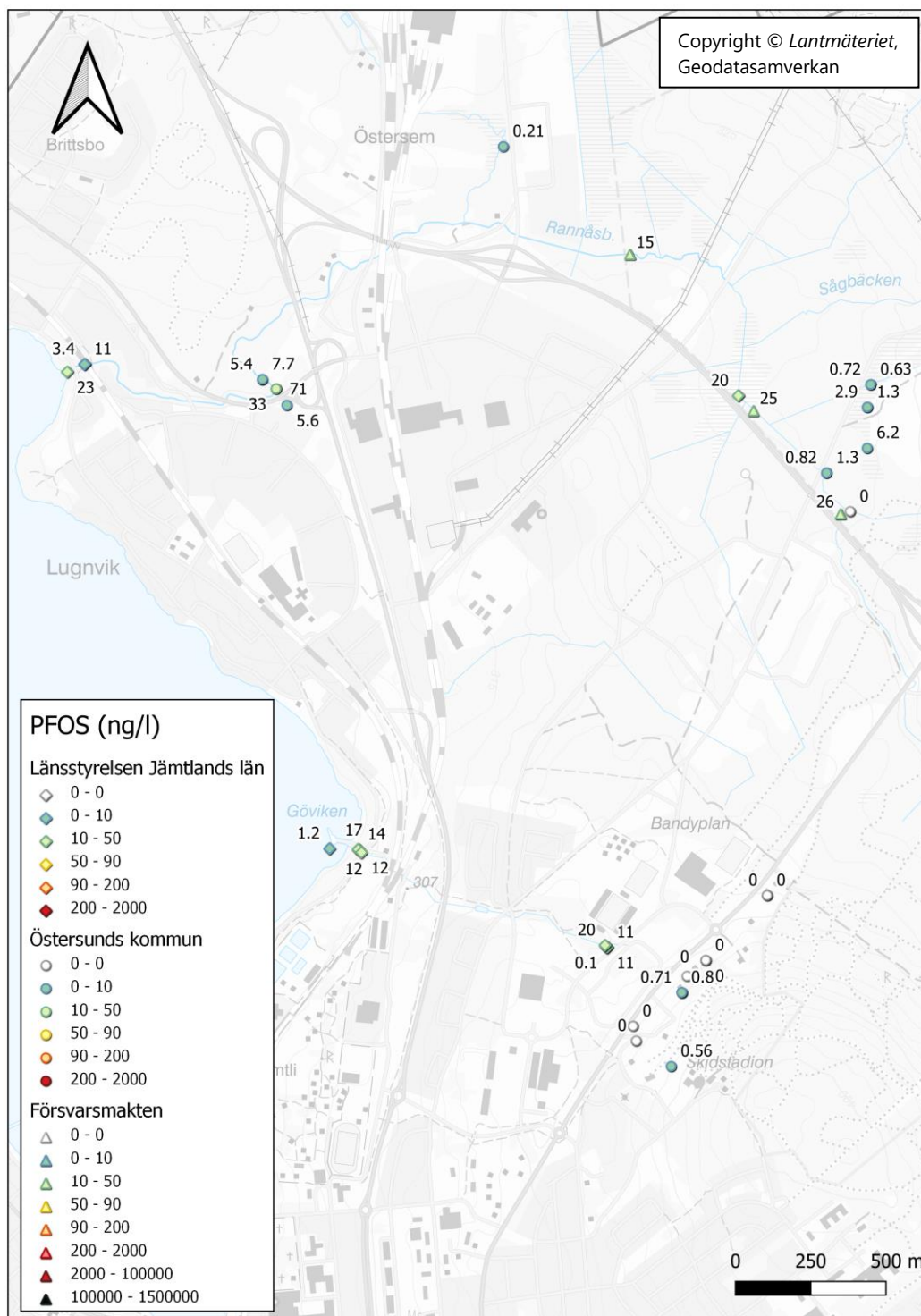
Figur 5. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten i Rannåsens naturreservat, Furulunds brandövningsområde, Odenskogs industriområde och Lillsjöns naturreservat. Kartan inkluderar Östersunds kommun och Länstyrelsen Jämtlands län provtagningsresultat från 2018–2020. Proverna har tagits på yt-, grund- och dagvatten.

Figur 6 visar en närbild på provtagningsresultaten från Semsån, dagvatten i Lugnvik, Nifsåsens deponi, Pibäckens utlopp, Storsjön och skidstadion. Tydlig påverkan återfinns i Lugnviks dagvattenanläggning vid utloppet till Semsån, i lakvatten från Nifsåsens deponi, Pibäckens utlopp och framförallt kring skidstadion. Nedströms från skidstadion har 420 och 380 ng/l summa PFAS-11 uppmätts under vår- respektive höstprovtagning i en ytvattenpåverkad brunn. Brunnen används inte för dricksvatten, men i viss mån för bevattning av grödor. I närliggande dricksvattenbrunnar uppmättes betydligt lägre halter (28, 26, 11 och 2 ng/l summa PFAS-11).



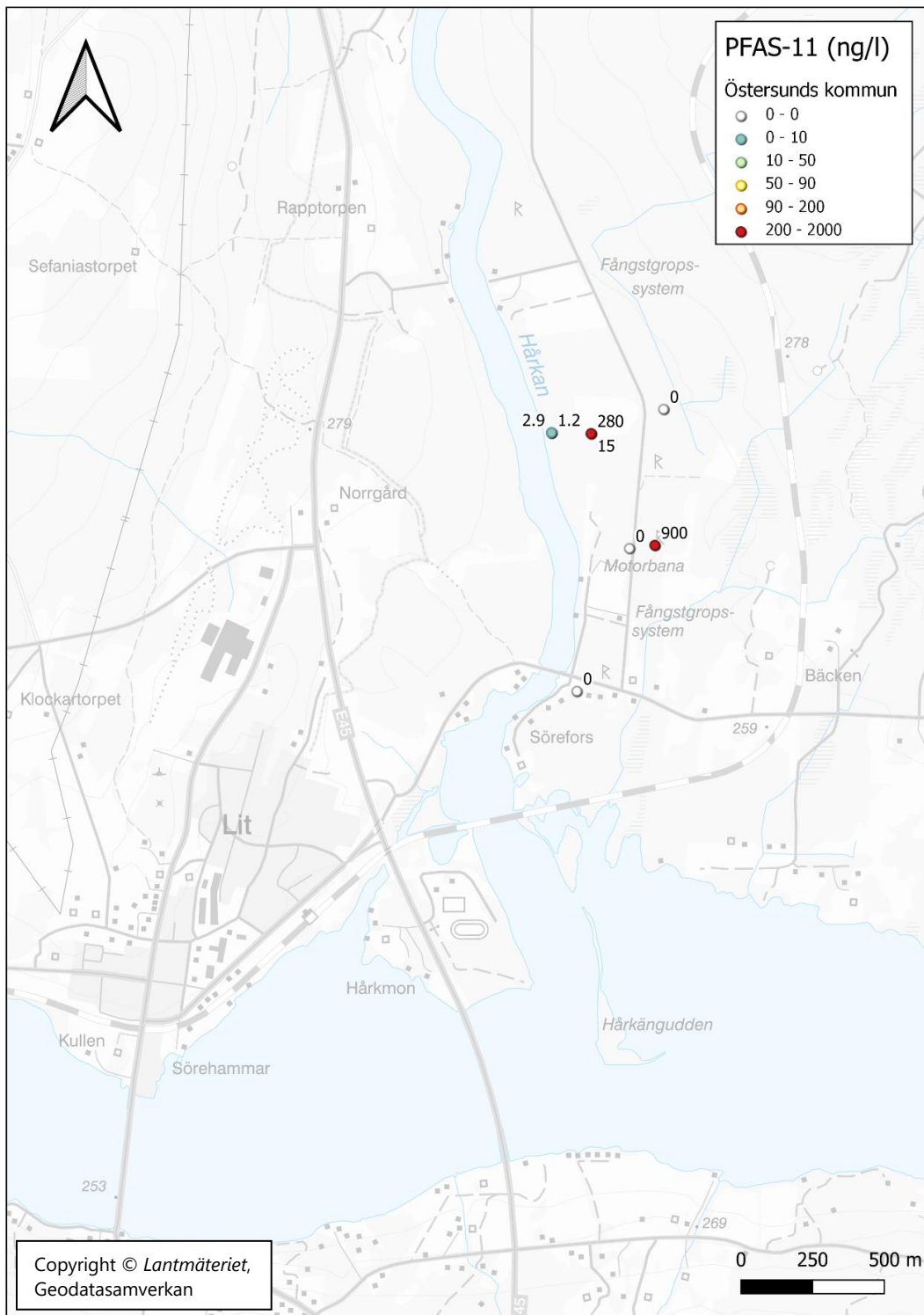
Figur 6. Närbild på provtagningsresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten i Semsån, Lugnviks dagvattenanläggning, Pibäcken, Nifsåsens deponi, Storsjön och skidstadion. Kartan inkluderar Östersunds kommuns och Länsstyrelsen Jämtlands läns provtagningsresultat från 2018–2020. Proverna har tagits på yt-, grund-, dag- och lakvatten samt snö.

I figur 7 ses överlag betydligt lägre PFOS-halter. Särskilt halterna kring skidstadion framträder som låga i jämförelse med summahalterna i figur 6. I den ytvattenpåverkade brunnen uppmättes endast 0,8 och 0,71 ng/l PFOS vid vår- respektive höstprovtagning, vilket kan jämföras med 420 och 380 ng/l summa PFAS-11. I det dagvattenutlopp som mynnar ut i Semsån och i Rannåsbäcken nordväst om Nifsåsens deponi utgör dock PFOS-innehållet nära hälften av summahalten. Provpunkten i Rannåsbäcken ligger cirka tre kilometer nedströms från Furulunds brandövningsområde.



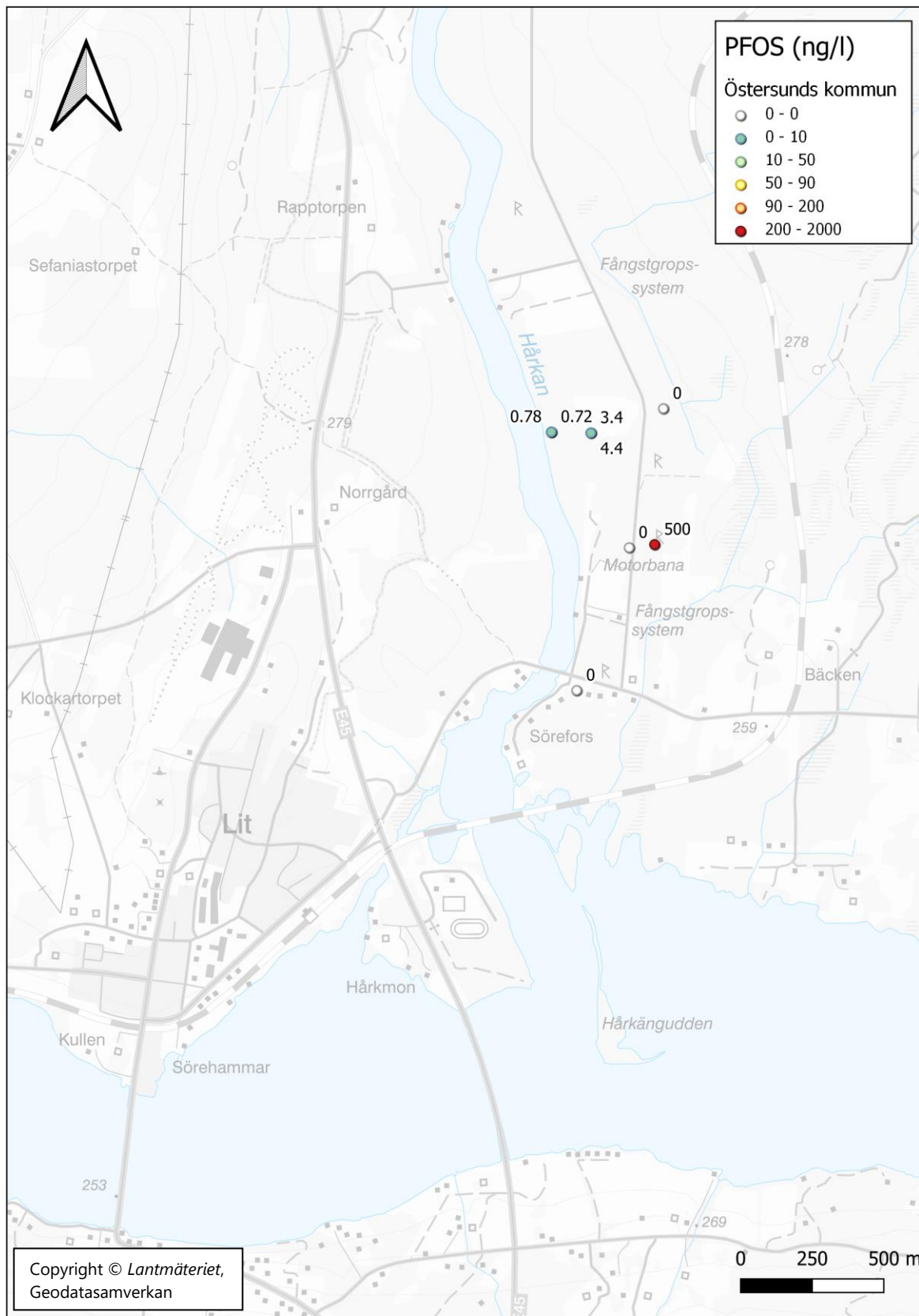
Figur 7. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten i Semsån, Lugnviks dagvattenanläggning, Pibäcken, Nifsåsens deponi, Storsjön och skidstadion. Kartan inkluderar Östersunds kommuns och Länsstyrelsen Jämtlands läns provtagningsresultat från 2018–2020. Proverna har tagits på yt-, grund-, dag- och lakvatten samt snö.

Nordost om Lit har prover tagits vid en deponi, vid ett förråd som har pekats ut som tidigare brandövningsplats och i en dricksvattenbrunn (figur 8). Deponin ligger längst nordväst i kartan, brandövningsplatsen är i närheten av motorbanan och dricksvattenbrunnen är längst söderut mot Sörefors. I ett grundvattenrör i deponins sydöstra del har halter på 280 ng/l summa PFAS-11 uppmätts. Halter på 900 ng/l summa PFAS-11 respektive halter under detektionsgräns uppmättes i två grundvattenrör som har installerats vid en historisk brandövningsplats. I dricksvattenbrunnen uppmättes halter under labbets detektionsgräns.



