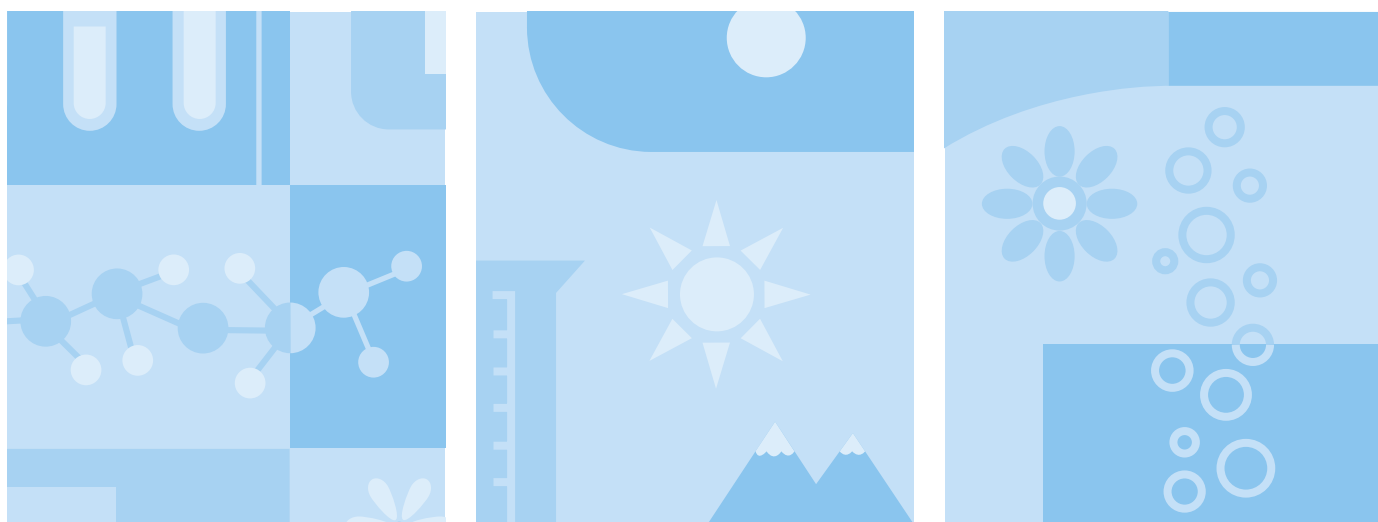


Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäcker



Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter

Best.nr. 511 102

Sundbyberg, februari 2013

Utgivare: Kemikalieinspektionen©

Beställningsadress: CM Gruppen, Box 11063, 161 11 Bromma

Tel: 08-5059 33 35, fax 08-5059 33 99, e-post: kemi@cm.se

Rapporten finns som nedladdningsbar pdf på www.kemikalieinspektionen.se

Förord

Kemikalieinspektionen har på uppdrag av regeringen tagit fram en handlingsplan för en giftfri vardag Handlingsplan för en giftfri vardag 2011– 2014 – Skydda barnen bättre. Insatser sker nu på flera områden både nationellt, inom EU och internationellt och ofta i samarbete med andra myndigheter.

Att minska kemiska risker i vardagen är ett steg på vägen att nå riksdagens miljökvalitetsmål Giftfri miljö – det mål Kemikalieinspektionen ansvarar för.

Inom ramen för handlingsplanen tar KemI fram kunskapssammanställningar, som publiceras i KemI:s rapport respektive PM-serie. Bakom publikationerna står egna medarbetare, forskare eller konsulter. KemI vill på detta sätt dela med sig av ny och angelägen kunskap. Publikationerna, som är kostnadsfria, finns på webbplatsen www.kemikalieinspektionen.se

Den här rapporten är ett samarbetsprojekt mellan Livsmedelsverket och Kemikalieinspektionen och handlar om hur tidigare användning av brandskum kan förorena dricksvatten. Efter några mer eller mindre slumpvisa fynd av högfluorerade ämnen i dricksvatten har det alltså visat sig att användning av ett nu förbjudet brandskum på brandövningsplatser lokalt kan ha förorenat grundvattentäkter. Denna förorening av grundvatten med högfluorerade ämnen har föranlett att kommunala brunnar stängts i några kommuner. Livsmedelsverket och Kemikalieinspektionen ser allvarligt på att dricksvattenförsörjningen i värsta fall kan hotas, och vill nu initiera en kartläggning av hur situationen ser ut i landet. Denna rapport syftar till att ge vattenproducenter stöd i sin utvärdering av eventuella analysbehov för att säkerställa god vattenkvalité i samhället. Rapporten erbjuder också en sammanställning av dagens kunskap på detta område.

Innehåll

Sammanfattning	7
Summary	7
1 Inledning	8
2 Högfluorerade substanser i brandskum	8
3 Faroanalys och undersökning av möjlig PFAS-förorening - Arbetsmetod.....	9
3.1 Fas 1 - Inledande faroanalys	10
3.1.1 <i>Finns brandövningsplats i området och har AFFF-brandsläckningsskum använts?</i> 11	
3.1.2 <i>Spridningsförutsättningar och skyddsobjekt</i>	11
3.2 Fas 2 - Undersökning	12
3.2.1 <i>Provtagning för att undersöka spridning från en brandövningsplats</i>	12
3.2.2 <i>Lagstiftningsfrågor</i>	13
4 Ordlista	14
Bilaga 1: Brandskum	15
Bilaga 2: Spridningsförutsättningar	17
Bilaga 3: Vilka per- och polyfluorerade ämnen ska analyseras	18
Bilaga 4: Kravspecifikation på laboratorium som ska analysera PFAS	19
Bilaga 5: Exempel på identifierade föroreningskällor i Sverige.....	20
Bilaga 6: Exempel på metoder för att minska halterna av PFAS i vatten	22
Bilaga 7. Kan PFAS från dricksvatten vara en hälsorisk?	23
Bilaga 8: Miljökvalitetsnormer	25
Bilaga 9: Referenser.....	26

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att ge stöd till dricksvattenproducenter vid faroanalys och undersökning av dricksvattentäkter som är eller kan misstänkas vara förorenade med högfluorerade kemikalier, så kallade PFAS (poly- och perfluorerade alkylsubstanser). I ett antal kommuner har man upptäckt höga halter av PFAS i vattentäkter. Brandövningsplatser har visat sig vara källan till dessa föroreningar, som i vissa fall har inneburit att vattentäkter stängts. Dessa fall visar att PFAS-förorening av vattentäkter kan vara ett hot mot dricksvattenförsörjningen. Ämnena bryts inte ner i miljön och vissa PFAS är så pass giftiga att tillverkning och användning har stoppats. I denna rapport redovisas en arbetsmetod som ger stöd vid faroanalys av PFAS-förorening av vattentäkter (fas 1). Arbetsmetoden ger också stöd till arbetet vid efterföljande undersökning av eventuell spridning från föroreningskällan till vattentäkten (fas 2). Bilagor i slutet på rapporten ger en kort sammanfattning av kunskapsläget gällande PFAS-förorening av dricksvatten, analyser av PFAS i vatten och jord/mark, möjliga reningsmetoder, eventuella hälsorisker förknippade med PFAS-förorening, och miljö kvalitetsnormer.

Summary

The aim of the present report is to support those providing drinking water in their hazard analysis and study of drinking water supplies that are or may be suspected of being contaminated with highly fluorinated chemicals, called PFAS (poly - and perfluorinated alkylated substances). High levels of PFAS in water have been detected in a number of municipalities. Fire exercise sites have been shown to be the source of this pollution, which in some cases have resulted in water supplies being closed. These cases show that PFAS contamination of water can be a threat to drinking water supplies. The substances do not degrade in the environment and some PFAS are so toxic that manufacture and use have been stopped.

This report presents a method of work that provides support for hazard analysis of PFAS contamination of water (phase 1). The method also supports the work of the subsequent investigation of the possible spread from the contamination site to the water supply (phase 2). Appendices at the end of the report provide a brief summary of the knowledge situation for PFAS contamination of drinking water, analysis of PFAS in water and soil, possible remediation methods, potential health hazards associated with PFAS contamination, and environmental quality standards.

