

PFAS i havsmiljön

Åtgärder för minimering och hantering av PFAS-förorening inom kommunal verksamhet

Milou Grylls



Information om rapporten

Datum för publicering: 2025-03-11

Författare: Milou Grylls

Samarbetspartners: Julia Johansson, Göteborgs stad; Lilja Gunnarsson, Tanums kommun; Annelie Eckeskog, Helsingborgs stad; Helena Björn, Lomma kommun; Bengt Arne Andersson, Tjörns kommun; Emma Johansson, Tjörns kommun

Speciellt tack till: Maria Hübinette, Kungälv kommun, Klara Andersson, Ängelholms kommun; Arvid Eijke, Veere kommun (NL); Morten Corneliusen, Lemvig kommun (DK)

KIMO Sverige är en del av KIMO International

Kommunernas Internationella Miljöorganisation, KIMO, grundades i Danmark år 1990. KIMO:s syfte är att värna havsmiljön och att minska de miljöproblem som orsakas av föroreningar, klimatförändringar och nedskräpning i havet och på våra stränder. KIMO arbetar med att påverka lagstiftare och beslutsfattare till att förbättra förutsättningarna för den marina miljön i Nordsjön och Östersjön. Med över 80 medlemskommuner i åtta länder representerar vi mer än fem miljoner medborgare i Europa.

Kontaktuppgifter

Koordinator KIMO Sverige: Julia Johansson
GÖTEBORGS STAD Miljöförvaltningen
Box 7012, 402 31 Göteborg, Karl Johansgatan 23
Telefon: 031-368 38 49 | Växel: 031-365 00 00
E-post: kimosverige@miljo.goteborg.se
www.kimointernational.org
Facebook: KIMO Sverige

Förord

KIMO Sverige vill tacka Milou Grylls, som under sin praktik hos KIMO Sverige tagit fram denna rapport om PFAS i havsmiljön.

PFAS är en stor grupp konstgjorda ämnen som är stabila, svårnedbrytbara och fett- och vattenavstötande, vilket bidragit till att ämnena används i allt från elektronik till kläder och brandsläckningsskum. Ämnena sprider sig lätt i miljön och får ekologiska och ekonomiska konsekvenser, samt utgör ett hot mot människors hälsa. Spridningen och användningen av PFAS är ett komplext problem och en högaktuell fråga som berör många samhällsaktörer. Samarbete krävs för att förebygga och hantera existerande föroreningar. Kommuner har både ett ansvar och möjligheter att agera för att minimera och åtgärda detta storskaliga miljöproblem. Rapporten har tagits fram av KIMO Sverige och har ett särskilt fokus på PFAS i havsmiljön, liksom på hanteringen av problematiken inom kommunal verksamhet. Rapporten är viktig läsning och stärker kunskapen för oss i kommunerna att fortsätta vårt arbete för friska och levande havsmiljöer.