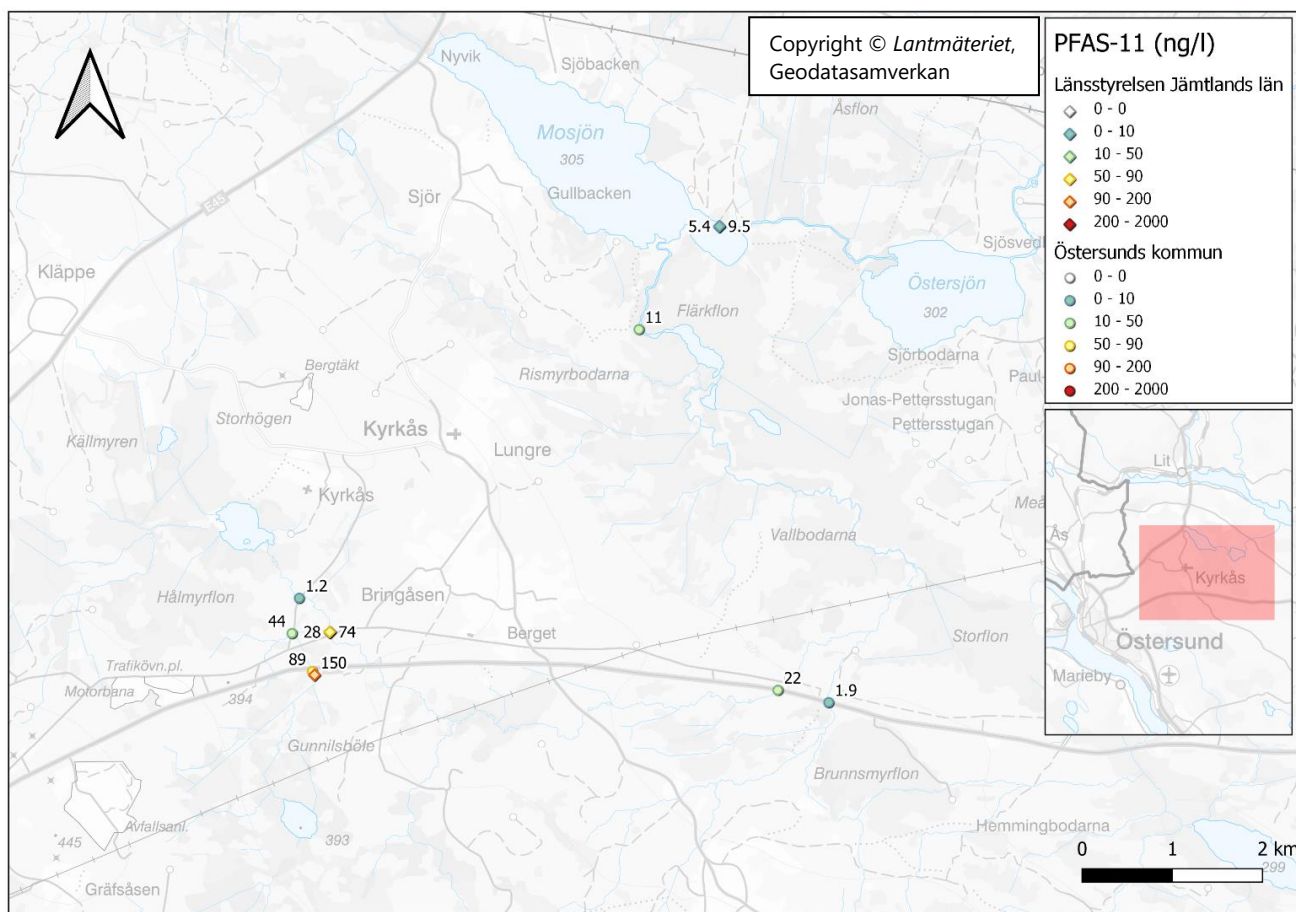
Figur 8. Närbild på provtagningsresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten i vid Lits deponi och en historisk brandövningsplats. Kartan inkluderar Östersunds kommuns provtagningsresultat från 2020. Proverna har tagits på grundvatten.

I figur 9 framgår en tydlig PFOS-påverkan vid den historiska brandövningsplatsen (500 ng/l PFOS). Vid deponin utgör PFOS däremot en iögonfallande låg del av summahalten.



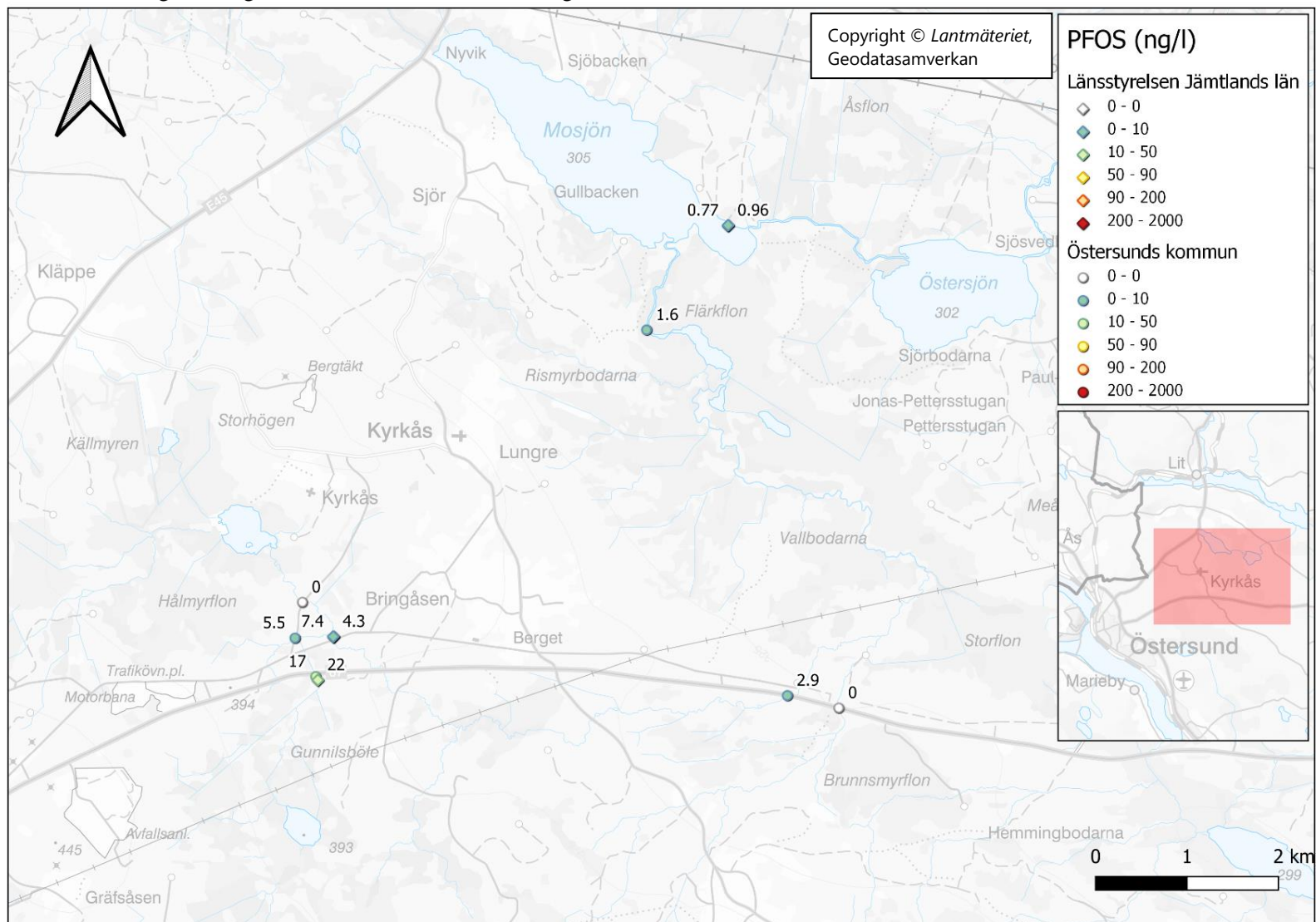
Figur 9. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten i vid Lits deponi och en historisk brandövningsplats. Kartan inkluderar Östersunds kommuns provtagningsresultat från 2020. Proverna har tagits på grundvatten.

Med anledning av närliggande verksamheter såsom avfallsanläggning, skjutbana och motorbana har flertalet prover tagits i vattendrag i området kring Bringåsen. Högst halt uppmättes i Tjärnbäcken (150 ng/l summa PFAS-11), som emottar avrinning från Gräfsåsens avfallsanläggning. Trots omfattande utspädning och avstånd har förhöjda halter nedströms uppmätts hela vägen till Mosjöns utlopp. I Stenbäcken, som emottar avrinning från skytteklubben, uppmättes 44 ng/l summa PFAS-11. Stenbäcken kan vara hydrologiskt förbundet med våtmarkerna nedströms från Gräfsåsen och det går alltså inte att utesluta att bidraget härrör från avfallsanläggningen. Bidraget från Brunnsmyrflons torvtäkt är mycket litet (1,9 ng/l summa PFAS-11). I den inklippta översiktskartan ses området rödmarkerat.



Figur 10. Närbild på provtagningsresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten vid Bringåsen. Kartan inkluderar Östersunds kommuns och Länstyrelsen Jämtlands läns provtagningsresultat från 2018–2020. Proverna har tagits på ytvatten.

I figur 11 ses hur stor del av summahalten PFAS-11 som utgörs av PFOS vid Bringåsen. Det rör sig om relativt moderata koncentrationer, som inte är vare sig lika höga som vid Furulund eller lika låga som vid skidstadion.



Figur 11. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten vid Bringåsen. Kartan inkluderar Östersunds kommuns och Länstyrelsen Jämtlands läns provtagningsresultat från 2018–2020. Proverna har tagits på ytvatten.

På Frösön har kommunen och Länsstyrelsen uppmätt kraftigt förhöjda halter i Lövtorpsbäcken, Djupbäcken och Mjällerbäcken, med halter på uppemot 600 ng/l summa PFAS-11 (figur 12). Försvarsmakten har genomfört PFAS-undersökningar i det före detta F 4-området sedan 2014, vilka har visat på mycket höga halter PFAS.^{26 27 28 29 30 31 32 33 34} Ansvarsförhållandet är i dagsläget inte utrett, men enligt kommunens bedömning härrör utsläppen sannolikt från Försvarsmaktens användning och hantering av brandskum i området. F 4-området, som bland annat innefattade Östersunds flygplats och Bynäset, är delvis högt beläget och är sammanlänkat med stora delar av Frösön via ytvattendrag. Kommunens och Länsstyrelsens provtagningar indikerar att det pågår en omfattande och kontinuerlig spridning från det tidigare F 4-området via ytvatten till stora delar av Frösön.

Provtagningar i Storsjön visar på i huvudsak snabb utspädning i sjön, även relativt nära utlopp för vattendrag med förhöjda halter. Halterna i ng/l summa PFAS-11 i Storsjön uppgår till 2,5 vid Västfärjesundet, 11 och 140 i Västbyviken, 11 i Kungsgårdsviken, 4,1 utanför Mjällerbäckens utlopp, 0,86 vid Vallsundsbrons norra brofäste och 0,47 i Lövtorpet.

Resultaten från dricksvattenprovtagningarna i brunnar på norra Frösön indikerar att den största delen av spridningen från F 4-området sker via ytvatten snarare än grundvatten, då halterna i grundvattnet generellt är betydligt lägre än i ytvattnet. De halter som kommunen har uppmätt i det grundvatten som används för dricksvattenbruk ligger på 28, 5,6, 0,73 och 0,8 ng/l summa PFAS-11. I Lövtorpet genomfördes även en provtagning på ytvatten som används för dricksvattenbruk. Där uppmättes en halt på 0,7 ng/l summa PFAS-11. Samtliga dricksvattenprover understiger alltså Livsmedelsverkets åtgärdsgräns (90 ng/l summa PFAS-11).

I figur 12 visas enbart dataetiketterna för kommunens och Länsstyrelsens provtagningsplatser, då Försvarsmaktens provtagningspunkter är mycket tätt placerade. De halter som Försvarsmakten har uppmätt redovisas med dataetiketter i efterföljande kartor. Redan i översikt bilden i figur 13 framgår det dock tydligt att mycket höga halter förekommer i det tidigare F 4-området.

²⁶ Jenny Westerberg, Katrin Holmström, *Årsrapport kontrollprogram avseende PFAS 2018–2019 – F.d. Jämtlands flygflottilj*, FM2015-13438, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

²⁷ Jenny Westerberg, Linnéa Thunberg, Johan Edvinsson, Frida Brodin Larsson, Kim Lundmark, *PFAS i dagvattennätet vid f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj, nuvarande Östersund Åre Airport*, FM2015-13438:16, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2020.

²⁸ Jenny Westerberg, Eva Helgesson, Linnéa Thunberg, Katrin Holmström, *Källspårning avseende PFAS inom spillvattennätet på f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj*, FM2015-13438:14 Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

²⁹ Johan Edvinsson, Jenny Bergkvist, *Kompletterande provtagning vid f.d. F 4 Frösön flygflottilj, med avseende på PFAS*, FM2015-13438:3, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2017.

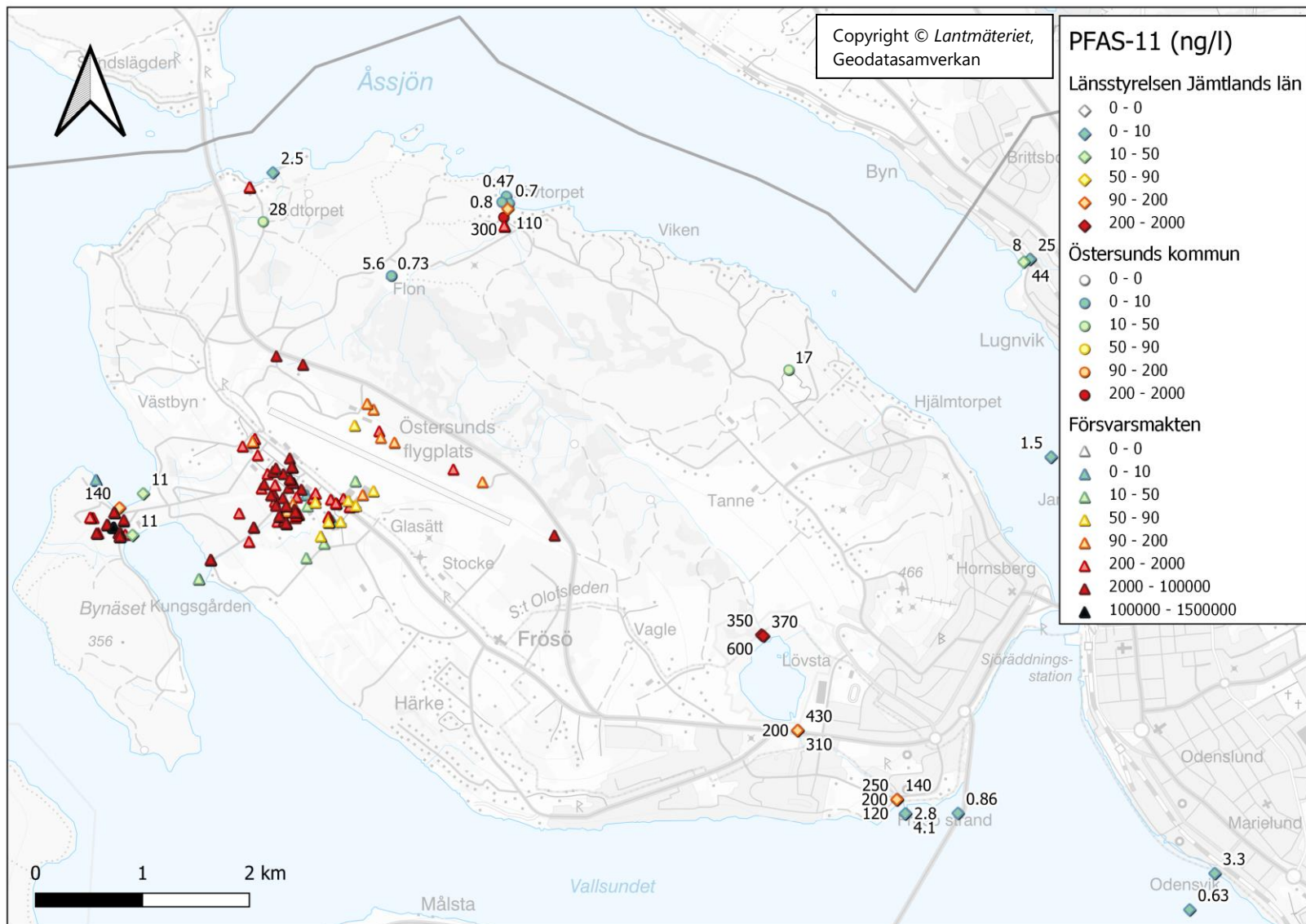
³⁰ Sanna Börjesson, Katrin Holmström, *Undersökning med avseende på PFAS i fisk, ytvatten och sediment vid f.d. F 4, Jämtlands flygflottilj*, 2015-13438:6, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2018.