1 Inledning

I flera svenska kommuner har det uppdagats att dricksvattenstäckter är förorenade med högfluorerade kemikalier, som kommer från användning av brandsläckningsskum på brandövningsplatser. Dessa högfluorerade kemikalier kallas med ett samlingsnamn PFAS (poly- och perfluorerade alkylsubstanser) och är lätttrörliga i mark och vatten. De kan vara hälsoproblem om vi utsätts för dem i för stora mängder, eftersom PFAS är extremt långlivade och giftiga. Mot bakgrund av denna problembild är en högfluorerad kemikalie (PFOS) idag globalt reglerad inom Stockholmskonventionen (<http://chm.pops.int>).

Den lokale verksamhetsutövaren har, enligt dricksvattenlagstiftningen, ansvaret för att identifiera de kemiska faror som måste förebyggas, elimineras eller reduceras till en acceptabel nivå. Ansvaret gäller från vattentäkt till vattenkran. För att försäkra sig om god dricksvattenkvalité kan det ibland vara befogat att undersöka om det finns PFAS i vattentäkterna. Eftersom källan till PFAS i dricksvatten har varit brandövningsplatser, bör dricksvattentäckter i närheten av brandövningsplatser prioriteras vid undersökning av PFAS-förorening. Även vattentäckter på längre avstånd från övningsplatser, men som kan tänkas påverkas av grund- eller ytvatten från brandövningsplatser, bör prioriteras.

Denna information har sammanställts för att informera verksamhetsutövare om problem med förorening av vatten med PFAS. En arbetsmetod beskrivs som ger konkreta tips om hur man bör gå tillväga för att göra en faroanalys av PFAS, liksom när, var, och hur kemisk analys av PFAS lämpligen bör göras. Dagens kunskapsläge när det gäller brandsläckningsskum som möjlig förorening i dricksvattentäckter beskrivs i bilaga 1-6. En sammanfattning av kunskapen om eventuella hälsorisker förknippade med PFAS finns i bilaga 7. **Vi hoppas att detta underlag kan underlätta för lokala verksamhetsutövare inom dricksvattenområdet att göra en faroanalys av möjlig PFAS-förorening och att få underlag till beslut om eventuella riskhanteringsåtgärder.**

Underlaget till rapporten har tagits fram av Karin Norström, IVL Svenska miljöinstitutet. Projektet är ett samarbetsprojekt mellan Kemikalieinspektionen och Livsmedelsverket.

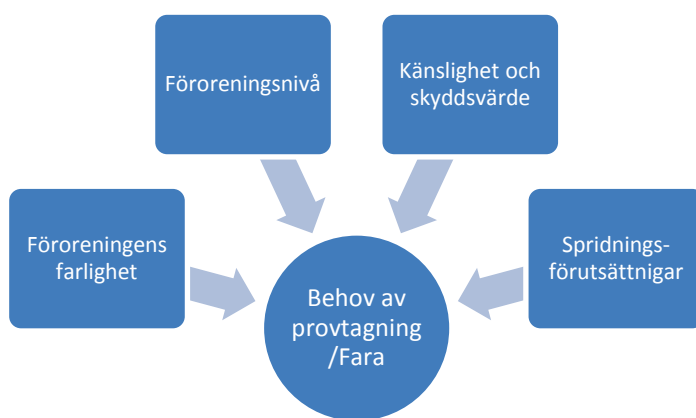
2 Högfluorerade substanser i brandskum

PFAS är en stor grupp högfluorerade ämnen (se bilaga 3, tabell 1) som har producerats för att motstå värme, olja, smuts och vatten. PFAS har ingått i en rad produkter, bland annat brandsläckningsskum kallat AFFF-skum (**A**queous **F**ilm **F**orming **F**oam). PFAS är mycket svårnedbrytbara i naturen. Perfluoroktansulfonat (PFOS) ingår i denna grupp och är ett så kallat PBT-ämne. Det betyder att det är extremt persistent (bryts inte ned i naturen, utan ansamlas i miljön), bioackumulerande (anrikas i näringskedjan) och toxiskt (kroniskt giftigt). PFOS kan också störa reproduktionsförmågan och omfattas av den globala Stockholmskonventionen för persistenta organiska föreningar med syftet att skydda människors hälsa och miljön via globala regleringar. Perfluorooktansyra (PFOA) har också varit vanligt i brandskum, men användningen minskar på grund av både frivilliga åtaganden inom tillverkningsindustrin och regulatoriska initiativ.

6:2 FTS (6:2 fluortelomersulfonat) ersätter PFOS i den nya generationens brandsläckningsskum och fanns även i stora mängder i den gamla generationens AFFF (se bilaga 3, tabell 1). I nya generationens brandsläckningsskum ingår också fluortelomeralkoholerna 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH (se bilaga 3, tabell 1).

3 Faroanalys och undersökning av möjlig PFAS-förorening - Arbetsmetod

Flera faktorer avgör huruvida vatten och mark kring en brandövningsplats behöver undersökas gällande PFAS. Figuren nedan visar fyra olika faktorer som samtliga påverkar behovet av provtagning för kemiska analyser av vatten och mark (Figur 1). De tre första faktorerna, det vill säga föroreningens farlighet, föroreningsnivå och omgivningens känslighet och skyddsvärde, handlar om vilka konsekvenser ett eventuellt läckage av PFAS skulle ha på omgivningen. Den fjärde, spridningsförutsättningar, handlar om hur sannolikt det är att läckage skulle kunna ske. Sammantaget ger detta en uppskattning av faran, vilket ofta är detsamma som provtagningsbehovet.



Figur 1. Faktorer som ingår i farnoanalysen, samt behovet av provtagning.

Arbetsmetoden kan indelas i två olika faser, där den första fasen är en skrivbordsstudie, som syftar till att undersöka om den potentiella faran är så stor att man måste gå vidare med provtagning och undersökning. Den andra fasen är den undersökande fasen, där antagandena i fas 1 undersöks och kemiska analyser görs.

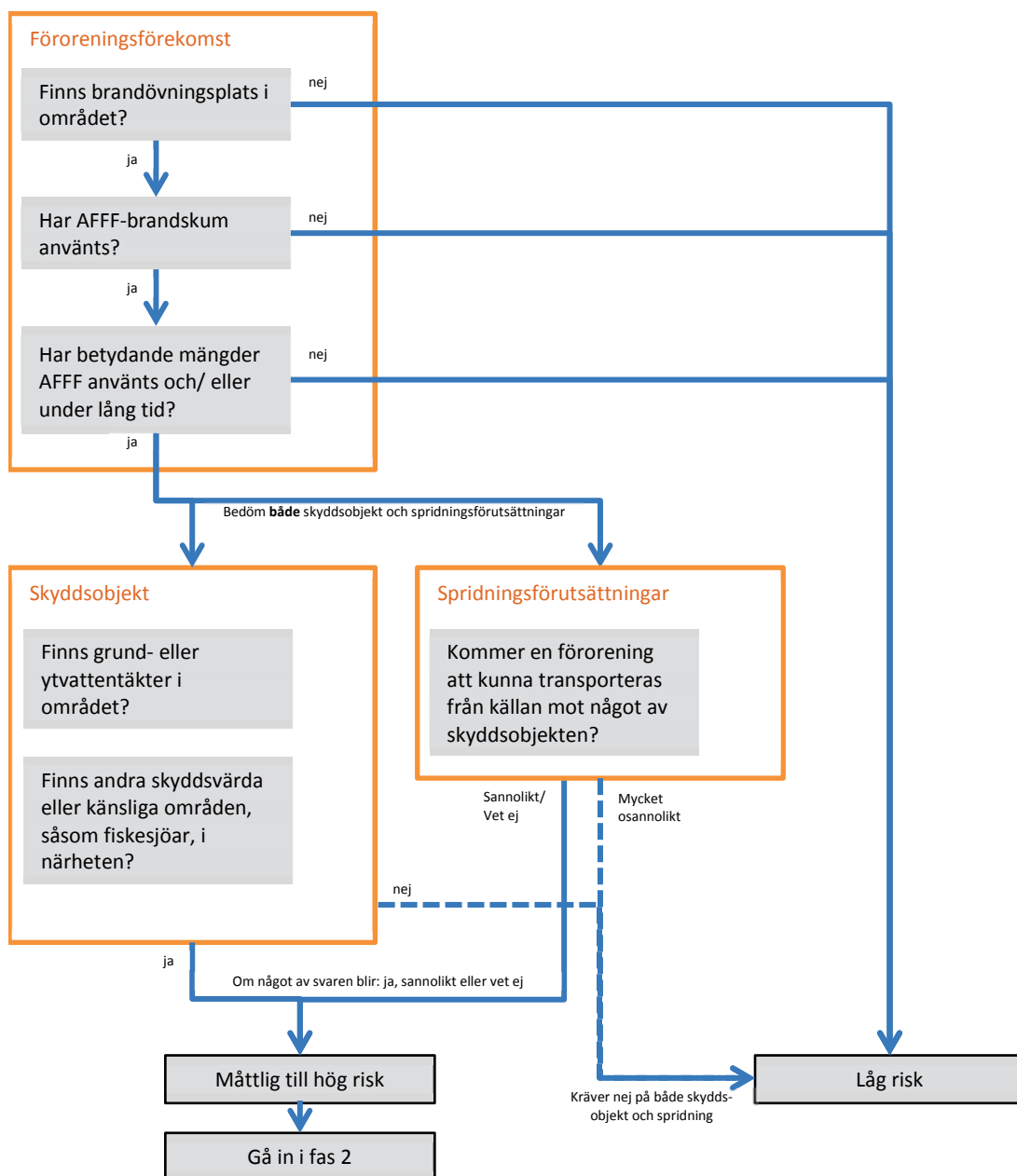
Naturvårdsverkets metod för inventering av förorenade områden (MIFO) (Naturvårdsverket 1999) är en god hjälp för att få en indikation på huruvida undersökningar behöver göras eller inte. I HACCP-principerna (§2b) i Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (SLVFS 2001:30) heter detta steg farnoanalys, medan Naturvårdsverket benämner det inledande riskbedömning enligt MIFO fas 1. På nästa sida finns en schematisk bild av vilka frågor som bör besvaras i fas 1 (Figur 2).

