

Sammanställning av befintlig kunskap om föroreningskällor till PFAS-ämnen i svensk miljö

Katarina Hansson, Anna Palm Cousins, Karin Norström, Lisette Graae, Åsa Stenmarck

Författare: Katarina Hansson, Anna Palm Cousins, Karin Norström, Lisette Graae, Åsa Stenmarck, IVL

Medel från: Naturvårdsverket

Rapportnummer: C 182

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

Arbetet har genomförts på uppdrag av Naturvårdsverket och utgör ett underlag till Naturvårdsverket regeringsuppdrag om screening av högfluorerade ämnen och bekämpningsmedel (NV-00305-15). IVL Svenska Miljöinstitutet ansvarar själva för innehållet i denna rapport.

Befintlig kunskap om högfluorerade ämnen (per- och polyfluorerade ämnen, PFAS) har sammanställts, i syfte att kartlägga var de potentiellt största föroreningskällorna av PFAS till svensk miljö (mark, vatten, luft och biota) återfinns.

Uppdraget har omfattat två delar:

1. Kartläggning och så långt möjligt kvantifiering av flöden av PFAS från användning av varor/produkter till miljön och
2. Geografisk kartläggning av relevanta källor av PFAS till miljön.

Uppdraget har omfattat alla PFAS, oavsett kolkedjelängd, samt en separat redogörelse för utsläpp av PFOS där det var möjligt att göra.

Innehållsförteckning

Förord.....	3
Sammanfattning	6
Summary	8
1 Bakgrund och syfte.....	11
2 Metodik.....	12
2.1 Kartläggning av flöden och utsläpp av PFAS.....	13
2.2 Geografisk kartläggning av relevanta källor av PFAS till miljön	13
3 Resultat.....	14
3.1 PFAS från användning av varor	18
3.1.1 Flygplatser	18
3.1.2 Brandövningsplatser utom flygplatser.....	19
3.1.3 Brandstationer	20
3.1.4 Större bränder och olyckor där brandskum använts.....	20
3.1.5 Oljedepåer	21
3.1.6 Industriell verksamhet.....	22
3.1.7 Konsumentprodukter i inomhusmiljö	24
3.1.8 Skidvalla	24
3.1.9 Rekommendationer	24
3.2 PFAS från produkt till avfall.....	25
3.2.1 Avfallsflöden per produktkategori	27
1.1.1. Utsläpp via deponier	30
1.1.2. Rekommendationer	31
3.3 PFAS från reningsverk till miljön.....	31
3.3.1 Reningsverk.....	31
3.3.2 Enskilda avlopp.....	36
3.3.3 Rekommendationer	36
3.4 Atmosfärisk deposition.....	36
3.4.1 Rekommendationer	38
4 Diskussion och slutsatser.....	39
5 Källförteckning.....	41
Bilaga 1 Utökad Metodik	45
Kartläggning av flöden av PFAS till miljön.....	45
Geografisk kartläggning av relevanta PFAS-källor till miljön.....	53
Bilaga 2 Förkortningar	57

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Naturvårdsverket sammanställt befintlig kunskap om föroreningskällor till PFAS i svensk miljö. Studien har omfattat två delar, en kvalitativ och delvis kvantitativ kartläggning av PFAS-flöden från användning till miljön samt en geografisk kartläggning av relevanta PFAS-källor till miljön.

Vi har strävat efter att i så stor utsträckning som möjligt kvantifiera använda mängder samt nuvarande och historiska utsläpp till miljön eller till utsläppsnoder (t.ex. reningsverk) från olika typkällor. För att lyckas med detta har vi bland annat använt oss av uppmätta koncentrationer av PFAS i brandskum, hushållsdamm, avloppsvatten, lakvatten, deposition samt reningsverksslam. Vi har vidare gjort en kartläggning av vilka avfallsflöden som sannolikt är mest relevanta när det gäller flöden av PFAS i samhället, samt en geografisk kartläggning av de källor som identifierats som mest betydande enligt bland annat KEMI:s sammanställning (KEMI, 2015) samt i avfallsled. Informationen inhämtades från befintlig statistik, data från offentliga databaser, vetenskaplig litteratur samt personlig kommunikation med myndigheter. Rapporten från KEMI (2015) utgjorde en viktig utgångspunkt för uppdraget.

Användning av brandskum kan ses som den mest betydande PFAS-källan direkt till miljön ur ett historiskt perspektiv, och fortfarande idag innehåller brandskum per- och polyfluorerade ämnen även om innehållet har modifierats efter PFOS-förbudet 2011. Den sannolikt mest betydande PFAS-källan idag är därför förorenad mark kring de brandövningsplatser där PFAS-innehållande brandskum har använts frekvent under årtionden. De totala historiska och nutida utsläppen till följd av användning av brandskum har inte kunnat kvantifieras, men en grov värsta-falls-uppskattning om hur mycket PFAS som kan ha släppts ut vid brandsläckningsarbeten i samband med olycksbränder gjordes. Med de antaganden som gjordes uppskattades medelutsläppen under från 1998-2011 till ca 45 kg/år (summa 16 PFAS). En grov uppskattning av utsläpp i samband med brandövningar på flygplatser gjordes också, vilket resulterade i uppskattade utsläpp av enbart PFOS motsvarande 25-350 kg/år.

Utöver användningen av brandskum har den begränsade tillgängliga information avseende mängder PFAS i varor och produkter inneburit att kvantifieringen av PFAS-flöden från övriga enskilda produktgrupper via avfallsled och vidare till miljö inte varit möjlig. Utifrån användningsområden som identifierats av KEMI (2015) har en kvalitativ bedömning av relevanta avfallsflöden genomförts, vilken visar att de varor och produkter som kan innehålla PFAS med största sannolikhet kommer att skickas till förbränning, hanteras som farligt avfall eller återanvändas alternativt återvinnas. Vid förbränning (vilket också inkluderar det som hanteras som farligt avfall i stor utsträckning) är utsläppen av PFAS till miljön små. Återanvändning innebär att man använder produkten för samma ändamål som den var tänkt och spridningsförfarandet blir då också samma. Vid återvinning ombearbetas materialet så att det kan användas i nya produkter. Vid viss typ av återvinning t.ex. av plaster kan det innebära att PFAS finns kvar i materialet.

Den viktigaste transportvägen av PFAS från samhället ut i miljön, utöver den direkta spridningen via brandskum är sannolikt via reningsverken. Där kanaliseras många samlade utsläpp från produkter via hushåll, industrier och via lakvatten, samtidigt som PFAS-förorenat dricksvatten i urbana miljöer kan återcirkulera via reningsverken och därmed transporteras från grundvatten till ytvatten via dricksvattennätet och avloppsreningsverk. Utsläppen av PFAS (15 st) via utgående avloppsvatten från samtliga svenska reningsverk uppskattades till ca 70 kg/år, sett över åren 2006-2013, varav PFOS utgjorde ca 10%.

Betydelsen av deponier som utsläppsväg av PFAS är oklar och uppskattningar av utsläppen indikerar att lakvatten från deponier kan vara en betydande källa till reningsverken (ca 100 kg/år, summa 14 PFAS) och även till viss del direkt till ytvatten och skogsmark (ca 7 kg/år vardera, summa 14 PFAS). Dessa uppskattningar är behäftade med stora osäkerheter, då de genererar ett större inflöde till reningsverken än de samlade utsläppen från desamma, vilket inte är rimligt, med tanke på ämnens stabilitet, såvida inte några av de 14 substanserna bildar andra fluorföreningen i reningsverken som inte inkluderats i utsläppsberäkningen. En bättre kartläggning av koncentrationer av PFAS i lakvatten skulle behövas för säkrare bedömningar.

Totalt uppskattas atmosfäriskt nedfall generera 180 kg direkt på vatten respektive 2400 kg PFAS på markområden varje år (summa 17), vilket är ungefär 10 gånger mer än det uppskattade bidraget från användning av brandskum på flygplatsernas brandövningsplatser. Det atmosfäriska nedfallet kan antas vara ett resultat av en stor global spridning av dessa substanser, som är svår att åtgärda på lokal nivå.

Den geografiska kartläggningen presenteras i en separat tabell som ligger utanför denna rapport, där information om källans namn, kategori, koordinater (Sweref 99 TM) och referens anges. Kartläggningen visar att över 2000 objekt, både historiska och i drift idag kan utgöra potentiella PFAS-källor till den svenska miljön. I sammanställningen ingick flygplatser, brandövningsplatser, oljedepåer, brandstationer, större bränder, reningsverk, deponier, anläggningar för farliga ämnen samt användning av skidvalla. Utifrån KEMI (2015) valdes vidare ett antal industriella verksamheter ut: bl.a. tillverkning av brandskum, metallytbehandling, färgindustri, textilindustri samt produktion av rengöringsmedel. Där det varit möjligt (t.ex. reningsverk) har utsläppen kvantifierats per enskild anläggning.

Det befintliga dataunderlaget för den geografiska kartläggningen har varit väldigt omfattande och urvalet av relevanta objekt har ibland varit svårt, dels på grund av bristande information om när en anläggning varit i drift, vad verksamheten omfattade samt om användningen av PFAS ingick i verksamheten. Urvalet av relevanta industriella källor baserades mer eller mindre enbart på branschtillhörighet. Kartläggningen bör ses som en första bruttolista för potentiella utsläppskällor. I takt med att mer information blir tillgänglig bör listan uppdateras och kompletteras. Genom att koppla den geografiska källkartläggningen med sammanställningen av halter i miljön som Skåne län utför på uppdrag av Naturvårdsverket inom samma regeringsuppdrag, finns det vidare möjligheter att identifiera vilka av dessa möjliga källor som är av större betydelse. Generellt är de industriella verksamheterna som ingick i denna studie, brandövningsplatser och brandstationer verksamheter som bör undersökas närmare, i syfte att antingen eliminera enskilda objekt som möjliga PFAS-källor eller för att mer exakt kunna kvantifiera utsläppen från dessa.

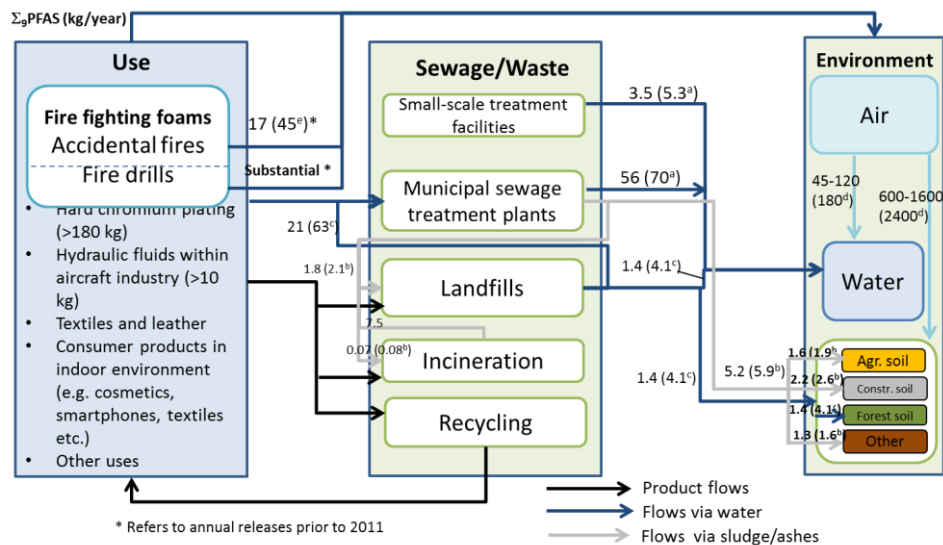
Summary

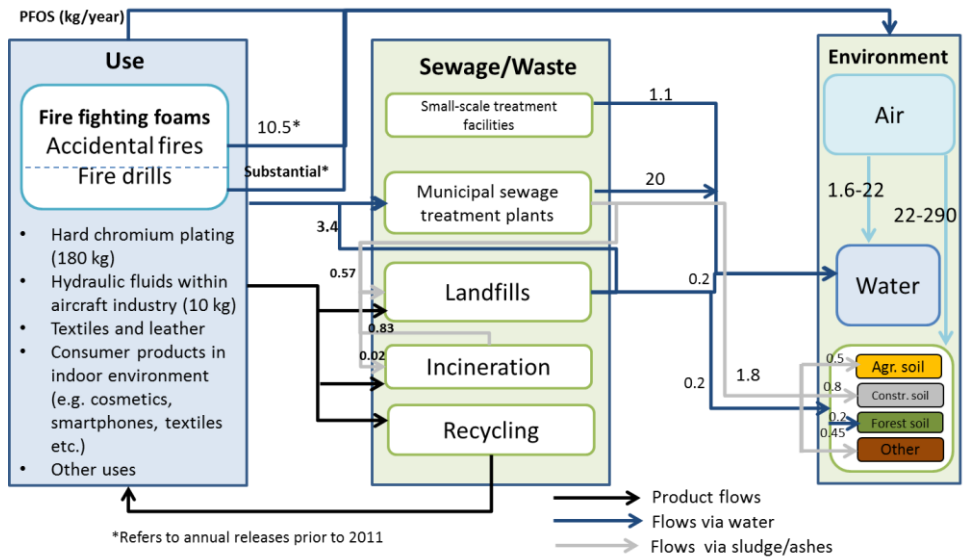
As an assignment by the Swedish Environmental Protection Agency, IVL has conducted a survey of existing knowledge about pollution sources of PFAS in the Swedish environment. The study comprised two parts, a survey of PFAS flows from the use phase to the environment and geographical mapping of relevant PFAS sources.

Where possible, we have tried to quantify the amount used as well as current and historical emissions to the environment or to release nodes (e.g. sewage treatment plants) from different source types using measured concentrations of PFAS in fire foam, household dust, sewage, waste water, landfill leachate and sewage sludge. We have also made a survey of the waste flows that are likely to be most relevant in terms of flows of PFAS in the society, as well as a geographical mapping of the sources identified as the most significant according to e.g. KEMI's survey (KEMI, 2015) and in the waste stage.

The information was collected using existing statistics, data from public databases, scientific literature and personal communication with authorities. The report by KEMI (2015) was an important starting point for the assignment.

The flows and pathways of PFAS and PFOS are presented as Substance Flow Analysis (SFA) shown in the two figures below. In the SFA-plot the flows of the PFAS/PFOS from the use phase, through the waste stage to the environment are presented. Only some of the flows were quantified, depending on the information that was available. The quantities given represent the sum of 9 common PFAS that were included in all the estimates. The numbers in brackets correspond to a larger number of PFAS.





From a historical perspective, use of firefighting foam can be regarded as the most significant PFAS source to the Swedish environment, and still today firefighting foams contain per- and polyfluorinated substances even if the content has been modified since the PFOS ban in 2011 (see the figures above). Today, the most significant source areas are likely to be the fire drill sites where PFAS-containing fire foam has been used frequently for decades, and from where PFAS are still being released to the surrounding environment. The total historical and current emissions via firefighting foam could not be quantified, but a rough worst-case estimate of how much PFAS that may have been released from firefighting activities in connection to accidental fires was made. Under the assumptions made, average emissions over the period 1998-2011 were estimated to about 45 kg/year (sum of 16 PFAS). A rough estimate of the emissions associated with fire drills at the 27 identified airports resulted in estimated emissions of PFOS only of 25-350 kg/year.

Apart from the use of firefighting foam, the limited information available regarding quantities of PFAS in articles and products hindered a quantification of PFAS flows from other products through the waste stage and further out to the environment. Based on identified application areas, a qualitative assessment of the relevant waste streams was done. Based on the use areas identified by KEMI (2015), the products and goods that may contain PFAS will most likely be treated as hazardous waste, be incinerated or reused. During incineration (including incineration of hazardous waste) emissions of PFAS to the environment are likely to be small, but PFAS-containing incinerations ashes may be deposited at landfills for hazardous waste. Reuse involves using the product for the same purpose for which it was originally intended and the emission pattern will then also be similar. During recycling the material is reprocessed for use in new products. Certain types of recycling e.g. of plastics can result in residual amounts of PFAS remaining in the material.

The major transport route of PFAS from the society to the environment is most likely via wastewater treatment plants (WWTPs). In the WWTPs, diffuse emissions from use phase of products in households, industrial emissions and leachate from landfills, will be gathered. Further, PFAS contaminated drinking water in urban environments can recirculate through treatment plants and contribute to the total load of PFAS to the WWTPs. Emissions of PFAS (sum of 15) through the effluent wastewater from the Swedish treatment plants was estimated at about 70 kg/year, seen over the period 2006-2013, of which PFOS accounted for about 10%.

The importance of landfills as sources of PFAS is unclear and estimates of emissions conducted within this study indicate that leachate from landfills could be a significant source to WWTPs (approximately 60 kg/year, sum of 26 PFAS) and also to some extent directly to surface waters and forest land (about 4 kg/year each, sum of 26 PFAS). More data is needed to enable more accurate estimates.

The total estimated atmospheric deposition of PFAS was 180 kg and 2400 kg/year to water and soil, respectively (based on sum of 17 PFAS), which is about 10 times more than the estimated contribution from the use of firefighting foam on airport fire drill sites. The atmospheric deposition can be assumed to be a result of the extensive global distribution of these substances, which is difficult to resolve at the local level.

The results from the geographical mapping of PFAS sources are presented in a separate table that is outside of this report. The table includes information about the source's name, category of the source, coordinates (SWEREF 99 TM) and the reference to the data source. The mapping shows that over 2,000 objects/facilities, both historical and in operation today are potential PFAS sources to the Swedish environment. The compilation included airports, fire drill sites, oil depots, fire stations, larger fires, wastewater treatment plants, landfills, and sites for cross country skiing (use of ski wax). Based on the report from KEMI (2015) a number of industrial sectors were also selected. These were: manufacture of fire foam, metal finishing plants, paint and textile industries and the production of cleaning agents. Where possible (e.g. WWTPs), emissions were quantified for each individual facility.

The available data used for the geographic mapping of PFAS sources was extensive and the selection of relevant objects have sometimes been difficult, partly because of the lack of information regarding e.g. the period of operation, the kind of industrial processes and the information about the use of PFAS. The selection of relevant industrial facilities was therefore more or less solely based on the industrial sector. The geographical mapping should be seen as a first overall list of potential emission sources of PFAS. As more information becomes available this list should be updated and supplemented.

1 Bakgrund och syfte

Naturvårdsverket (NV) har av regeringen fått i uppdrag att tillsammans med andra myndigheter genomföra en utökad screening av miljögifter och valt att fokusera på bland annat per- och polyfluorerade alkylsubstanter (PFAS) i yt- och grundvatten. Med anledning av detta har NV gett IVL Svenska Miljöinstitutet i uppdrag att sammanställa kunskap om föroreningskällor till PFAS i svensk miljö. PFAS är en grupp organiska ämnen som innefattar flera tusen enskilda substanser, vilka har använts i ett stort antal konsumentprodukter ända sedan 1950-talet på grund av deras unika vatten- och fettavvisande tekniska egenskaper. Den omfattande användningen av ämnena har lett till att de numera är globalt spridda i miljön. Då många PFAS i slutändan omvandlas till de extremt stabila perfluorerade alkylsyror (PFAA), som kan orsaka negativa effekter i djur och människor har flera av dem börjat fasas ut. På senare tid har förekomsten av PFAS i svensk miljö uppmärksammats särskilt då de påvisats i grundvattentäkter som används för dricksvattenproduktion, ofta till följd av läckage från brandövningsplatser där PFAS-innehållande brandskum använts under lång tid. PFAS har dock använts i ett stort antal tillämpningar varav de flesta är bristfälligt kartlagda på nationell nivå.