³¹ Martin Axelsson, Mia Wärjerstam, Jenny Bergkvist, Jonny Bard, *Översiktlig avgränsning avseende PFAS kring den f.d. brandövningsplatsen på tidigare F 4 Frösön*, FM2015-13438:3, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2017.

³² Martin Axelsson, Jenny Bergkvist, Jonny Bard, *Undersökning av föroreningsituationen avseende PFAS inom tidigare F 4 Frösön*, FM2015-13438:3, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2017.

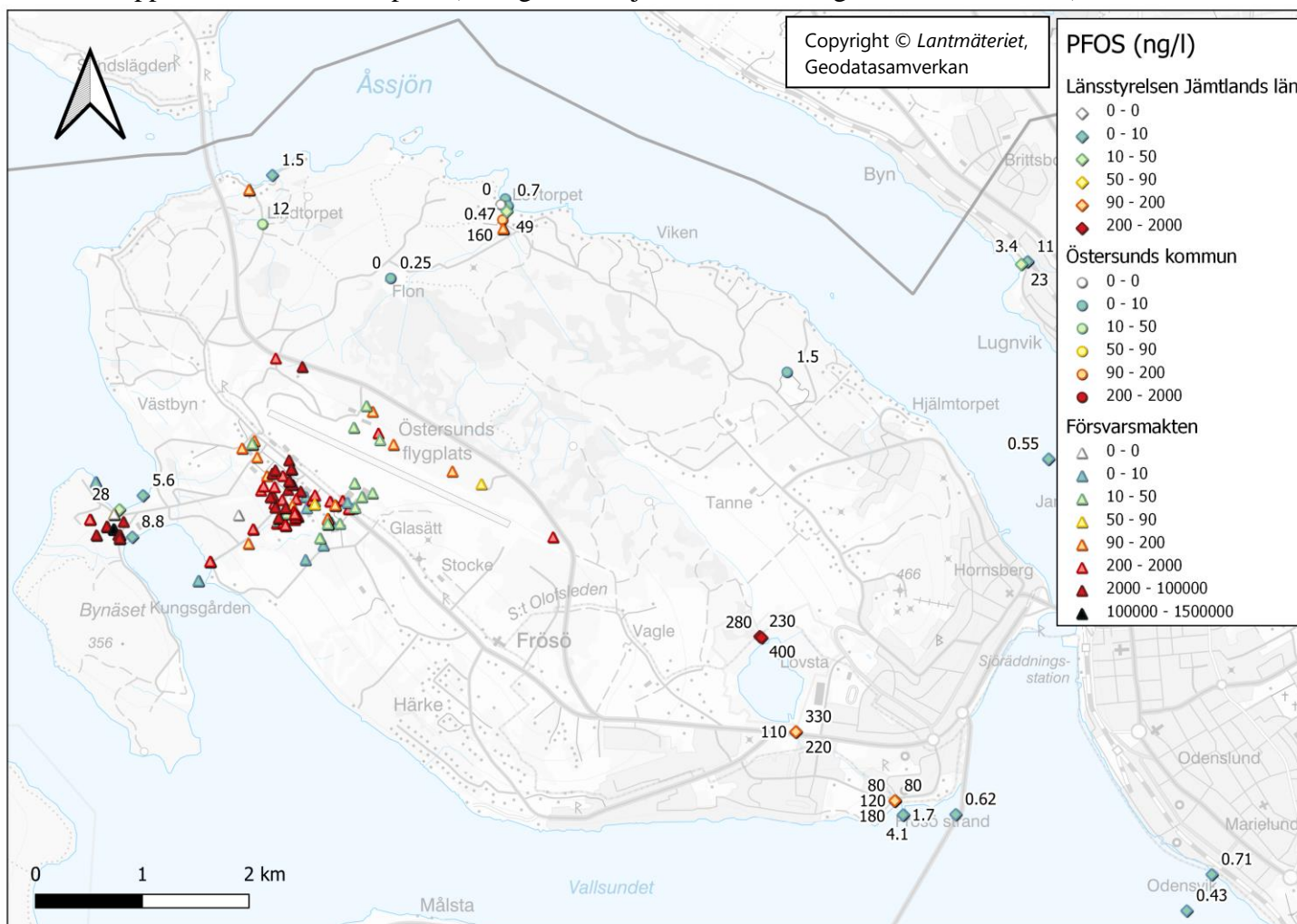
³³ Martin Axelsson, Jonny Bard, *MTU avseende PFAS inom f.d. Jämtlands flygflottilj, F 4 Frösön*, FM2015-13438:1, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2015.

³⁴ Nyqvist, Fredrik; Davidsson, Emma; Johansson, Sinikka; Edvinsson, Johan, *PFAS i ytvatten vid övnings- och skjutfält*, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.



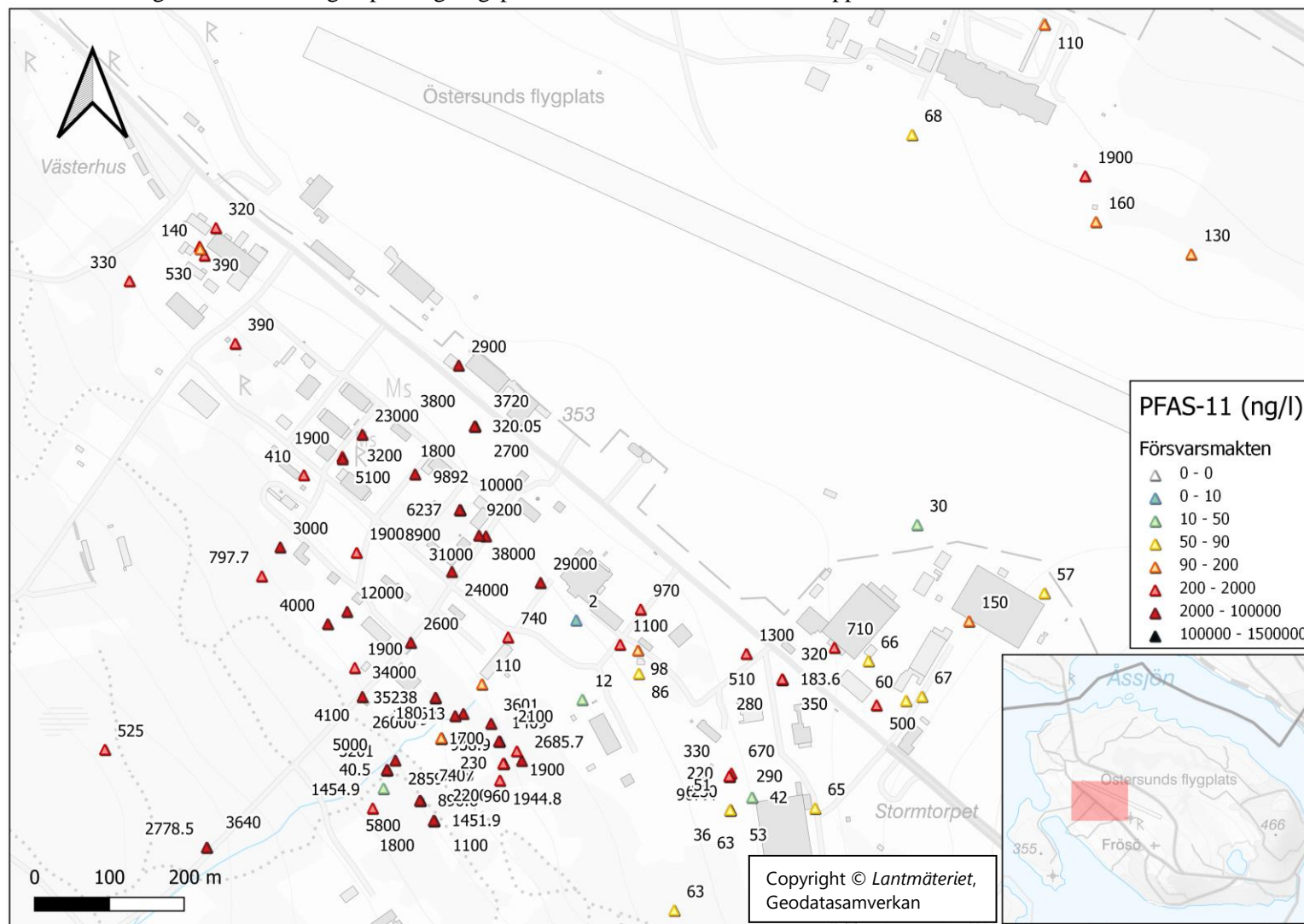
Figur 12. Närbild på provtagningsresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten på Frösön. Kartan inkluderar Östersunds kommuns, Länstyrelsen Jämtlands läns och Försvarsmaktens provtagningsresultat från 2014–2020. På grund av tätt placerade datapunkter visas endast dataetiketter för Länsstyrelsens och kommunens halter. Närbilder med Försvarsmaktens halter visas senare i rapporten. Proverna har tagits på yt-, grund-, dag- och spillvatten.

Figur 13 visar på en tydlig PFOS-påverkan vid majoriteten av provtagningsplatserna på Frösön. Två undantag finns, varav det ena utgörs av den relativt låga andel PFOS som har uppmätts i Storsjön strax utanför ett dike som avvattnar Försvarmaktens tidigare övningsplats på Bynäset (28 ng/l PFOS jämfört med 140 ng/l summa PFAS-11). Det andra undantaget utgörs av den låga andel PFOS som uppmättes vid Frösö deponi (1,5 ng/l PFOS jämfört med 17 ng/l summa PFAS-11).



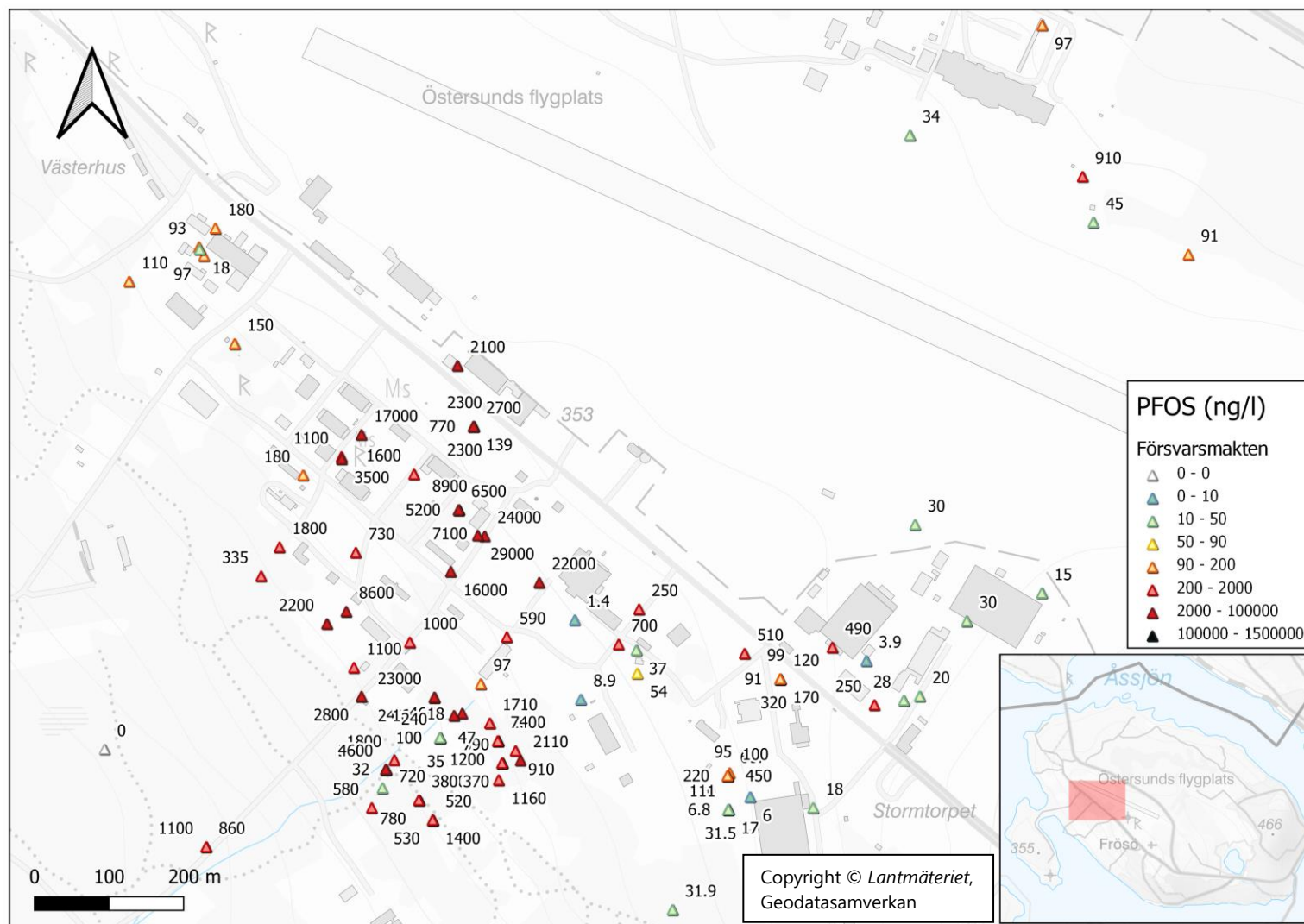
Figur 13. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten på Frösön. Kartan inkluderar Östersunds kommuns, Länsstyrelsen Jämtlands läns och Försvarmaktens provtagningsresultat från 2014–2020. På grund av tätt placerade datapunkter visas endast dataetiketter för Länsstyrelsens och kommunens halter. Närbilder med Försvarmaktens halter visas på kommande sidor. Proverna har tagits på yt-, grund-, dag- och spillvatten.

I figur 14 visas en närbild på Östersunds flygplats och området Frösö Park. Halter på mer än 30 000 ng/l summa PFAS-11 har uppmätts inom ramen för Försvarsmaktens provtagningar och föroreningsnivåerna i området skiljer sig alltså från de som har uppmätts i övriga delar av kommunen. På grund av tätt belägna provtagningspunkter förekommer vissa överlapp mellan dataetiketterna.