Om det i fas 1 inte kan uteslutas att förekomst av högfluorerade ämnen utgör fara för människa och miljö bör man gå vidare med provtagning i vatten och mark för att bättre kunna uppskatta föroreningens omfattning och möjliggöra en hälsoriskvärdering. Enligt Naturvårdsverkets nomenklatur är detta MIFO fas 2, som innebär provtagning, markundersökning och analys.

3.1 Fas 1 - Inledande faroanalys

Den första fasen är viktig och ger stora möjligheter att spara mycket tid och pengar, eftersom inriktningen på det fortsatta arbetet bestäms här. Det gäller i första hand beslut om undersökningsbehov. I andra hand, om det finns behov av undersökning, kommer utformningen av undersökningen att bestämmas av information som sammanställs i den första fasen.

Bilden nedan (Figur 2) ger en schematisk bild av hur processen går till. Kommande avsnitt beskriver innehållet i rutorna mer i detalj.



Figur 2. Schematisk bild av fas 1, den inledande faroanalysen. (*Aqueous Film Forming Foam; filmbildande skum innehållande PFAS)

3.1.1 Finns brandövningsplats i området och har AFFF-brandsläckningsskum använts?

Miljöförvaltningen i varje kommun ska ha information om var miljöfarlig verksamhet bedrivs eller har bedrivits i sin kommun, och därmed om det finns eller har funnits en brandövningsplats. Både allmänna flygplatser, den kommunala räddningstjänsten och militären har brandövningsplatser. Militära flygplatser som har eller hade egen brandstation har också en brandövningsplats. PFOS-innehållande AFFF uppges ha använts vid flygflottiljerna (Såtenäs, Halmstad, Ronneby, Frösön, Luleå, Vidsele, Söderhamn, Uppsala, Linköping, Karlsborg och Ljungbyhed), på Marinens skolor i Berga och Karlskrona, samt vid övningsverksamhet på krigsbaser. De fyra förstnämnda flygflottiljerna (Såtenäs, Halmstad, Ronneby och Frösön) uppges ha haft störst användning. Brandövningar har ofta genomförts i grusgröpar, vilket ökat risken för läckage till grundvatten. Övningar skedde även ute i terrängen vid simulerade flygolyckor. Användningen av PFOS-innehållande brandskum har dokumenterats för perioden 1985-2003. Om flygplatsen blev nerlagd före 1950-talet är det inte troligt att skum med högfloretrade ämnen har använts. Idag övar Försvarsmakten med ett fluorfritt övningskum som är kvävebaserat. Deras ”skarpa” skum innehåller idag inte PFOS, men däremot PFOA. Brandövningar med AFFF har även skett vid sjukhusens helikopterplattor för att kontrollera att utrustningen fungerar, inte för att släcka bränder. Beroende på var helikopterplattan är belägen kan skum ha hamnat i dagvatten eller sjöar.

Inom den kommunala räddningstjänsten kan det vara svårt att få fram dokumentation om vilka brandsläckningsskum som har använts, eftersom de tidigare inte var miljöklassade. På Swedavias flygplatser är det miljöchefen alternativt miljösamordnaren på respektive flygplats som kan tillhandahålla denna information. För information om militära flygplatser kontaktas Miljöprovningseenheten på ledningsregementet i Enköping. Den nås via försvarsmaktens växel (08-788 75 00).

Det kan antas att det har varit övningar med petroleumbränder (klass B bränder) vid alla gamla och befintliga brandövningsplatser och att AFFF-brandskum då har använts. För bedömning av risken, och därmed också av det fortsatta utredningsbehovet, är det av stor vikt att ta reda på hur stora kvantiteter som har använts. En mer detaljerad kunskapssammanställning om AFFF-brandsläckningsskum finns i bilaga 1.

3.1.2 Spridningsförutsättningar och skyddsobjekt

Hur ett ämne sprider sig i jord och grundvatten styrs bland annat av hur genomsläpplig jorden är, hur ämnet löser sig i vatten och hur väl det binder till partiklar i jorden. Hur jordlagerföljden ser ut på platsen spelar en avgörande roll för vilka konsekvenser som uppstår vid ett utsläpp till mark. Ju tunnare och mer genomsläppligt jordlagret är, desto större är risken för allvarligare konsekvenser av ett utsläpp av farliga ämnen. Brandskum som innehåller högfluoretrade ämnen transporteras med vatten över hårdgjorda ytor eller genom marken. Transporthastigheten bestäms av flödet och av kemiska och fysikaliska faktorer. Vattenflödet i marken är beroende av grundvattenbildningen i området, lutningen på grundvattenytan och jordens ledningsförmåga (hydrauliska konduktivitet). Ju större kunskap man har om de lokala hydrologiska förhållandena, desto större är möjligheterna att förutsäga hur PFAS har rört sig i mark, yt- respektive grundvatten och om lokala vattentäkter kan vara hotade. PFAS är förhållandevis lätt rörligt i mark, även om rörligheten varierar för olika PFAS bland annat beroende på skillnader i de olika ämnens vattenlöslighet. I bilaga 2 finns en mer detaljerad beskrivning av vad som påverkar ämnens rörlighet i mark.

Det finns exempel på att PFAS har förorenat grundvattentäkter, trots att föroreningskällan inte ligger i anslutning till vattentäkten. I Uppsala stad har en viss del av grundvattentäkten i Uppsalaåsen blivit förorenad av PFAS och dricksvattenproducentens undersökningar pekar mot att en militär flygplats någon kilometer från åsen är föroreningskällan (Uppsala Vatten 2013). Flygplatsen ligger alltså inte i direkt anslutning till vattentäkten. I detta fall har vattentäkten förorenats via en grundvattenström som passerar under flygplatsen och som sedan ansluter från sidan till grundvattenströmmen i Uppsalaåsen. PFAS har alltså transporterats flera kilometer i marken innan det har nått Uppsalas grundvattentäkt. Även ytvatten, och då även ytvattentäkter, kan förorenas av PFAS från brandövningsplatser. I Tullinge utanför Stockholm har PFAS dels spridits med dagvatten och vattendrag söderut genom hela Södertörn, dels med grundvattenströmmar norrut mot vattentäkten. Kommunen har gått ut med information om att vildfångad fisk från sjöar nedströms föroreningsområdet har förhöjda halter PFOS. Kommunen har också gjort bedömningen att förorenad fisk inte bör ätas alltför ofta. I bilaga 5 finns fler exempel på brandövningsplatser som källor för PFAS-förorening av yt- och grundvatten. I bilaga 8 sammanfattas de miljö kvalitetsnormer som föreslagits för PFOS.