Kemikalieinspektionen publicerade i juni 2015 Rapport 6/15: "Förekomst och användning av högfluorerade ämnen och alternativ" där användningen av PFAS i Sverige har kartlagts (KEMI, 2015). Rapporten visar att fler än 3000 kommersiella högfluorerade ämnen finns i omlopp på världsmarknaden. För hälften av dessa är användningen okänd men den huvudsakliga funktionen av PFAS är som ytaktiva ämnen. I det svenska produktregistret (SPR) som administreras av KEMI finns totalt 323 PFAS varav 124 PFAS finns registrerade i aktiva produkter som säljs på marknaden idag. Dock kan de PFAS som inte längre är registrerade i aktiva produkter ändå finnas kvar på den svenska marknaden. Följande användningsområden identifierades för de PFAS som förekommer i produkter på den svenska marknaden 2013 (KEMI, 2015):

- Impregneringsämnen för textil och läder
- Färg, lim (inklusive råvaror)
- Polish-ämnen
- Metalltbehandling och ytbelägningsämnen
- Tryckfärgsämnen
- Råvaror för elektronik
- Brandskumsämnen
- Råvaror för optik
- Biocidämnen (insekticid/herbucid)
- Hydrauloljaämnen

Utöver dessa finns ytterligare användningsområden som identifierats på den globala marknaden enligt KEMI (2015) men som inte finns med i SPR:

- Pappers- och livsmedelsförpackningar
- Kosmetiska produkter
- Skidvalla
- Medicinska produkter
- Byggnadsmaterial
- Olje- och gruvproduktion

KEMI (2015) kunde dock inte presentera några kvantiteter av använda mängder av PFAS över tid i Sverige, utöver en uppskattning om den nuvarande användningen av PFOS i form av dispenser från förbudet. Denna användning har uppskattats till 190 kg/år. Det är svårt att få direkt information om användning av PFAS i olika produkter över tid. I en omfattande inventering av globala utsläpp av perfluorkarboxylater (PFCA) gjorde Prevedouros et al. (2006) bedömningen att användning av PFCA-innehållande brandskum stod för de enskilt största historiska utsläppen vid sidan av produktion och tillverkning av fluorpolymererna själva samt industriell användning av fluorpolymera dispergeringsmedel. Prevedouros et al. (2006) uppskattade att användningen av brandskum globalt givit upphov till ungefär lika stora utsläpp som samtliga övriga konsumentprodukter tillsammans. Då produktion av fluorpolymerer aldrig förekommit i Sverige är det därför sannolikt att brandskumsanvändning är en av de viktigaste utsläppskällorna ur ett nationellt perspektiv. Lokalt kan det dock även finnas andra viktiga utsläppskällor.

Syftet med detta uppdrag har varit att 1) Kartlägga och om möjligt kvantifiera flödet av PFAS från användningsled via avfall till miljön och 2) Geografiskt kartlägga relevanta källor, såväl historiska som befintliga.

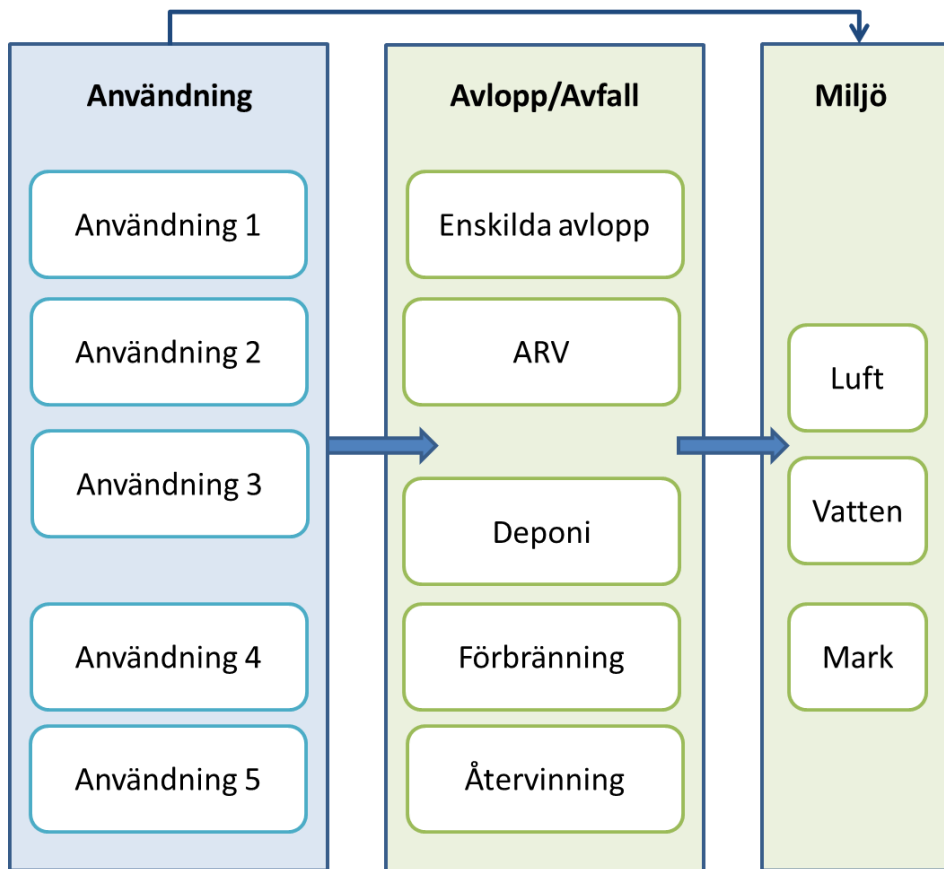
2 Metodik

Föreliggande uppdrag har utförts med hjälp av befintlig statistik, data från offentliga databaser samt vetenskaplig litteratur, där rapporten från KEMI (2015) utgjorde en viktig utgångspunkt. Där så varit möjligt har vi försökt kvantifiera använda mängder samt nuvarande och historiska utsläpp till miljön eller till utsläppsnoder (t.ex. reningsverk) från olika typkällor med hjälp av bland annat uppmätta koncentrationer av PFAS i brandskum, hushållsdamm, avloppsvatten, lakvatten, deposition samt reningsverksslam. Vi har vidare gjort en kartläggning av vilka avfallsflöden som sannolikt är mest relevanta när det gäller PFAS-flöden, samt en geografisk kartläggning av de källor som identifierats som mest betydande enligt bland annat KEMI:s kartläggning samt i avfallsled. Geografiskt fördelade utsläpp från reningsverk har även uppskattats.

Följande avgränsningar gäller för arbetet:

- Endast data från Sverige har använts (med undantag för atmosfärisk deposition).
- Senast tillgängliga data har använts i sammanfattande figurer, där så varit möjligt har en uppskattning om trender gjorts.
- Bedömningen av flöden omfattar inte vidare inbördes fördelning mellan olika miljömatriser (vatten, biota, sediment, luft, mark).
- Eventuella onormala utsläpp till mark och vatten vid spill/olyckor vid produktionsanläggningar ingår inte i kartläggningen.

På grund av de brister som identifierades av KEMI (2015), däribland begränsad tillgänglig information avseende mängder av PFAS i varor samt att det i vissa fall är okänt vad vissa PFAS används till, begränsades möjligheten att kvantifiera flöden och utsläpp av PFAS från enskilda produktgrupper till miljö och avfallsled inom ramen för detta uppdrag. Figur 1 visar en övergripande bild av de livscykelsteg av PFAS som behandlas i rapporten. Nedan redogörs i korthet för vilken metodik som använts för kvantifiering och geografisk lokalisering av användning och utsläpp. För mer detaljerad information, se Bilaga 1 Utökad metodik. Förkortningar använda i rapporten förklaras i Bilaga 2.



Figur 1. Övergripande bild av de livscykelsteg av PFAS som behandlas i denna rapport.

2.1 Kartläggning av flöden och utsläpp av PFAS

Flöden och utsläpp av PFAS i produkter och avfallsströmmar har kartlagts kvalitativt samt där möjligt kvantifierats med hjälp av uppmätta koncentrationer i exempelvis lakvatten, reningsverksslam, avloppsvatten, hushållsdamm och atmosfärisk deposition ifrån allmänt tillgängliga rapporter samt vetenskaplig litteratur. Avseende specifika produkter var det endast möjligt att grovt kvantifiera utsläpp i samband med brandskumsanvändning i samband med bränder genom antagandet att de mätningar av innehåll i brandskum som finns i litteraturen är representativt för samtliga PFAS-innehållande brandskum samt att innehållet i brandskummet varit konstant över tid.

2.2 Geografisk kartläggning av relevanta källor av PFAS till miljön

Information till kartläggningen av relevanta och potentiella källor av PFAS till miljön inhämtades genom kontakter med myndigheter samt sökningar i databaser, med utgångspunkt från de huvudområden som pekats ut av KEMI (2015). I den mån det var

möjligt samordnades datainsamlingen med Länsstyrelsen i Skåne (kontaktperson Gustaf Boström) som genomför ett parallellt projekt på uppdrag av Naturvårdsverket gällande förekomsten av PFAS i den svenska miljön. I Tabell 1 redovisas vilka datakällor som användes i sammanställningen.

Tabell 1. Datakällor till den geografiska kartläggningen av PFAS källor till svensk miljö.

Datakälla	Information
Naturvårdsverket	Enkät till Länsstyrelser om användning av PFAS
Länsstyrelsen Skåne	Utdrag ur Länsstyrelsernas databas över förorenade områden samt enkätsvar från Räddningstjänsterna
Kemikalieinspektionen, KEMI	Användning av PFAS (KEMI, 2015)
Swedavia	Nationella flygplatser och dess brandövningsplatser
Försvarsmakten	Försvarsmaktens verksamhet som omfattar användning av PFAS
Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB	Större bränder
Svenska Miljörapporteringsportalen, SMP	Information om industriell verksamhet för branscher som är potentiella källor till PFAS
Sveriges skidspår	Stora skidanläggningar i landet
Statistiska centralbyrån, SCB	Statistik gällande mängd utgående vatten och slam från reningsverk >2000 pe
Svenskt Vatten	Information som inkom var inte av relevans för deluppdraget
Avfall Sverige	Information som inkom var inte av relevans för deluppdraget
Transportstyrelsen	Information som inkom var inte av relevans för deluppdraget

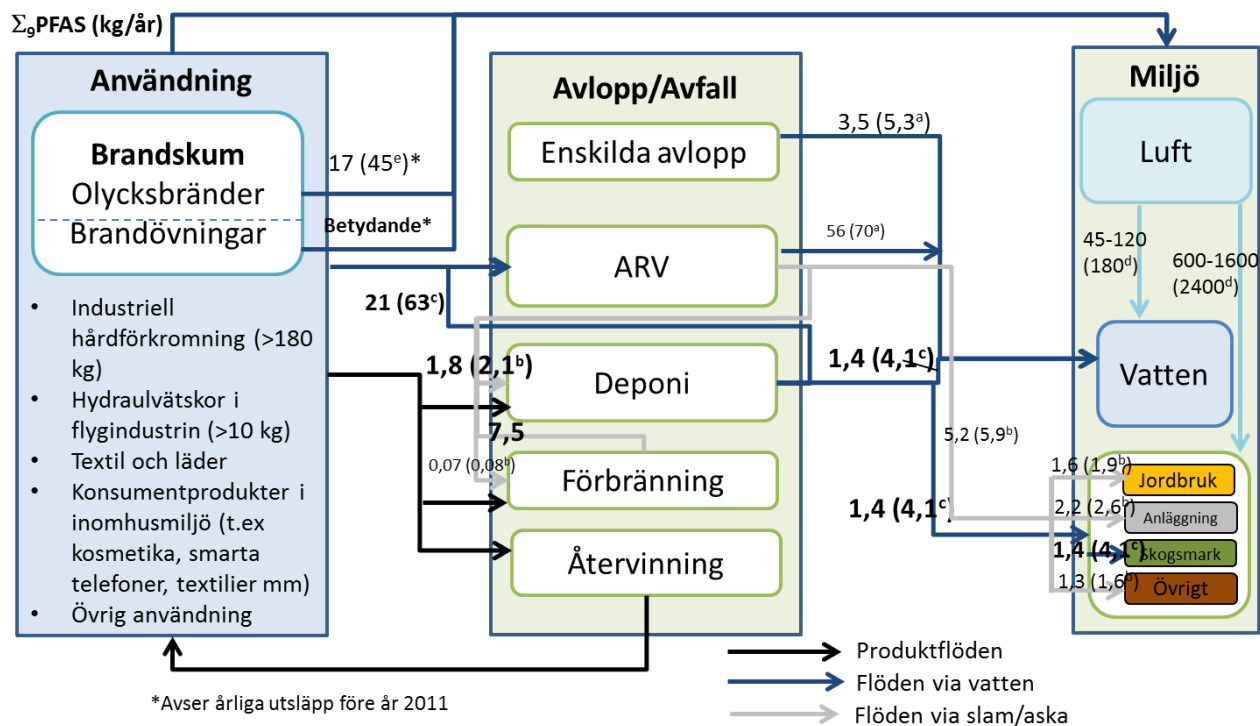
Den geografiska kartläggningen presenteras i en separat tabell som ligger utanför denna rapport, där information om källans namn, kategori, koordinater (Sweref 99 TM) och referens anges. Om möjligt har även information om vilka ämnen som släpps ut, om utsläppen kan anses vara pågående eller historiska samt uppskattade mängder av PFAS angivits.

3 Resultat

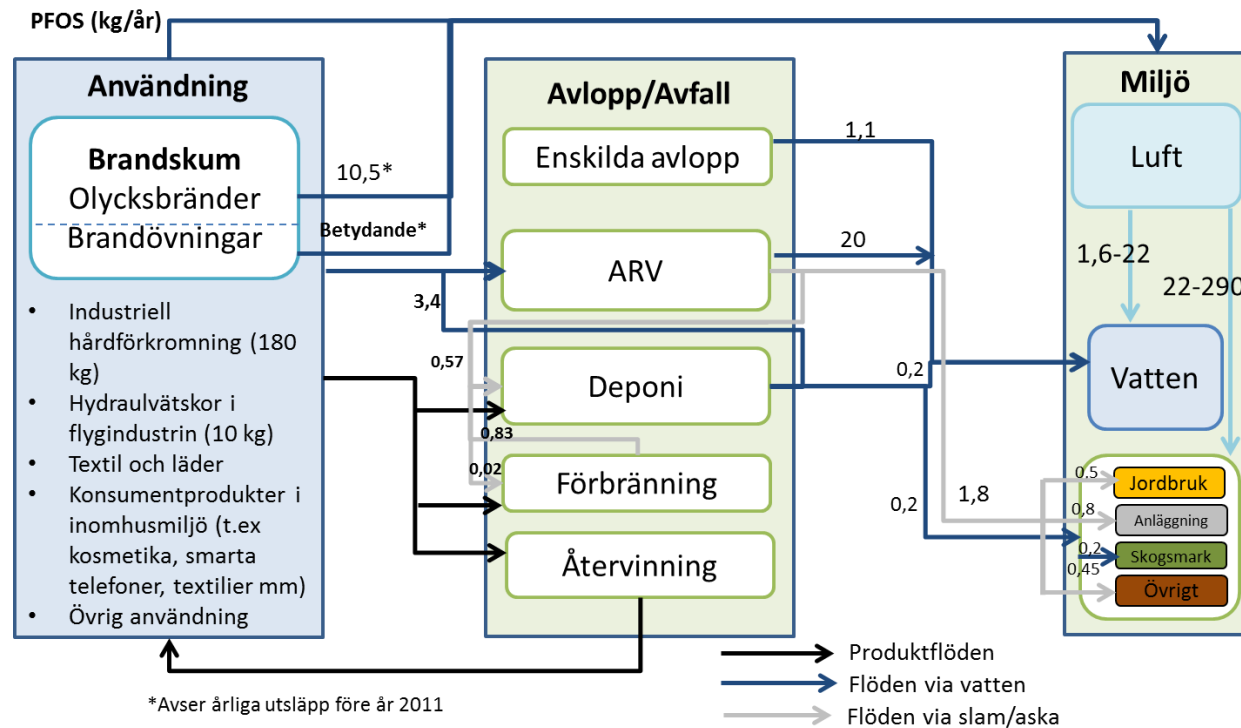
I detta avsnitt redovisas resultaten avseende relevanta källor samt uppskattade flöden och utsläpp av PFAS till svensk miljö över tid. Dataluckorna är stora, särskilt med avseende på historisk användning eftersom denna inte dokumenterats i särskilt stor utsträckning förrän problemet med PFAS i miljön uppmärksammades på allvar under det sena 00-talet. Resultaten redovisas per källtyp, där såväl antal anläggningar/platser samt omfattning och

eventuell tidsperiod för utsläpp diskuteras. Kvantifierade flöden redovisas i figur- eller tabellform, dels för PFAS totalt och dels för PFOS. Då antalet PFAS som ingår i olika analyser varierar har en ansträngning gjorts att presentera flöden av de 9 PFAS som ingår i samtliga sammanställningar ("minsta gemensamma nämnare"), men med indikation om flöden av övriga PFAS där sådana finns. Dessa 9 PFAS innefattar PFHxS, PFOS, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA och PFDoDA. Förklarande texter och osäkerheter i de redovisade siffrorna presenteras.

I Figur 2 och Figur 3 redovisas substansflödesanalyser av uppskattade och beräknade flöden av PFAS respektive PFOS (kg/år), från användning via avfall till utsläpp i miljön. Direkta utsläpp från användningsled till miljön har endast kunnat kvantifieras för brandskum, i övrigt har kvalitativa resonemang förts i anslutning till respektive användningsområde. Flöden i avfallsled har uppskattats för deponier och i begränsad utsträckning för förbränning. För avfallshantering och övriga avfallsslag har potentialen för utsläpp diskuterats men ej kvantifierats. I avloppsled har utsläpp från reningsverk och enskilda avlopp uppskattats. Även atmosfärisk deposition har uppskattats. I figuren presenteras flöden som summan av 9 PFAS, men då dataunderlag för ett större antal PFAS finns har detta angetts inom parentes. Exakt beskrivning av vilka PFAS som omfattas av de olika flödena återfinns i tabellerna i Bilaga 1, samt i anslutning till presentationen av den aktuella källan. I de följande avsnitten beskrivs underlag och bakgrund samt osäkerheter i redovisade värden.



Figur 2. Uppskattade genomsnittliga utsläpp av PFAS (summa 9) till svensk miljö från olika källor. Siffror inom parentes motsvarar utsläppen av ett större antal PFAS, där a = 15, b = 18, c = 26, d = 17 och e=16 olika PFAS. Exakt beskrivning av vilka PFAS som omfattas av de olika flödena återfinns i tabellerna i Bilaga 1, samt i anslutning till presentation av den aktuella källan. Siffrorna representerar nutida flöden motsvarande ungefär år 2012, med undantag för brandskum som motsvarar ett genomsnittligt utsläpp per år fram till år 2011. Den historiska användningen har dock varit högre.



Figur 3. Uppskattade genomsnittliga utsläpp av PFOS (kg/år) till svensk miljö från olika källor. Siffrorna representerar nutida flöden motsvarande ungefär år 2012, med undantag för brandskum som motsvarar ett genomsnittligt utsläpp per år fram till år 2011. Den historiska användningen har dock varit högre.