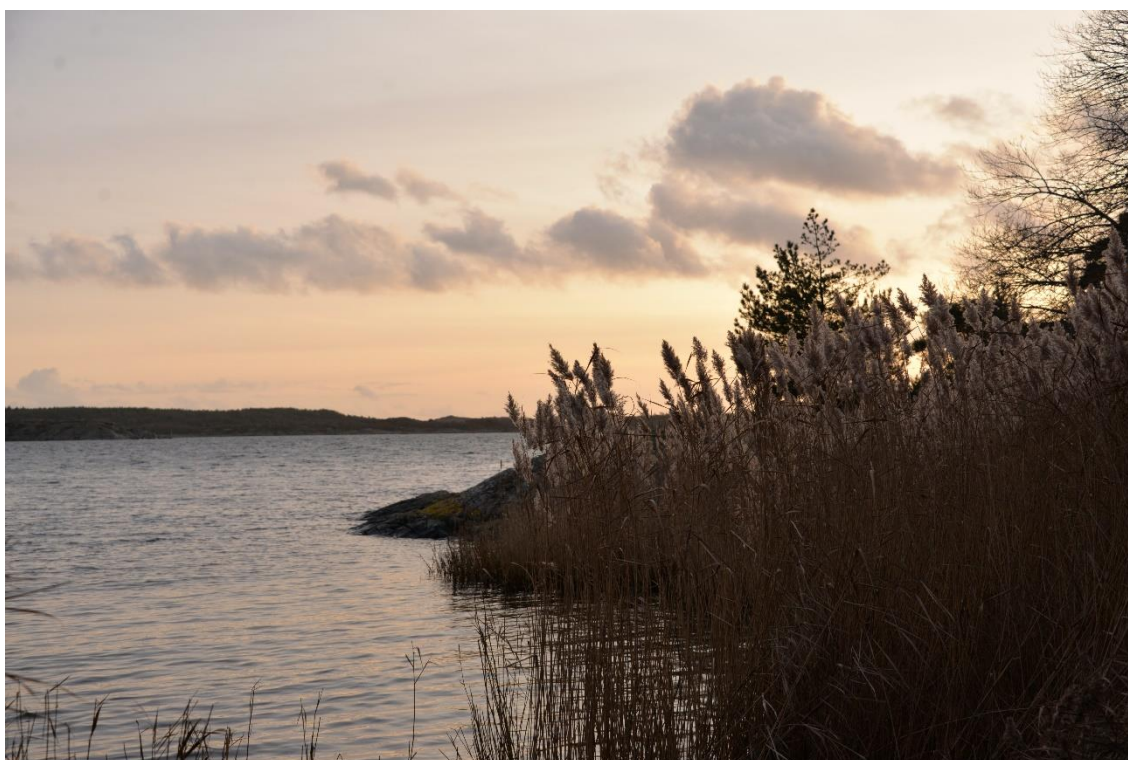
Karin Pleijel

Ordförande KIMO Sverige

Sammanfattning

Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (hädanefter PFAS) är en grupp konstgjorda ämnen som har använts flitigt inom diverse industrier sedan 1950-talet. De är stabila, svårnedbrytbara och fett- och vattenavstötande vilket har bidragit till användning i allt från elektronik till kläder och brandsläckningsskum. Deras egenskaper gör dem mobila, vilket har bidragit till storskalig spridning i miljön. Spridningen medför ekologiska och ekonomiska konsekvenser och utgör ett hot mot människor och djur på grund av ämnernas negativa hälsoeffekter. Eftersom ämnena har många användningsområden finns det ett stort antal källor till PFAS i miljön och i Sverige har den främsta källan varit användningen av brandsläckningsskum. Avrinning från reningsverk och deponier har identifierats som betydande spridningsvägar. Djuphaven har beskrivits som den enda PFAS-sänkan, men ny forskning tyder på att havssprejaerosoler kan återföra PFAS till den terrestra miljön och att detta möjliggör ett ständigt kretslopp av PFAS. Frågan om PFAS är komplex och högaktuell, eftersom den berör många samhällsaktörer. Samarbete krävs för att förebygga och hantera existerande föroreningar. Sveriges kommuner har ett viktigt ansvar och möjligheter att agera för att minimera och åtgärda det.

Rapporten har tagits fram av KIMO Sverige och har ett särskilt fokus på PFAS i havsmiljön, liksom på hanteringen av problematiken inom kommunal verksamhet. I rapporten inkluderas översiktlig kunskap om PFAS och information om hur kommuner kan arbeta för att minimera användningen och spridningen. Relevant lagstiftning beskrivs, samt goda exempel från nationella och internationella kommuner.



Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Vad är Kimo?	7
1.2	Syfte	7
1.2.1	Avgränsningar.....	7
2	Bakgrund	8
2.1	Vad är PFAS?.....	8
2.2	Ämnenas egenskaper	9
2.2.1	Lång- och kortkedjade PFAS.....	10
2.3	Prekursorer – Delvis nedbrytning av PFAS	10
3	Källor till PFAS i miljön.....	11
3.1	Kända källor	11
3.1.1	PFAS i havet.....	11
3.2	Användningsområden	12
3.3	Mänsklig exponering.....	13
3.4	Historik.....	14
4	Konsekvenser	15
4.1	Konsekvenser för marina ekosystem.....	15
4.2	Konsekvenser för människa och samhälle	15
4.3	Ekonomiska konsekvenser	16
5	Lagstiftning.....	17
5.1	Internationell reglering.....	17
5.2	EU-regleringar	17
5.2.1	Reach-förordningen.....	17
5.2.2	Vattendirektivet.....	17
5.3	Nationella regleringar	18
5.3.1	Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter	18
5.3.2	Avfallsförordningen	18
6	Analys och provtagning.....	20
6.1	Efterbehandling av förorenade områden.....	20
7	Kommunens ansvar och möjligheter	21