3.2 Fas 2 - Undersökning

All provtagning och analys i den, efter fas 1, följande undersökning bör utgå ifrån väldefinierade frågeställningar. Det ska finnas ett syfte bakom varje prov och analys. Var, hur och vilka prover man tar (t.ex. jord och vatten) beror på vilka frågor som ska besvaras. För att ta reda på om högfluorerade ämnen *finns* i dricksvattentäkten tas prover i råvattnet. Om frågan om högfluorerade ämnen i framtiden *kommer att finnas* i råvattnet ska besvaras eller frågan om varifrån de kommer, blir tillvägagångssättet ett annat (se 3.2.1). I bilaga 3 och 4 finns detaljer om vilka PFAS som ska analyseras och ett exempel på kravspecifikation på analyslaboratorier.

3.2.1 Provtagning för att undersöka spridning från en brandövningsplats

Som tidigare beskrivits kommer högfluorerade ämnen i marken i sinom tid att spridas till yt- och grundvatten. Med grundvattenprovtagning kan prover tas i samma punkt gång på gång och därigenom kan förändringar mätas över tid. Eftersom fördelningen mellan fast fas och lösning för högfluorerade ämnen kan beräknas, är det enkelt att konvertera halten i jord till halten i vatten, under antagandet att de två faserna står i jämvikt. Av den anledningen är det bra att ta både jord- och grundvattenprover vid samma tillfälle, för att därmed få fler provpunkter, bättre dataunderlag över spridningen och för beräkning av föroreningens transport-hastighet.

När det gäller placeringen av provpunkterna finns det i huvudsak två principiella metoder. Den första metoden är att sannolikhetsbasera provtagningen. Då placerar man ut punkterna jämnt fördelade i den mark som ska provtas (systematisk provtagning), helt slumpmässigt (slumpmässig provtagning) eller slumpmässigt i varje utvald provtagningsruta (systematisk slumpmässig provtagning). Denna metod är bra när det inte finns så mycket information på förhand eller när man vill ge ett statistiskt robust mått på föroreningsmängden. Nackdelarna är att man kan missa mycket information i de fall föroreningen inte är helt jämnt fördelad i marken. Dessutom finns risk att väldigt många prover behöver tas, som inte nödvändigtvis står i proportion till den ökade nyttan.

Den andra provtagningsmetoden är en så kallad bedömningsbaserad provtagning, som bygger på en slags spridningshypotes baserad på den förkunskap som finns om områdets geologi, hydrogeologi, markanvändning med mera. Provtagningen görs för att bekräfta eller förkasta denna spridningshypotes, antingen genom riktad eller genom radiell provtagning, där punk-

terna placeras med start i den förmodade källan och sedan succesivt längre ifrån den. Metoden förutsätter att tillräcklig kunskap finns om området och att man i detalj kan beskriva vilka spridningshypoteser man har. Vid bedömningsbaserad provtagning ska varje provpunkt ha ett uttalat syfte, för att utvärderingen ska bli enkel och transparent.

Antalet prover som ska tas och fördelningen mellan jord, grundvatten och ytvatten är något som måste beslutas i varje enskilt fall och ju större variationer området har med avseende på jordmatrix och förorenings-spridning, desto fler prover måste tas. Det är en avvägning mellan tid, kostnad och säkerhet. När omfattningen av föroreningen är kartlagd bör det vara möjligt att göra en bedömning av hur stora mängder högfluorerade ämnen som kommer att nå vattentäkten och när, liksom under hur lång tid täkten kommer att vara förorenad.

I bilaga 6 finns information om vilka beredningsmetoder som finns för att minska halterna PFAS i dricksvatten.

3.2.2 Lagstiftningsfrågor

Vattenprov behöver tas för att undersöka möjlig exponering av människa, eftersom PFAS är vattenlösliga. Enligt Livsmedelsverkets dricksvattenföreskrifter får det inte finnas höga halter av hälsofarliga ämnen i dricksvattnet (7 §; SLVFS 2001:30). Finns det anledning att misstänka att PFAS kan förekomma i dricksvattnet måste dricksvattnet undersökas med avseende på PFAS (12 §). Föreskrifterna kräver att undersökningar görs på själva dricksvattnet, men undersökningar även vid intagspunkten till vattenverket bör göras som en del av den utredning av orsaken till förekomsten som krävs (15 §). Halter i dricksvattnet kan variera över tiden och ett undersökningsprogram behöver upprättas för att kontrollera detta. Det finns inga bindande gränsvärden för PFAS i dricksvatten. Därför behöver en hälsoriskvärdering göras i varje enskilt fall av fynd i dricksvattnet. I bilaga 7 finns en sammanfattning av kunskaperna om hälsorisker förknippade med PFAS.

4 Ordlista

AFFF – aqueous film forming foam (filmbildande skum)

PFAS – samlingsnamn för poly- och perfluorerade alkylsubstanser

PFHxA – perfluorhexansyra

PFHxS – perfluorohexansulfonat

PFOA - perfluoroktansyra

PFOS – perfluoroktansulfonat

FTOH – fluortelomeralkohol

Perfluorerad – alla kolatomer i kolkedjan är fluorerade

Polyfluorerad – vissa kolatomer i kolkedjan är även bundna till väte (H)

6:2 FTS – fluortelomersulfonat med delvis fluorerad kolkedja

HACCP - Hazard Analysis and Critical Control Point

Bilaga 1: Brandskum

PFAS i brandskum

Vid större bränder i brännbara vätskor är skum en förutsättning för att kunna släcka en brand. Eftersom skumtillsatser förhöjer effekten på vatten vid brand i fibrösa ämnen har skum fått en omfattande användning i synnerhet hos räddningstjänsten, men förekommer också i sprinklersystem och andra fasta installationer samt i handbrandsläckare. Skum tillverkas som koncentrat och blandas ut i vatten med normalt 1-6 procentig inblandning. Beroende på ingående beståndsdelar får skummet olika egenskaper och användningsområden. Vanliga skumtyper är detergentiskumvätskor, filmbildande (AFFF) och alkoholbeständigt skum (ARC). Dessa skumtyper används för klass B bränder som är vätskebränder i till exempel olja, diesel, plaster och alkoholer. Dessutom finns det skum för klass A bränder som är bränder i fibrösa material som trä och tyg.

Det är enbart de filmbildande skumtyperna som innehåller fluortensider och de verkar genom att bilda en tunn vattenfilm mellan skummet och vätskan (bränslet). Denna film gör skummet mer lättflytande så att det snabbare sprider sig över en vätskeyta och förbättrar skummets förmåga att hindra avdunstning och värmestrålning (www.dafo.se). Dessa brandskum har främst använts vid brandövningar på flygplatser av räddningstjänsten och av militären.

De vanligaste högfluorerade kemikalierna som tidigare användes i AFFF var PFOS och PFOA. Enligt Räddningsverkets rapport från år 1995 var huvudleverantörerna/tillverkarna av skumvätskor Henrikssons Beredskap, 3M Kemibolaget, Wormald Fire Systems och Svenska Deutz (Holm och Solyom, 1995). Av dessa var det endast Kemibolaget som tillverkade skumvätskor i Sverige och 3M i USA var största producenten på marknaden. Namn på brandsläckningsskum som innehåller fluortensider och som har funnits på marknaden är: Light Water FC, Unilight AFFF, Komet Extrakt, Moussol APS, Angus Alco seal, FP70, Agnus Petroseal och Sthamex AFFF (Holm och Solyom, 1995). Försvaret använde under åren 1985-2003 Light Water FC 203A, som var PFOS-baserat.