3.1 PFAS från användning av varor

Utifrån befintlig information gällande innehållet av PFAS i olika varor och produkter har ett antal användningsområden valts ut i kartläggningen av PFAS-källor till miljön. Med undantag för användning av brandskum har det dock inte varit möjligt att inom föreliggande projekt särskilja och kvantifiera PFAS-strömmar från dessa användningsområden. I den geografiska kartläggningen av PFAS-källor till miljön har vi valt att titta närmare på flygplatser, brandövningsplatser, oljedepåer, brandstationer, större bränder, användning av skidvalla samt reningsverk (kap. 3.3), deponier och anläggningar för farliga ämnen (kap 3.2). Utifrån KEMI (2015) valdes vidare ett antal industriella verksamheter ut: bl.a. tillverkning av brandskum, metallytbehandling, färgindustri, textilindustri samt produktion av rengöringsmedel.

Mindre kända användningsområden är t.ex. medicinteknisk utrustning och tandlagningsmaterial, smutsavvisningsmedel för byggmaterial, solceller samt konsumentprodukter såsom kosmetika och smarta telefoner. På grund av databrist och den diffusa karaktären på dessa källor har dessa användningsområden inte ingått i den geografiska kartläggningen.

3.1.1 Flygplatser

Flygplatser utgör en potentiell källa till PFAS i miljön, framför allt eftersom de ofta har en brandövningsplats inom sitt område där PFAS-innehållande brandskum använts historiskt i stora mängder men även på grund av användning av PFAS i hydrauliska vätskor för flygindustrin.

I den geografiska kartläggningen av PFAS-källor till miljön, har information om totalt 57 flygplatser, både nationella, militära samt regionala inhämtats. Information hämtades från Svenska Miljörapporteringsportalen (SMP), Swedavia, NVs enkät till Länsstyrelserna samt Försvarsmakten. Huruvida alla dessa utgör en PFAS-källa till miljön är oklart. Mätningar som påvisar förekomst av PFAS i miljön finns endast för ett fåtal av dessa flygplatser, mestadels de nationella och militära, vilket ofta beror på att det finns en känd brandövningsplats på området. För några enstaka flygplatser har även en uppskattning av emissioner kunnat göras.

BRANDÖVNINGSPLATSER PÅ CIVILA OCH MILITÄRA FLYGPLATSER

Information om brandövningsplatser erhöles från olika datakällor, via enkätsvar från Länsstyrelser och Räddningstjänsterna, Swedavia, Försvarsmakten samt länsstyrelsernas databas över förorenade områden. I sammanställningen ingår totalt 323 brandövningsplatser, både historiska och de som fortsatt är i drift. Av dessa ligger 28 st i anslutning till flygplatser. Vid samtliga

Swedavias flygplatser med brandövningsplatser har förhöjda halter av PFAS uppmätts; Stockholm Arlanda Airport, Göteborg Landvetter Airport, Bromma Stockholm Airport, Visby Airport, Kiruna Airport, Umeå Airport, Sundsvall Härnösand Airport och Malmö Airport (Swedavia, 2014). Åre Östersund Airport har ingen nuvarande brandövningsplats, men undersökningar genomförda av Försvarsmakten visade att det fanns höga halter av PFAS i mark och vatten kring området. Detta kan bero på att brandövningar har förekommit på Försvarsmaktens anläggning Frösön F4, som tidigare låg i närheten av den nuvarande flygplatsen. Swedavia är även verksamhetsutövare vid Luleå (F21) och Ronneby Airport (F17) men Försvarsmakten ansvarar för kontrollen. I decennier har brandsläckningsskum med innehåll av PFOS och andra fluortensider använts av Försvarsmakten såväl som av civila luftfartsmyndigheter vid brandövningar

Brandskum Olycksbränder Brandövningar	17 (45 ^e)*
	Betydande*

(FOI, 2013). Den 27 juni 2008 infördes ett förbud mot att använda PFOS och ämnen som kan brytas ned till PFOS i kemiska produkter och varor (Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/122/EG). PFOS-innehållande brandsläckningsskum som fanns på marknaden före den 27 december 2006 fick dock användas till och med den 27 juni 2011.

Försvarsmakten har genomfört inventeringar och inledande markundersökningar på flera anläggningar där brandövningar utförts. 18 anläggningar där vi erhållit miljöteknisk information finns med i sammanställningen. Vid många anläggningar har brandövningar utförts på flera olika platser. Koordinaterna avser då oftast huvudbrandövningsplatsen, där det pågått brandövningar under längst tid eller den gamla brandövningsplatsen (oftast sammanföll dessa kriterier) där det är mest troligt att föroeningen i miljön är som störst. Informationstillgången avseende påverkanskällans beskrivning, period för utsläpp, vilka PFAS som har ingått samt den uppskattade mängden har varierat i de olika rapporterna. Vidare har verksamheten även varierat över tid för flera av platserna. Några platser har flera olika brandövningsplatser inom samma område (t.ex. gamla och nya brandövningsplatser, hangarer eller vrak).

Generellt vid Swedavias flygplatser har PFOS-innehållande AFFF använts från 1980-talet fram till år 2008. År 2002 slutade Swedavia att köpa in PFOS-innehållande brandsläckningsmedel. Innevarande lager användes upp och från och med år 2008 har ingen aktiv användning förekommit då Swedavia tog ett eget initiativ till ett förbud att öva med PFOS-innehållande skum. Dock kan spårmängder av PFOS ha följt med de nya PFOS-fria skumsläckmedlen fram tills att bilarna sanerades år 2011. Idag använder Swedavia ett fluorfritt brandsläckningsskum. Totalt uppskattas 38 kg PFOS ha släppts ut till mark och vatten via brandsläckningsskum på Arlanda mellan åren 1980-2008, och cirka hälften av denna mängd beräknas finnas kvar främst i marken men även i vatten (Norström et al., 2015). Vid brandövningsplatsen vid Sturups flygplats uppskattas liknande mängder PFOS (38 kg) ha använts mellan åren 1979-2009 (Länsstyrelsen i Skåne, via NVs enkät till Länsstyrelserna). Försvaret uppskattar att totalt 540 kg PFAS (PFC) har använts mellan åren 1970-1990 (dvs. ca 27 kg/år) i samband med brandövningar vid F18 Tullinge/Södertörns flygflottilj (Försvarsmakten, 2014), vilket motsvarar ca 130 kg PFOS eller 6,5 kg/år utifrån sammansättningen av äldre brandskum enligt Herzke et al. (2012). Om motsvarande mängder har använts vid samtliga 27 brandövningsplatser som ligger vid flygplatser kan man anta att PFOS-utsläpp i storleksordningen 1000-3500 kg har skett under en period av 30-40 år eller motsvarande 25-120 kg per år, enbart från flygplatser.

3.1.2 Brandövningsplatser utom flygplatser

I länsstyrelsernas databas över förorenade områden saknas det ibland information om vilken slags brandövningar som genomförts vid de civila och kommunala brandövningsplatser som finns med i registret. Vid vissa av dessa kan endast rökdykningar eller brandövningar med vatten ha utförts, vilket innebär att användning av PFAS-innehållande skum inte har förekommit. Då detta framgick av uppgifterna i registret exkluderades dessa anläggningar från sammanställningen. I den slutliga geografiska kartläggningen har information om 295 brandövningsplatser (utom flygplatser) inkluderats.

Brandskum	17 (45 ^e)*
Olycksbränder	
Brandövningar	
	Betydande*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap bedriver eller har bedrivit brandutbildningar vid 4 olika platser i landet; Revinge, Sandö samt Skövde och Rosersberg. På grund av återkommande övningar bör dessa utgöra en möjlig källa av PFAS till miljön. Större industrier kan också ha egna brandövningsplatser på sitt område. Övningsplatser tillhörande några större industrier fanns med i länsstyrelsernas databas över förorenade områden och har tagits med i sammanställningen. Möjligen bör denna kategori av

brandövningsplatser utredas närmare, då flera viktiga kan saknas i de befintliga databaserna. Listan över brandövningsplatser kompletterades med inkomna uppgifter från Räddningstjänsterna (enkät via Länsstyrelsen i Skåne) samt Naturvårdsverkets enkät till länsstyrelser.

Då verksamheten vid civila och kommunala brandövningsplatser inte är lika tydligt klarlagd som den i anslutning till flygplatsverksamheten, är det inte möjligt att uppskatta vilka mängder av PFOS/PFAS som släppts ut från den verksamheten, men med tanke på det stora antalet brandövningsplatser är det sannolikt att de är betydande.

3.1.3 Brandstationer

Information om brandstationer till den geografiska kartläggningen inhämtades från länsstyrelsernas databas över förorenade områden. Dessa fanns under kategori Brandövningsplats. Informationen kompletterades med enkätsvar från Räddningstjänsterna och Länsstyrelserna. Av de totalt 295 brandövningsplatser som finns med i sammanställningen är totalt 64 placerade på brandstationer. 22 av dessa är klassade som nedlagda.

Förorenad mark i anslutning till äldre brandstationer kan utgöra en potentiell källa av PFAS till miljön. Enligt de enkätsvar som inkommit från Räddningstjänster var det vanligt förekommande att man tidigare övade brandsläckning på själva brandstationen och tvättade slangar etc. på plats, utan att samla upp vattnet. Vattnet har ofta gått till avlopp, dagvatten eller direkt till recipient. Flera brandstationer hade också ett lager av brandsläckningsskum. Eftersom brandskum är dyrt var det vanligt att man övade med skum där bäst-före datum hade gått ut. Tomma, ofta otvättade tankar eller utgångna skumtankar deponerades ofta på den lokala tippen.

Förorenad mark i anslutning till brandstationer som möjlig källa till PFAS bör undersökas närmare. Fler stationer, både historiska och i drift idag, än de som sammanställts i föreliggande studie kan utgöra relevanta källor.

3.1.4 Större bränder och olyckor där brandskum använts

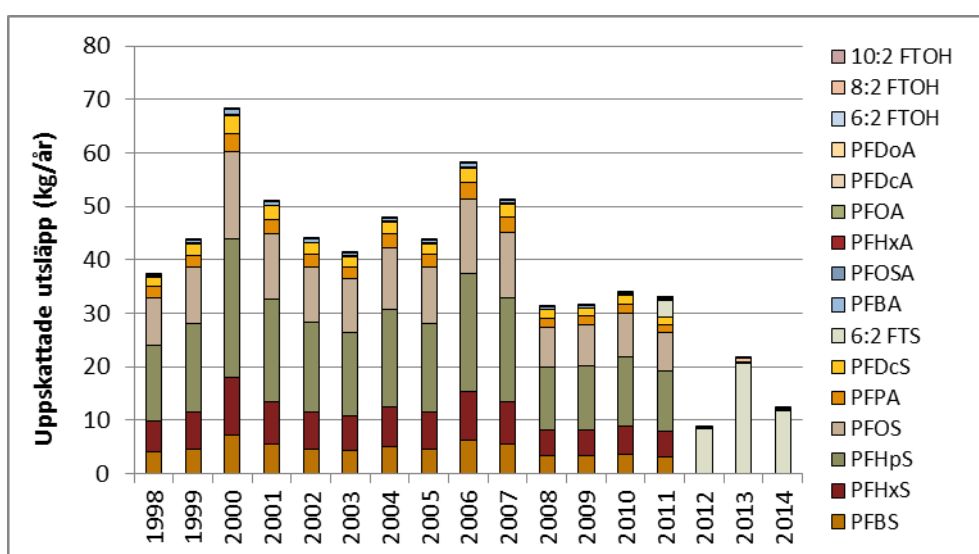
Information om större bränder och olyckor som ingår i den geografiska kartläggningen av PFAS-källor, samlades in från Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps databas, Naturvårdsverkets enkät till Länsstyrelser samt via information från Släckmedelscentralen (SMC, 2014).

Brandskum	17 (45 ^e)*
Olycksbränder	
Brandövningar	Betydande*

Mellan 1998-01-01 och fram till och med 2014-12-31 finns det 17 101 större bränder registrerade i Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps databas, varav det vid 9 012 bränder har använts brandskum klassad som övrig skumvätska (ej alkoholresistent). I klassen ”övrig skumvätska” ingår filmbildande skum, detergent och proteinskum.

För den geografiska kartläggningen av källor till PFAS, gjordes en avgränsning som innebär att endast bränder där 100 liter brandskum eller mer (klassat som övrig skumvätska) som hade använts under släckningsarbetet inkluderades. 713 släckningsarbeten uppfyllde dessa kriterier och finns med i sammanställningen. Det saknas dock uppgifter på hur mycket av det använda brandskummet som utgjordes av filmbildande skum.

En grov värsta-falls-uppskattning om hur mycket PFAS som kan ha släppts ut vid brandsläckningsarbeten gjordes genom att anta att hela mängden ”övrig skumvätska” utgjordes av filmbildande skum (AFFF) och att sammansättningen av denna fram till och med 27 juni 2011 motsvarade sammansättningen av det äldre brandskum (AFFF2) som analyserades av Herzke et al. (2012). Datumgränsen valdes utifrån det faktum att kvarvarande lager av äldre brandskum var tillåtet att användas fram till detta datum enligt KEMI (2013). Därefter antogs sammansättningen motsvara genomsnittet av de två nyare skummen (AFFF1 och AFFF3) enligt Herzke et al. (2012). Med detta antagande beräknas totalt 660 kg PFAS ha släppts ut i samband med bränder (inkluderar även mindre bränder med volymer <100 L) under tidsperioden 1998 – 2014, varav PFOS uppskattas utgöra ca 150 kg. Figur 4 visar uppskattade årliga PFAS-utsläpp via brandskum i samband med olycksbränder i Sverige.



Figur 4. Uppskattade utsläpp av PFAS via brandskumsanvändning i samband med olycksbränder (kg/år).

3.1.5 Oljedepåer

Sverige har oljedepåer på 20 större orter runt om i landet (Luleå, Piteå, Umeå/Holmsund, Sundsvall, Gävle, Västerås, Karlstad, Stockholm, Södertälje, Göteborg, Norrköping, Västervik, Visby, Jönköping, Oskarshamn, Kalmar, Halmstad, Helsingborg, Karlshamn och Malmö) och dessa togs med i den geografiska kartläggningen av PFAS-källor till miljön. Cisternbränder är sällsynta och det har endast inträffat en större brand i Nynäshamn år 1956 under alla de år som det i Sverige har använts olja och bensin (SMC, 2014).

1994 bildade oljebolagen i Sverige företaget Släckmedelscentralen – SMC AB. På varje anläggning med oljedepå i landet har det en eller flera gånger genomförts brandsläckningsövningar. Mellan fem och åtta större övningar genomförs per år och övningsfrekvensen per anläggning varierar mellan ett och sex år beroende på depåns storlek och omfattningen av verksamheten på orten (SMC, 2014). Släckskum används idag av SMC i liten omfattning vid släckning och har begränsats, både vid övning och vid riktig brand. Enligt KEMI (2014) får SMC inte öva med släckskum i Sverige varför sådana övningar istället sker i Frankrike. Det framgår inte när denna begränsning infördes.

Släckutrustningen som används av Släckmedelscentralen är dimensionerad för att kunna påföra 10 liter filmbildande alkohol-beständigt skum per m² och minut i 90 minuter på en brandyta. Fyra av oljedepåerna är så kallade resursdepåer där skumvätska förvaras. På anläggningarna i Stockholm och Göteborg förvaras 40 m³ på vardera orten och i Malmö och Sundsvall förvaras 32 m³ på respektive ort. Totalt i landet har SMC alltså 144 m³ skumvätska.

3.1.6 Industriell verksamhet

Information om industriella verksamheter som kan utgöra källor av PFAS till miljön, såsom textilproduktion, färgindustri, metallbearbetning, tillverkning av tvätt och rengöringsmedel, pappers- och massaindustri och tillverkning av brandskum ingick i den geografiska sammanställningen av PFAS-källor. Valet av industriella verksamheter gjordes utifrån Kemikalieinspektionens rapport (KEMI, 2015) samt datatillgängligheten. Industriella verksamheter kan utgöra källor både till luft och till vatten. Data sammanställdes utifrån information i länsstyrelsernas databas över förorenade områden, Svenska Miljörapporteringsportalen, via sökningar på Internet och från Naturvårdsverkets enkät till länsstyrelserna. Enligt KEMI (2015) saknas det användningsinformation för hälften av alla PFAS.

Det bör poängteras att information om PFAS-användning inte finns med i länsstyrelsernas databas över förorenade områden och Svenska Miljörapporteringsportalen, valet av industriverksamheter baserades enbart på branschtillhörighet, eventuell information om industriella processer samt eventuella uppgifter om anläggningarnas verksamhetsperiod. Eftersom de flesta industriella verksamheter i Sverige idag är kopplade till kommunala reningsverk eller också kan ha egen rening innan processvattnet leds vidare till reningsverk, bör dessa i sig inte utgöra en källa direkt till recipient (undantaget vid t.ex. olyckor). Utsläpp med utgående vatten från industriella anläggningar kan ses som en primär källa av PFAS till reningsverk. I det fallet blir utsläppen från reningsverk vidare en sekundär källa till miljön. Det är viktigt att utsläppen inte dubbelräknas. Förorenade områden kring äldre, historiska industrier kan däremot anses vara PFAS-källor direkt till miljön. PFAS-innehållande avfall från de industriella verksamheterna kan också hanteras i samhällets avfallsflöden.

TILLVERKNING AV BRANDSKUM

Filmbildande brandskum är och har varit en viktig källa till PFAS i miljön. Det finns två tillverkare av brandskum i landet och dessa har tagits med i sammanställningen.

METALLBEARBETNING

Enligt KEMI (2015) används fluorbaserade tensider som vätmedel vid hårdförokromningsprocesser. I sin rapport identifierade Kemikalieinspektionen sju hårdförokromningsanläggningar i landet (ej namngivna) varav tre använde PFOS. Totalt användes ca 180 kg/år PFOS på dispens inom hårdförokromningsindustrin 2013 i Sverige (KEMI, 2015).

Data gällande verksamheter inom metallbehandlingsbranschen som kan utgöra en möjlig källa till PFAS sammanställdes utifrån informationen i Svenska Miljörapporteringsportalen och länsstyrelsernas databas över förorenade områden och kompletterades med information från anläggningarnas webbplatser. I genomgången av datakällor till den geografiska kartläggningen identifierades 11 aktiva anläggningar som angav hårdförokromning som en del av sin verksamhet. Det framgick dock inte om någon av dessa använder PFAS eller PFOS i sin verksamhet. Tre andra anläggningar finns med på listan som historiska verksamheter. Den siffran kan i verkligheten vara högre, men med den befintliga informationen i

länsstyrelsernas databas över förorenade områden har det inte varit möjligt att avgöra ifall hårdförkromning förekommit på fler anläggningar.

TEXTILINDUSTRI

Textilindustrin har historiskt sett varit stor i Sverige och textil och läder är ett av KEMIs identifierade användningsområden för PFAS (KEMI, 2015). Data gällande anläggningar inom textilproduktion i drift inhämtades från Svenska Miljörapporteringsportalen och kompletterades med uppgifter från länsstyrelsernas databas över förorenade områden. Vidare sammanställdes information om historiska verksamheter. Dessa genererades ur länsstyrelsernas databas över förorenade områden. Endast de anläggningar som bör varit verksamma efter 1950-talet och som tillhör den riskklassningen 1 och 2 (skala 1-5 där 1 är högsta riskklassen) ingick i sammanställningen. Totalt sammanställdes information om 77 anläggningar varav 32 är historiska och 5 oklara (historiska/i drift).

I Borås stad har man konstaterat att PFAS återfinns i inkommande vatten till kommunala reningsverk från två undersökta textilindustrier i kommunen. Bidraget från den ena industrin uppskattades till 0,04 kg¹ år 2008 och från den andra till 0,01 kg² år 2011. Mängderna utgör dock en mindre del av inkommande mängder av motsvarande ämnen till de respektive reningsverken (Borås stad, 2015 via Lst Skåne).