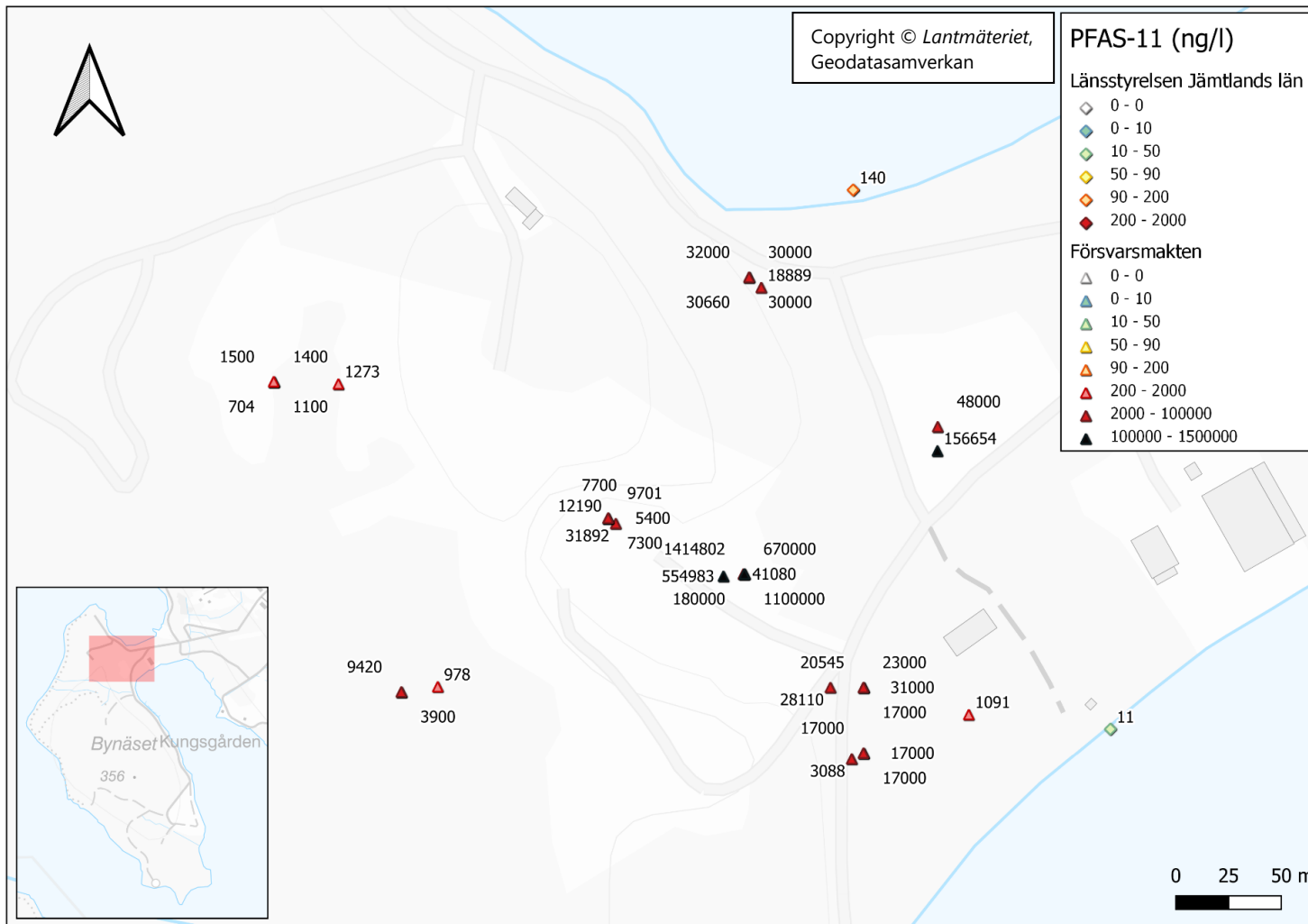
Figur 14. Närbild på provtagningsresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten på Frösö Park-området. Kartan inkluderar Försvarsmaktens provtagningsresultat från 2014–2020. Proverna har tagits på yt-, grund-, dag- och spillvatten.

I majoriteten av provpunkterna vid flygplatsen och Frösö Park utgör PFOS en stor andel av summahalten PFAS-11 (figur 15). Enligt den information som i dagsläget finns tillgänglig är det framför allt Försvarsmakten som har haft övningar vid Frösö Park med brandskum innehållande PFOS.



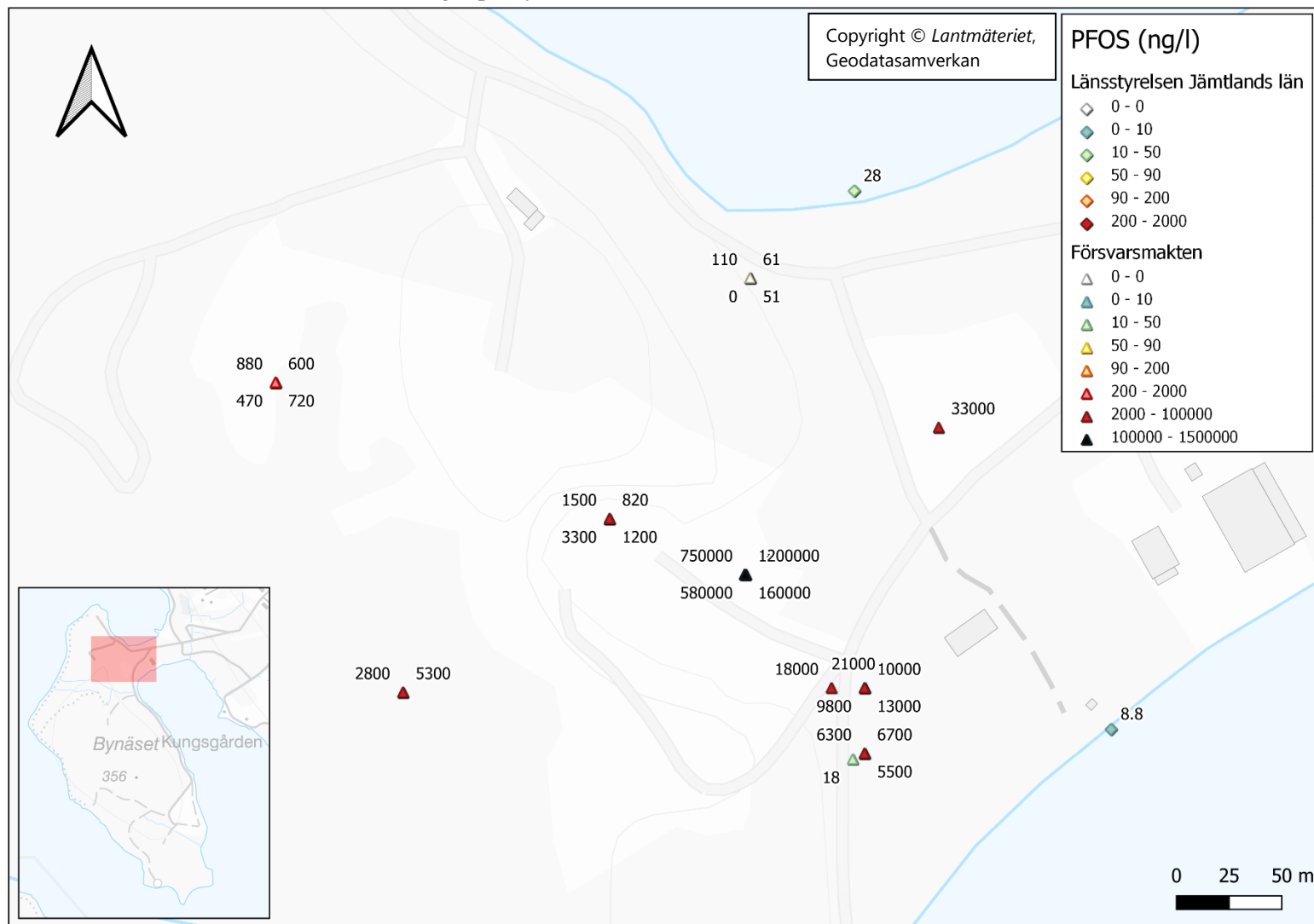
Figur 15. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten på Frösö Park-området. Kartan inkluderar Försvarsmaktens provtagningsresultat från 2014–2020. Proverna har tagits på yt-, grund-, dag- och spillvatten.

Figur 16 visar en närbild av provtagningspunkterna vid Försvarmaktens tidigare brandövningsplats på Bynäset. Denna rapport's högsta värde uppgår till strax över 1,4 miljoner ng/l summa PFAS-11 och uppmättes i juni 2019 i ett grundvattenrör i anslutning till en tidigare hårdgjord yta, som numera består av grus. Halten på 1,4 miljoner ng/l summa PFAS-11 är exceptionellt hög, särskilt när den sätts i relation till åtgärdsgränsen på 90 ng/l PFAS-11.



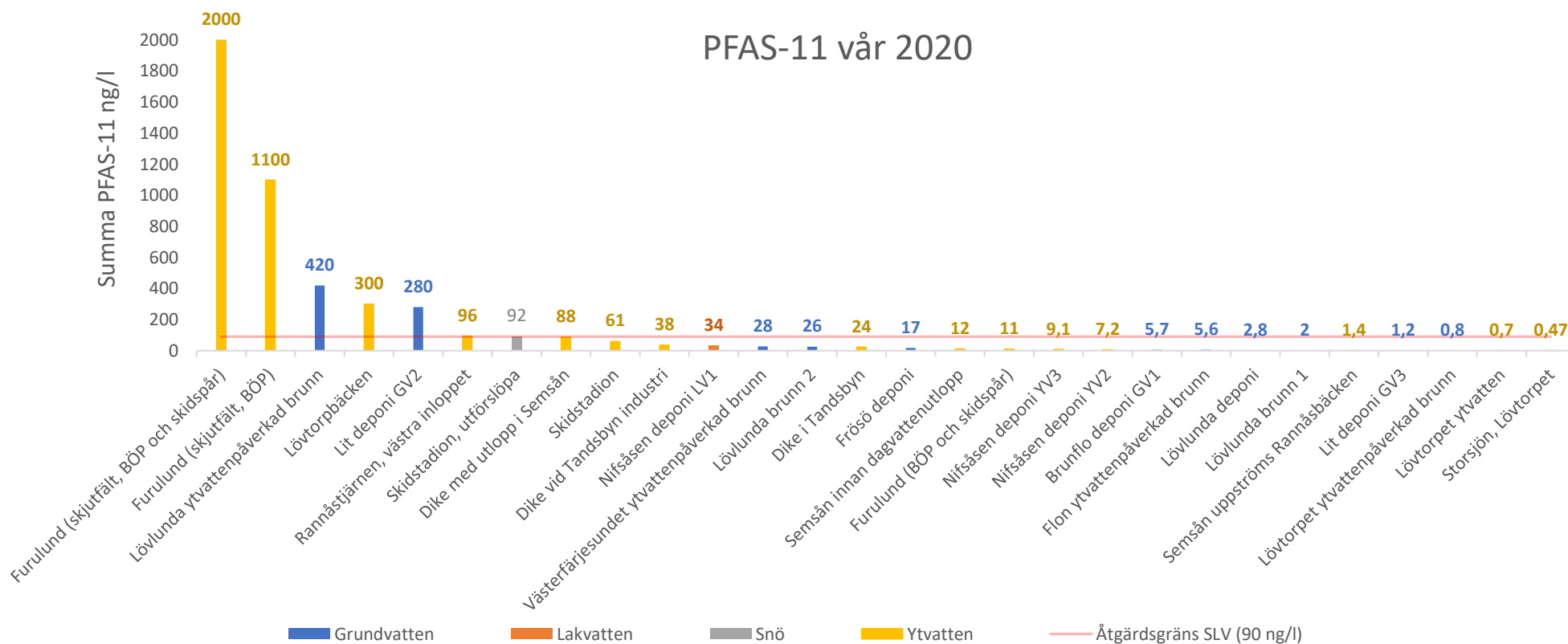
Figur 16. Närbild på provtagningsresultaten för summahalten PFAS-11 i vatten på Bynäset. Kartan inkluderar Försvarmaktens provtagningsresultat från 2014–2020. Proverna har tagits på yt- och grundvatten.

Andelen PFOS är generellt hög på Bynäset (figur 17). Provtagningsresultaten för PFOS är något färre än för summahalten PFAS-11, då resultat för PFOS inte har återfunnits för samtliga provtagningsstillfällen. Enligt den information som i dagsläget finns tillgänglig är det framför allt Försvarsmakten som har haft övningar på Bynäset med brandskum innehållande PFOS.



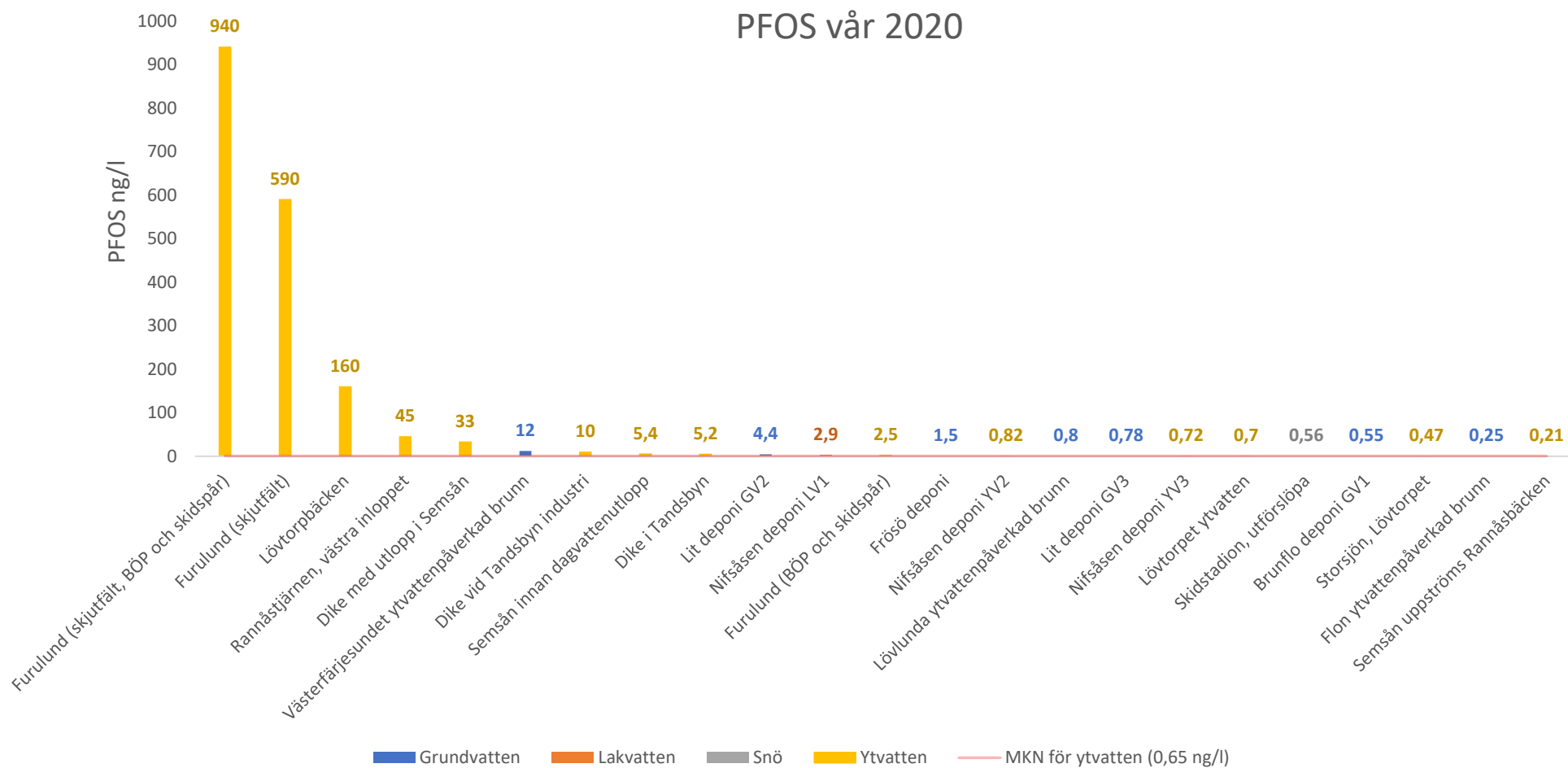
Figur 17. Närbild på provtagningsresultaten för PFOS i vatten på Bynäset. Kartan inkluderar Försvarsmaktens provtagningsresultat från 2014–2020. Proverna har tagits på yt- och grundvatten.

Dataetiketterna i graferna är färgsatta i enlighet med provtagningsmedium, för att typ av vatten ska framgå även där staplarna är för låga för att synas. De uppmätta halterna från vårprovtagningen jämförs i graferna mot Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för PFAS-11 i dricksvatten (90 ng/l, figur 18) samt mot MKN för årsmedelvärde av PFOS i inlandsytvatten (0,65 ng/l, figur 19). På ett flertal platser överskrider åtgärdsgränsen för PFAS-11 (figur 13). Kraftigast överskrider åtgärdsgränsen i områden som har påverkats av brandövningar med brandskum innehållande PFOS. I graferna har provtagningsplatserna med ej detekterbara halter tagits bort för att göra resultatet mer överskådligt. Flertalet prover har tagits vid Furulund och för att särskilja mellan närbelägna prover anges vilka områden som ligger uppströms inom parentes. För att se provtagningsplatsernas faktiska lokalisering kan halterna i graferna jämföras med halterna i kartorna på föregående sidor.