3M tog initiativet till att fasa ut PFOS från alla sina produkter vilket medförde att produktionen upphörde helt år 2002. I brandsläckningsskum har PFOS istället ersatts av fluortelomerer som i dagligt tal kallas C6, det vill säga sex av kolatomerna i kolkedjan är fluorerade och domineras av den polyfluorerade kemikalien 6:2 FTS. Tillverkare hävdar att 6:2 FTS är mindre toxiskt och mindre bioackumulerande jämfört med PFOS och PFOA, men detta ämne detekteras frekvent i både fisk och vatten (Norström och Viktor 2012). Dessutom bryts 6:2 FTS ner till extremt persistenta perfluorerade slutprodukter (Wang et al. 2011). En annan grupp av fluortensider är fluortelomeralkoholerna (FTOHs) som också är vanligt förekommande i dagens brandsläckningsskum (Herzke et al. 2012). Även dessa kan brytas ner till persistenta och toxiska slutprodukter (Seow 2013). Idag finns även fluorfria brandskum på marknaden som är godkända för klass B bränder, som är den klass av bränder som dessa skum används för.

Brandskum innehållande PFOS som köpts in före 27 december 2006 var tillåtet att använda fram till 27 juni 2011. Efter detta datum får PFOS-innehållande skum inom EU varken lagras eller användas (Directive 2006/122/EC).

Flera länder har infört regler vid användandet av PFAS-innehållande brandskum för att minska spridningen av dessa ämnen till miljön. Till exempel genom att använda så lite PFAS-innehållande skum som möjligt, bara i undantagsfall och inte vid övningar, att samla upp och behandla spillvattnet, samt att öka medvetandet om miljöpåverkan av de ämnen som ersätter

PFOS i brandskum (Seow 2013). Flera länder försöker fasa ut brandskum innehållande PFAS och till exempel Tyskland och Norge vill införa ett generellt förbud mot PFOA i produkter.

PFOS-innehållande brandskum började användas storskaligt på 80-talet

På Stockholm Arlanda Airport började PFOS-innehållande AFFF att användas vid brandövningar under 80-talet (muntligen, Lars Johansson, brandchef Arlanda). Det ansågs då vara en miljövinst när dessa skum kom på marknaden på grund av att mindre mängder med vatten gick åt vid släckningsarbetet. År 1993 hade alla räddningsfordon och flygplatser under dåvarande Luftfartsverket (LFV) övergått till AFFF. Under 1980-talet fram till år 1996 genomfördes övningarna genom att en betongdamm fylldes med flygfotogen som tändes på för att sedan släckas. Under denna tidsperiod skedde dessa övningar ca en gång per månad och vid varje tillfälle användes ca 300 liter AFFF. År 1996 byggdes brandövningsplatsen om och användningen av AFFF minskade till följd av att branddammen ersattes av simulatorer. Under år 2002 började PFOS-fria brandsläckningsskum att köpas in som innehöll andra fluortensider men det kvarvarande lagret av AFFF användes till dess att det tog slut. Idag används ett brandsläckningsskum vid Stockholm Arlanda Airport som enligt tillverkaren ska vara fritt från fluorinnehållande ämnen och samtliga Swedavias brandbilar har sanerats från gamla skummedel.

Beräkningar vid Stockholm Arlanda flygplats visar att det i genomsnitt rinner ut 2 kg PFOS per år från flygplatsområdet och vidare ut i Märstaån som mynnar i Steningeviken i Mälaren (Norström et al. 2013). Halterna i vattnet har inte minskat de senaste fem åren och samma situation gäller vid flera brandövningsplatser i Sverige. Detta visar att PFOS fortfarande ligger lagrad i marken vid brandövningsplatserna. I Norge uppskattas att 10-40% av all PFOS som använts ligger kvar i jorden (SFT 2008). Beräkningar från Stockholm Arlanda Airport baserad på miljörapporter och intervjuer med brandpersonal tyder på att minst 40 kg PFOS har tillförts marken vid brandövningar sedan 80-talet och att flera kilo PFOS fortfarande finns kvar på området i marken och grundvattnet (Norström et al. 2013).

Bilaga 2: Spridningsförutsättningar

Hur ett ämne sprider sig i jord och grundvatten styrs bland annat av hur genomsläpplig jorden är, hur ämnet löser sig i vatten och hur väl ämnet binder till partiklar i jorden. Hur jordlagerföljden ser ut på platsen spelar en avgörande roll för vilka konsekvenser som uppstår vid ett utsläpp till mark. Ju genomsläppligare och tunnare jordlager desto större är risken för allvarigare konsekvenser av ett utsläpp av farliga ämnen. Brandskum som innehåller högfluorerade ämnen transporteras med vatten över hårdgjorda ytor eller genom marken och transporthastigheten bestäms av flödet samt kemiska och fysiska faktorer. Vattenflödet i marken är beroende av grundvattenbildningen i området, lutningen på grundvattenytan och jordens ledningsförmåga (hydrauliska konduktivitet). Vattenhalten i jorden varierar med djupet. I det översta jordlagret, markvattenzonen, är jorden omättad. Den nedåtriktade hastigheten hos en molekyl i markvattenzonen kommer att påverkas av grundvattenbildning, ledningsförmåga och av hur homogen jorden är. I en jord med olika porstorlekar kommer vattnet att flöda genom olika stora kanaler beroende på vattenhalt. Den största hastigheten och volymerna uppnås i de stora kanalerna. När vattenhalten minskar, kommer flödet till största delen att ske i de små kanalerna. Det får till följd att de större kanalerna får relativt lägre koncentrationer av föroreningar. Variationer i vattenhalt medför olika snabb föroreningstransport och det är därför svårt att uppskatta transporten i markvattenzonen bara baserat på vattenhastighet och avstånd/markdjup.

Grundvattenytan är definitionsmässigt där jorden är helt mättad med vatten. Grundvattnet bildar en eller i vissa fall flera akvifärer (magasin) ovanför berggrunden. I den mättade zonen, där vattenhalten är konstant, kommer vattnet beroende på topografin i området att böjas av i någon riktning. I grundvattenzonen bestäms vattenhastigheten av grundvattenbildning och konduktivitet, men också av grundvattenytans lutning, som inte nödvändigtvis är det samma som markens lutning även om de ofta korrelerar väl med varandra.

Kemiska sorptionsprocesser medför att molekyler fastnar vid partiklar i marken. För högfluorerade ämnen står sorptionen oftast i direkt proportion till halten av organiskt kol (Higgins et al. 2006). För högfluorerade ämnen med långa kolkedjor ökar hydrofobiciteten och därmed bindningen till partiklar. Med ett lägre pH i marken minskar sorptionen, till följd av att partiklarna blir mer negativt laddade. För att bestämma jämvikten mellan koncentrationen av ett ämne i lösning och på partiklarna använder man sig i spridningsmodeller ofta av K_d (partitionskoefficienten för ett ämnes fördelning mellan fast fas och lösning). Det är en linjär modell men sorptionskurvan har ofta egentligen en sigmoidal form, vilket gör att K_d -modellen generellt beskriver verkligheten sämst vid höga respektive låga koncentrationer.

Hastigheten för föroreningar bundna till partiklar är lägre än för lösta ämnen eftersom partiklar helt enkelt kan fastna i marken. Tidigare har man inom forskningen ansett att partiklar i grundvatten är en provtagningsartefakt, men beroende på partikel och kemisk förening kan det spela roll i transporten av föroreningar i jorden (Kretzschmar et al. 1999).

Bilaga 3: Vilka per- och polyfluorerade ämnen ska analyseras

Det finns idag ett flertal kommersiella analysföretag, forskningsinstitut och universitet som har de metoder och analysinstrument som krävs för att kunna utföra kemiska analyser av per- och polyfluorerade ämnen. Det som skiljer dem åt är priser, svarstider, detektionsgränser och vilka substanser som ingår i deras analyspaket.

Ämnena i tabell 1 har ingått, eller ingår i dagens brandsläckningsskum. Vissa av ämnena kan även bildas vid nedbrytning. **PFOS**, **PFHxS**, **PFOA** och **PFHxA** är de ämnen som förekommer i högst halt i yt- och grundvatten som är påverkade från den period då brandövningar genomfördes med PFOS-innehållande AFFF. Dessa ämnen bör ingå i en analys av mark och vattenprover. Om fler substanser än bara PFOS analyseras kan en potentiell föroreningskälla lättare spåras genom att studera förhållandet mellan olika perfluorerade ämnen. Till exempel är PFHxS mer lätttröglig i vatten jämfört med PFOS och den relativa förekomsten av detta ämne kan öka med avståndet från källan.