FÄRGINDUSTRI

Enligt KEMI (2015) kan PFAS användas i färg och tryck för att förbättra vätning, utjämning och flöden. Information gällande anläggningar inom färgindustrin sammanställdes utifrån data från länsstyrelsernas databas över förorenade områden. 70 anläggningar varav 38 historiska, med statusklassning 1 och 2 ingick i sammanställningen. För 23 av verksamheterna har det utifrån befintlig information inte kunnat fastslås om verksamheten är i drift eller avslutad.

TILLVERKNING AV TVÄTT- OCH RENGÖRINGSMEDEL

De flesta tillverkare anser att PFAS är nödvändiga i produkter som t.ex. golvpolsk (KEMI, 2015). Det har utifrån informationen i länsstyrelsernas databas över förorenade områden och Svenska Miljörapporteringsportalen varit svårt att avgränsa sökningen för att generera de anläggningar som kan utgöra en möjlig källa till PFAS. Åtta anläggningar, varav 4 historiska togs med i sammanställningen.

FRAMSTÄLLNING AV PAPPER

Enligt KEMI (2015) används PFAS i pappersindustrin för att tillverka fett- och vattenavvisande papper. Det har utifrån befintlig information i databasen varit svårt att generera en lista med anläggningar som producerar den sortens papper. Endast en anläggning togs med i sammanställningen, utifrån information från enkäten till Länsstyrelser. Inga returpappersbruk ingick i den geografiska kartläggningen.

YTBEHANDLING MED LACK, FÄRG ELLER LIM

Totalt finns information om 263 anläggningar tillhörande branschen Ytbehandling med lack, färg eller lim i länsstyrelsernas databas över förorenade områden. Det har utifrån befintlig information i databasen varit svårt att generera en lista med möjliga PFAS-källor till miljön. De verksamheter som har tagits med i sammanställningen kopplar till branscherna färgindustrier och textilindustrier.

¹ perfluoroheptansyra (PFHpA), perfluorooktansyra (PFOA)

² perfluorohexansyra (PFHxA), perfluorooktansyra (PFOA)

3.1.7 Konsumentprodukter i inomhusmiljö

PFOS och PFOA har uppmätts i inomhusdamm i medianhalter mellan 12-110 ng/g TS respektive 33-93 ng/g TS för olika typmiljöer (Björklund et al., 2009). Inga tydliga källor kunde identifieras i studien, men högst halter påträffades i miljöer med hög förekomst av pappersprodukter. Andra potentiella källor kan vara andra konsumentprodukter såsom kosmetika, smarta telefoner, möbler och textilier samt husgeråd, t ex teflonpannor. Utifrån medianvärdet på 110 ng/g som uppmättes i kontorsmiljö uppskattades den totala mängden PFOS som lämnar Stockholms inomhusmiljö via torrt damm (d.v.s. dammsugning) med hjälp av den så kallade SMURF-modellen (Cousins, 2012) till 25 g/år. Förekomst i hushållsdamm är därmed sannolikt ingen stor källa till den yttre miljön, även om dess bidrag till human exponering kan vara betydande (Björklund et al. 2009).

3.1.8 Skidvalla

Skidvalla kan innehålla PFAS för att bilda en slät, vatten- och smutsavvisande yta som glider lätt på snön och användning av skidvalla kan utgöra en källa främst via luften till miljön. Den största utsläppskällan till miljön sker genom ångorna som bildas när vallan läggs på skidorna, men PFAS avges även direkt till naturen i själva skidspåret (Plassman et al., 2011). Dock visade sig koncentrationerna vara mycket lokala och i marken strax utanför spårområdet påvisas inga eller låga halter av PFAS. Användning av skidvalla bedöms därmed inte utgöra en betydande källa av PFAS till miljön.

I den geografiska kartläggningen av PFAS-källor har större skidanläggningar inkluderats (www.skidspar.se). 19 anläggningar med en sammanlagd spårlängd på 30 km eller längre och koordinaterna för dessa finns redovisade. Koordinaterna visar i allmänhet startområdet för skidanläggningen där vallabodarna oftast finns förlagda.

Ytterligare tre skidanläggningar inkluderades baserat på information från Naturvårdsverkets enkät till länsstyrelserna om områden som kan tänkas vara förorenade av PFAS.

3.1.9 Rekommendationer

Informationen i den geografiska kartläggningen bör ses som en första bruttolista till potentiella PFAS-källor. I takt med att mer information blir tillgänglig bör listan uppdateras och kompletteras. T.ex. bör brandövningsplatser förlagda till industriella anläggningar samt brandstationer (äldre och i drift) undersökas närmare. Dessa två kategorier kan utgöra viktiga källor till PFAS men underlaget som varit tillgängligt inom detta uppdrag räcker inte för en helhetsbedömning av dessa. För bättre dataunderlag rekommenderas att direktkontakt tas med större industrier som kan tänkas ha egna brandövningsplatser. Vidare bör kontakt med räddningstjänster tas för att samla bättre information gällande koordinater för äldre brandstationer

De databaser som användes i den geografiska kartläggningen är inte utformade för att ge information utifrån PFAS-problematiken, vilket gör att viktig information saknas och urvalet av relevanta utsläppskällor försvåras. Det är önskvärt att t.ex. strukturen i länsstyrelsernas databas över förorenade områden utvecklas för att underlätta sökningar av relevanta källor/objekt med avseende på t.ex. verksamhetsår.

Det bör även undersökas ifall vissa industrier ska utvidga sina kontrollprogram till att omfatta analys av PFAS i t.ex. utgående vatten och/eller luft.

Genom att koppla den geografiska kartläggningen av källor med kartläggningen av halter i miljön som Skåne län utför inom samma regeringsuppdrag, finns det vidare möjligheter att identifiera vilka av de potentiella källorna som är av betydelse.

3.2 PFAS från produkt till avfall

Alla produkter kasseras förr eller senare som avfall. Det innebär att PFAS också efterhand hamnar i avfallet. Grovt sett kan avfallshanteringen delas upp i fyra olika steg:

1. Insamling/lagring/transport
2. Sortering vid källan eller på centrala anläggningar (ej relevant för alla produkter/strömmar)
3. Behandling (återanvändning, återvinning, förbränning eller deponering)
4. Slutbehandling av det som uppstår vid behandlingen (t.ex. deponering av aska eller förbränning av s.k. Shredder light residue SLR³ (fluff))

Av dessa fyra steg så är avfallet fortfarande produktlikt i det första och till stor del även i andra steget.

PFAS kan släppas ut från avfallshanteringen på flera sätt:

- a) Utlakning till regnvatten från avfall som lagras eller deponeras.
- b) Damning i samband med lastning, lossning och sortering/demontering.
- c) Utlakning och damning från hantering av de restprodukter som bildas då avfallet behandlas.

För vissa fraktioner finns det regler som styr hanteringen i samband med insamling, lagring och transport (som t.ex. att elektronik ska lagras under tak), men för andra avfallslag saknas detta. Exempelvis kan balat avfall i väntan på förbränning eller olika fraktioner från en fragmenteringsanläggning lagras öppet. I nuläget är det inte känt hur stor risken för utlakning av PFAS är i samband med lagring. Avfall lagras som regel inom en avfallsanläggnings hårdgjorda ytor och vatten som lakas ur kommer därmed i de flesta fall att föras till lakvattensystemet. En stor del av detta utsläpp kan med andra ord betraktas som en del av utsläpp från deponier (se kap 1.1.1) eftersom sortering och omlastning i de flesta fall sker inom ett område där det också finns en deponi.

Vid sortering sker ofta isärmontering för hand eller med maskin. I samband med denna hantering kan det uppstå damm som kan bidra till spridning av PFAS. Det finns i nuläget inte någon kunskap om denna spridning, utan de studier på damm som är kända är utförda i icke-industriell miljö (t.ex. Björklund et al., 2009).

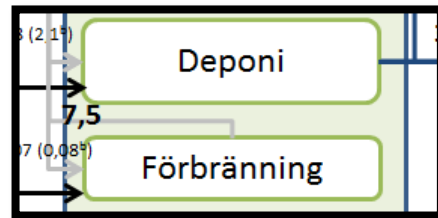
Steg tre är den egentliga avfallsbehandlingen som kan delas upp i följande behandlingsmetoder:

- *Återanvändning* kan närmast betraktas som fortsatt användning av samma produkt. Spridningen av ämnen är alltså den samma som under vanlig användning. Dock ska man vara medveten om att en del återanvändning sker i andra miljöer än vad produkten ursprungligen avsetts för – ett exempel kan vara återanvändning av byggmaterial från industrier i hemmiljö.
- *Återvinning* innebär att materialet i den gamla produkten återvinns/ används till en ny produkt. Innan materialet återvinns i en ny produkt sker någon form av bearbetning av materialet. I många fall är det upphettning och omsmältning som också påverkar innehållet i materialet, vid t.ex. metallåtervinning borde PFAS brytas ner eftersom temperaturen är så hög (ca 700 – 1700

³ SLR = Shredder Light Residue, en fraktion som uppstår vid fragmentering av avfall. Fraktionen är det som återstår efter utsortering av plast och framförallt metaller. Den deponeras fortfarande ibland eftersom den har korrosiva egenskaper och därför inte är så lämplig som bränsle. Många initiativ pågår dock för att underlätta förbränning av SLR. Den deponeras idag med speciellt undantag eftersom den är brännbar och vi sedan 2002 har ett förbud mot deponering av brännbart avfall.

grader). Vid plaståtervinning är däremot temperaturerna lägre (runt 200 grader) och ämnena i plasten påverkas därför mindre. I andra fall handlar det om mekanisk bearbetning av de material som ska återvinnas och de ämnen som då finns i materialet stannar kvar. Viktigt är att det heller inte bara är temperaturerna som spelar roll för hur ämnen påverkas, förhållandena vid uppvärmning som t.ex. anläggningens utseende, hastigheten i upphettningen och närvaro av radikaler påverkar mer (pers. kommunikation Christer Forsgren).

- Förbränning** sker i Sverige idag i godkända avfallsförbrännings-anläggningar. Yamada et al. (2005) testade nedbrytningen av textil behandlad med en fluortelomerbaserad akrylpolymer och visade att vid en temperatur på 725°C hade materialet brutits ned till 99,9 %, medan akrylpolymeren som enskilt ämne brutits ned till 99,9% vid 1000°C. Enligt Industriutsläppsdirektivet (2010/75/EU) ska en avfallspanna för icke-farligt avfall hålla en temperatur över 850 grader och en förbränningspanna för farligt avfall ska ligga över 1100 grader. I och med Industriutsläppsdirektivet så ska samma standarder vara gällande i hela EU. Sandblom (2014) argumenterade för att utsläppen via rökgaser i Sverige torde vara försumbart, p. g. a. utvecklad rökgasrening i form av våtskrubbning samtidigt som halterna i rökgaskondensatet var låga (<0,2 – 9,7 ng/L för enskilda PFAS). Sandblom (2014) mätte även förekomsten av PFAA i askor och slagg från fyra svenska förbränningsanläggningar och konstaterade halter under eller i det lägre ng/g-området. Utsläppen via askor och slagg till deponier uppskattades av Sandblom (2014) till **7,5 kg/år för Σ_9 PFAS och 0,83 kg/år för PFOS**.
- Deponering** av hushållsavfall förekommer inte i Sverige idag. Däremot deponeras fortfarande ett antal olika industriavfall. Vissa av dem har dispens från deponeringsförbuden för organiskt och brännbart avfall som t.ex. SLR. Dessutom används t.ex. vissa slam som tät- och täckskikt på deponier (se 1.1.1). Lakvatten från deponier är en potentiell spridningskälla för PFAS (se 1.1.1). Det här är ett välkänt problem för äldre deponier då man t.ex. tidigare deponerade gamla brandsläckare (Räddningstjänsten, 2015). Uppmätta halter av PFAS i lakvatten i Sverige framgår av Tabell B 1 i Bilaga 1.



Vid alla behandlingsmetoder uppkommer det också restavfall (ibland kallat sekundärt avfall) såsom askor från förbränning eller sorteringsrester från återvinning). Detta avfall går ofta till deponering eller förbränning, eventuellt efter en första sortering (t.ex. metaller ur askor) eller lagring. En annan typ av avfall som uppkommer är avfall från vattenrening av vatten innehållande PFAS. Det kan vara slam men också olika typer av filter (t.ex. kolfilter). Dessa filter ska klassas som farligt avfall och lämnas för förbränning. På Swedavia har man t.ex. även märkt kolfiltren från reningen av vatten så att det framgår att de innehåller PFAS (pers. kommunikation Helena Svensson).

Ett problem som påpekas av avfallsbehandlingsanläggningarna som vi varit i kontakt med under projektet är att det när avfallet lämnas i allmänhet inte framgår om det kan innehålla PFAS (eller andra farliga ämnen). Klassningen som görs enligt avfallslistan i Avfallsförordningen, så kallade LoW-koder är baserad på vilken typ av verksamhet som gett upphov till avfallet och vilken typ av avfall det är. Det finns också en klassning för olika typer av egenskaper som ska innebära att man ska klassa ett avfall som farligt, men egenskaperna avslöjar inte direkt om det är just PFAS. Det noteras heller inte alltid i avfallskoden i samband med avfallet lämnas. Avfallslistan så som den ser ut idag är alltså inte anpassad till att kunna särskilja att en viss typ av ämnen finns i ett avfall. Det här ställer t.ex. till med problem vid återvinning av avfall eftersom man kan välja fel process för ett avfall eller att man som återvinnare inte är säker på vilka ämnen som det nya materialet innehåller.

3.2.1 Avfallsflöden per produktkategori

BRANDSKUM

Brandskum från Räddningstjänsten når oftast avfallsledet som rester i förpackningar av skum, i enstaka fall kan det förekomma större kvantiteter skum som av någon anledning behöver tas om hand. Nu för tiden klassas detta som farligt avfall och ska behandlas därefter. Kunskapen är dock fortfarande begränsad på många håll och det är möjligt att avfallet ibland inte klassas som farligt.

Mindre brandsläckare och liknande sorteras som farligt avfall (av hushåll och andra användare) och skickas för desarmering och destruktion på samma sätt som beskrivs ovan. Historiskt sett har man inte haft samma kontroll över brandskum och okontrollerad deponering av gamla behållare och förpackningar har förekommit. Inom ramen för projektet har det inte varit möjligt att ta reda på hur mycket brandskum/brandsläckare som lämnas för destruktion.

YTBEHANDLING, HYDRAULISKA SYSTEM INOM FLYGINDUSTRIN, SYNTESKEMIKALIER

Vid samtliga dessa användningsområden är den mest troliga hanteringen att det som blir avfall i processen eller efter användning kommer att klassas som farligt avfall. Klassas det som farligt avfall tas det om hand med större restriktioner och den här typen av avfall skickas då oftast till förbränning. Indelningen i farligt respektive icke-farligt avfall sker med hjälp av Avfallsförordningen (så som beskrivet tidigare, kapitel 3.2) och vetskapen om att avfallet kan innehålla PFAS försvinner därmed i de flesta fall.

I vissa fall behandlas avfallet för att minska farligheten, det kan t.ex. vara processvatten eller släckvatten som renas eller oljor som tvättas. PFAS kan då hamna i t.ex. filter som används för rening utan vetskap om detta från avfallsanläggningens sida. I vissa fall kan det också förekomma att man väljer fel typ av behandling d.v.s. en som inte minimerar risken för spridning av t.ex. PFAS.

Hur mycket av avfallsslagen som lämnas för behandling har inte varit möjligt att ta reda på inom ramen för projektet. Swedavia (Helena Svensson, pers. kommunikation) uppger att det endast är en liten del av deras oljor som innehåller PFAS, dessa oljor lämnas tillsammans med andra typer av oljor till behandling.

TEXTIL OCH LÄDER

KEMI (2015) nämner att kända användningsområden i Sverige är i textilier som av säkerhetsskäl används i motorrummet i bilar, i invändigt solskydd (rullgardiner och liknande, för avtorkningsbar yta), i uniformer och arbetskläder för bl.a. poliser och brandmän (för ökad komfort) samt i sportkläder. Hur vanligt det är att möbelytger är impregnerade med fluorföreningar är oklart, IKEA har enligt KEMI 2015 inte längre fluorkarboner i sina möbler.

Textil och läderprodukter så som nämnda ovan klassas oftast som icke-farligt avfall och tar någon av tre olika vägar när de är uttjänta:

- *Återanvändning* – fortsatt användning av produkten i fråga. Alltså sker samma spridning som vid "vanlig" användning. Det kan spekuleras i om man däremot kanske undviker viss ursköljning med tvättvatten eftersom textilierna till stor sannolikhet redan är uttvättade.
- *Återvinning* – I dagsläget finns ingen direkt återvinning av textilier, mer än i mycket liten skala, t.ex. har HM återvinning av jeans, det finns återvunnen polyester i vissa produkter men den kommer då oftast inte från kläder. Här är det förstås en risk att man sprider PFAS vid återvinningsprocessen eller vid den fortsatta användningen – förutsatt att det finns kvar i plagget efter ett antal tvättar.
- *Förbränning* – Textil och läder som hamnar i soppåsen eller som en fraktion inom grovavfallet (eller motsvarande) kommer gå till förbränning, där eventuella fluorpolymer sannolikt bryts ner (Yamada et al., 2005). Ibland lagras avfall innan förbränning (se kap 3).

Det enda undantaget är textilier som finns i bilar vilka hamnar i SLR-fraktionen (se kap 3.2), vilket innebär att en del av dessa deponeras.

I Sverige konsumerades 2013 121 000 ton kläder och hemstexterier (lakan, handdukar etc.) vilket blir nästan 12,5 kilo per person (Elander et. al., 2014). Av dessa slängs cirka 8 kilo i soporna. Idag finns ingen materialåtervinning av textila material (Carlsson et. al., 2011), men Elander et al. (2014) visar att ca 55 000 ton eller 2,4 kg/ person lämnas till återanvändning. Av detta säljs cirka 0,9 kilo inom Sverige. Resten exporteras eller skänks till välgörenhet utanför landet.

PAPPER OCH LIVSMEDELSFÖRPACKNINGAR

PFAS har använts i pappersförpackningar etc. på grund av deras förmåga att skapa ”glatta” ytor som inte annat material (t.ex. fett) fäster på. Därför har det använts i t.ex. bakplåtspapper, djurmatsförpackningar, mikropopcorn-påsar etc. I och med att faran med PFAS nu är känd har allt fler svenska tillverkare övergått till andra material. Dock kan PFAS enligt KEMI (2015) fortfarande förekomma i importerade varor eller i till exempel importerat returpapper. Importen av returpapper till de svenska bruken är stor (cirka 700 000 ton/ år). Ingen mätning av PFAS i råvaran returpapper sker i dagsläget.

Enligt KEMI (2015) skulle PFAS också kunna förekomma i livsmedelsförpackningar tillverkade i t.ex. Centraleuropa som då skulle kunna importeras till Sverige. Enligt en nyligen publicerad studie där halterna av PFAS i 45 importerade produkter (möbeltextil, kläder och livsmedelsförpackningar) till Norge var dock innehållet i dessa varor mycket begränsat (Vestergren et al., 2015), vilket motsäger denna teori.

För alla förpackningar och tidningar råder producentansvar, vilket innebär att den som producerar (eller importerar) en vara är skyldig att se till att den samlas in och återvinns. Insamlingsgraden i Sverige är hög och det mesta samlas in för återvinning men en del läggs också i de vanliga soporna och förbränns. Exakt vad som händer med PFAS vid återvinning av pappersråvara är inte känt.