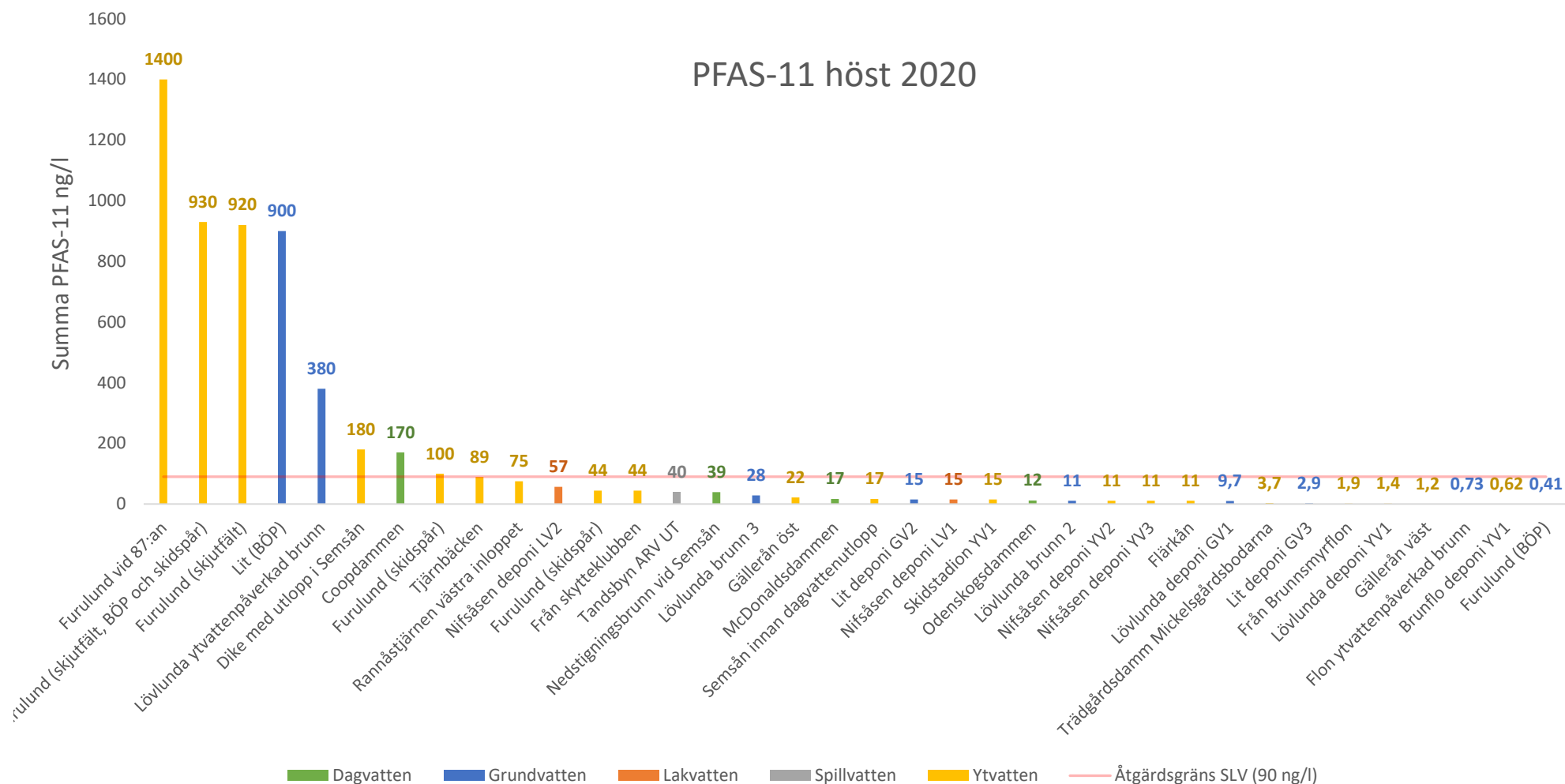
Figur 18. Resultaten från de prover där detekterbara halter PFAS-11 uppmättes under våren 2020. Grafen inkluderar enbart Östersunds kommuns provtagningsresultat. Den röda linjen visar Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten. Staplar med fetmarkerade dataetiketter fortsätter utanför diagrammets räckvidd.

MKN för årsmedelvärdet för PFOS överskreds under vårprovtagningen vid majoriteten av provtagningsplatserna (figur 19). På grund av att gränsvärdet är så nära noll (0,65 ng/l PFOS) sammanfaller det nästan med x-axeln i grafen. Ett tydligt mönster kan ses, där PFOS utgör högst andel av summahalten PFAS-11 på de provtagningsplatser som kan antas vara brandskumspåverkade, lite lägre andel vid heterogena utsläppskällor såsom deponier och lägst andel vid skidstadion.



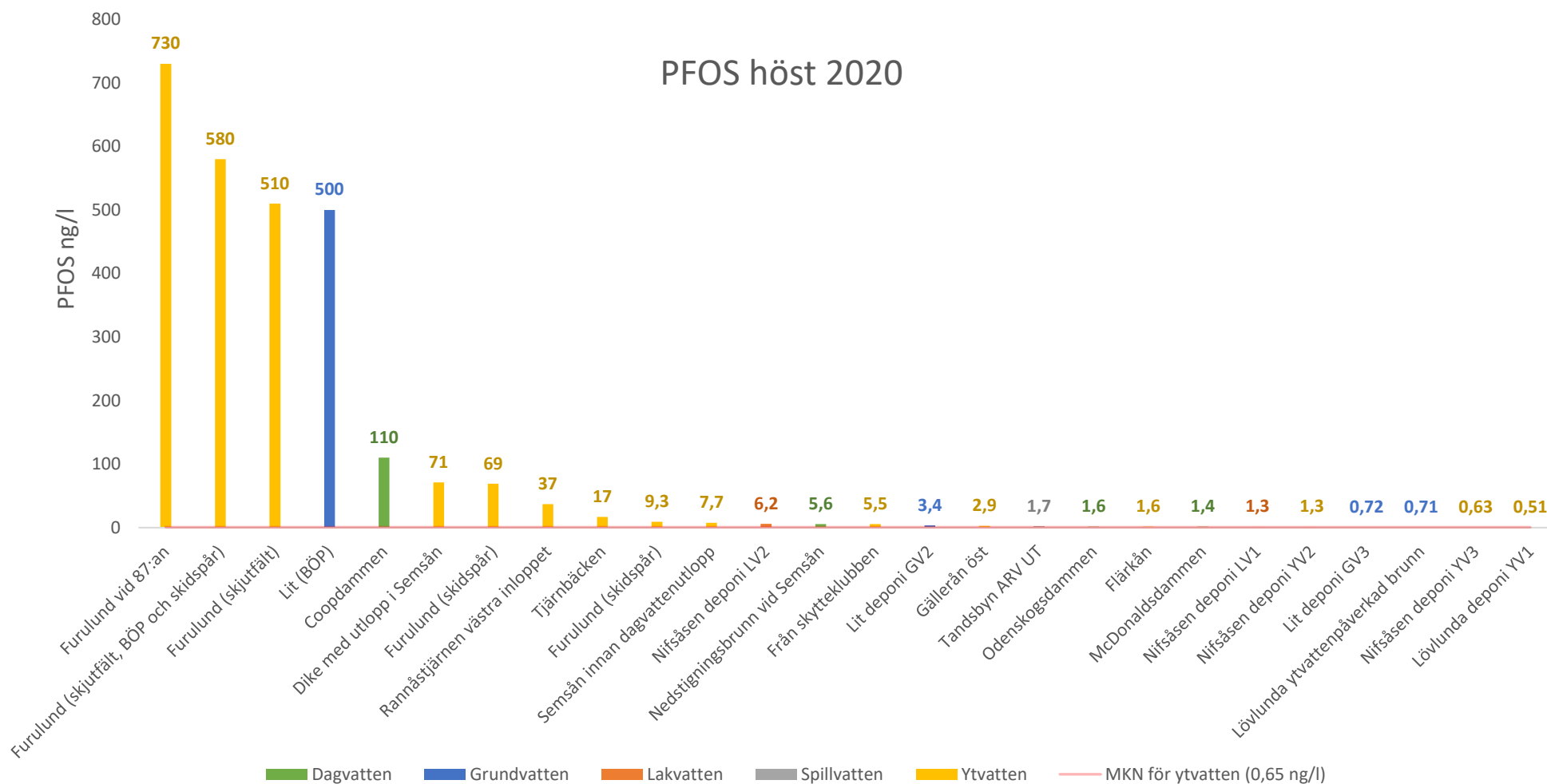
Figur 19. Resultaten från de prover där detekterbara halter PFOS uppmättes under våren 2020. Grafen inkluderar enbart Östersunds kommuns provtagningsresultat. Den röda linjen visar miljö kvalitetsnormen för PFOS i inlandsytvatten.

Vid höstprovtagningen utökades antalet provpunkter vid Furulund, vilket fick till följd att fler kraftigt förhöjda halter uppmättes. Höstens provtagning i en ytvattenpåverkad brunn nedströms skidstadion visade på något lägre halter än under vårprovtagningen, men fortfarande halter kraftigt överskridande Livsmedelsverkets åtgärdsgräns. En jämförelse mellan de provtagningsplatser som förekommer i både denna graf och figur 13 ger en bild av årstidsvariationerna.



Figur 20. Resultaten från de prover där detekterbara halter PFAS-11 uppmättes under hösten 2020. Grafen inkluderar enbart Östersunds kommuns provtagningsresultat. Den röda linjen visar Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten.

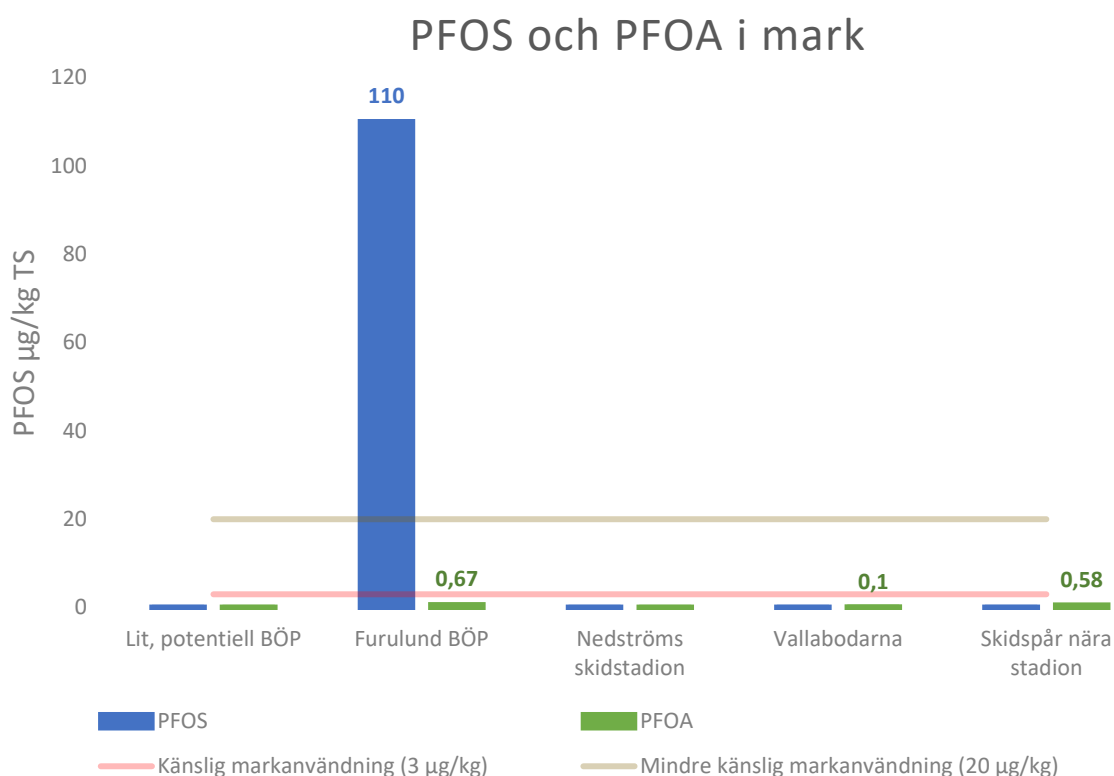
Vid höstprovtagningen överskreds återigen MKN för ytvatten vid majoriteten av provtagningsplatserna (figur 21). Även här sammanfaller linjen som illustrerar gränsvärdet nästan med x-axeln i grafen då gränsvärdet är så nära noll (0,65 ng/l PFOS). Samma mönster som under vårprovtagningen kan ses, med högst andel PFOS där brandskumspåverkan kan antas. Även i dagvatten förekommer vid vissa provpunkter en hög andel PFOS.



Figur 21. Resultaten från de prover där detekterbara halter PFOS uppmättes under hösten 2020. Grafen inkluderar enbart Östersunds kommuns provtagningsresultat. Den röda linjen visar miljö kvalitetsnormen för PFOS i inlandsytvatten.

3.2. Mark

I figur 22 visas resultaten från Östersunds kommuns provtagningar. De staplar som saknar dataetikett visar halter under labbets detektionsnivå. Högst halt uppmättes i det prov som togs ut i samband med installationen av ett grundvattenrör vid brandövningsplatsen i Furulund (110 µg PFOS/kg TS). Denna halt är mer än fem gånger så hög som det preliminära riktvärdet för mindre känslig markanvändning. Vid resterande provtagningsplatser underskrids det preliminära riktvärdet för känslig markanvändning (3 µg PFOS/kg TS). Då flertalet prover togs på och vid skidstadion visas även vilka halter PFOA som uppmättes, då det PFAS-ämnet har förekommit i skidvalla.

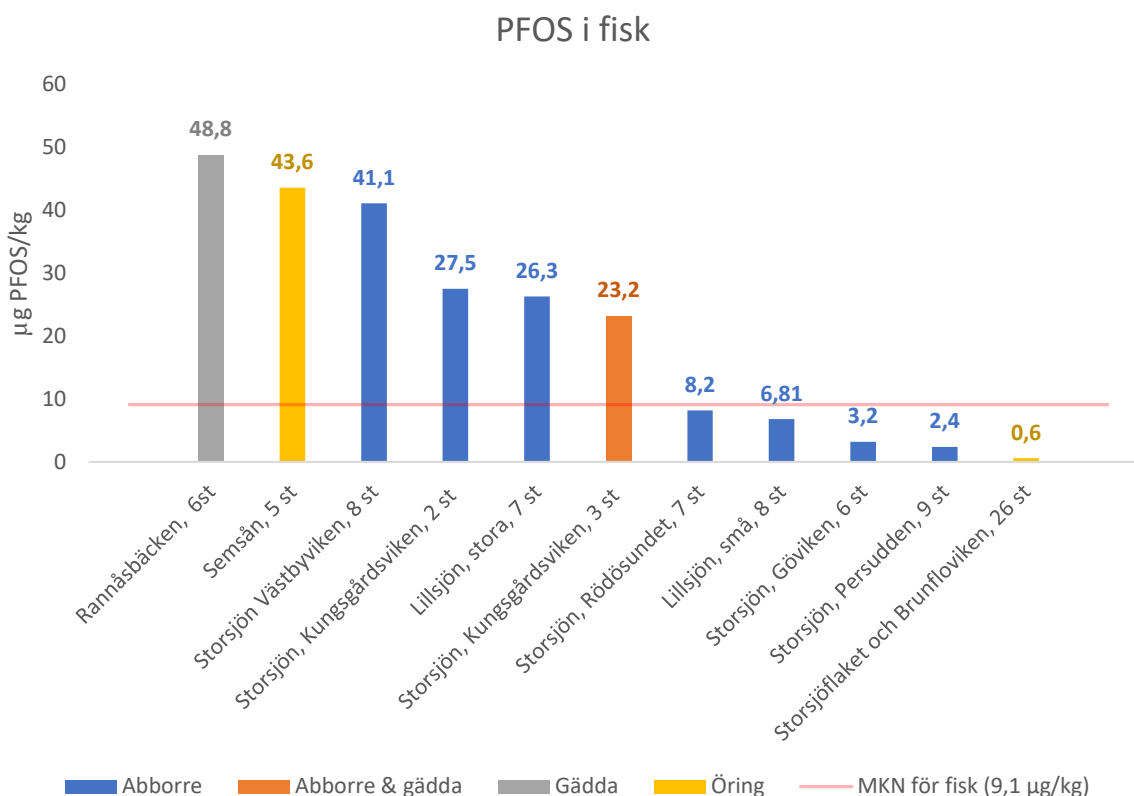


Figur 22. Resultaten från Östersunds kommuns markprovtagningar hösten 2020. Den röda linjen markerar riktvärdet för känslig markanvändning, medan den bruna linjen markerar riktvärdet för mindre känslig markanvändning.