7.1	Kommunens rådighet och ansvar	21
7.2	Åtgärdsexempel	23
8	Vad händer i svenska kommuner och andra delar av världen?	27
8.1	Kungälv	27
8.2	Ängelholm	27
8.3	Sveriges PFAS-nätverk	28
8.4	Danmark	28
8.5	Nederländerna	28
9	Utmaningar och vägen framåt	30
9.1	Kommande förändringar	30
9.2	Vägen framåt	30
10	Källförteckning	31
11	Bilagor	37

I Introduktion

I.1 Vad är Kimo?

KIMO är Kommunernas Internationella Miljöorganisation som arbetar för att skydda, bevara och förbättra havsmiljön. Organisationen ger kommunerna en bra plattform för att kunna påverka beslutsfattare både på regional, nationell och internationell nivå. KIMO bildades år 1990 och består av kommuner i länder runt Nordsjön och Östersjön. De huvudsakliga frågorna för KIMO Sverige har genom åren varit marint skräp, oljeföroreningar, dumpade kemiska vapen, utsläpp av växthusgaser och föroreningar, samt en hållbar sjöfart. Miljöförvaltningen i Göteborgs stad är nationell koordinator för KIMO Sverige.

I.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att ge kommuner kunskap om och stöd i arbetet med PFAS och problemen som dessa ämnen skapar för miljön och samhället. Rapporten ger en översiktlig beskrivning av vad PFAS är, huvudsakliga källor och spridningsvägar, konsekvenserna av den storskaliga spridningen samt relevant lagstiftning. Kommunernas breda ansvarsområde ger möjligheter att vidta relevanta åtgärder och bidra till en bättre miljö.

I.2.1 Avgränsningar

Rapporten fokuserar på PFAS i havsmiljön. Tidigare har fokuset för PFAS-frågorna i Sverige huvudsakligen varit dricksvatten och Försvarsmaktens aktiviteter, vilket inte kommer inte att täckas i rapporten. Hanteringen av PFAS behöver ske på många nivåer, men denna rapport syftar huvudsakligen till att täcka in de aspekter som är av störst betydelse för kommunernas ansvar och möjligheter.

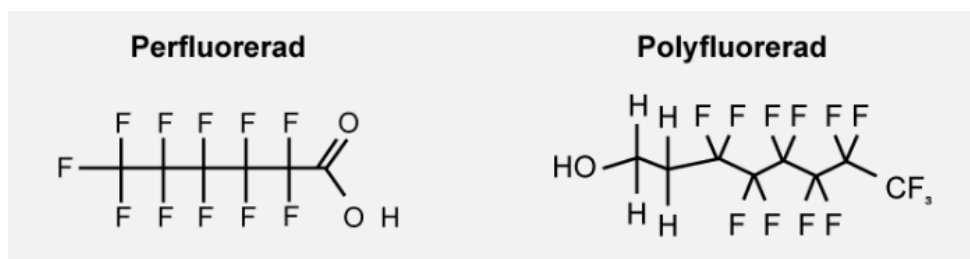
2 Bakgrund

PFAS är ett kunskapsområde under ständig utveckling, med många kritiska frågor kvar att besvara. Både antalet PFAS-ämnen och deras användningsområden har ökat och USA:s naturvårdsverk, USEPA, har sammanställt en lista med över 14 000 olika PFAS-ämnen.¹ Listan utgår från en bredare definition av PFAS jämfört med OECD:s definition, vilken är den mest vedertagna definitionen. Enligt OECD är PFAS fluorerade ämnen innehållandes minst en fullt fluorerad metylgrupp eller metylengrupp (utan någon väte-/klor-/brom-/jodatombäst vid den).^{2(s.8)} Denna definition används av Kemikalieinspektionen.³ Utav de drygt 14 000 identifierade ämnena har över 4 700 ett identifikationsnummer, vilket indikerar att dessa ämnen förekommer eller har förekommit på den globala marknaden.² För en bråkdel av ämnena finns studier om hur ämnena påverkar miljön och människors hälsa.⁴