Enligt förpacknings och tidningsinsamlingen⁴ förbrukades det 517 000 ton pappersförpackningar i Sverige 2014. Av dessa materialåtervanns 403 000 ton. Det går inte att urskilja ur statistiken hur många av de förbrukade förpackningarna som var importerade.

KOSMETISKA PRODUKTER

Kosmetiska produkter som kastas kommer med största sannolikhet att hamna i soppåsen i hushåll respektive skönhetssalonger, vilket betyder att de går till förbränning. Vissa produkter, t.ex. nagellack, ska lämnas som farligt avfall. Även detta avfall skickas till förbränning. För kosmetiska produkter finns inga uppgifter om hur stor avfallsmängden är.

HUSHÅLLSPRODUKTER

Under kategorin hushållsprodukter listas i KEMI 2015 följande:

- impregneringsmedel för textil
- färg, tryckfärg och lack
- rengöringsmedel och polish
- non-stick produkter
- skidvalla

⁴ www.ftiab.se

Impregneringsmedel för textil liksom färg, tryckfärg, lack, rengöringsmedel, polish och skidvalla ska om de hanteras korrekt lämnas som farligt avfall. Färg kan i vissa fall skickas till en behandling där man gör en bränslefraktion. Tomma metallburkar skickas till metallåtervinning. I övrigt skickas fraktionerna till förbränning. Vid metallåtervinning utsätts avfallet för höga temperaturer och PFAS borde brytas ner i analogi med diskussionen i avsnitt 3.2. Även om hushållen slarvar med sorteringen och lägger detta i den vanliga soppåsen så kommer det skickas till förbränning. Non-stick produkter handlar i första hand om stekpannor och liknande vilka ska lämnas till metallåtervinning.

Av produkterna ovan räknas alla utom "non-stick"-produkter som kemikaliskt avfall från hushåll. Enligt Avfall i Sverige 2012 (Naturvårdsverket, 2014) uppkom 14 300 ton kemiskt farligt avfall från hushållen. Exakt vad detta avfall innehåller är dock inte känt.

FOTOGRAFISK OCH ELEKTRISK UTRUSTNING OCH KOMPONETER

Elektrisk och elektronisk utrustning klassas som farligt avfall när det är uttjänt och ska lagras under tak. Utrustning kopplad till fotografi klassas och behandlas på samma sätt.

Avfall av den här typen demonteras ofta för hand för att separera ut större komponenter och/eller plastdetaljer. Sedan skickas resterna till en fragmentering. Kvar efter en fragmentering blir SLR (se ovan). Ambitioner finns att materialåtervinna så mycket som möjligt. Metallerna återvinns genom nedsmältning. Plasten är ofta svår att återvinna på grund av innehåll av farliga ämnen men ännu oftare på grund av att återvinnaren inte vet exakt vad materialet innehåller.

Den här typen av produkter är också föremål för en illegal hantering och export som förstås leder till att de dyker upp på andra ställen i världen och där kan orsaka spridning av farliga ämnen.

Enligt Naturvårdsverkets statistik för el-avfall återvanns 166 000 ton el-avfall år 2013.

ÖVRIGA PRODUKTKATEGORIER

I KEMI 2015 listas också ett antal övriga produktkategorier:

- Medicintekniska produkter, så som textilier, röntgenfilm etc.
- Byggmaterial
- Olje – och gruvproduktion
- Växtskyddsmedel

Avfall från sjukhus klassas antingen som riskavfall på något sätt och förbränns därmed under särskilt höga temperaturer för att undvika bland annat smittspridning. Även sjukvårdsavfall som inte klassas som farligt avfall skickas till förbränning i de flesta fall. Det finns inom sjukvården ambitioner att materialåtervinna mer och innehållet i produkterna blir då mer relevant att ta hänsyn till.

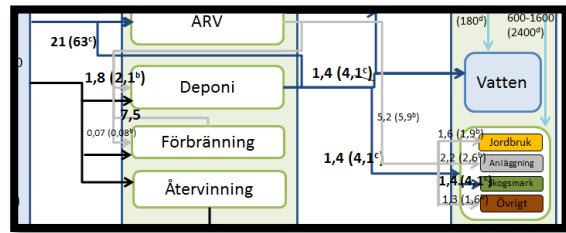
Byggmaterial är en enormt stor produktgrupp. I KEMI 2015 nämns exempel som ytbehandling på kakel samt användning i lättbetong (dock ej verifierat för svenska förhållanden). Den här typen av inerta avfall krossas oftast och används som konstruktionsmaterial på deponier.

Vad gäller olje- och gruvproduktion så antas att den mest troliga hanteringen av det som blir avfall innehållande PFAS kommer att klassas som farligt avfall. Det samma gäller för växtskydd.

1.1.1. Utsläpp via deponier

Det finns flera olika faktorer som gör att deponier kan anses vara en viktig källa för spridning av PFAS till miljön, t.ex.:

- Deponering av gammalt brandskum (historiskt)
- Deponering av PFAS-innehållande produkter
- Deponering av slaggprodukter från förbränningsanläggningar
- Sluttäckning med och deponering av PFAS-innehållande slam
- Deponering av schaktmassor från förorenade områden
- Deponibränder
- Brandövningsplats



I länsstyrelsernas databas över förorenade områden finns information om totalt 6121 deponier, både aktiva och nedlagda (anläggning för farligt avfall; avfallsdeponier - icke farligt, farligt avfall; avfallsdeponier - inert, schaktmassedeponier samt industrideponier). Den stora datamängden gjorde att det inte var möjligt att utifrån befintlig information i databasen generera en lista med relevanta PFAS-källor. Information om under vilken period deponierna varit aktiva, vad som deponerats samt hur lakvatten tas om hand saknades för de allra flesta objekten. Information om aktiva, större deponier som redovisas i den geografiska kartläggningen av PFAS-källor, inhämtades istället från Svenska Miljörapporteringsportalen, där det för 2014 fanns uppgifter om 218 st deponier som omfattas av miljörapport. Dessa deponier bör utgöra en potentiell källa av PFAS direkt till miljön eller till reningsverk. Sammanställningen kompletterades också med information från Naturvårdsverkets enkät till länsstyrelsernas samt information från Borås stad.

Idag nedlagda deponier kan också utgöra en viktig PFAS-källa till miljön. I länsstyrelsernas databas över förorenade områden identifierades 131 nedlagda deponier (via filtning på "nedlagd" eller "f.d."), med riskklass 1 och 2. Dessa togs med i den geografiska sammanställningen. Information om vilken period deponierna varit aktiva saknades i stor utsträckning i länsstyrelsernas databas över förorenade områden. Detta innebär att deponier nedlagda innan PFAS började användas i samhället kan finnas med i sammanställningen.

Utöver deponier sammanställdes också utifrån i länsstyrelsernas databas över förorenade områden information om 31 anläggningar för farligt avfall. Vid dessa sker mottagning, mellanlagring, sortering och ibland behandling av farligt avfall som kan inkludera PFAS innehållande produkter. I sammanställningen togs endast relevanta anläggningar med riskklass 1 och 2 i länsstyrelsernas databas över förorenade områden.

Uppskattning av utsläppen från deponier i Sverige baserades på mätningar som gjorts dels inom COHIBA-programmet (endast 4 PFAS; (Kaj et al., 2011)), inom screeningen (Woldegiorgis et al., 2006) samt data från olika kontrollprogram i södra Sverige som sammanställts av Länsstyrelsen i Skåne län (opublicerade data). Dessutom användes data från en nyligen utförd screening av lakvatten från deponier som initierats av Naturvårdsverket, där lakvatten från sammanlagt 9 deponier analyserats med avseende på 26 olika PFAS. Sammanvägningen av data gjordes genom att beräkna det totala medelvärdet \bar{x} från de olika dataseten med hjälp av formeln:

$$\bar{x} = \frac{1}{n_{tot}} \sum \bar{x}_i \times n_i$$

där n_{tot} är det totala antalet prover som analyserats, \bar{x}_i är medelvärdet från dataset i och n_i antalet prover som analyserats i dataset i . Underlagsdata till uppskattningarna visas i Tabell B 1 i Bilaga 1. Som framgår av tabellen är det stor skillnad mellan medel och medianhalter i lakvatten, och det begränsade antalet prover som utgör underlaget gör det svårt att bedöma vilket värde som är mest rimligt. I denna sammanställning har vi valt att utgå från medelvärdena (där halter <LOD antagits vara noll), men uppger även intervall i form av min- och max-värden. De uppskattade utsläppen framgår av Tabell 2, där även utsläpp av de 9 PFAS som uppmätts i deposition (se avsnitt 3.4) presenteras. På grund av det begränsade underlaget skall dock resultatet tolkas med försiktighet.

Tabell 2. Utsläpp av PFAS via lakvatten (kg/år), där Σ PFAS innefattar 14 enskilda substanser, vilka framgår av Tabell B 1 i Bilaga 1.

Ämne	Till reningsverk	Till ytvatten	Till skogsmark
Σ PFAS	63 (0,24-470)	4,1 (0,02-31)	4,1 (0,02-31)
Σ_9 PFAS	21 (0-120)	1,4 (0-19)	1,4 (0-19)
PFOS	3,4 (0-120)	0,2 (0-7,8)	0,2 (0-7,8)

1.1.2. Rekommendationer

Skillnaden mellan ”produkt” och ”avfall” är stor när det gäller den information som finns om innehållet. I produkter anges i bästa fall förekomst av olika farliga ämnen men när produkten blir avfall finns ofta inte den informationen med och efterfrågas oftast inte heller. För att få detta att fungera på ett bättre sätt än idag behöver man säkerställa att information om innehållet i produkten följer med när produkten blir avfall.

En förbättrad information om innehållet av PFAS i varor och produkter ända från tillverkningsledet krävs för att kunna kvantifiera och följa PFAS-flöden från användning via avfall och ut till miljön.

I nuläget har endast ett fåtal sporadiska undersökningar av PFAS i lakvatten från svenska deponier utförts. För att möjliggöra kvalitativa uppskattningar av utsläpp från deponier är det önskvärt att fler och kanske även mer regelbundna mätningar utförs.

3.3 PFAS från reningsverk till miljön

3.3.1 Reningsverk

Information gällande 464 kommunala avloppsreningsverk ingick i den geografiska kartläggningen av PFAS-källor, utifrån informationen i Svenska Miljörapporteringsportalen samt SCB. Endast de anläggningar som är i drift inkluderades. För 336 anläggningar (>2000 pe) som ingår i SCBs statistik över producerad mängd slam och utgående vatten (utsläppsåret 2012; SCB, 2014) har utsläppen per anläggning också uppskattats. Resterande anläggningar är hämtade från Svenska Miljörapporteringsportalen och representerar anläggningar <2000 pe samt anläggningar >2000 pe som var i drift utsläppsåret 2014.

Reningsverk utgör en viktig spridningsväg av PFAS till miljön och anses ofta vara ett mått på den diffusa användningen av varor och produkter som innehåller olika farliga ämnen. Användning av PFAS-innehållande hushållsprodukter så som fönsterputsmedel, golvpols, bilvårdsprodukter samt kosmetiska

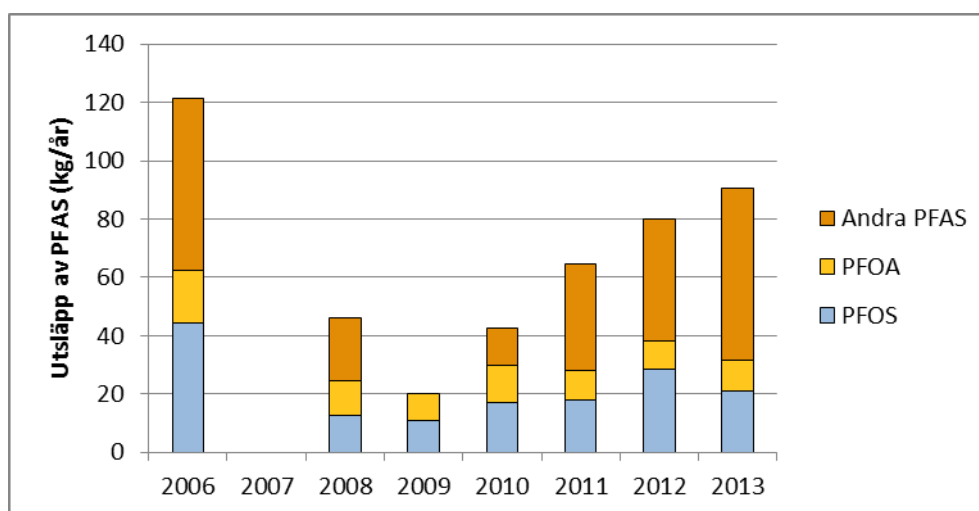
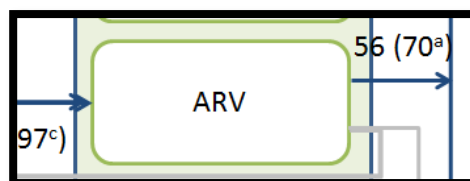
produkter leder till belastning av PFAS på inkommande vatten till reningsverk. Tvätt av textilier som innehåller PFAS kan också bidra till den totala belastningen. Vidare kan t.ex. industrier med verksamhet som omfattar hantering av PFAS utgöra en källa genom processvatten och spillvatten som leds till kommunala reningsverk.

I områden med förorenat grundvatten och dricksvatten är de förhöjda PFAS-halterna i inkommande vatten till reningsverk en källa i sig (Filipovic & Berger, 2015).

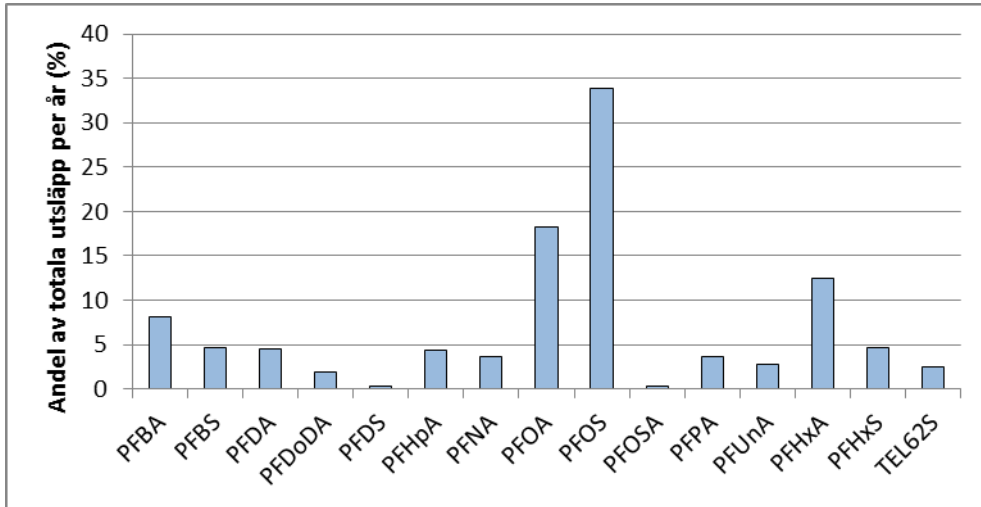
UTSLÄPP VIA RENINGSVERK

Utgående vatten

Utsläppen av PFAS (15 st) via utgående avloppsvatten från samtliga svenska reningsverk (>2000 pe) uppskattades till **ca 70 kg/år**, sett över alla åren 2006-2013. Skillnaden mellan det lägre och det högre utsläppsscenarioet visade sig vara försumbart och figurerna nedan representerar det högre scenarioet (d.v.s. värden <LOD=LOD). Data från år 2006 utgjordes av mätningar från en screeningstudie där endast två reningsverk inkluderats (Gässlösa och Henriksdal) som normalt uppvisar höga halter och dessutom har högre flöden än övriga verk och kan därför inte ses som representativa för Sverige, se även Bilaga 1 kapitel o. Om dessa data utesluts blir det genomsnittliga utsläppet av PFAS 60 kg, men PFOS fortfarande ca 20 kg. Som framgår av figuren varierar utsläppen mellan åren, vilket beror på att såväl totalflöden som flödesviktade koncentrationer varierar från år till år. Sett över åren 2008-2013 verkar utsläppen öka något (Figur 5), dock är det vanskligt att dra några slutsatser om trender med tanke på att proverna representerar endast ett dygn per år, samtidigt som antalet PFAS som analyserats varierar något mellan olika år. Förutom PFOS, är det framför allt PFOA, och PFHxA som bidrar (Figur 6), och tillsammans utgör dessa substanser i genomsnitt ca 65 % av utsläppen av PFAS via utgående vatten från reningsverk.



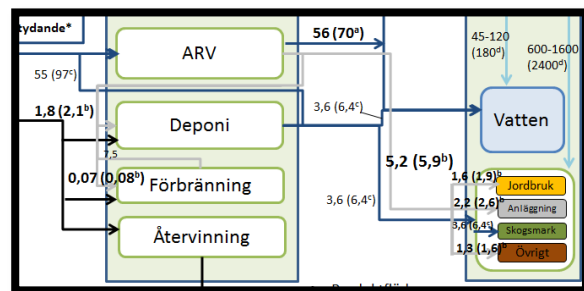
Figur 5. Uppskattade utsläpp av PFAS med utgående vatten från svenska reningsverk mellan åren 2006-2013, baserat på data från Naturvårdsverkets screeningprogram och miljöövervakningsprogram samt från forskningsprojektet COHIBA (2009-2010). Figuren visar det högre utsläppsscenarioet, där detektionsgränsen använts för halter under detektionsgränsen. Antalet ”övriga PFAS” som analyserats varierar mellan olika år, se Tabell B 2 i Bilaga 1.

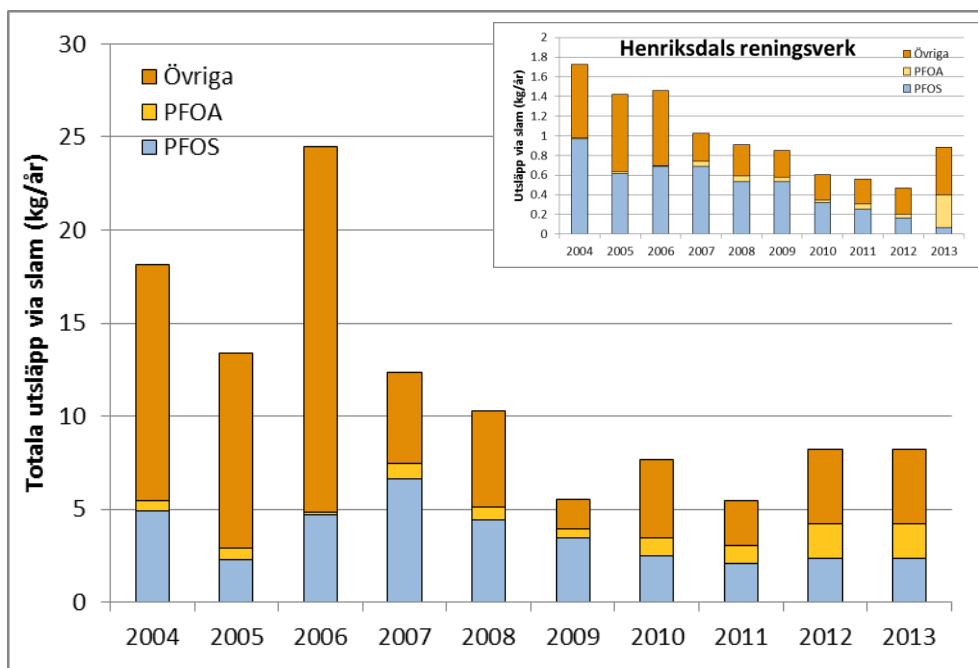


Figur 6. Beräknat procentuellt bidrag av olika PFAS till de totala utsläppen PFAS med utgående vatten från svenska reningsverk. Genomsnitt för åren 2006-2013.