3.3. Fisk

I figur 23 syns resultaten från Östersunds kommuns, Försvarmaktens och Länsstyrelsens fiskprover. Samlingsprover uttogs för Lillsjön, Semsån och Rannåsbäcken. För övriga lokaler visas ett medianvärde baserat på individuella provtagningar, beräknat enligt Havs- och Vattenmyndighetens rapport 2016:26. Högst halter har uppmätts i gäddor i Rannåsbäcken, tätt följt av öring i Semsån och abborre i Västbyviken. Både gäddorna i Rannåsbäcken och öringarna i Semsån var små och har under deras livstid enbart vistats i de aktuella vattendragen. Fiske är dock inte upplåtet för allmänheten här. Även vid Kungsgårdsviken och Lillsjön överstiger de uppmätta halterna MKN för fisk. Miljö kvalitetsnormen är ett mått på om fiskelokalerna kan anses vara utsatt för en förhöjd påverkan. Analyserna gjordes på µg/kg våtvikt. Proverna i Kungsgårdsviken togs av Försvarmakten och

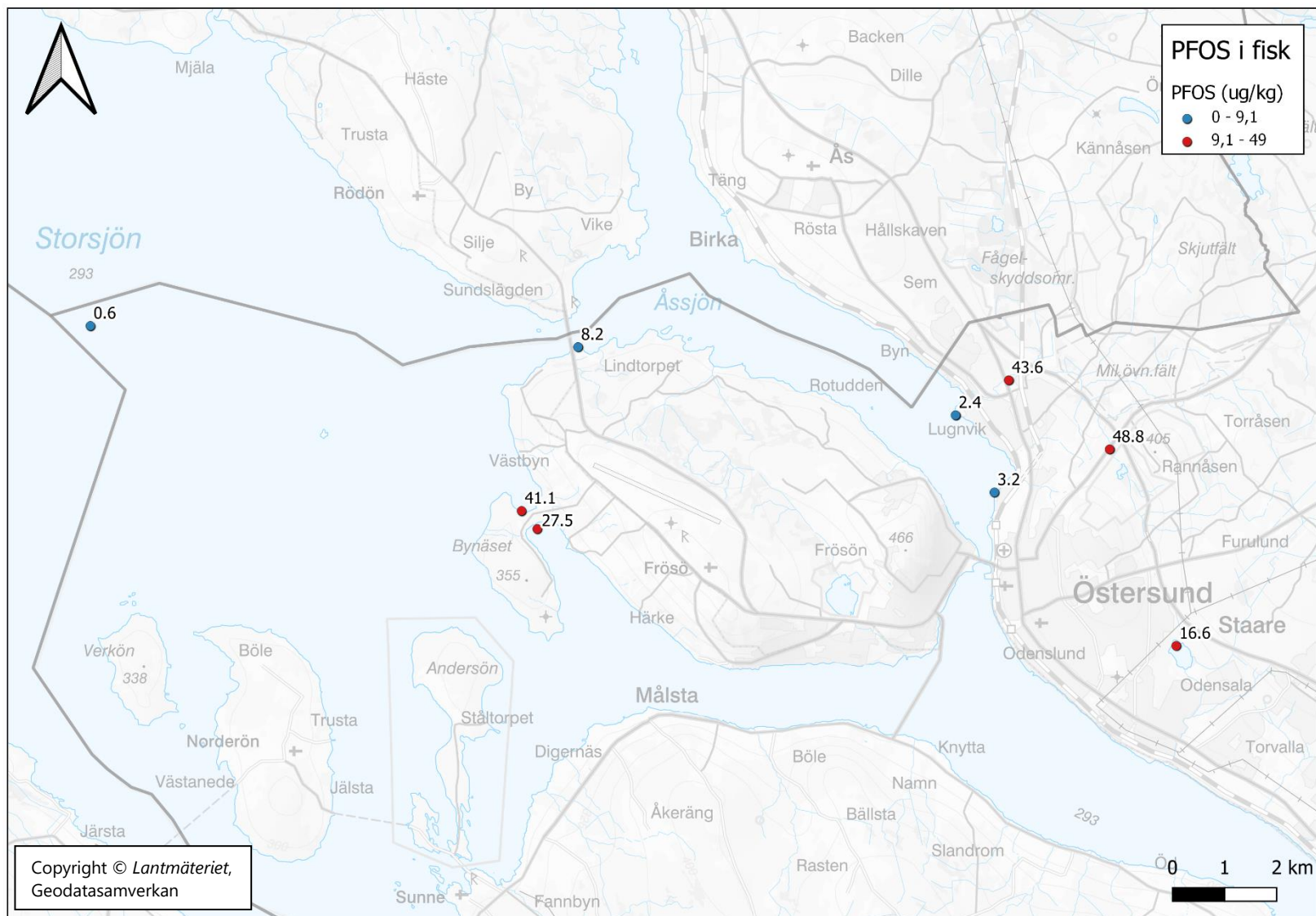
proverna i Lillsjön togs av Östersunds kommun. Övriga fiskprover togs av Länsstyrelsen eller på uppdrag av Länsstyrelsen.



Figur 23. Resultaten från Östersunds kommuns, Länsstyrelsen Jämtlands län och Försvarsmaktens provtagning av fisk mellan 2017–2020. Analysen gjordes på µg/kg våtvikt. I de områden där analys av samlingsprover från flera individer har skett representerar halterna medelvärden (Rannåsbäcken, Semsån och Lillsjön). För övriga områden har individuella analyser skett och där har medianhalter beräknats enligt Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:26.

I figur 24 visas en geografisk översikt över de uppmätta halterna av PFOS i fisk. I kartan visas medelhalten för samtliga 15 abborrar i Lillsjön, och resultatet är alltså inte uppdelat på två grupper som i grafen ovan. Lokalerna runt Frösön (Västbyviken, Kungsgårdsviken och Rödösundet) emottar avrinning från Försvarsmaktens tidigare övningsområde F 4 på Frösön. Majoriteten av de fiskelokaler som har halter som överskrider MKN ligger nedströms från historiska brandövningsplatser, även Semsån och Rannåsbäcken. Undantaget är Lillsjön, vars huvudsakliga PFOS-påverkan i dagsläget som längst har kunnat spåras till den så kallade Coopdammen i figur 4. Ett större antal öringar (både infödda och inplanterade) har fångats på Storsjöflaket och i Brunflovisken. Dessa har rört sig över stora delar av sjön och hade mycket låga PFOS-halter.

På Länsstyrelsens hemsida finns en karta som visar var i länet fiskprovtagning har skett.



Figur 24. Resultaten från Östersunds kommun, Länsstyrelsen Jämtlands län och Försvarsmaktens provtagning av fisk mellan 2017–2020. Analysen gjordes på µg/kg våtvikt fiskmuskel. I de områden där analys av samlingsprover från flera individer har skett representerar halterna medelvärden (Rannåsbäcken, Semsån och Lillsjön). För övriga områden har individuella analyser skett och där har medianhalter beräknats enligt Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:26.

4. Diskussion

4.1. Resultatens tillförlitlighet

På flertalet platser har endast en provtagningsomgång genomförts och det föreligger därför en hög osäkerhet. Resultaten från denna kartläggning ska i första hand tolkas som indikativa och bör följas av framtida utredningar. Då PFAS inte förekommer naturligt i miljön visar dock varje resultat med detekterbara halter att området påverkas av en eller fler potentiella källor.

De uppmätta halterna i vattenprovtagningarna jämförs mot MKN för årsmedelvärdet för PFOS i ytvatten (0,65 ng/l PFOS) och Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för PFAS-11 i dricksvatten (90 ng/l summa PFAS-11). MKN är ett årsmedelvärde och att jämföra mot det blir alltså något missvisande i denna studie, då flertalet platser endast har provtagits vid ett tillfälle. Jämförelsen ger dock en uppfattning om hur halterna förhåller sig till aktuella bedömningsgrunder.

4.2. Miljökvalitetsnormer och statusklassning

Om det behövs för att följa en miljökvalitetsnorm ska vattenmyndigheten upprätta ett åtgärdsprogram. Myndigheter och kommuner ska sedan inom sina ansvarsområden vidta de åtgärder som behövs enligt åtgärdsprogrammet. Samtliga vattenförekomster i Östersunds kommun ska uppnå miljökvalitetsnormen god kemisk status. Ett generellt undantag finns dock på nationell nivå för bromerad difenyleter, kvicksilver och kvicksilverföreningar. Undantaget har införts på grund av att det för dessa ämnen anses vara tekniskt omöjligt att sänka halterna till de nivåer som motsvarar god status. För majoriteten av vattenförekomsterna i kommunen saknas i dagsläget tillräckliga data för att genomföra en statusklassning med avseende på PFOS, vilket är det PFAS-ämne som har gränsvärden inom vattenförvaltningen. Helst ska klassningen baseras på PFOS-halten i fisk då de halterna anses mest representativa, men den kan i andra hand baseras på ett årsmedelvärde från minst två olika provtagningsstillfällen av ytvatten.

I dagsläget uppnår Storsjön, Rannåsbäcken och nedre delen av Semsån inte god kemisk status med avseende på PFOS, medan Indalsälven vid Långans samflöde och Näkten uppnår god status. Övriga vattenförekomster har ännu inte klassats. De omfattande provtagningar som genomfördes under 2020 kommer att leda till att några av de vattenförekomster som i dagsläget inte har klassats kommer att få klassningen ”uppnår ej god status”. När vattenförekomster klassas till ”uppnår ej god status” och tillförlitligheten till klassningen har bedömts som medelgod eller god ska åtgärder sättas in som gör att miljökvalitetsnormen kan nås. Detta kommer utifrån nu tillgängliga data att gälla Storsjön, Rannåsbäcken, nedre delen av Semsån och Odensalabäcken.

4.3. Möjliga saneringsmetoder

De kraftigt förhöjda halter som har uppmätts i kommunen innebär att både tillsynsmyndighet och verksamhetsutövare behöver hålla sig uppdaterade om utvecklingen av möjliga åtgärdsmetoder. De saneringsmetoder som finns i dagsläget är svåra att genomföra på grund av stora ekonomiska kostnader, men det sker en snabb utveckling och de senaste åren har ett flertal pilotprojekt genomförts med lyckade resultat. Några exempel på saneringsmetoder är jordtvätt, kolfilter, immobilisering genom tillförsel av produkter som eliminerar urlakning och termisk behandling.

4.4. Framtida tillsynsarbete

Det förbättrade kunskapsunderlaget kommer att utgöra en grund för Miljö och hälsa fortsatta tillsynsarbete. I flertalet fall har sannolika utsläppskällor kunnat identifieras och det åligger i nästa steg de verksamhetsutövare som ansvarar för de potentiella utsläppskällorna att vidare utreda omfattningen av föroreningen. PFAS-provtagning behöver integreras i verksamheternas egenkontroll för att förbättra kunskapen om föroreningarnas utbredning och kunna följa föroreningssituationen över tid. Miljö och hälsa kommer att arbeta för att möjliga åtgärder sedan vidtas för att minska spridningen.

Ett visst fortsatt arbete med provtagning och kartläggning kan komma att ske, för att ytterligare förbättra kunskapen om potentiella källor och riskområden i kommunen. Miljö och hälsa har därtill återkommande kontakt med bland annat Livsmedelsverket, Naturvårdsverket och flertalet universitet för att få information om de senaste rekommendationerna gällande exponering.

Om ett ämne utgör mindre än 0,5% av produkten behöver det inte stå med på säkerhetsdatablad eller i innehållsförteckning. För att säkerställa att produkter verkligen är PFAS-fria behöver därför leverantör eller tillverkare kontaktas. Detta är särskilt viktigt när det gäller produkter såsom brandskum, som historiskt har innehållit mycket PFAS. Att koncentrationerna av PFAS mäts i nanogram per liter ger en klar indikation om hur potent ämnesgruppen är och att även koncentrationer på mindre än 0,5% kan vara av betydelse. Miljö och hälsa kommer genom sitt tillsynsarbete aktivt att arbeta för en utfasning av produkter med PFAS-innehåll.

4.5. Områden med särskild PFAS-problematik

Vid vissa områden har särskilt förhöjda halter uppmätts. Dessa områden diskuteras närmare nedan och presenteras i huvudsak i samma ordning som de har förekommit i kartorna.

4.5.1. Furulund

Av de provtagningar som genomfördes i kommunens regi har de allra högsta halterna PFAS uppmätts nedströms från brandövningsplatsen i Furulund. PFOS var tidigare en vanlig komponent i brandskum, men sedan PFOS förbjöds år 2008 har

istället användningen av andra PFAS-ämnen ökat. Den höga halt PFOS som förekommer i de prover som har tagits vid och nedströms om brandövningsplatsen vittnar alltså om att kontamineringen delvis är historisk.

I grundvattenprovet detekterades låga halter PFAS och bara tre olika varianter, något som enligt Kärman bör ses som en avvikelse. Vid provtagningstillfället fanns endast vatten i det ena av de två installerade grundvattenrören. Grundvattenrören kan antingen vara felplacerade i förhållande till källzonen eller grundvattenströmriktningen, eller också kan de låga halterna och bristen på grundvatten indikera att spridningen via grundvatten är begränsad.

Dricksvattenprovtagningar i brunnar strax uppströms från övningsområdet har visat sig vara i stort sett helt fria från PFAS-påverkan. Att dricksvattenprovtagning bedömdes vara nödvändig trots att brunnarna befinner sig uppströms från övningsområdet beror på att brunnarnas avsänkningstratt kan påverka grundvattengradienten och alltså ändra grundvattenströmriktningen, samt att det grundvatten som går genom sprickbildningar i berg kan strömma i en riktning som inte följer den ovanliggande topografin.

Vid några av provtagningpunkterna detekterades högre halter PFHxS än PFOS. Detta kan förekomma när föroreningen går genom mark eller mycket organiskt material, eftersom PFOS binder till mer effektivt än PFHxS. Högre halter av PFHxS ses ofta i grundvatten.³⁵ De högre halterna av PFHxS tyder på att en väsentlig andel av PFOS-föroreningen kan förväntas vara bunden i mark och organiskt material.

Enligt Kärman tyder PFAS-mönstret i provet från det västra inloppet till Rannåstjärnen på brandskumkontaminering från både historisk och mer nutida övning. Inloppet ligger drygt en kilometer nedströms från Furulunds övningsområde. Spår från brandskumkontaminering återfinns även flera kilometer nedströms, efter att Rannåsbäcken har flutit samman med Semsån.³⁶ Det går inte att utesluta att påverkan från brandövningsplatsen i Furulund når ända till Semsåns utlopp, där Länsstyrelsen har uppmätt förhöjda halter. Resultaten från fiskprovtagningarna visar kraftigt förhöjda halter av PFOS i både Rannåsbäcken och Semsån, som alltså båda ligger nedströms från Furulunds brandövningsplats.

Miljö och hälsa för en dialog med Räddningstjänsten om hur resultaten ska tas vidare. Ytterligare undersökningar behöver genomföras för att avgränsa föroreningens omfattning och för att identifiera källzonen. Åtgärder behövs för att minska spridningen från källzonen.