Eftersom **6:2 FTS** ersätter PFOS i nya generationens brandsläckningsskum och fanns även i stora mängder i gamla generationens AFFF så rekommenderas analys av detta ämne för att studera en eventuell påverkan. 6:2 FTS hittas vanligtvis närmast källan då det inte är lika persistent som PFOS utan kan brytas ned till PFPeA och PFHxA. I nya generationens brandsläckningsskum ingår också fluortelomeralkoholerna 6:2 FTOH, 8:2 FTOH och 10:2 FTOH, som kan brytas ner till persistenta perfluorerade karboxylsyror (Wang et al. 2011, Seow 2012). Fluortelomeralkoholerna kan inte analyseras samtidigt som övriga PFAS ämnen då de kräver en annan analysmetod (Szostek et al. 2006).

Tabell 1. Ämnen som ingått i gamla (Herzke et al. 2012, Woldegiorgis och Viktor 2008) och nya generationen AFFF (Herzke et al. 2012) samt de som även kan förekomma i miljön på grund av nedbrytning (Wang et al. 2011, Seow 2013).

Namn	Kemisk formel	Gamla generationen AFFF	Nya generationen AFFF	Potentiella nedbrytningsprodukter
6:2 FTS	$C_8F_{15}H_4SO_3^-$	X	X	
PFOSA	$C_8F_{17}SO_3NH^-$	X		
PFBS	$C_4F_9SO_3^-$	X		
PFHxS	$C_6F_{13}H_4SO_3^-$	X		
PFHpS	$C_7F_{15}SO_3^-$	X		
PFOS	$C_8F_{17}SO_3^-$	X		
PFDcS	$C_{10}F_{21}SO_3^-$	X		
PFBA	$C_4F_9COO^-$	X	X	
PFPeA	$C_5F_{11}COO^-$	X	X	X
PFHxA	$C_6F_{13}COO^-$	X		x
PFHpA	$C_7F_{15}COO^-$	X		x
PFOA	$C_8F_{17}COO^-$	X	X	x
PFNA	$C_9F_{19}COO^-$	X		x
PFDcA	$C_{10}F_{21}COO^-$	X	x	
6:2 FTOH	$C_8F_{13}H_4O^-$		X	
8:2 FTOH	$C_{10}F_{17}H_4O^-$		X	
10:2 FTOH	$C_{10}F_{21}H_4O^-$		X	

Bilaga 4: Kravspecifikation på laboratorium som ska analysera PFAS

Att tänka på då man begär in en offert.

Vilka ämnen kan företaget analysera?

Ofta finns det ett paket med de ämnen som företaget analyserar. Priset kan variera beroende på hur många ämnen som ingår och vilken sorts prov (matris) som ska analyseras.

LOD och LOQ

Limit of detection (LOD) och limit of quantification (LOQ) är två parametrar som visar hur låga halter i provet som med säkerhet går att detektera respektive kvantifiera. Dessa parametrar styrs av analysmetod, provvolym, bakgrundskontaminering från laboratoriet och ibland antalet ämnen som ska detekteras i provet. Priset kan komma att variera beroende på storleken på de gränser man vill uppnå.

Provolym

Beroende på vilken typ av vatten som ska analyseras är det viktigt att specificera vilken volym som behövs. Gäller det andra matriser som till exempel fisk ska vävnad och mängd specificeras.

Metoder

För att kunna jämföra sina data med andras mätningar är det bra att få specificerat vilken extraktionsmetod och vilket instrument för detektion som används. Det är också bra att veta om företaget analyserar både den partikulära och lösta fraktionen när det gäller vattenprover. PFAS-ämnen mäts oftast med HPLC-MS/MS (high performance liquid chromatography coupled to a mass spectrometer).

Kvalitetssäkring

Hur görs kvalitetssäkringen? Vilka garantier finns för att det är just det efterfrågade ämnet som har detekterats? Företaget kan kortfattat beskriva rutiner kring detta.

Provtagningskärl

Företag som utför analyser kan skicka ut sina egna provtagningskärl som är lämpliga för att minska bakgrundskontaminering vid provtagning.

Mätosäkerhet

Mätosäkerhet är ett värde som beskriver spridningen i analyserna. För att kunna bedöma en skillnad mellan resultaten av två prov är det viktigt att veta om skillnaden beror på naturliga förhållanden i miljön eller om det beror på själva upparbetningen och analysen av provet på laboratoriet.

Bilaga 5: Exempel på identifierade föroreningskällor i Sverige

Det finns en rad studier från flera länder runt om i världen som visar att perfluorerade ämnen hittats i dricksvatten (Rumbsby et al. 2011) och där brandsläckningsskum är orsaken i några fall. I Sverige har förhöjda halter av perfluorerade ämnen hittats i dricksvattnet och i grundvattnet i flera kommuner där källan har visats sig vara historisk användning av PFAS-innehållande brandsläckningsskum från närliggande brandövningsplatser.

Tullinge

Sensommaren 2011 upptäcktes höga halter av PFOS och ett par andra perfluorerade ämnen i det kommunala dricksvattnet i Tullinge, Botkyrka kommun (Filipovic 2014). Under marken i Tullinge finns en plym av PFOS till den grundvattenakvifär som är kommunal vattentäkt (Defoort et al. 2012). Ämnena kommer från brandsläckningsskum som användes vid den gamla militärflygplatsen F18 som lades ner för 26 år sedan. Halter av PFOA och PFOS i dricksvattnet var 30-100 gånger högre än i andra delar av Stockholm och ännu högre i grundvattnet. Ämnena har dels spridits med dagvatten och vattendrag söderut genom hela Södertörn och dels med grundvattenströmmar norrut mot vattentäkten. Kommunen har gått ut med information att viltfångad fisk från sjöar nedströms föroreningsområdet inte bör ätas alltför ofta.

Tullinge vattenverk har tillsvidare stängts av och boende i kommunen får idag sitt dricksvatten från Stockholm Vattens anläggning i Norsborg som ligger i nordvästra delen av Botkyrka. Ledningsnäten har sedan länge varit hopbyggda. Den PFAS som härrör från det gamla flygområdet har visats sig komma från ett berggrum. Per dygn renas i dag 150-200 m³ vatten från detta berggrum via ett kolfiltersystem innan det rinner vidare ut i Södertörns recipienter, till Bysjön och vidare till Getaren (Defoort et al. 2012).

Uppsala

Övervakningen av tidstrender av PFAS i blod hos kvinnor från Uppsala visade på ökande PFHxS-halter medan motsvarande mätningar hos kvinnor i Stockholm var nedåtgående. För att ta reda på orsaken till detta gjordes ett flertal undersökningar på mat eftersom föda generellt är den största exponeringskällan för människor för dessa ämnen (Vestergren 2011), dock utan att ge någon förklaring. Efter att höga halter hade påvisats i dricksvattnet i Botkyrka kommun testades även dricksvattnet i Uppsala, och det visade sig innehålla förhöjda halter av PFOS och PFHxS. Hydrologiska undersökningar kunde spåra en källa till förorening till Ärna militärflygplats (f.d. F16) där brandövningar med PFOS-innehållande AFFF tidigare genomförts (Uppsala Vatten 2013). Perfluorerade ämnen har spridit sig ner till grundvattnet och söderut genom åsen. De mest kontaminerade vattenbrunnarna har därefter tagits ur drift.

Rosersberg

I Sigtuna kommun låg före detta Räddningsverkets skola där området användes för brandövningar av militären och räddningstjänsten. Brandsläckningsskum innehållande perfluorerade ämnen har använts vilket har lett till kontaminering av grundvattnet i området och förhöjda halter i vatten och fisk i Rosersbergsviken, Mälaren (Lundgren 2009, Woldegiorgis et al. 2010).

Stockholm Arlanda Airport och Göteborg Landvetter Airport

Undersökningar av vatten och fisk visar på förhöjda halter utanför de båda flygplatserna med ett tydligt samband mellan halter i vattnet och avståndet till brandövningsplatserna (Norström och Viktor 2012). Fiskeförbud har införts i Halmsjön, belägen strax utanför Arlanda.