Slam

Till skillnad från utsläppen via vatten, så uppvisar de totala utsläppen via slam en svagt nedåtgående trend, men som tycks ha planat ut runt 2008. För enskilda verk kan dock i vissa fall en nedåtgående trend skönjas, se exempel för Henriksdal i Figur 7. År 2013 uppskattas de totala utsläppen via slam till **8 kg per år**, varav 2 kg utgjordes av PFOS. Utsläppen via slam bedöms därmed vara ungefär 10 ggr lägre än utsläppen via vatten.

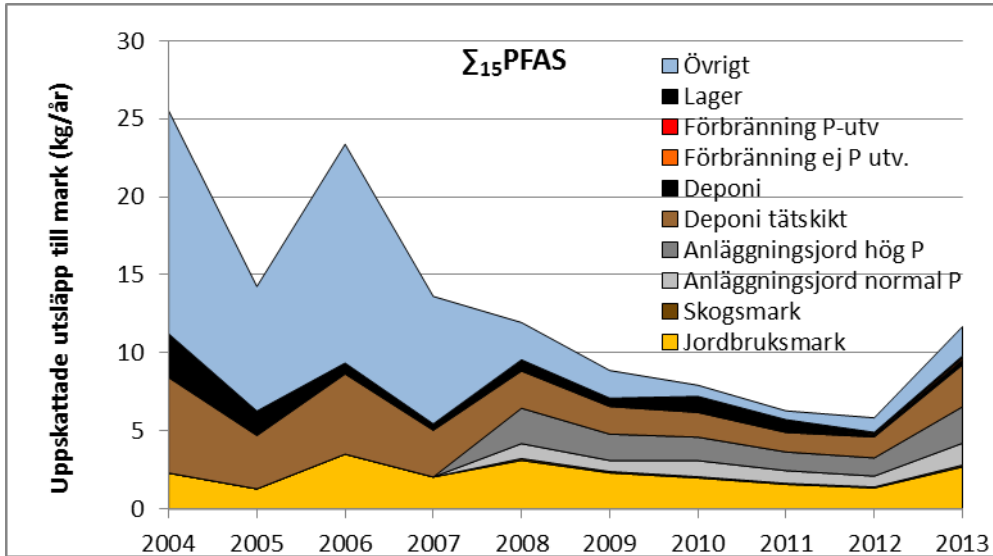




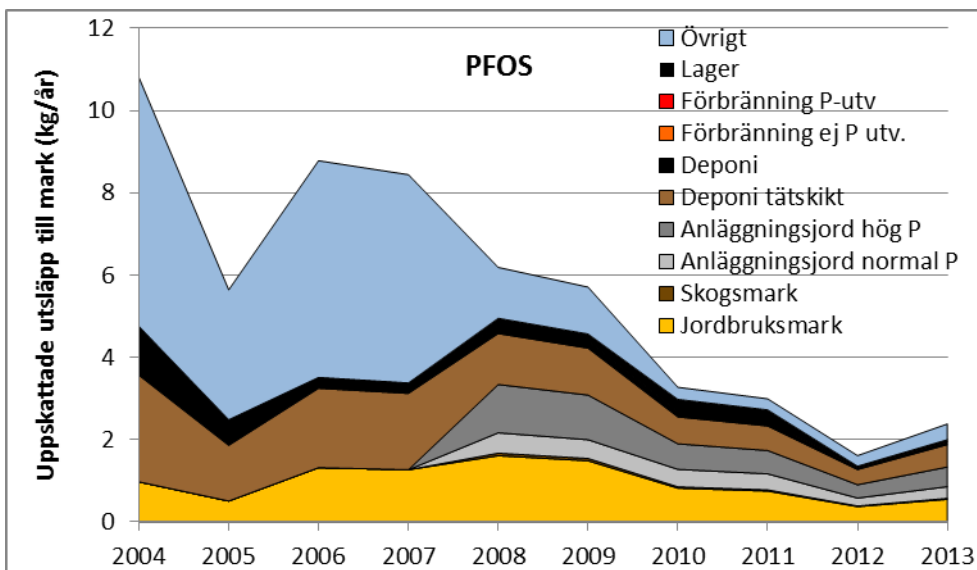
Figur 7. Genomsnittliga utsläpp av PFAS via slam totalt i Sverige samt för Henriksdals reningverk (lilla rutan). Antal "övriga PFAS" varierar mellan olika år, se Tabell B 3 i Bilaga 1 för detaljer.

Användningsområdena för reningsslam har varierat över åren och 2008 förändrades kategoriseringen av användningen som nu består av 10 olika kategorier. Tabell B 4 i Bilaga 1 visar total slam användning samt användningsområdenas procentuella fördelning över tid, såsom den antagits i denna sammanställning. Uppgifterna kommer från SCB (utsläppsåret 2012; SCB, 2014) där data angivits endast för jämna årtal. I Tabell B 4 har fördelningen för udda år antagits vara densamma som föregående år. Baserat på detta beräknades utsläppen av PFAS och PFOS till de olika användningsområdena för åren 2004-2013 (Figur 8, Figur 9).

År 2013 var de uppskattade utsläppen av PFAS till jordbruksmark och som tätskikt till deponier 1,9 kg vardera, följt av 1,6 kg som anläggningsjord (hög fosforhalt), 1 kg som anläggningsjord (låg fosforhalt), deponi 0,25 kg och övriga tillämpningar 1,6 kg (Figur 8). Motsvarande utsläpp för enbart PFOS var 0,5; 0,5; 0,3; 0,07 respektive 0,45 kg.



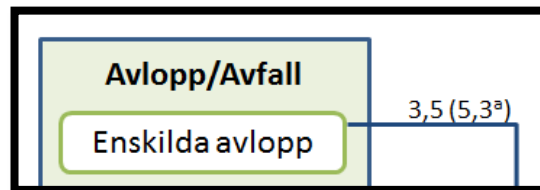
Figur 8. Uppskattade utsläpp av Σ_{15} PFAS via reningsverksslam år 2004-2013. Vilka 15 PFAS som inkluderats framgår av Tabell B 2 i Bilaga 1.



Figur 9. Uppskattade utsläpp av PFOS via reningsverksslam år 2004-2013.

3.3.2 Enskilda avlopp

Bidraget av PFAS från enskilda avlopp i Sverige uppskattades till 5,3 kg/år (år 2012), varav PFOS uppskattas stå för 1,1 kg/år. Denna uppskattning skall dock användas med försiktighet, då data på uppmätta koncentrationer i utgående vatten från enskilda avlopp saknas och uppskattningen baseras på uppmätta halter i kommunala reningsverk. Slam från enskilda avlopp transporteras till kommunala reningsverk.



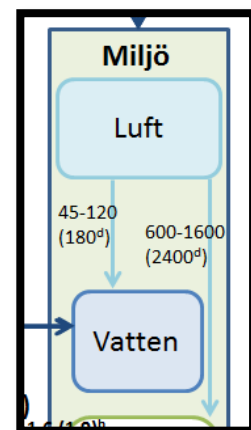
3.3.3 Rekommendationer

Underlaget för kvantifiering av utsläpp från reningsverk är bra, både när det gäller slam och utgående vatten. På sikt kan man överväga att utöka den nationella miljöövervakningen med flera PFAS, detta för att göra dataunderlaget ännu bättre.

Underlagsdata gällande enskilda avlopp skulle kunna förbättras, både med avseende på mätningar av PFAS-förekomst (t.ex. genom kommunala screeningar på enskilda avlopp) och med avseende på vattenflöden för att möjliggöra kvalitativa uppskattningar av flöden och utreda betydelsen av enskilda avlopp som källa av PFAS till miljön.

3.4 Atmosfärisk deposition

Den omfattande globala produktionen och användningen av PFAS har lett till stor global spridning och på den globala skalan är luft en viktig transportväg för dessa substanser. Källorna till deras förekomst i atmosfären varierar beroende på substans men kan t.ex. utgöras av utsläpp från tillverkningsprocesser av fluorpolymerer (i t.ex. Kina och USA) av exempelvis karboxylsyror (PFCA) och fluortelomeralkoholer (FTOH) som senare kan omvandlas och deponeras som sulfonater (t.ex. PFOS). Denna omfattande spridningen kombinerat med ämnenas persistens gör att de i luften kan transporteras långa vägar från den ursprungliga källan och via atmosfärisk deposition tillföras områden där ingen eller endast begränsad användning förekommer. Filipovic et al., (2013) uppskattade den årliga depositionen av fyra olika PFAS (PFHxA, PFOA, PFDA och PFOS) till Östersjön till mellan 60-367 kg/år, där PFHxA stod för lägst deposition och PFOA högst. År 2014 varierade årsnederbörden över landet mellan 284 – 1275 mm, med ett genomsnitt på 642 mm. I Sverige sker regelbundna mätningar av PFAS i luft och nederbörd inom det nationella övervakningsprogrammet endast på västkusten (Råö) och omfattar då enbart PFOS och PFOA (Luftdatabasen, ivl.se). Mätningar i luft visar att halterna på Råö är i nivå med vad som uppmätts i andra delar av Europa och i USA (Kim och Kannan, 2007; Dreyer et al., 2009; Barber et al., 2007). Halter av PFOS och PFOA i nederbörd som rapporterats från Råö är dock ca 2-20 högre än vad som uppmätts på andra platser i Europa såsom norra Tyskland (Dreyer et al., 2010), södra Frankrike (Kwok et al., 2010), norra Finland (Woldegiorgis et al., 2006) samt norra Sverige (Filipovic, 2015). En förklaring till de högre halterna i nederbörd kan vara Råös havsnära placering som kan påverka depositionsprocesserna av PFOS och PFOA. De högre halterna vid Råö kan även vara ett resultat av att Råö ligger i södra Sverige och att det finns en depositionsgradient i syd - nordlig riktning. Luftmätningar i norra Sverige saknas. Den provtagningsmetod som används på Råö är



densamma som vanligen används i andra undersökningar. Mätningarna från Råö användes inte för att uppskatta den atmosfäriska depositionen av PFAS i föreliggande studie.

Filipovic (2015) mätte koncentrationen av PFAS-ämnena i nederbörd i Krycklans avrinningsområde i Västerbotten i norra Sverige under perioden 2011-2012. Mätningarna omfattade sammanlagt 11 dubbelprover (d.v.s. totalt 22 prover) där totalt 9 PFAS analyserades (se Tabell B 5). Studien av (Dreyer et al., 2010), omfattade totalt 20 prover som samlades in 2007-2008 och analyserades på 17 olika PFAS (Tabell B 5). Koncentrationerna som uppmättes av Filipovic (2015) var i genomsnitt 4 ggr lägre än de som rapporterats av (Dreyer et al., 2010), vilket kan bero på geografiska skillnader, eller vara ett resultat av utfasningen av PFOS. Den totala medeldepositionen av Σ_9 PFAS i Sverige uppskattades med hjälp av dessa två dataset till:

- **1700 (90-21000) kg, varav PFOS 310 (13-1900) kg (Dreyer et al., 2010)**
- **650 (120-2100) kg, varav PFOS 23 (3,1-95) kg (Filipovic, 2015)**

Det atmosfäriska nedfallet av PFOS beräknas därmed vara i ungefär samma storleksordning (något högre eller lägre beroende på vilket dataset som används) som den totala uppskattade användningen av PFOS i Sverige på **190 kg** (KEMI, 2015). Ämnesspecifika depositionsberäkningar, samt uppskattningar för Σ_{17} PFAS visas i Tabell B 5 och Tabell 3.

Tabell 3. Uppskattad årlig atmosfärisk deposition av PFAS i Sverige, baserat på två olika dataset. I beräkningen av summor har koncentrationer under detektionsgränsen betraktats som noll.

DEPOSITION (kg/år)		Median	Medel	Min	Max	Data from
PFBS		<LOD	49	<LOD	630	Dreyer et al. 2010
PFHxS		<LOD	20	<LOD	290	Dreyer et al. 2010
		0,7	4,1	<LOD	75	Filipovic, 2015
PFHpS		<LOD	10	<LOD	120	Dreyer et al. 2010
PFOS		260	310	13	1900	Dreyer et al. 2010
		21	23	3,1	95	Filipovic, 2015
PFBA		410	640	<LOD	5400	Dreyer et al. 2010
PFHxA		27	78	<LOD	1100	Dreyer et al. 2010
		200	240	29	970	Filipovic, 2015
PFHpA		27	62	<LOD	690	Dreyer et al. 2010
		77	84	14	380	Filipovic, 2015
PFOA		360	470	<LOD	5300	Dreyer et al. 2010
		170	190	28	680	Filipovic, 2015
PFNA		96	190	13	2200	Dreyer et al. 2010
		48	512	11	170	Filipovic, 2015
PFDA		55	180	<LOD	4300	Dreyer et al. 2010
		41	38	4,5	120	Filipovic, 2015
PFUnDA		<LOD	52	<LOD	800	Dreyer et al. 2010
		16	18	4	61	Filipovic, 2015
PFDoDA		14	53	<LOD	980	Dreyer et al. 2010
		11	10	<LOD	33	Filipovic, 2015
PFTriDA		<LOD	27	<LOD	1100	Dreyer et al. 2010
PFTeDA		<LOD	56	<LOD	2200	Dreyer et al. 2010
MeFOSE		69	140	<LOD	2200	Dreyer et al. 2010
EtFOSE		<LOD	53	<LOD	1100	Dreyer et al. 2010
MeFBSE		110	150	<LOD	1700	Dreyer et al. 2010
S₁₇PFAS (S₉PFAS)	Land	1600 (930)	2400 (1600)	200 (80)	26000 (20000)	Dreyer et al. 2010
	Vatten	120 (70)	180 (120)	15 (6,3)	2000 (1500)	
	Totalt	1700 (1000)	2600 (1700)	220 (90)	28000 (21000)	
(S₉PFAS)	Land	580	600	110	2000	Filipovic 2015
	Vatten	43	45	8,4	150	
	Totalt	620	650	120	2100	

3.4.1 Rekommendationer

Regelbundna mätningar vid fler övervakningsstationer och analys av fler PFAS än vad som genomförs idag skulle leda till bättre underlagsdata för kvantifiering av det atmosfäriska nedfallet. Resultat från denna studie visar att den globala produktionen och användningen av PFAS leder till omfattande atmosfärisk deposition i Sverige och att atmosfären är en viktig spridningsväg av PFAS till svensk miljö.

4 Diskussion och slutsatser

Inom föreliggande studie har vi kartlagt och där möjligt kvantifierat PFAS-flöden från användning via avfall till miljö. Vidare har vi utifrån befintliga databaser och information, geografiskt kartlagt relevanta källor av PFAS till den svenska miljön.

En stor mängd PFAS flödar genom samhället då deras användningsområde är brett. KEMI (2015) visar att över 3000 olika PFAS kan finnas i omlopp på världsmarknaden i en rad olika produkter. Av alla PFAS är det endast ett fåtal som går att mäta med dagens analytiska metoder. Det är svårt att avgöra om ett ämne som hittas i miljön finns där p.g.a. att det en gång funnits i en produkt, eller om ämnet har bildats genom nedbrytning av ett annat ämne. De högfluorerade ämnena som uppmäts idag är persistenta och kan inte brytas ner i naturen. Många av dessa har också egenskaper som gör att de kan bioackumulera och biomagnifiera i näringskedjan.

Användning av varor och produkter som innehåller PFAS bidrar till dess spridning via avfallsflöden, reningsverk eller direkt till den yttre miljön. För de flesta verksamhetsområden i Sverige saknas idag faktiska mätdata. Användning av brandskum kan ses som den mest betydande PFAS-källan direkt till miljön ur ett historiskt perspektiv, och fortfarande idag innehåller brandskum per- och polyfluorerade ämnen även om innehållet har modifierats efter PFOS-förbudet 2011. Förorenade områden, t.ex. brandövningsplatser där PFAS finns kvar i marken bör räknas som pågående utsläppskälla oavsett om användningen är historisk eller pågående. Den idag mest kända utsläppskällan är därför brandövningsplatser där PFAS-innehållande brandskum frekvent har använts under årtionden. Det är också från dessa källor det finns mest data som med relativt stor säkerhet kan hänföras till ett specifikt användningsområde och en särskild produktgrupp. Brandövningsplatser, flygplatser, brandstationer och oljedepåer kan därför anses vara relevanta PFAS-källor.

Den viktigaste transportvägen av PFAS från samhället ut i miljön är sannolikt via reningsverken. Där kanaliseras många samlade utsläpp från produkter via hushåll, industrier och via lakvatten, samtidigt som PFAS-förorenat dricksvatten i urbana miljöer kan återcirkulera via reningsverken och därmed transporteras från grundvatten till ytvatten via dricksvattennätet och avloppsreningsverken. Av de totalt 3000 ämnena som KEMI (2015) hänvisar till mäts endast ett fåtal i utgående vatten, där majoriteten utgörs av PFOS, PFOA och PFHxA. Utsläppen via reningsverk tycks inte minska, även om dataunderlaget är lite för tunt för att säkra uttalanden om trender skall kunna göras. Bidraget av PFOS via utgående vatten (drygt 20 kg/år) är i samma storleksordning som det uppskattade atmosfäriska nedfallet enligt data från Filipovic (2015) men ca 10 ggr lägre än uppskattat nedfall enligt Dreyer et al. (2010). Utsläpp via slam verkar vara en begränsad utsläppsväg jämfört med utsläppen via utgående vatten.

Industriella verksamheter kan utgöra källor till reningsverk och bidra till den totala belastningen av PFAS från samhället via reningsverk till miljön. Enskilda platser där det tidigare förekommit verksamhet med PFAS kan också anses vara möjliga källor även idag.

Betydelsen av deponier som utsläppsväg av PFAS är oklar på grund av det begränsade dataunderlaget, men uppskattade siffror framtagna i denna studie, indikerar att lakvatten från deponier kan vara en betydande källa till reningsverken och även till viss del direkt till ytvatten och skogsmark. En mer omfattande kartläggning av koncentrationer av PFAS i lakvatten behövs dock för att kunna göra säkrare bedömningar.

I arbetet med den geografiska kartläggningen av relevanta historiska och befintliga källor till PFAS i miljön, blev det uppenbart att det ofta saknas information om dessa ämnen i produkter, sannolikt eftersom de är så potenta och används i så små mängder. De verksamheter som vi har identifierat genom att koppla

användningsområden till geografiskt bestämda anläggningar i Sverige måste därmed anses som potentiella källor.

Kartläggningen visar att över 2000 objekt i Sverige kan vara källor till utsläpp. Sammanställningen bör ses som en första bruttolista. I takt med att mer information blir tillgänglig bör listan uppdateras och kompletteras. Genom att koppla den geografiska kartläggningen av källor med kartläggningen av halter i miljön som Skåne län utför inom samma regeringsuppdrag, finns det vidare möjligheter att identifiera vilka av de potentiella källorna som är av större betydelse.