Furulund har tidigare även ingått i Försvarmaktens övnings- och skjutfält Dagsådalen. Enligt Försvarmaktens miljöprovningseenhet (MPE) finns inga dokumenterade uppgifter om att brandsläckningsskum ska ha använts i Dagsådalen/Furulund. Personal och ansvariga vid området ska vid förfrågan inte ha

³⁵ Anna Kärman, *PFAS-data från Östersunds kommun*, Örebro: 2021, s. 7.

³⁶ *Ibid*, s. 9.

känt till att någon sådan aktivitet någonsin bedrivits inom området. Enligt MPE kan dock brandskumsanvändning inom området inte uteslutas. Ytvattenprovtagning från andra delar av Dagsådalens övnings- och skjutfält visar på mycket låga halter. I dagsläget avser inte Försvarsmakten genomföra några ytterligare undersökningar i området.

4.5.2. Lillsjön och närliggande dagvattendammar

Det största identifierade PFAS-bidraget till Lillsjön kommer från Coopdammen via ett dike som inte är utritat på kartan (figur 4). PFAS-bidragen från snödeponin och Odenskogsdammen verkar, utifrån de provtagningar som hittills har genomförts, vara betydligt lägre.

Vilken eller vilka källor som står för PFAS-påverkan på Coopdammen har ännu inte klarlagts. McDonaldsdammen leds via ett öppet dike till Coopdammen och bidrar alltså med en låg halt PFAS. Med tanke på de topografiska förhållandena och det relativt korta avståndet mellan Coopdammen och Furulund går det inte att utesluta att en del av påverkan härrör från Räddningstjänstens brandövningsplats. Enligt Kärrmans källfördelningsanalys kan mönstret av sulfonsyror i Coopdammen tyda på en historisk brandskumskontaminering. Coopdammens och Furulunds hydrologiska konnektivitet behöver utredas vidare. Endast Coop-området (fastigheterna Ångvälden 1–7) är anslutna som kunder till Coopdammen och inga uppgifter finns om någon brandsläckningsinsats i området innan PFOS-förbudet infördes 2008. Dagvatten till dammen kommer dock även från ett dike längs med E14.

Källan bakom de något förhöjda halter som har uppmätts i McDonaldsdammen och Odenskogsdammen har inte heller kunnat identifieras. Till Odenskogsdammen avvattnas bland annat fastigheten Trucken 1, där en omfattande brandsläckningsinsats inträffade 1999 i samband med att den befintliga industribyggnaden brann ner till grunden. Branden inträffade alltså innan PFOS-förbudet infördes. Delar av fastigheten består av ej hårdgjord yta (grusplan) och det kan alltså inte uteslutas att en källzon med kontinuerligt utflöde av bland annat PFOS från fastigheten finns kvar sedan släckningsinsatsen. Enligt uppgift genomfördes dock omfattande schaktningar till ett djup av 7–8 meter i samband med att en ny byggnad uppfördes. Fastigheten uppges därefter ha täckts med en helt ny grusbädd.

4.5.3. Skidstadion

Både fäst- och glidvalla för längdskidor kan innehålla höga halter PFAS. Anledningen till att PFAS används i valla är att ämnena ger bra glid och stöter bort smuts. Sedan december 2020 är PFOA förbjudet i valla, men det är fortfarande vanligt att andra PFAS-ämnen förekommer. Internationella skidförbundet ska införa ett PFAS-förbud för all tävlingsverksamhet, men förbudet, som skulle träda i kraft säsongen 2020/2021, har skjutits upp på grund av att arbetet med att ta fram en tillförlitlig kontrollprocedur drar ut på tiden. Förbudet motiveras framförallt med att användningen av fluorvalla befaras leda till hälsorisker för professionella

vallare, som utsätts för hög exponering, men även med den miljöpåverkan som vallorna orsakar. Det framtida förbudet rör dock inte butiker och fluorvallorna kommer att kunna fortsätta användas utanför tävlingssammanhang.

Vid skidstadion har högst halter uppmätts i en ytvattenpåverkad brunn nedströms från skidstadion. Brunnen används inte för dricksvatten, men har tidigare använts för att vattna grödor. Fastighetsägaren har informerats om de förhöjda halterna och har rekommenderats att inte använda brunnen för bevattning. Intag av grödor bevattnade med PFAS-påverkat vatten bedöms inte utgöra någon stor riskfaktor, men bevattning med PFAS-påverkat vatten bör ändå undvikas då det kan innebära en spridning av PFAS till nya platser och öka föroreningshalterna i marken. De dricksvattenprover som togs i närliggande brunnar visade på halter som väl understiger åtgärdsgränsen på 90 ng/l summa PFAS-11.

Under hösten 2020 installerades ett grundvattenrör norr om skidstadion (bilaga 1). Ambitionen var att installera fem grundvattenrör vid skidstadion, men på grund av berg i dagen och ytligt berg utgick fyra av fem grundvattenrör. Under höstens provtagningstillfälle fanns inget vatten i det grundvattenrör som hade installerats och därför har inga resultat kunna redovisas från detta rör. Samtidigt som berg i dagen, ytligt berg och uteblivet grundvatten leder till viss provtagningsproblematik ger det även värdefull information om hur spridningen av PFAS från skidstadion ser ut. Med den typen av geologiska och hydrologiska förhållanden sker sannolikt relativt lite av spridningen i området med grundvatten. Istället kan majoriteten av spridningen från stadion antas ske via ytvatten, en teori som förstärks om de förhöjda halterna i den ytvattenpåverkade brunnen jämförs med de betydligt lägre halterna i andra närliggande brunnar.

Enligt Kärrman kännetecknas skidvalla av att det inte ger upphov till utsläpp av perfluoralkyl sulfonsyror (PFSA) som exempelvis PFOS eller PFHxS. Eventuella förekomster av dessa ämnen vid vallapåverkade områden härstammar från andra källor. De källfördelningsanalyser som har sammanställts över skidstadionområdet visar på en sambandskedja för PFAS i snö-jord-ytvatten-brunnsvatten. Det går därför inte att utesluta att det är valla från skidstadion som har kontaminerat den ytvattenpåverkade brunnen. Källfördelningsanalyserna visar även att proverna i brunnarna i närheten av skidstadion samt på ytvattnet innehåller en blandning av karboxylsyror, som kan komma från en rad olika källor, bland annat skidvalla. Enligt Kärrman är det troligt att jorden i skidstadions uppförsbacke speglar kontaminering av skidvalla. Snöprovet visar ett liknande mönster som jordprovet, men man bör ha i åtanke att jorden speglar en längre tids exponering medan snöprovet visar en ögonblicksbild, och att olika vallaprodukter används över tid. I jordprov tagna vid skidspår i Lillehammer återfanns jämna kolkedjelängder i högre koncentration än närmast udda kolkedjelängd, vilket också kan ses i jordprovet från Östersunds skidstadion. I jordprovet återfanns även mobila korta kolkedjelängder, vilket kan tyda på att kontamineringen har skett nyligen och att de mobila ämnena inte har lakats ut jorden ännu.³⁷

³⁷ Anna Kärrman, *PFAS-data från Östersunds kommun*, Örebro: 2021, s. 3.

Miljö och hälsa för en dialog med Kultur och Fritid om hur resultaten ska tas vidare. Vidare provtagningar är nödvändiga, för att få bättre kunskap om hur spridningen och källområdet ser ut. Möjliga framtida åtgärder är till exempel informationsinsatser riktade mot åkare för att minska användningen av fluorvalla samt förändrad avledning av ytvattnet. Åkarna bör uppmanas att ersätta fluorvallen med fluorfri valla. Kvarbliven fluorvalla lämnas in som farligt avfall på en återvinningscentral. Den ekonomiska förlust som sker vid kasseringen av fluorvalla understiger kraftigt kostnaden för att sanera motsvarande mängd valla när den har hamnat i miljön.

4.5.4. Övrigt dagvatten

Kraftigt förhöjda halter har även uppmätts i ett dagvattenutlopp som mynnar i Semsån. Ett prov har tagits i en nedstigningsbrunn i närheten av dagvattenutloppet som ett led i källspårning. I nedstigningsbrunnen uppmättes avsevärt lägre halter, vilket kan tyda på att majoriteten av PFAS-påverkan inte kommer från de påkopplade verksamheterna utan istället härrör från de vägbrunnar som finns påkopplade mot utloppet till Semsån. Halterna kan även härröra från själva dagvattenledningen, då Lugnviks industriområde tidigare har varit påkopplat på utloppet. Provet i nedstigningsbrunnen är dock förknippat med en högre felmarginal då det var mycket låga flöden vid tidpunkten för provtagningen.

Enligt Kärrman kan halterna i nedstigningsbrunnen spegla ett pågående utsläpp av kortkedjiga PFAS-ämnen, tillsammans med ett visst bidrag från historisk brandskumsanvändning. Vid dagvattenutloppet uppmättes ytterligare ett PFAS-ämne som är associerat med brandskum.

Analysresultatet från dagvattenprovtagning i närheten av Tandsbyns avloppsreningsverk visar på något förhöjda halter. I detta prov påvisades 8:2 FTS och EtFOSAA, ämnen som enligt Kärrman vanligen inte förekommer i ytvatten. Dessa två ämnen ingår i regleringar och kan tyda på kontaminering från historisk pappersimpregnering.³⁸

Både i Semsåns dagvattenanläggning och i Tandsbyn behövs ytterligare undersökningar för att spåra möjliga källor.

4.5.5. Brandövningsplats i Lit

Provtagningsplatsen i Lit valdes med anledning av att uppgifter om tidigare brandövningar på platsen har framkommit. På grund av att inget ytvatten finns i närheten av det potentiella påverkansområdet installerades två grundvattenrör. I det ena röret uppmättes kraftigt förhöjda halter och i det andra röret uppmättes halter under detektionsgräns. Enligt Kärrman stämmer mönstret för analysresultatet från provet med kraftigt förhöjda halter inte helt med brandskumskontaminering, utan även någon annan källa kan vara aktuell.

³⁸ Anna Kärrman, e-postkonversation med forskare inom PFAS vid Örebro universitet, 1 februari 2021.

I Lit uttogs ett markprov i samband med installationen av det rör där förhöjda halter uppmättes i grundvattnet. Jordprovet visade dock på halter under detektionsgräns. Resultaten är något självmotsägande, med två prover som visar på halter under detektionsgräns och ett prov med kraftigt förhöjda halter. En upprepad provtagningsinsats behövs för att utesluta att resultaten beror på felaktigheter i samband med provhanteringen.

4.5.6. Deponier

Provtagning har skett vid Lit, Brunflo, Lövlunda, Frösö och Nifsåsen deponi. Högst halter uppmättes i ett grundvattenrör vid Lit deponi (280 ng/l summa PFAS-11). Näst högst halt uppmättes i lakvatten från Nifsåsen deponi (57 ng/l summa PFAS-11). De stora variationerna i halterna speglar den heterogenitet som är förknippad med deponier. Den höga halt och stora årstidsvariation som uppmättes vid Lit deponi är sannolikt relaterad till att deponin ännu inte har sluttäckts. I och med att tätskikt saknas på deponin kan en omfattande och fluktuerande urlakning ske. Deponin planeras att sluttäckas inom en femårsperiod och urlakningen av PFAS kan då förväntas minska.

PFAS-provtagning kommer att ske vid samtliga före detta deponier och jorddeponier under 2021. Dessa innefattar Brunflo, Högarna, Lit Magasinsvägen, Munkflohögen, Norderåsen, Ringsta, Storhögen, Grönviken, Häggenås, Lillsjöhögen, Lövlunda, Lit Hårkvallen, Nifsåsen, Lugnvik, Verksmon och Ängsmon. Fortsatt PFAS-provtagning kommer därefter att genomföras på de platser där en påverkan har identifierats.

4.5.7. Bringåsen

Provet från Tjärnbäcken, som emottar avrinning från Gräfsåsen avfallsanläggning, visar på en tydlig PFAS-påverkan. Sett till mönstret passar provet delvis in på läckage från både nutida och historiska brandskumsprodukter. Mönstret är dock inte tydligt och det kan röra sig om flera olika källor, vilket är vanligt när det gäller deponier.

Det prov som togs i Stenbäcken, som emottar avrinning från skytteklubben, visar inte heller på något tydligt mönster. Enligt Kärrman kan det röra sig om en källa som har spridit sig en sträcka till skytteklubben. Mönstret är nästan identiskt med provet från Tjärnbäcken och det kan alltså inte uteslutas att avrinningen från Gräfsåsen har nått Stenbäcken via de våtmarker som ligger mellan Tjärnbäcken och Stenbäcken.

Förhöjda halter har uppmätts nedströms från Gräfsåsen ända fram till Mosjöns utlopp. I dagsläget är Gräfsåsens avfallsanläggning den verksamhet som med störst sannolikhet står för påverkan i området. Miljö och hälsa har en dialog med Gräfsåsens avfallsanläggning om framtida arbete för att minska spridningen av PFAS. Anläggningen har bland annat börjat begära PFAS-provtagning av schaktmassor som härrör från platser där PFAS-påverkan kan misstänkas.

4.5.8. Före detta F 4-området

Miljö och hälsa har inget tillsynsansvar gentemot Försvarmakten, men har en kontinuerlig dialog med Förvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM).

Kommunen är markägare för en stor del av Bynäset och platsen har höga rekreativvärden. Miljö och hälsa kommer att tillsammans med Kultur och Fritid och FIHM se över om det behövs begränsningar i hur området nyttjas. För att undvika en ökad spridning av de föroreningar som finns har vissa aktiviteter bedömts vara olämpliga på de delar av Bynäset och närliggande områden där kraftigt förhöjda halter har uppmätts. Detta innefattar till exempel terränglopp som riskerar att påverka områdets hydrologi och därmed öka spridningsrisken, samtidigt som det även utsätter deltagare för en onödig exponering. På Bynäset kan det på grund av ökat besökstryck uppkomma ett behov av att vidta åtgärder för att undvika ökad urlakning i närheten av områden med kraftigt förhöjda halter. Detta kan exempelvis innebära spångning av hårt belastade rekreationsspår.

Inom det tidigare F 4-området förekommer mycket höga halter och med anledning av dessa har Miljö och hälsa samt Länsstyrelsen varit i kontakt med Livsmedelsverket, Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA), Miljömedicin och Naturvårdsverket för att få information om exponeringsrisker för människa och djur. För PFAS krävs direktexponering av extremt höga halter för att akuttoxicitet ska observeras i försöksdjur, det vill säga halter av en storleksordning som överstiger även de mycket höga halter som har uppmätts på Bynäset. Akuttoxicitet har ännu inte observerats i människa, utan hälsoriskerna bedöms i dagsläget utgöras av långtidsexponering.³⁹ De mycket höga halterna – som högst cirka 1,4 miljoner ng/l summa PFAS-11 – uppmättes i grundvatten och exponeringen för dessa halter är därmed begränsad.

I närheten av Frösö Park har höga halter uppmätts i ytvattnet. I dagsläget saknas det studier på hur exempelvis hundar påverkas av ett långvarigt intag, men för hundar som enbart vistas tillfälligt i området bör intaget av vatten från Frösö Park-området stå för en liten del av det totala vattenintaget och därmed inte utgöra någon risk. Miljö och hälsa har en diskussion med SVA om riskbilden för de hundar som vistas kontinuerligt i området.

I dagsläget bedöms inte intag av bär och svamp från området utgöra en risk, då de höga föroreningsnivåerna huvudsakligen är koncentrerade till en yta som består av en grusplan. Intaget av bär och svamp från området med mycket höga föroreningsnivåer bedöms därmed vara lågt. Att bada i Kungsgårdsviken eller Västbyviken utgör ingen exponeringsrisk då det i vattnet sker en snabb utspädning och då PFAS-upptag genom huden är högst begränsat. Att dricka mindre mängder vatten i samband med bad utgör inte heller någon risk.