På Göteborg Landvetter flygplats har brandövningsplatsen vallats in så att ytavrinningen sker till en närbelägen damm. Vattnet från denna damm pumpas sedan genom två seriekopplade filter med aktivt kol. Därefter leds vattnet ut i flygplatsens dagvattensystem. Reningsgraden av PFAS i ett sådant system är vanligtvis > 90 procent. Detta kolfiltersystem har varit i bruk sedan 2011. Dock har halterna av PFAS inte minskat i det vatten som lämnar flygplatsområdet och inte heller i recipienten (Norström et al. 2013).

Malmö Airport

Ett omfattande mätprogram vid Malmö Airport har visat att PFAS ämnen har spridit sig från flygplatsens brandövningsområde till närbelägna sjöar. I Fjällfotasjön belägen närmast flygplatsen uppmättes år 2011 kraftigt förhöjda halter av PFOS och rekommendationer att införa fiskeförbud har getts (Bergstedt och Woldegiorgis 2011). På flygplatsområdet finns idag kolfiltersystem för rening av vattnet.

Bilaga 6: Exempel på metoder för att minska halterna av PFAS i vatten

RE-PATH (Risks and Effects of the dispersion of PFAS on Aquatic, Terrestrial and Human populations in the vicinity of international airports) är ett femårigt forskningsprojekt som syftar till att utreda och kartlägga förekomst, spridning och risker för människa och miljö samt undersöka möjliga åtgärder med avseende på perfluorerade ämnen kring svenska storflygplatser (Stockholm Arlanda Airport och Göteborg Landvetter Airport). RE-PATH är samfinansierat mellan Stiftelsen IVL och Swedavia AB. Genom modelleringar försöker man få svar på frågan hur lång tid det tar innan mark, yt- och grundvatten når bakgrundsnivåer för PFOS om inga åtgärder vidtas. Modellen förutsätter att flera parametrar identifieras, till exempel vattenflöden, fördelningskonstanter, koncentrationer i vatten och mark samt uppskattning av den sammanlagda mängd PFOS-innehållande brandsläckningsskum som har använts genom åren (Norström et al. 2013). Modellen simulerar att med dagens minskningstakt kommer det ta ca 60 år för Halmsjön att nå bakgrundsnivåer. Det återstår dock en del arbete för att justera modellen vilket kommer att genomföras under 2013.

Det finns idag inga optimala metoder för att rena mark och vatten från perfluorerade ämnen. Ett flertal studier för rening av avloppsvatten och dricksvatten finns men desto färre för rening av mark och grundvatten. Forskning pågår och många metoder är än så länge bara testade på laboratorienivå. Exempel på lösningar för att rena vatten är membranfiltrering med omvänd osmos, aktivt kol samt att filtrera bort dessa molekyler med nanofilter (Ek et al. 2009, Rumbsby et al. 2011).

Aktivt kol har hög reningsgrad för PFOS men sämre för perfluorerade ämnen med kortare kolkedjor. Organiskt material i vattnet försämrar reningseffekten och kolet mättas snabbt. Det är också en dyr metod eftersom kolet inte kan regenereras på plats utan måste skickas iväg för regenerering eller termisk destruktion.

Jonbytarfilter fungerar bäst för ämnen med långa kolkedjor. Avskiljningen förbättras av organiskt material men nackdelen är att den kan försämras av konkurrerande joner. Drifftiden innan regenerering är relativt lång och regenerering kan ske på plats.

Adsorptionsfilter med polymerer ger bra avskiljning men blir snabbt mättat och filtret är svårt att regenerera.

Membranfiltrering med filter i nanometerstorlek används och fungerar kontinuerligt. Nackdelarna är att den interna vattenförbrukningen ökar med 10-20 procent samt att även önskvärda ämnen, som man vill ha kvar i vattnet, avskiljs.

Bilaga 7. Kan PFAS från dricksvatten vara en hälsorisk?

Den mat vi äter anses vara den mest betydelsefulla källan för befolkningens exponering av för PFAS. Dricksvatten kan dock vara den helt dominerande källan för vissa PFAS om vattnet är förorenat (Vestergren 2011; Glynn et al. 2013). Även inandning av damm kan ibland ha en viss betydelse. För spädbarn är bröstmjolk normalt den största exponeringsvägen (Kärman et al. 2007). Om förorenat dricksvatten används vid blandning av modersmjölksersättning kan spädbarnet få i sig mycket mer av vissa PFAS än från bröstmjolk (Glynn et al. 2013).

Livsmedelsverket (Glynn et al. 2013) har gjort undersökningar som visar att exponeringen för de högfluorerade kemikalierna PFOS och PFOA (se bilaga 3) allmänt minskar i befolkningen i Sverige. I Uppsalaregionen har dock exponeringen för en annan av dessa kemikalier, PFHxS, kraftigt ökat, orsakat av förorenat dricksvatten (Glynn et al. 2013). I en annan undersökning av hur mycket PFAS som befolkningen har i blod hade en del av deltagarna mycket högre halter av PFHxS i blod än befolkningen i allmänhet (Bjeremo et al. 2013). Dessa deltagare bodde i Uppsala och Botkyrka, där man haft problem med PFAS-förorenat dricksvatten (se bilaga 5).

Frågan är om den PFAS-exponering som den svenska befolkningen får från dricksvatten är en hälsorisk. Livsmedelsverkets riskvärdering visar att den sammanlagda mängd PFOS och PFOA, som befolkningen får i sig från mat och förorenat dricksvatten, ligger under den nivå som för närvarande anses vara säker för hälsan (Glynn et al. 2013). Denna säkra nivå fastställdes 2008 av den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, EFSA (EFSA 2008). Det finns dock en stor osäkerhet i bedömningen av hälsoriskerna för PFOS och PFOA. Undersökningar efter 2008 har visat att kemikalierna är giftigare än man trodde när EFSA fastställde den säkra nivån (Glynn et al. 2013). En omvärdering av den säkra nivån behövs därför innan man mer säkert kan bedöma om förekomsten av PFOS- och PFOA-förening i dricksvatten utgör en hälsorisk.

För PFHxS finns ingen säker nivå fastställd eftersom kunskaperna om kemikalins giftighet har varit för dålig. I slutändan utsätts befolkningen för en blandning av mer än 10 olika PFAS från mat och dricksvatten. Om detta utgör en hälsorisk eller inte är fortfarande osäkert eftersom kunskaperna om möjliga hälsoeffekter av hela blandningen är mycket dåliga.

En riskvärdering har utförts på uppdrag av Naturvårdsverket (Borg och Håkansson 2012), omfattande hälsorisker förknippade med utvalda PFAS och den visade inte på någon risk för lever- eller reproduktionstoxicitet i allmänbefolkningen men i en subpopulation som ätit kontaminerad fisk kunde däremot en risk för levertoxicitet identifieras. Denna riskbedömning omfattade inte grupper med hög exponering från dricksvatten. I en annan riskvärdering av PFOS och PFHxS i dricksvatten, gjord av Livsmedelsverket i samband med att föroreningen i Uppsala upptäcktes, drogs slutsatsen att de uppmätta halterna i Uppsalas dricksvatten i nuläget sannolikt inte innebär någon signifikant hälsorisk (Glynn 2012). Det påpekades dock att de snabbt ökande blodhalterna av PFHxS bland Uppsalas befolkning pekar mot att halterna av PFHxS i dricksvattnet kan vara på väg uppåt. Om så är fallet kan halterna i dricksvattnet i framtiden nå nivåer som innebär ökade hälsorisker för konsumenterna (Glynn 2012).

Det finns många olika undersökningar på stora befolkningsgrupper där man försökt ta reda på om PFAS i mat och dricksvatten kan vara en hälsorisk. Den största undersökningen har gjorts på ungefär 60 000 barn och vuxna boende i USA som fått höga mängder PFOA i kroppen när

de druckit starkt förorenat dricksvatten under mycket lång tid (C8 Science Panel 2013). Blodhalterna av PFOA var i många fall hundrafallt högre än de nivåer som uppmätts i Sverige. En vetenskaplig expertgrupp tillsattes efter ett domstolsbeslut, och denna grupp har gjort omfattande undersökningar av sambanden mellan PFOA och den undersökta befolkningens hälsa. Expertgruppen har dragit slutsatsen att det finns en trolig länk mellan den undersökta befolkningens PFOA-exponering och hög kolesterolnivå i blodet, högt blodtryck under graviditeten, ulcerös kolit, sköldkörtelsjukdom, samt cancer i testiklarna och njurarna (C8 Science Panel 2013).