Att förbättra och effektivisera analysmetoder av PFAS, att förstå ämnenas konsekvenser för människor och miljö, samt hur ämnena kan regleras är några av frågorna som behöver besvaras för att miljön och människor ska kunna skyddas mot PFAS-ämnenas negativa effekter.⁵

2.1 Vad är PFAS?

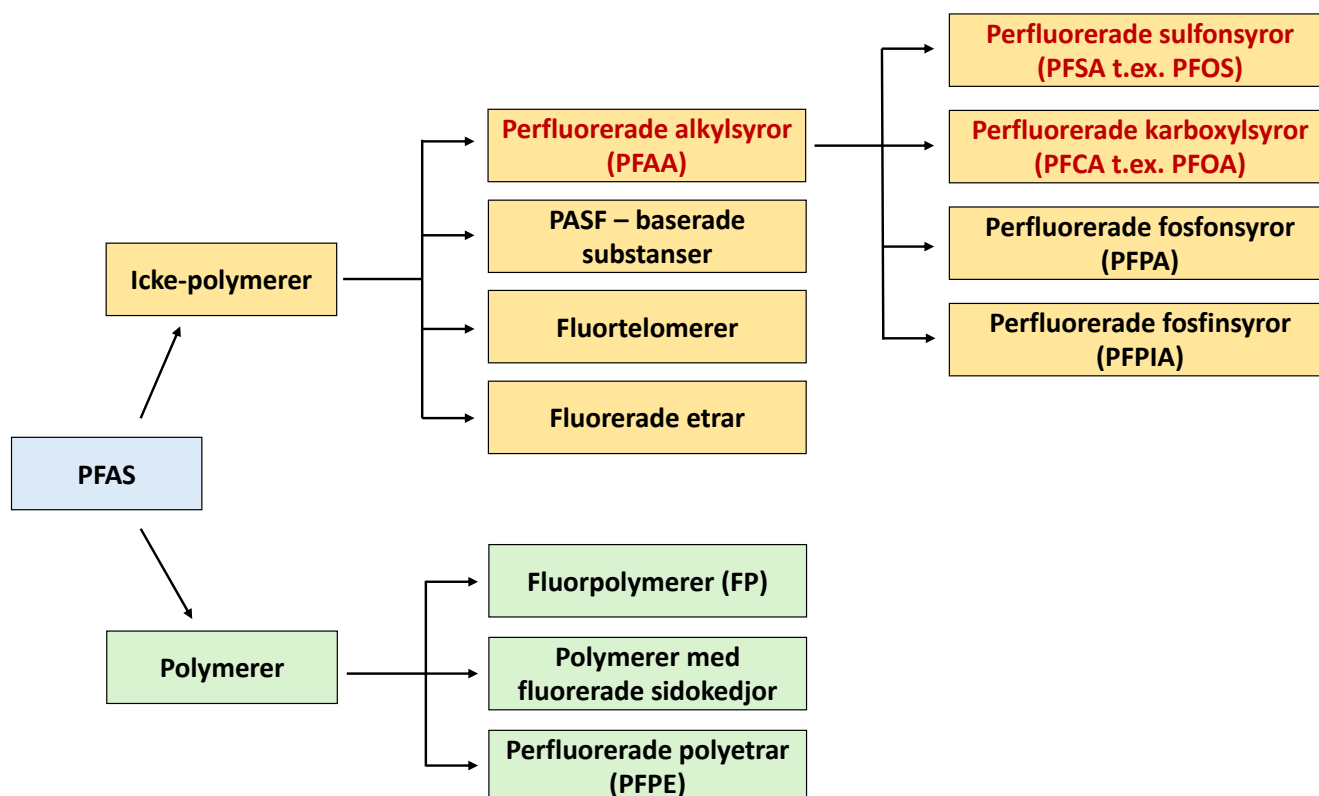
PFAS är en stor grupp konstgjorda ämnen med stor variation i molekylstrukturen. Detta gör att ämnena får olika kemiska, biologiska och fysikaliska egenskaper.² Karakteriserande för ämnena är en kolkedja i varierande längd, där fluor helt (perfluorerade) eller delvis (polyfluorerade) ersätter de väteatomer som normalt är bundna till kolkedjan,³ se Figur 1. Fluor ger molekylen egenskaper som ökad stabilitet, fettlöslighet och gör det enklare för människor och djur att absorbera ämnena. Detta gör dem eftertraktade av många industrier, men samtidigt problematiska ur ett miljö- och hälsoperspektiv.⁶



Figur 1. Beskrivning av strukturen hos per- och polyfluorerade molekyler (från KEMI.³ Använd med tillåtelse).