Möjligheten att kvantifiera flöden och utsläpp av PFAS från enskilda produktgrupper (undantaget brandskum) via avfallsled till miljön begränsades av brist på tillgänglig information. Alla produkter kasseras förr eller senare som avfall. Det innebär att PFAS också efterhand hamnar i avfallet. Det står tydligt att skillnaden mellan ”produkt” och ”avfall” är väl stor när det gäller den information som finns om innehållet. I produkter pratar vi om förekomst av olika farliga ämnen men när produkten blir avfall finns ofta inte den informationen med. Avfallsbranschen har länge påpekat detta problem eftersom det hindrar återvinning (svårigheter att garantera innehållet i en ny råvara) men också kan ge andra problem som t.ex. felaktiga val av behandlingsmetoder. För att få detta att fungera på ett bättre sätt än idag behöver man säkerställa att information om innehållet i produkten följer med när produkten blir avfall. Många olika lösningar diskuteras redan, det kan vara t.ex. QR-koder, produktregister, dagböcker för byggnader osv. Arbete behöver göras för att det ska vara möjligt att gå från diskussioner till genomförande.

Utifrån studien har några förbättringsförslag som skulle innebära bättre dataunderlag för identifiering av källor och kvantifiering av PFAS flöden sammanfattats. Dessa är:

- Förbättrat dataunderlag gällande miljöövervakningsdata: t.ex. atmosfärisk deposition, lakvatten, enskilda avlopp; fler mätstationer samt större antal ämnen.
- Förbättrad information om PFAS innehållet i varor och produkter krävs för att kunna kvantifiera och följa PFAS flöden från användning via avfall och ut till miljön.
- Förbättrad information i befintliga databaser t.ex. länsstyrelsernas databas över förorenade områden – informationen om PFAS saknas.
- Industriell verksamhet, brandövningsplatser och brandstationer är verksamheter som bör undersökas närmare, i syfte att eliminera de som möjliga källor eller för att göra listan mer komplett.
- Förbättra dokumentationen över skumanvändningen i Sverige, t.ex. större bränder – utifrån befintlig information går det inte utläsa hur mycket använt skum som är filmbildande och därmed troligtvis innehåller PFAS.
- Brandövningsplatser (oavsett verksamhetsutövare) – där möjligt förbättra information om vilka slags övningar som förekommit samt vilka släckmedel som användes vid övningarna.
- Avfallsflöden - säkerställa att information om innehållet i produkten följer med när produkten blir avfall.

5 Källförteckning

Barber J.L., Berger U., Chaemfa C., Huber S., Jahnke A., Temme C., Jones K.C., 2007. Analysis of per- and polyfluorinated alkyl substances in air samples from Northern Europe. *Journal of Environmental Monitoring*.

Björklund JA, Thuresson K, de Wit CA. Perfluoroalkyl Compounds (PFCs) in Indoor Dust: Concentrations, Human Exposure Estimates, and Sources. *Environmental Science & Technology* 2009; 43: 2276-2281.

Borås stad, 2015. Information om mängder PFAS i inkommande vatten från vissa industrier och deponier inom Borås kommun. Obpublicerade data erhållna via Lst Skåne.

Carlsson A., Hemström K., Edborg P., Stenmarck Å., Sörme L., 2011. Kartläggning av mängder och flöden av textilavfall, SMED rapport 2011:46.

Dreyer A., Matthias V., Temme C., Ebinghaus R., 2009. Annual Time series of air concentrations of polyfluorinated compounds. *Environmental Science & Technology* 2009, 43: 4029-4036.

Dreyer A., Matthias V., Weinberg I., Ebinghaus R. 2010. Wet deposition of poly- and perfluorinated compounds in Northern Germany. *Environmental Pollution* 2010; 158: 1221-1227.

Ejhed H., Magnér J., Olshammar M., Remberger M., Norström K., Lilja K., Momina Bibi M., Reimer K-A. 2012. Enskilda avlopp som källa till läkemedelsrester och andra kemikalier. IVL B2070

Ek M., Junestedt C., Larsson C., Olshammar M., Ericsson M., 2011. Teknikenkät – enskilda avlopp 2009. SMED rapport 44.

Elander M., Sörme L., Dunsö O., Stare M., Allerup J., 2014. Konsumtion och återanvändning av textilier, SMED rapport 2014:149

Filipovic M., 2015. Fate of perfluoroalkyl acids in the aquatic environment with a focus on mass balance studies, 2015. Department of Environmental Science and Analytical Chemistry, Stockholm University, Stockholm, 2015, pp. 35.

Filipovic M. och Berger U., 2015. Are perfluoroalkyl acids in waste water treatment plant effluents the results of primary emissions from the technosphere or of environmental recirculation? *Chemosphere* 2015; 129, 74-80.

Filipovic M, Berger U, McLachlan MS, 2013. Mass Balance of Perfluoroalkyl Acids in the Baltic Sea. *Environmental Science & Technology*; 2013 47: 4088-4095.

Hansson K., Andersson H., Ejhed H., Liljeberg M., Olshammar M., Skårman T., IVL, Sörme L., Dunsö O., SCB, Segersson D, SMHI, (2012). Diffusa emissioner till luft och vatten. SMED rapport

Herzke D., Olsson E. Posner S. 2012. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in consumer products in Norway – a pilot study. *Chemosphere* 88, 980-987.

Kaj L., Allard A-S., Andersson H., Hageström U., Brorström-Lundén E., Schultz L., 2011. WP3 National Report Sweden. www.cohiba-project.net/publications, IVL Swedish Environmental Research Institute.

KEMI, 2013. PM 5/13. Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter. www.kemi.se

KEMI, 2014. PM 3/14. Kartlägningsrapport över skumvätskor på den svenska marknaden. www.kemi.se

KEMI, 2015. Rapport 6/15. Förekomst och användning av högfluorerade ämnen och alternativ. Rapport från ett regeringsuppdrag. www.kemi.se

Kim S-K och Kannan K., 2007. Perfluorinated acids in air, rain, snow, surface runoff, and lakes: relative importance of pathways to contamination of urban lakes. *Environmental Science & Technology* 2007, 41: 8328-8334.

Kwok KY, Taniyasu S, Yeung LWY, Murphy MB, Lam PKS, Horii Y, 2010. Flux of Perfluorinated Chemicals through Wet Deposition in Japan, the United States, And Several Other Countries. *Environmental Science & Technology* 2010; 44: 7043-7049.

Naturvårdsverket, 2014. Avfall i Sverige 2012, Naturvårdsverksrapport 6619

Naturvårdsverket, 2015. Miljöövervakningsdata - Screening av miljögifter, <http://dvss.ivl.se/registersida.aspx>, 2015.

Norström K., Viktor T., Cousins A.P., Magnus Rahmberg. 2015. Risks and Effects of the dispersion of PFAS on Aquatic, Terrestrial and Human populations in the vicinity of International Airports. IVL B2232

Plassmann M., Denninger A. och Berger U., 2011. Environmental occurrence and fate of semifluorinated n-alkanes in snow and soil samples from a ski area, *Chemosphere* 85 (2011) 1458-1463

Prevedouros K, Cousins IT, Buck RC, Korzeniowski SH. Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. *Environmental Science & Technology* 2006; 40: 32-44.

Sandblom O., 2014. Waste Incineration as a Possible Source of Perfluoroalkyl Acids to the Environment – Method Development and Screening. Master's thesis, 2014:4. ITM, Stockholm University

SMED, 2013. Avfall i Sverige 2012 – NV rapport 6619

SMHI. Nederbörd, 2015. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord>

Swedavia 2014. Svennson, H. Sammanställning av PFOS förorening vid Swedavias flygplatser. Swedavia report. 2013-11-14, D02012-. Göteborg Landvetter Airport

Räddningstjänsten, 2015: Enkät svar från räddningstjänsterna, del 2.

Woldegiorgis A., Andersson .J, Remberger M., Kaj L., Ekheden Y., Blom L., 2006. Results from the Swedish National Screening Programme 2005 - Subreport 3. Perfluorinated Alkylated Substances (PFAS), IVL Swedish Environmental Research Institute. IVLB1698

SCB, 2014. Utsläpp till vatten och slamproduktion 2012. Kommunala reningsverk, massa- och pappersindustri samt övrig industri. MI 22 SM 1401

Skidspår.se, 2015. Databas över Sveriges längdskidspår. www.skidspår.se

SMC (2014): Släckmedelscentralen,

https://www.msb.se/Upload/Insats_och_beredskap/Brand_raddning/Oljedepa/Sl%C3%A4ckmedelscentralen%20SMC%20svenska.pdf

Vestergren R., Herzke D., Wang T., Cousins I.T. 2015. Are imported consumer products an important diffuse source of PFASs to the Norwegian environment? Environmental Pollution, 198, 223-230

Yamada T., Taylor P.H., Buck R.C., Kaiser M.A., Giraud R.J. 2005. Thermal degradation of fluorotelomer treated articles and related materials. Chemosphere 61, 974-984.

Personlig kommunikation:

Christer Forsgren, Stena Metall

Helena Svensson, Swedavia

Rapporter från Försvarmakten/Miljöprovningseenheten:

FOI (2013) Perfluorerade ämnen i jord, grundvatten och ytvatten. Riskbild och åtgärdsstrategier. FOI-R-3705-SE

MTU avseende PFAS, F21 Kallax. 2014-12-19. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,4.

MTU avseende PFAS inom Skaraborgs flygflottilj, F 7 Såtenäs. 2015-05-13. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,8.

MTU avseende PFAS, f.d. Bråvalla F13, Norrköping. 2014-11-28. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,7.

Miljöteknisk markundersökning FMTS, Halmstad. Undersökning rörande PFC:er i jord, grund- och ytvatten. 2013-11-27. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8112149,3

Kompletterande miljötekniska markundersökningar vid f.d. F10. Ängelholm. 2013-01-11. Rapport – NIRAS.

Slutrapport – Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats. 2015-03-04. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114011,2.

Miljöteknisk markundersökning och översiktlig riskbedömning avseende brandövningsplatser, objekt 5 och 6, på F15 i Söderhamn. 2013-11-25. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8113024.

MTU avseende perfluorerade ämnen vid brandövningsplatser, Malmens flygplats, f.d. Malmslätt i Linköping. 2014-10-06. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,3

MTU avseende PFAS, Karlsborgs flygplats. 2015-03-17. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,2 samt 8114029,15.

PFAS-föreningen vid Uppsala flygplats. PM–Beräkning av källstyrka och kvarvarande PFAS-mängder. 2015-04-10. Rapport – NIRAS.

Uppföljande grundvattenprovtagning avseende perfluorerade ämnen vid f.d. F10, Ängelholm. 2014-02-21. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8113089.

Huvudstudie f.d. F 18 Tullinge flygflottilj. Perfluorerade ämnen-jord, grund- och ytvatten. 2014-04-16. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114003.

MTU avseende PFAS vid f.d. räddningsstationen samt kring Sänksjön, F 17 Kallinge, Ronneby kommun. 2015-02-11. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114005,2

Miljöteknisk markundersökning avseende perfluorerade ämnen vid brandövningsplatsen F17, Kallinge. 2014-04-01. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114005.

MTU avseende PFAS, f.d. F9 Säve. 2015-06-26. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,9

MTU avseende perfluorerade ämnen vid brandövningsplatser, f.d. F1 Hässlö (Västerås). 2015-06-29. Rapport – NIRAS Projekt nr. 8114029,1

MTU avseende PFAS inom f.d. Jämtlands flygflottilj, F4 Frösön. 2015-07-03. Rapport - NIRAS Projekt nr. 8114029,6

Försvarsmakten 2015: PM-Lägesrapport arbete PFAS förorenade områden. FM2015-12720:2

Bilaga 1 Utökad Metodik

Nedan presenteras underlag för substansflödesanalysen (SFA) samt en utökad metodik till den geografiska kartläggningen av PFAS-källor.

Kartläggning av flöden av PFAS till miljön

Avfall

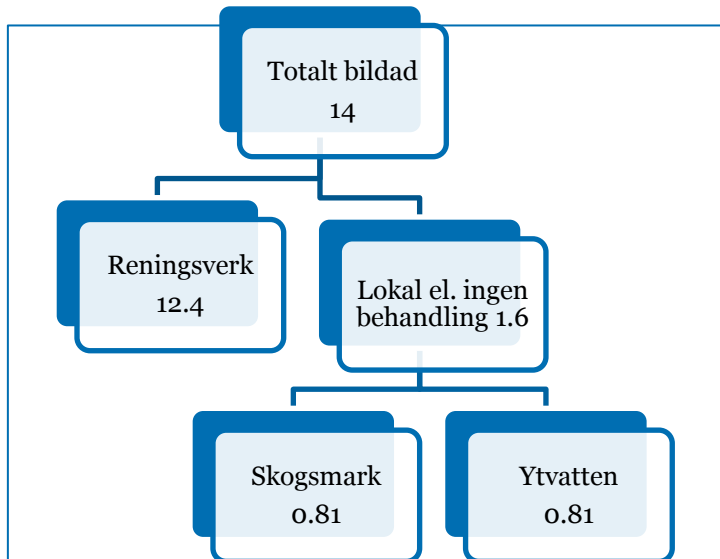
AVFALLSFLÖDEN PER PRODUKTKATEGORI

Med hjälp av befintliga rapporter och genom personliga kontakter med företrädare från avfallsbranschen och från de industrier som genererar avfall innehållande PFAS, har vi gjort en kartläggning över de avfallsflöden som är relevanta för de produktgrupper som utpekats av KEMI (2015), samt belyst var i avfallskedjan läckage av PFAS till den yttre miljön kan uppkomma. Vid övergången från ”produkt” till ”avfall” omkategoriseras flödena, varvid information om ämnesinnehåll går förlorad. Då kunskap om kvantiteter av PFAS i produkter i Sverige dessutom saknas (KEMI, 2015) var det inte möjligt att kvantifiera flöden från avfallsledet.

UTSLÄPP VIA DEPONIER

Inom det nationella screeningprogrammet och andra regionala undersökningar har ett antal lakvattenprover analyserats för PFAS-ämnena (

Tabell B 1). Potentialen för dessa att släppas vidare ut i miljön beror på hur lakvattnet behandlas, vilket varierar från deponi till deponi. Enligt den nationella avfallsstatistiken genererades år 2012 $1,4 \times 10^7$ m³ lakvatten, varav $12,4 \times 10^7$ gick till behandling i kommunala reningsverk eller motsvarande, och resterande fördelades lika mellan ytvatten och skogsmark enligt Figur B 1. Denna balans användes sedan för att beräkna utsläpp utifrån uppmätta halter i lakvatten.



Figur B 1. Lakvattenströmmar från deponier i Sverige år 2012 (miljoner m³) enligt den nationella avfallsstatistiken. Källa: SMED, 2013.

Tabell B 1. Uppmätta koncentrationer i lakvatten (ng/L)

Ämne	Koncentration (ng/L)				n	Referens
	Medel	Median	Min	Max		
PFBA	6	<LOD	<LOD	30	5	Woldegiorgis et al., 2006
	<LOD	<LOD	<LOD	0.83	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFBS	30	<LOD	<LOD	110	5	Woldegiorgis et al., 2006
	10	<LOD	<LOD	36	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
	140		16	350	3	Lst Skåne
PFDA	15				1	COHIBA
	66	<LOD	<LOD	220	5	Woldegiorgis et al., 2006
	29	24	<LOD	68	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	2	Lst Skåne
PFDoDA	0.41	<LOD	<LOD	3.7	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFDS	0,056	<LOD	<LOD	0.28	5	Woldegiorgis et al., 2006
	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	2	Lst Skåne
	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFHpA	88	30	<LOD	260	5	Woldegiorgis et al., 2006
	53	54	<LOD	130	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFHxA	830				1	COHIBA
	62		<LOD	310	5	Woldegiorgis et al., 2006
	150	128	<LOD	510	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFHxDA	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFHxS	2200	<LOD	12	8900	5	Woldegiorgis et al., 2006
	42	49	<LOD	84	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFNA	35	11	<LOD	100	5	Woldegiorgis et al., 2006
	61		45	76	2	Lst Skåne
	3,5	2,3	<LOD	7,6	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFOA	1223				1	COHIBA
	1270		38	4200	5	Woldegiorgis et al., 2006
	226		<LOD	1800	17	Lst Skåne
	140	130	<LOD	370	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
	137		<LOD	290	20	Lst Jönköping
PFOcDA	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015

Ämne	Koncentration (ng/L)				n	Referens
	Medel	Median	Min	Max		
PFOS	1485		1485	1500	1	COHIBA
	2364		32	9600	5	Woldegiorgis et al., 2006
	60		<LOD	270	26	Lst Skåne
	29	24	<LOD	68	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
	85		<LOD	110	20	Lst Jönköping
PFOSA	2	<LOD	<LOD	7	5	Woldegiorgis et al., 2006
	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	2	Lst Skåne
PFPeA	11	5,9	<LOD	30	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFTeDA	0,42	<LOD	<LOD	3,8	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFTriDA	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
PFUnA	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	5	Woldegiorgis et al., 2006
PFUnA	0,3	<LOD	<LOD	2,7	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
TEL62S	3300	<LOD	19	14000	5	Woldegiorgis et al., 2006
6:2 FTSA	54	59	<LOD	130	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
FOSA	0,067	<LOD	<LOD	0,3	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
FOSAA	0,1	<LOD	<LOD	0,9	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
N-EtFOSA	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
N-EtFOSAA	2,5	0,5	<LOD	16	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
N-EtFOSE	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
N-MeFOSA	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
N-MeFOSAA	0,5	<LOD	<LOD	4,2	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
N-MeFOSE	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
Σ7:PFASs	440	400	<LOD	1140	9	NV:s screening av lakvatten, 2015
Σ:PFASs	500	440	0,3	1300	9	NV:s screening av lakvatten, 2015

Avlopp**UTSLÄPP VIA RENINGSVERK***Utgående vatten*

För att bedöma belastningen av PFAS från svenska reningsverk utgick vi från de mätningar på utgående vatten som genomförts inom det nationella screeningprogrammet (Woldegiorgis et al., 2006), inom det nationella miljöövervakningsprogrammet på utgående avloppsvatten (Naturvårdsverket, 2015) samt inom forskningsprojektet COHIBA (Kaj et al., 2011). Uppskattningarna gjordes dels på årsbasis, dels sammanställt över samtliga år. För varje enskilt PFAS-ämne *i* beräknades flödesviktade koncentrationer $C_{i,t,viktad}$ (ng/L) för varje år *t* enligt följande:

$$C_{i,t,viktad} \text{ (ng/L)} = (\sum E_{i,t} / \sum EQ_t) \times 10^9 \quad (1)$$

där $\sum E_{i,t}$ är summan av de beräknade dygnsvisa utsläppen (kg/d) av ämne *i* under ett specifikt år *t* från alla undersökta reningsverk. $\sum Q_t$ är summan av vattenflödena (m³/d) från de aktuella reningsverken under år *t*. De dygnsvisa utsläppen $E_{i,x}$ (kg/d) från varje reningsverk och mättillfälle *x* beräknades utifrån angivna vattenflöden Q_x (m³/d) för det specifika reningsverket så nära aktuellt provtagningsdatum som möjligt och de uppmätta koncentrationerna för ämne *i*, d.v.s.

$$E_{i,x} = C_{i,x} \text{ (ng/L)} \times Q_x \times 10^{-9} \quad (2)$$

Två scenarion beaktades, ett där halter under detektionsgränsen sattes till 0, och ett där de sattes till värdet på detektionsgränsen. För att beräkna den totala belastningen från svenska reningsverk på årsbasis användes den flödesviktade koncentrationen $C_{i,t,viktad}$ (ng/L), vilken multiplicerades med det totala nationella vattenflödet från alla svenska reningsverk år *t*. Flödesviktade koncentrationer av 15 PFAS i utgående avloppsvatten för enskilda år, samt sammantaget över alla år visas i Tabell B 2. En genomsnittlig belastning för samtliga år beräknades genom att samtliga utsläpp och flöden summerades oberoende av år, och en viktad koncentration erhålls enligt ekvation 1, vilken sedan multiplicerades med det nationella flödet respektive år. För de år där flödesdata saknades antogs samma värde som närmast rapporterade år.