Försvarmakten genomför regelbundet provtagningar på Bynäset, vid Frösö Park och vid Västerfärjesundet inom ramen för pågående kontrollprogram. Kontrollprogrammet kommer att pågå till 2022 och kan komma att förlängas. I ett

³⁹ Karl Forsell, e-postkonversation med överläkare inom miljömedicin på Norrlands universitetssjukhus, 2 september 2020.

förorenat dricksvatten. Att begränsa intaget av fisk med höga PFAS-halter är därför av vikt för att minska långtidsexponeringen och på sikt undvika negativa hälsoeffekter. Med anledning av de förhöjda halter som har uppmätts i kommunens, Länsstyrelsens och Försvarmaktens fiskprovtagningar föreslår Miljö och hälsa att tillfälliga kostråd med avseende på abborre och gädda fiskad från Frösöns stränder och i Lillsjön införs.

Som nämnts i bakgrunden rekommenderar Livsmedelsverket att MKN för fisk ska användas som temporär åtgärdsnivå för PFOS-påverkan på fisk.

Miljö kvalitetsnormen är ett mått på om fiskelokalen kan anses vara utsatt för förhöjd påverkan. Vid Västbyviken, Kungsgårdsviken och Lillsjön överstigs MKN för PFOS i fisk och frågan om tillfälliga kostråd har därför aktualiserats för dessa platser. Även i nedre delen av Semsån och Rannåsbäcken har förhöjda halter påträffats i fisk. I dessa vattendrag får dock inte allmänheten fiska och kostråd är därför inte nödvändiga här.

Efsa fastställde under år 2020 ett nytt riktvärde för den mängd PFAS-ämnen som bedöms vara säkert att få i sig varje vecka under hela livet, det vill säga tolerabelt veckointag (TVI). Det nya riktvärdet angavs till 4,4 ng per kilo kroppsvikt och vecka och gäller för summahalten av de fyra olika PFAS-ämnena PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS. Det innebär en kraftig sänkning av de tidigare tolerabla intagen för PFOS och PFOA från 2008.⁴²

De nationella kostråden för fisk kommer inte att revideras förrän Efsa har färdigställt en pågående risk- och nyttovärdering av att äta fisk samt tagit fram gränsvärden som är specifika för livsmedel. De nya gränsvärdena kommer sannolikt att baseras på ALARA-principen, och kommer alltså att utgå från vilka halter som är realistiskt nåbara snarare än att baseras helt på toxikologiska data. Livsmedelsverket har tagit fram temporära rekommendationer för egenfångad fisk från vatten med förhöjda halter, samt uppmanat kommuner och Länsstyrelser att kontakta Livsmedelsverket angående behov av lokala kostråd.⁴³

Miljö och hälsa och Länsstyrelsens förslag på tillfälliga kostråd innebär att abborre och gädda fiskad i Lillsjön och från Frösöns stränder och 200 meter ut i vattnet inte bör ätas mer än 2–3 gånger per år. Förslaget har tagits fram tillsammans med Länsstyrelsen och med stöd av Livsmedelsverket. Genom att tillfälliga kostråd upprättas ges kommuninvånarna möjlighet att vidta åtgärder som innebär att långtidsexponeringen för PFAS-ämnen kan minskas. Livsmedelsverket bedömer att risken att konsumera fisk med halter som innebär att TVI överstigs under kortare perioder inte medför någon ökad risk för hälsan. Däremot är det viktigt att om möjligt begränsa, eller avstå från, att regelbundet äta fisk som innehåller höga halter av PFAS.⁴⁴

Att tillfälliga kostråd föreslås för abborre och gädda fiskad runt hela Frösön och inte bara för enskilda vikar beror på att resultaten från vattenprovtagningen visar på

⁴² Livsmedelsverket, *Riskhantering PFAS i dricksvatten och egenfångad fisk*

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Ibid.

höga halter PFAS i flertalet ytvattendrag på Frösön. Med anledning av detta finns det en risk att fler områden runt Frösön kan ha förhöjda halter av PFAS i fisk. Att råden gäller från stranden och 200 meter ut i vattnet beror på att gädda och abborre ofta vistas strandnära och inom samma område under större delen av sina liv. De konsumerar därmed föda från ett relativt begränsat vattenområde, vilket gör att lokalt förhöjda PFAS-halter kan ha en stor påverkan på dem.

Det är framförallt abborre som är undersökt i Storsjön och som visar på förhöjda halter i aktuella områden. Abborre är en art som generellt vistas strandnära inom samma område i större delen av sin livstid och den lagrar därför PFAS-ämnen som finns i det vattenområdet. Fisken påverkas i första hand genom dess föda och i andra hand av det omgivande vattnet. I och med att PFAS är bioackumulerande kan halterna i fisk vara betydligt högre än i dess omgivning. Mycket tyder på att långkedjiga PFAS i högre grad bioackumuleras. Rovfiskar är särskilt utsatta för PFAS-påverkan, då vissa PFAS kan biomagnifieras och alltså anrikas högre upp i näringskedjan.⁴⁵

Även en gädda samt en av tre undersökta sikar hade förhöjda halter i Försvarens tidigare undersökningar i Kungsgårdsviken. De två andra sikarna hade dock mycket låga halter. Antalet analyserade gäddor och sikar är för få för att kunna dra slutsatser om generella halter i dessa arter i aktuella områden. Fortsatta undersökningar omkring Frösön kommer därför att omfatta bland annat gädda och sik. I Lillsjön har ett större antal abborrar undersökts och fortsatta undersökningar kommer att omfatta gädda. Fram till 2019 inplanterades även regnbåge, men då den bara lever några enstaka år i sjön förväntas PFAS-ämnen inte ha lagrats i någon större omfattning i fisken.

Att även gädda omfattas av de kommande rekommendationerna, trots att bara en gädda är analyserad och underlagen i dagsläget är osäkra, beror på att den kan antas ackumulera liknande halter som abborren. Gäddorna i Lillsjön har levt i sjön under hela sina liv och har alltså under lång tid exponerats för de förhöjda halterna i föda, som bland annat inkluderar PFAS-påverkad abborre. Gäddorna i Storsjön kring Frösön inkluderas i de tillfälliga kostråden då gäddors beteendemönster är relativt likt abborrarnas, samt då de också generellt vistas strandnära och rör sig över ett begränsat område. Kostråden för gädda införs som en försiktighetsåtgärd och kan komma att revideras i samband med framtida provtagningsresultat.

För att få bättre kännedom om hur PFAS-halterna varierar beroende på plats, storlek och art behöver fler provtagningar genomföras. Då halterna i fisk kan förändras över tid är även återkommande provtagning i samma fiskelokaler nödvändig. Kostråden kan komma att ändras då fler fiskar och arter behöver undersökas för att få mer tillförlitliga mätvärden. Dessutom pågår ett arbete inom EU med att utreda nyttor och risker med fisk, det vill säga för- och nackdelar med att äta fisk. Detta kan påverka hur problemet hanteras på sikt.

⁴⁵ Kemikalieinspektionen, Högfluorerade ämnen – PFAS, 2021, <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen---pfas#:~:text=Vissa%20PFAS%20kan%20ocks%C3%A5%20biomagnifieras.desto%20mer%20bioackumulerande%20%C3%A4r%20%C3%A4mnnet.>, hämtad 17 mars 2021.

5. Slutsatser

Det förbättrade kunskapsunderlaget kommer att utgöra en grund för Miljö och hälsas fortsatta tillsynsarbete. I flertalet fall har sannolika utsläppskällor kunnat identifieras och det åligger i nästa steg de verksamhetsutövare som ansvarar för de potentiella utsläppskällorna att vidare utreda föroreningens omfattning. De saneringsmetoder som finns i dagsläget är svåra att genomföra på grund av stora ekonomiska kostnader. För närvarande är huvudfokuset att åstadkomma en minskad spridning, även om själva föroreningarna sannolikt inte kan undanröjas inom den närmsta framtiden.

Vid vissa områden har särskilt förhöjda halter uppmätts. De förhöjda halter som har uppmätts vid Furulundsområdet samt nedströms området bedöms härstamma från brandskumsövning på Furulunds brandövningsplats. Miljö och hälsa har initierat kontakt med Räddningstjänsten för att planera det framtida arbetet. Arbetet kan innefatta fortsatta undersökningar samt åtgärder för att minska spridning. Vid skidstadion har en sambandskedja identifierats för PFAS-ämnen i snö-jord-ytvatten-brunnsvatten och det bedöms idag vara sannolikt att åtminstone delar av PFAS-bidraget kommer från skidvalla. Det fortsatta arbetet kan inkludera ytterligare undersökningar samt informationsinsatser för att minska användningen av fluorvalla. Provet vid brandövningsplatsen i Lit är behäftat med vissa felkällor och därför bör upprepad provtagning ske. Deponierna bidrar med varierande halter PFAS, varav den högsta halten har uppmätts vid Lit deponi. Lit deponi är i dagsläget inte sluttäckt och saknar alltså ett tätskikt som skyddar mot urlakning. En sluttäckning planeras inom de kommande fem åren. Fortsatta provtagningar ska genomföras vid samtliga deponier. Förhöjda halter PFAS har även uppmätts nedströms Gräfsåsens avfallsanläggning och källfördelningsanalyser visar att det sannolikt är avfallsanläggningen som står för påverkan. Miljö och hälsa har en dialog med avfallsanläggningen om framtida arbete för att minska spridningen av PFAS.

De högsta halter som redovisas i denna rapport har uppmätts av Försvarsmakten i det tidigare F 4-området på Frösön. Miljö och hälsa har inget tillsynsansvar för Försvarsmakten, men har en kontinuerlig dialog med Försvarsinspektören för hälsa och miljö. En viss begränsning av markanvändningen i området kan bli aktuell, men halterna bedöms inte innebära någon fara för de människor och djur som tillfälligt vistas på platsen.

Inga halter överskridande Livsmedelsverkets åtgärdsgräns har uppmätts i de enskilda brunnar som används för dricksvatten. I de kommunala dricksvatten där PFAS har detekterats understiger halterna genomgående Livsmedelsverkets åtgärdsgräns med mycket god marginal. Höga halter PFOS uppmättes i ett jordprov från Furulunds brandövningsplats, men halterna bedöms inte utgöra någon fara för de människor som vistas på platsen.

Den europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten, Efsa, har fastställt ett nytt och lägre riktvärde för den mängd PFAS-ämnen som bedöms vara säker att få i sig varje vecka. Med anledning av detta och de förhöjda halter som har uppmätts i kommunens, Länsstyrelsens och Försvarmaktens fiskprovtagningar föreslår Miljö och hälsa, med stöd av Livsmedelsverket, att tillfälliga kostråd införs för abborre och gädda i Lillsjön och Storsjön kring Frösön. Abborre och gädda från dessa vatten bör inte ätas mer än cirka 2–3 gånger per år. De tillfälliga kostråden för Storsjön ska gälla från Frösöns stränder och cirka 200 meter ut.

Referenser

- Axelsson, Martin; Bard, Jonny, *MTU avseende PFAS inom f.d. Jämtlands flygflottilj, F 4 Frösön*, FM2015-13438:1, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2015.
- Axelsson, Martin; Bergkvist, Jenny; Bard, Jonny, *Undersökning av föreningssituationen avseende PFAS inom tidigare F 4 Frösön*, FM2015-13438:3, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2017.
- Axelsson, Martin; Wärjerstam, Mia; Bergkvist, Jenny; Bard, Jonny, *Översiktlig avgränsning avseende PFAS kring den f.d. brandövningsplatsen på tidigare F 4 Frösön*, FM2015-13438:3, Linköping: NIRAS Sweden AB, 2017.
- Bergkvist, Jenny, *Översiktlig miljöteknisk markundersökning inom Frösö Park, fastigheten Kungsgården 5:3 m.fl.*, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2017.
- Börjesson, Sanna; Holmström, Katrin, *Undersökning med avseende på PFAS i fisk, ytvatten och sediment vid f.d. F 4, Jämtlands flygflottilj*, 2015-13438:6, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2018.
- Edvinsson, Johan; Bergkvist, Jenny, *Kompletterande provtagning vid f.d. F 4 Frösön flygflottilj, med avseende på PFAS*, FM2015-13438:3, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2017.
- Försvarsinspektören för hälsa och miljö, *Beslut om att inkomma med en samlad riskbedömning samt bedömning av åtgärdsbehov av föreningssituationen vid f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj*, FIHM2021-10-1, 2021.
- HVMFS 2013:19, *Föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*, Stockholm: Havs- och vattenmyndigheten.
- Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, *Perfluorerade och polyfluorerade ämnen*, 2020, <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>, hämtad 9 mars 2021.
- Kemikalieinspektionen, *Högfluorerade ämnen – PFAS*, 2021, <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen---pfas#:~:text=Vissa%20PFAS%20kan%20ocks%C3%A5%20biomagnifieras,desto%20mer%20bioackumulerande%20%C3%A4r%20%C3%A4mnnet.>, hämtad 17 mars 2021.
- Kemikalieinspektionen, *Högfluorerade ämnen, PFAS, i vardagsvaror*, 2021, <https://www.kemi.se/kemikalier-i-vardagen/kemikaliesmarta-val/material-och-amnen/hogfluorerade-amnen-pfas#:~:text=PFAS%2D%C3%A4mnnet%20kopplas%20till%20ska>

[dliga,betrakta%20alla%20PFAS%20som%20h%C3%A4lsoskadliga](#)
., hämtad 9 mars 2021.

Kärrman, Anna, *PFAS-data från Östersunds kommun*, Örebro: 2021.

Livsmedelsverket, *Riskhantering PFAS i dricksvatten och egenfångad fisk*, 2021,
<https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/dricksvattenproduktion/riskhantering-pfas-i-dricksvatten-egenfangad-fisk>, hämtad 9 mars 2021.

Länsstyrelsen Jämtlands län, *Provtagning av PFAS i ytvatten i Jämtlands län 2018–2019*, Rapport nr: 2020:28, Östersund: 2020,
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.52ea1660172a20ba65c34cb2/1600419404842/Provtagning%20av%20PFAS%20i%20vatten%20i%20J%C3%A4mtlands%20l%C3%A4n%202018-2019.pdf>, hämtad 9 mars 2021.

Naturvårdsverket, *Högfluorerade ämnen i miljön, PFAS*, 2020,
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Perfluorerade-amnen/>, hämtad 9 mars 2021.

Nyqvist, Fredrik; Davidsson, Emma; Johansson, Sinikka; Edvinsson, Johan, *PFAS i ytvatten vid övnings- och skjutfält*, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

Pettersson, Michael; Ländell, Märta; Ohlsson, Yvonne; Berggren Kleja, Dan; Tiberg Charlotta, *Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten*, SGI Publikation 21, Linköping: Statens geotekniska institut, 2015,
<https://www.sgi.se/globalassets/publikationer/sgi-publikation/sgi-p21.pdf>, hämtad 9 mars 2021.

Westerberg, Jenny; Helgesson, Eva; Thunberg, Linnéa; Holmström, Katrin, *Källspårning avseende PFAS inom spillvattennätet på f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj*, FM2015-13438:14 Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

Westerberg, Jenny; Holmström, Katrin, *Årsrapport kontrollprogram avseende PFAS 2018–2019 – F.d. Jämtlands flygflottilj*, FM2015-13438:15, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2019.

Westerberg, Jenny; Thunberg, Linnéa; Edvinsson, Johan; Brodin Larsson, Frida; Lundmark, Kim, *PFAS i dagvattennätet vid f.d. F 4 Jämtlands flygflottilj, nuvarande Östersund Åre Airport*, FM2015-13438:16, Stockholm: NIRAS Sweden AB, 2020.

I författarens ägo

Forsell, Karl, e-postkonversation med överläkare inom miljömedicin på Norrlands universitetssjukhus, 2 september 2020.

Halldin Ankarberg, Emma, e-postkonversation med toxikolog på Livsmedelsverket, 25 augusti 2020.

Kärrman, Anna, e-postkonversation med forskare inom PFAS vid Örebro universitet, 1 februari 2021.