PFAS kan kort sammanfattat delas in i två klasser, polymerer och icke-polymerer. Kemiska föreningar som består av mindre upprepade enheter som tillsammans bildar långa kedjor kallas för polymerer.⁶ De icke-polymera PFAS-varianterna är de per- eller polyfluorerade kolkedjor

som generellt har en funktionell grupp bundet till sig, en liten del av molekylen som starkt kan influera molekylens egenskaper.³ Båda klasserna kan delas in i undergrupper (Figur 2).



Figur 2. Generell klassificering av PFAS. En förenklad version som inte innehåller alla undergrupper, utan enbart de med relevans för rapporten (bearbetad från OECD⁷).

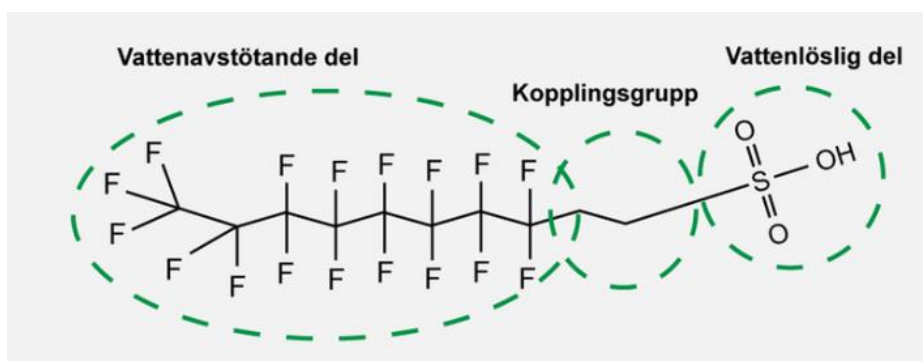
PFAA är en grupp PFAS-ämnen med en generellt enklare molekylstruktur, som under normala förhållanden är i princip onedbrytbara. PFAA delas in i ytterligare fyra undergrupper, varav PFSA och PFCA har varit de ämnen som främst provtagits i miljön. För några PFSA och PFCA finns existerande gränsvärden och riktvärden som används av myndigheter, eftersom dessa har studerats i ett par årtionden.⁴

2.2 Ämnenas egenskaper

Bindningen mellan kol- och fluoratomer är den starkaste man känner till, vilket betyder att dessa kemiska föreningar är extremt svåra att bryta ner.⁶ PFAS är även generellt mer vattenlösligt jämfört med andra organiska föroreningar. Stabilitet och vattenlöslighet ger ämnet möjlighet till omfattande spridning i vattenmiljöer.⁶

Generellt består PFAS-molekyler av en vattenavstötande fluorerad kolkedja och en vattenlöslig del,³ se Figur 3. Detta medför att PFAS-molekyler gärna lägger sig i gränsskiktet mellan två ytor, till exempel mellan en vätska och en fast yta, vilket betyder att de är mycket ytaktiva. Ytaktiviteten bidrar till förmågan att stöta bort vatten och fett samt att snabbt bilda en tunn film över en stor yta. Den filmbildande egenskapen har nyttjats flitigt i allt från kosmetika till skidvalla och släckskum. Det har varit särskilt användbart för vätskebränder där släckskummet snabbt bildar en film mellan den brinnande vätskan och luften.⁶

Den vattenavstötande och den vattenlösliga delen av en PFAS-molekyl kan i vissa fall vara länkade med en "kopplingsgrupp", och dessa tre delar kan varieras på olika sätt och bilda nya PFAS-varianter.³ Naturligt förekommande organiska fluorföreningar existerar, men de är få.⁸ Karakteriserande är att de enbart innehåller en fluoratom per molekyl,⁹ till skillnad från molekyler med flera fluoratomer som framställs industriellt.⁶



Figur 3. Exempel på strukturen hos en PFAS-molekyl (från KEMI.³ Använd med tillåtelse).