Tabell B 2. Flödesviktade koncentrationer (ng/L) av PFAS i utgående avloppsvatten för enskilda år samt sammantaget för samtliga år.

	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Alla år
PFBA	3,5			1,8	4,2	4,9	16	7,5
PFBS	4,3				6,9	3,1	3,5	4,4
PFDA	12			1,2	1,3	1,8	2,5	3,2
PFDoDA		7,2		0,64	0,21	0,27	0,04	1,8
PFDS	0,28			0,27	0,10	0,60	0,13	0,42
PFHpA	6,4			1,6	3,1	4,1	2,1	3,9
PFNA	9,7			0,76	1,5	1,6	1,6	2,5
PFOA	18	12	8,9	12	8,5	7,9	8,4	10
PFOS	43	12	11	16	15	23	17	17
PFOSA	0,24	0,05		0,06	0,31	0,25	0,47	0,26
PFPA				1,3	3,4	3,8	5,0	4,2
PFUnDA	11			0,27	0,28	0,57	0,10	1,3
PFHxA	3,5	14		2,5	6,9	8,8	13	9,8
PFHxS	6,5			1,3	2,7	4,5	3,2	3,9
TEL62S	11							11

Slam

I reningsverken fördelas PFAS även till slam, och kan därmed spridas ut till miljön även via slamhanteringen. Inom det svenska miljöövervakningsprogrammet mäts koncentrationer av PFAS i reningsverksslam regelbundet. Genomsnittliga koncentrationer av PFAS i reningsverksslam som uppmättes inom det nationella miljöövervakningsprogrammet visas i Tabell B 3. Dessa koncentrationer multiplicerades med den nationella slamproduktionen per år (Tabell B 4) för att generera de totala utsläppen. Fördelning enligt slammets användningsområden (Tabell B 4) gjordes också. Med hjälp av de framtagna schablonhalterna uppskattade utsläppen per anläggning med hjälp av anläggningsspecifika uppgifter på vattenflöden samt slamproduktion.

Tabell B 3. Genomsnittlig koncentration av PFAS (ng/g TS) i slam från svenska reningsverk år 2004-2013.

År	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Konc. (ng/g TS)										
PFBA		1,5	4,3							
PFBS									0,1	0,1
PFDA	10,5	10,2	12,8	6,2	4,9	1,8	6,8	3,6	5,0	5,0
PFDoDA	6,2	9,3	12,1	2,0	2,7	1,5	1,5	1,1	1,6	1,6
PFDS	8,7	3,4	7,8	1,3	0,8	1,3	1,0	1,0	3,4	3,4
PFHpA	0,7	<LOD	0,1	0,6	0,5	0,1	0,6	0,3	1,1	1,1
PFNA	2,5	3,8	3,8	1,6	1,8	0,4	1,4	0,7	1,1	1,1
PFOA	2,7	3,0	0,7	4,0	3,1	2,3	4,6	4,8	9,0	9,0
PFOS	23,4	10,9	22,8	32,1	20,7	16,2	12,4	10,3	11,4	11,4
PFOSA	2,1	1,0	2,1	0,8	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
PFPeDA				<LOD	0,1	<LOD	<LOD	0,1	<LOD	<LOD
PFTriDA	2,5	3,6	10,5	1,1	1,1	<LOD	0,7	0,6	0,5	0,5
PFTeDA	0,5	0,2	2,5	<LOD	0,2	0,2	0,1	0,5	1,4	1,4
PFUnDA	19,3	11,9	38,6	8,6	11,2	1,2	6,9	1,5	1,5	1,5
PFHxA	2,2	2,7	<LOD	1,5	1,0	0,8	1,6	1,8	2,2	2,2
PFHxS	0,4	<LOD	0,1	<LOD	0,1	0,1	<LOD	0,1	1,0	1,0
TEL62S	<LOD	0,2	<LOD							
TEL82S	4,6	2,1								

Tabell B 4. Total slamproduktion samt slammets användningsområden i Sverige år 2004-2013.

Användning	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Slamprod. (kton TS/år)	210	210	207	207	214	214	204	204	207	207
Jordbruksmark (%)	9	9	15	15	26	26	25	25	23	23
Skogsmark(%)					1	1	1	1	1	1
Anläggningsjord normal P (%)					8	8	13	13	12	12
Anläggningsjord hög P (%)					19	19	19	19	20	20
Deponi tätskikt(%)	24	24	22	22	20	20	20	20	23	23
Deponi (%)	11	11	3	3	3	3	4	4	3	3
Förbränning ej P-utv. (%)								0	1	1
Förbränning P-utv (%)					0	0	0	0	0	0
Lager (%)					3	3	9	9	1	1
Övrigt (%)	56	56	60	60	20	20	9	9	16	16

UTSLÄPP VIA ENSKILDA AVLOPP

Kunskapen om PFAS i enskilda avlopp är högst begränsad. Ejhed et al. (2012) analyserade år 2011 PFOS och PFOA i en recipient där enskilda avlopp var den enda kända källan, vilket visade på halter som var lägre än i andra referenssjöar. Ett sätt att uppskatta bidraget från enskilda avlopp är genom att anta att utsläppen per personekvivalent (pe) är desamma som från kommunala reningsverk. De uppskattade utsläppen från reningsverk räknades om till utsläpp per pe i Sverige år 2012 (8165388; SCB, 2014) vilket multiplicerades med antalet pe anslutna till enskilda avlopp som inte är kopplade till kommunala reningsverk (540 000; Ek et al., 2011).

Atmosfärisk deposition

Den totala depositionen av PFAS på Sveriges yta kan uppskattas med hjälp av den årliga regnmängden samt koncentrationen av PFAS i regnvatten. Då årsnederbörden varierar över landet är det sannolikt att även depositionen av PFAS gör det, men i denna sammanställning har vi uppskattat genomsnittliga mängder genom att multiplicera årsnederbörden (SMHI, 2015) med uppmätta koncentrationer från litteraturen (Dreyer et al., 2010; Filipovic, 2015) samt Sveriges yta. Med hjälp av information om andelen vattenyta (0,07) respektive landyta (0,93) (Hansson et al., 2012) beräknades deposition till land respektive vatten.

Tabell B 5. Nederbörd i Sverige år 2014 (SMHI, 2015) samt uppmätta koncentrationer av PFAS i nederbörd i norra Tyskland år 2007-2008 (Dreyer et al., 2010) samt i Krycklans avrinningsområde i Västerbotten år 2011-2012 (Filipovic, 2015). I beräkningen av summor har koncentrationer under detektionsgränsen betraktats som noll.

	Median	Medel	Min	Max	Ref
Nederbörd (mm/år)	610	640	280	1300	SMHI, 2015
Nederbörd Sverige (m ³ /år)	2,7×10 ¹¹	2,9×10 ¹¹	1,3×10 ¹¹	5,7×10 ¹¹	
C_{PFAS} (ng/L)					
PFBS	<LOD	0,17	<LOD	1,1	Dreyer et al. 2010
PFHxS	<LOD	0,07	<LOD	0,50	Dreyer et al. 2010
	<LOD	0,01	<LOD	0,13	Filipovic, 2015
PFHpS	<LOD	0,04	<LOD	0,20	Dreyer et al. 2010
PFOS	0,95	1,1	0,1	3,3	Dreyer et al. 2010
	0,08	0,08	0,02	0,17	Filipovic, 2015
PFBA	1,5	2,2	<LOD	9,4	Dreyer et al. 2010
PFHxA	0,10	0,27	<LOD	1,9	Dreyer et al. 2010
	0,73	0,83	0,23	1,7	Filipovic, 2015
PFHpA	0,10	0,22	<LOD	1,2	Dreyer et al. 2010
	0,28	0,29	0,11	0,65	Filipovic, 2015
PFOA	1,3	1,6	<LOD	9,3	Dreyer et al. 2010
	0,63	0,65	0,22	1,2	Filipovic, 2015
PFNA	0,35	0,65	0,10	3,7	Dreyer et al. 2010
	0,18	0,18	0,08	0,29	Filipovic, 2015
PFDA	0,20	0,63	<LOD	7,5	Dreyer et al. 2010
	0,15	0,13	0,04	0,21	Filipovic, 2015
PFUnDA	<LOD	0,18	<LOD	1,4	Dreyer et al. 2010
	0,06	0,06	0,03	0,11	Filipovic, 2015
PFDoDA	0,05	0,19	<LOD	1,7	Dreyer et al. 2010
	0,04	0,04	<LOD	0,06	Filipovic, 2015
PFTriDA	<LOD	0,10	<LOD	1,9	Dreyer et al. 2010
PFTeDA	<LOD	0,20	<LOD	3,9	Dreyer et al. 2010
MeFOSE	0,25	0,50	<LOD	3,8	Dreyer et al. 2010
EtFOSE	<LOD	0,19	<LOD	2,0	Dreyer et al. 2010
MeFBSE	0,40	0,51	<LOD	3,0	Dreyer et al. 2010
SUMMA PFAS 17 (9)	6,0 (3,7)	8,8 (5,8)	1,7 (0,7)	49 (36)	Dreyer et al. 2010
SUMMA PFAS 9	2,3	2,3	0,9	3,6	Filipovic 2015

Geografisk kartläggning av relevanta PFAS-källor till miljön

Nedan presenteras vilka datakällor som användes till den geografiska kartläggningen av relevanta PFAS-källor till miljön.

Information från Länsstyrelser - NV enkät

Inom ramen för projektet har information från Naturvårdsverkets enkät till Länsstyrelser sammanställts.

Frågor som ingick i enkäten var:

1. Har länsstyrelsen, kommuner, verksamhetsutövare eller annan inventerat potentiella källor/potentiellt förorenade områden i ert län?
2. Finns underlag som inte är inlagt i länsstyrelsernas databas över förorenade områden?
3. Har länsstyrelsen, kommuner, verksamhetsutövare eller annan beräknat/uppskattat mängder av PFAS/PFOS/brandskum som släppts ut från föroreningskällor i länet?
4. Finns sammanställning av större bränder i ert län?
5. Har ni annat relevant underlag om källor till högflourerade ämnen i ert län?

18 Länsstyrelser inkom med svar. I underlaget från Länsstyrelser ingick även en tabell med möjliga provtagningspunkter för den screening av PFAS i miljön som genomfördes av SLU inom ramen för Naturvårdsverkets regeringsuppdrag.

Länsstyrelsernas databas över förorenade områden

Utdrag från länsstyrelsernas databas över förorenade områden erhöles via Länsstyrelsen Skåne. Utdragen gjordes innan KEMIs rapport blev tillgänglig, vilket gjorde att några branscher föll bort under arbetets gång. I Tabell B 6 visas branscher och antal poster som ingick i underlaget till studien.

Tabell B 6. Branscher för vilka utdrag från länsstyrelsernas databas över förorenade områden (EBH) gjordes samt antal poster/objekt totalt per bransch i databasen.

EBH-Kod	Bransch	Antal poster, primär bransch
130	Massa och pappersindustri	255
310	Anläggning för farligt avfall	325
335	Brandövningsplats	223
360	Flygplats	284
370	Färgindustri	347
425	Avfallsdeponier - icke-farligt, farligt avfall	4655
426	Avfallsdeponier - inert, schaktmassedeponier	87
450	Industriedeponier	1050
520	Textilindustri	468
531	Ytbehandling av metaller	357
820	Tillverkning av tvätt och rengöringsmedel	187
850	Ytbehandling med lack, färg eller lim	263
860	Avloppsreningsverk	2284

Länsstyrelsernas databas över förorenade områden innehåller information om objekt och möjliga källor till föroreningar i miljön, både sådana som är i drift idag och historiska. Det har tyvärr varit svårt att avgöra vilka poster som är historiska. Detta kunde göras genom filtrering i tabeller på sökord som ”nedlagd” eller ”f.d”. Vidare anges det inte alltid heller när ett objekt varit i drift. Detta är extra viktigt eftersom vi vet att PFAS inte användes före 1950-talet. Om information finns är det ofta i löpande text, vilket försvarar urvalet

av relevanta poster. För att kunna ha hanterbara mängder poster för de industriella verksamheterna gjordes en avgränsning som innebar att endast anläggningar med riskklass 1 och 2 i databasen togs med.

Swedavia

Information angående PFAS vid Swedavias flygplatser har hämtats ur en rapport där Swedavia har sammanställt information från samtliga sina flygplatser, (ref Swedavia 2014). Dessutom skickades frågor till Miljöcontrollern på Göteborg Landvetter Airport som i sin tur vidarebefordrade frågorna till miljöansvarig på respektive av Swedavias flygplatser. Samtliga flygplatser, med undantag för Visby inkom med svar. Frågorna var:

1. Sammanställning av koordinater för era brandövningsplatser från samtliga Swedavias flygplatser eller själva flygplatsen.
2. Tidsperiod för användning av brandskum vid de olika flygplatserna.
3. Vilka produkter har använts.
4. Vilka mängder har använts.
5. Hur hanteras släckvattnet vid respektive brandövningsplats.

Försvarmakten

Information har inhämtats från miljötekniska rapporter (14 st) avseende BÖP gjorda på uppdrag av Försvarmakten. Koordinaterna angivna i filen med geografisk kartläggning av källor avser oftast huvudbrandövningsplatsen, där det pågått brandövningar under längst tid eller den gamla BÖP.

Släckmedelcentralen (SMC)

Information om Sveriges oljedepåer har hämtats från SMC AB (SMC, 2014). Det står angivet vilka orter som har oljedepåer (20 st), men specifika koordinater för varje anläggning saknas. Endast generella uppgifter för anläggningarna fanns att tillgå och specifik information om antal övningstillfällen/anläggning eller hur länge det har funnits en oljedepå på platsen saknas.

Svenska Miljörapporteringsportalen (SMP)

Information om tillståndspliktiga, aktiva anläggningar för utsläppsåret 2014 inhämtades från Svenska Miljörapporteringsportalen. Dessa data användes som komplement till data från länsstyrelsernas databas över förorenade områden. Utdraget gjordes för branscher motsvarande de i länsstyrelsernas databas över förorenade områden.

Statistiska Centralbyrån (SCB)

Nationell statistik gällande mängden utgående vatten och producerat slam från landets största reningsverk (> 2000 pe) erhöles från SCB (SCB, 2014). Senast tillgänglig och av SCB granskad data (2012) för 338 reningsverk användes.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Räddningstjänsten rapporterar varje år in hur stor mängd alkoholresistent skum samt övriga skumvätskor som de har använt vid insatser till bränder i byggnader och bränder ej i byggnader. Datum, län, kommun och objektstyp finns för varje händelse. Definitionen för indelningen av skumvätskorna är:

- **Alkoholresistent skum:** Samtliga skumtyper som är avsedda för släckning av bränder i alkoholer och andra polära vätskor. Här ska anges hur mycket skumkoncentrat som gick åt (ej vid restvärdesräddning).
- **Övriga skumvätskor:** Andra än alkoholresistent skumvätskor. Hit räknas bland annat filmbildande skum, detergent och proteinskum. Här ska anges hur mycket skumkoncentrat

I denna studie antas att alla filmbildande skum innehåller PFAS och dessa skumvätskor ingår därmed i gruppen *Övriga skumvätskor*. Då det inte enbart är filmbildande skum som ingår kan inte en entydig mängd av denna skumsort anges. Här redovisas de bränder där minst 100 liter övrig skumvätska har rapporterats.

Sveriges skidspår

På www.skidspar.se finns Sveriges främsta skidspår listade i en databas. För närvarande finns det information om 1629 längdspårsanläggningar. Anläggningar med skidspår >30 km sattes som avgränsning för att få fram de största med flest skidåkare och där det är mest troligt att vallabodar finns. Koordinaterna visar oftast startområdet för skidanläggningen där det är som flest åkare och där vallabodarna oftast finns förlagda.

Räddningstjänsten

Via Länsstyrelsen i Skåne har följande frågor skickats ut till landets Räddningstjänster:

- Från vilket år har er brandstation varit aktiv?
- Har ni haft lokala brandövningar vid er brandstation (historiskt)?
- Hur hanterades gamla skumprodukter och tomma skumdunkar, kördes dessa till tippen (historiskt)?
- Hur hanterades vatten från tvätt av slangar, brandövningar på gården? Kan det ha runnit ut i en brunn?

Information från den enkäten användes som komplement till länsstyrelsernas databas över förorenade områden samt till beskrivningen av hur man historiskt hanterade brandskum på brandstationer.

Övriga

Kontakt har även tagits med Svenskt Vatten, Avfall Sverige och Transportstyrelsen. Ingen av dessa hade information som varit behjälplig i denna studie.

Bilaga 2 Förkortningar

AFFF	Aqueous Forming Film Foam
BÖP	Brandövningsplats
EBH	EfterBeHandling, databas över Länsstyrelsens insamlade information om länets eventuellt förorenade områden
LOD	Limit of detection
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
SCB	Statistiska Centralbyrån
SLR	Shredder Light Residue
SMC	Släckmedelscentralen
SMP	Svenska Miljörapporteringsportalen
SPR	Svenska produktregistret
PFAA	Perfluorerade alkylsyror
PFAS	Per- and polyfluorinerade alkylsubstanter
EtFOSE	2-(N-etylperfluor-1-oktansulfonamid)-etanol
MeFBSE	N-metylperfluor-butansulfonamid-etanol
MeFOSE	2-(N-metylperfluor-1-octansulfonamid)-etanol
PFBA	Perfluorbutansyra
PFBS	Perfluorbutansulfonsyra
PFDA	Perfluordekansyra
PFD _o DA	Perfluordodekansyra
PFDS	Perfluordekansulfonsyra
PFHpA	Perfluorheptansyra
PFHpS	Perfluorheptansulfonsyra
PFHxA	Perfluorhexansyra
PFHxS	Perfluorhexansulfonsyra
PFNA	Perfluornonansyra
PFOA	Perfluoroktansyra
PFOS	Perfluoroktansulfonsyra
PFOSA	Perfluorooktanesulfonamid
PFPA	Perfluorpentansyra
PFPeDA	Perfluorpentadekansyra
PFTeDA	Perfluortetradekansyra
PFTriDA	Perfluortridekansyra
PFUnA	Perfluorundekansyra
TEL _{6:2} S	6:2 fluortelomersulfonat
TEL _{8:2} S	8:2 fluortelomersulfonat
Σ ₉ PFAS	Summan av PFHxS, PFHxA, PFHpA, PFOS, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFD _o DA
Σ ₁₅ PFAS	Summan av PFBA, PFBS, PFHxA, PFHxS, PFHpA, PFOS, PFOSA, PFOA, PFNA, PFDA, PFDS, PFPA, PFUnDA, PFD _o DA
Σ ₁₆ PFAS	Summan av PFBA, PFBS, PFHxA, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFD _c S, PFD _c A, PFOA, PFPA, PFD _o A, 6:2 FTS, PFOSA, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH
Σ ₁₇ PFAS	Summan av PFBA, PFBS, PFHxS, PFHxA, PFHpS, PFHpA, PFOS, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFTriDA, PFTeDA, MeFOSE, EtFOSE, MeFBSE
Σ ₁₈ PFAS	Summan av PFDA, PFD _o DA, PFDS, PFHpA, PFNA, PFOA, PFOS, PFOSA, PFPeDA, PFTriDA, PFTeDA, PFUnDA, PFHxA, PFHxS



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90
www.ivl.se