Bilaga 8: Miljökvalitetsnormer

Om det finns risk att brandskum förorenat närbelägna sjöar ska vattenprov tas. Studier visar att om det finns PFOS i vattnet finns det också i fisken (Norström och Viktor 2012) och därmed också risk för exponering av organismer som äter fisk. Alla PFAS-ämnen anrikas dock inte i fisk. Den 31 januari 2012 kom ett förslag från Europeiska kommissionen om miljökvalitetsnormer (EQS, environmental quality standards) för PFOS i vatten och fisk, för en god ekologisk och kemisk status i sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten ([COM\(2011\)876](#)). Värdena är satta utifrån den känsligaste parametern för PFOS, vilken är sekundär förgiftning. Föreslaget EQS för sötvatten är 0,65 ng/l och 0,13 ng/l för marint vatten baserat på giftighet för vattenorganismer. För den vuxna befolkningen har ett EQS för PFOS i fisk (9,1 ng/g färskvikt) beräknats utifrån förutsättningen att förorenad fisk ska kunna konsumeras i obegränsad omfattning, utan att man överskrider det tolerabla dagliga intaget för PFOS från mat som den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (EFSA) fastställde 2008. Definitivt beslut om dessa EQS kommer att fattas under hösten 2013.

Bilaga 9: Referenser

Bergstedt, E. och Woldegiorgis, A. Perfluorerade ämnen (PFAS) i fisk och ytvatten i sjöar nedströms Malmö Airport – Lägesrapport november 2011. WSP PM. Uppdragsnummer: 10136589

Bjermo, H., Darnerud P. O., Pearson, M., Barbieri, H. E. Lindroos, A. K., Nälsén, C., Lindh, C. H., Jönsson, B. A., och Glynn, A. (2013). Serum concentrations of perfluorinated alkyl acids and their associations with diet and personal characteristics among Swedish adults. *Mol Nutr Food Res*, under tryckning, doi: 10.1002/mnfr.201200845

Borg D. and Håkansson H. (2012) Environmental and Health Risk Assessment of Perfluoroalkylated and Polyfluoroalkylated Substances (PFASs) in Sweden. Rapport 6513 Naturvårdsverket. ISBN 978-91-620-6513-3.

C8 Science Panel (2013). <http://www.c8sciencepanel.org/>

COM. (2011). http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pdf/com_2011_876.pdf

Directive 2006/122/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0032:0034:en:PDF>)

Defoort, C., Lindberg, M, Woldegiorgis, A. (2012). Rapport: PFOS Tullinge grundvattentäkt – Nulägesanalys Slutrapport. WSP Uppdragsnummer: 10158302

Ek, M., Bergström, R., Norström, K. Separation av PFOS från dagvatten. Rapport U2487, 2009. IVL Svenska Miljöinstitutet.

European Food Safety Authority (EFSA) (2008) Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain (Question No EFSA Q-20040163). Adopted on 21 February 2008, *The EFSA Journal*, 653, 1-131.

Filipovic, M. (2014). PFOA och PFOS nya miljögifter i dricksvatten, artikel i LMNT-nytt 2014. <http://www.itm.su.se/documents/publications/lmnt2014.pdf>

Glynn, A. (2012). Perfluorerade alkylsyror (PFAA) i Uppsalas dricksvatten. Riskvärdering från Risk- och nyttovärderingsavdelningen, Livsmedelsverket, http://www.slv.se/upload/dokument/fragor_svar/PFASUppsalavattenklar_120830.pdf

Glynn A., Cantillana T., och Bjermo H. (2013) Riskvärdering av perfluorerade alkylsyror i livsmedel och dricksvatten. Livsmedelsverket Rapport 11. http://www.slv.se/upload/dokument/rapporter/2013_livsmedelsverket_11_riskvardering_perfluorerade_alkylsyror.pdf

Herzke, D., Olsson, E., Posner, P. (2012) Perfluoralkyl and polyfluoralkyl substances (PFASs) in consumer products in Norway A pilot study. *Chemosphere*, 88, 980-987.

Higgins, C., P., Luthy, R., G. (2006). Sorption of perfluorinated surfactants on sediments. *Environmental Science and technology*, 40, 7251-7256.

Holm, G. och Solyom, P. Skumvätskors effekter på miljön. Räddningsverket, 1995, FOU rapport P21-101/95.

Kretzschmar R., Borcovec M., Grolimund D. and Elimelech M., 1999: Mobile subsurface colloids and their role in contaminant transport. *Advances in Agronomy*. 66, 121-193.

Kärrman, A., Ericsson, I., van Bavel, B., Darnerud, P O., Aune, M., Glynn A., Lignell S. and Lindström G. (2007). Exposure of perfluorinated chemicals through lactation: Levels of matched human milk and serum and a temporal trend, 1996

Lundgren, N. (2009) Delrapport C Perfluorerade ämnen I miljön – en bedömning av risker för människa och miljö vid f.d. Räddningsverkets skola i Rosersberg. Tyréns, Uppdragsnummer: 218854B

Naturvårdsverket 1999. Metodik för inventering av förorenade områden. Rapport 4947.

Norström, K. och Viktor, T. Årsrapport 2011 för projektet RE-PATH. Mätningar av PFAS i närområdet till Stockholm Arlanda Airport och Göteborg Landvetter Airport. IVL Svenska Miljöinstitutet, IVL rapport B2060, 2012.

Norström, K., Viktor T., Cousins, A., Benli. C. (2013). Årsrapport 2013 inom projektet RE-PATH. Mätningar av PFAS i närområdet till Stockholm Arlanda Airport och Göteborg Landvetter Airport. IVL rapport B, *in preparation*.

Rumbsby, C. P., McLaughlin, C. L., Hall, T. (2009) *Philosophical Transaction of the Royal Society A*, 367. 4119-4136.

Seow, J. Fire fighting Foams with Perfluorochemicals – Environmental Review. Manager Pollution Unit. Department of Environment and Conservation Western Australia. 7 June 2013.

http://www.hemmingfire.com/news/fullstory.php/aid/1748/The_final_definitive_version_of_91Fire_Fighting_Foams_with_Perfluorochemicals_96_Environmental_Review_92_by_Dr_Jim-my_Seow_Manager_Pollution_Response_Unit_Department_of_Environment_and_Conservation_Western_Australia.html

SFT (2008). Screening of polyfluorinated organic compounds at four fire training facilities in Norway No. 2444/2008.

SLVFS 2001:30. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten.

Szostek, B., Prickett, K. B., Buck, R., B. (2006). Determination of fluorotelomer alcohols by liquid chromatography/tandem mass spectrometry in water. *Rapid communication in mass spectrometry*, 20, 2837-2844.

Uppsala Vatten. (2013).

<http://www.chemsoc.se/admin/UploadFile.aspx?path=/UserUploadFiles/ArkivMiljokemi/AhlgrenSven.pdf>

Wang, N., Liu, X., Buck, R., Korzeniowski, S., Wolstenholme, B., Folsom, P and Sulecki, L. (2011) 6:2 Fluorotelomer sulfonate aerobic biotransformation in activated sludge of wastewater treatment plants. *Chemosphere*, 82, 853-858.

Vestergren, R. Thesis Human exposure to perfluoralky acids. 2011. Doctoral thesis in Applied Environmental Science at Stockholm University.

Woldegiorgis, A., Norström, K. and Viktor A. (2010) Årsrapport 2009 inom projektet RE-PATH. Mätningar av PFAS i närområdet till Stockholm-Arlanda Airport och Göteborg-Landvetter Airport. IVL rapport B 1899.

Woldegiorgis, A och Viktor, T. Studie av halter av perflourerade alkylsulfonater (PFAS) i fisk och vatten från Västra Ingsjön. IVL rapport 2008 U2308.

www.kemikalieinspektionen.se

**Kemikalieinspektionen, Box 2, 172 13 Sundbyberg. Besöksadress: Esplanaden 3A
Tel: 08-519 41 100, Fax: 08-735 76 98, E-post: kemi@kemi.se**