2.2.1 Lång- och kortkedjade PFAS

Längden på den fluorerade kolkedjan delar in PFAS i kort- och långkedjade ämnen. Det är ett sätt att kategorisera ämnena eftersom längden på kolkedjan påverkar de kemiska egenskaperna.⁶ Kortkedjade PFAS-ämnen ansågs länge vara mindre problematiska än långkedjade, men eftersom kolkedjans längd inte är den enda faktorn som påverkar molekylens egenskaper är detta en förenklad syn.³

2.3 Prekursorer – Delvis nedbrytning av PFAS

Ämnen som av en kemisk process delvis bryts ner till ett annat ämne och når en långlivad fas kallas för prekursorer. I miljön kan många PFAS-ämnen omvandlas till PFAA vilket gör dem till prekursorer till PFAA. Dessa är viktiga att ta med i beräkningen vid undersökning av förorenade platser eftersom prekursorer i vissa fall utgör majoriteten av den PFAS som hittas. Särskilda kemiska analyser krävs för att undersöka förekomsten av prekursorer.⁶

3 Källor till PFAS i miljön

3.1 Kända källor

I Sverige har brandsläckningsskum varit den huvudsakliga direkta källan av PFAS till miljön¹⁰ men även diverse industrier som använder PFAS i olika tillverkningsprocesser utgör direkta källor. Sekundära källor omfattar exempelvis när avfall eller produkter som innehåller PFAS hanteras av verksamheter såsom deponier, reningsverk och förbränningsanläggningar.⁶ Reningsverk och lakvatten från deponier har blivit identifierade som betydande sekundära källor^{10, 11} och även slam från avloppsreningsverken som används på jordbruksmark kan innehålla PFAS.¹² Atmosfärisk deposition och användning av konsumentprodukter som innehåller PFAS utgör diffusa källor.⁶ Över 2000 olika potentiella lokala PFAS-källor har identifierats i Sverige¹⁰ och Sveriges Geologiska Undersökning kartlagde år 2020 platser där släckskum har hanterats, där över 11 000 potentiella punktkällor inkluderades.¹³ Mark och vatten i anslutning till flygplatser, brandövningsområden, deponier och industrier som använder PFAS har ofta förhöjda PFAS-halter. Länsstyrelserna har identifierat och kartlagt många av dessa PFAS-förorenade områden, men denna kunskap kan variera mellan länsstyrelserna.¹⁴ Tillsatsen av låga halter PFAS kan ibland ses som en företagshemlighet, vilket medfört att ämnena bara omnämns vagt eller överhuvudtaget inte deklarerar i säkerhetsdatablad.⁶

3.1.1 PFAS i havet

Djuphaven har identifierats som den enda PFAS-sänkan i miljön.¹⁵ I Atlanten har de högsta PFAS-halterna uppmätts i det övre havsskiktet och koncentrationerna minskar generellt med ökat avstånd från kusten samt med ökat djup.¹⁶ När luft dras ner i havsvattnet då vågor bryts, bildas moln av luftbubblor som sedan stiger mot havsytan.¹⁷ PFAS-molekylernas ytaktiva egenskaper gör att de ansamlas vid luftbubblornas gränssyta och stigande bubblor kan på så sett transportera PFAS till havsytan. När bubblorna når havsytan spräcks de och frigör små droppar, havssprejaerosoler, med PFAS till atmosfären.¹⁸ I atmosfären transporterar havssprejaerosolerna PFAS tillbaka till land där de återförs till den terrestra miljön med regn. Detta förhindrar troligtvis att de globala PFAS-halterna sjunker eftersom det skapar ett ständigt och långlivat kretslopp av PFAS mellan marina och terrestra miljöer.¹⁹ Aerosoler har i laboratorium påvisats ha runt fyra till fem storleksordningar (10 000–100 000 gånger) högre PFAS-koncentrationer jämfört med havsvatten och fältstudier har påvisat att havssprejaerosoler är en betydande källa till atmosfäriskt PFAS i kustområden.^{19–21}

Studier i Danmark och Nederländerna har visat på höga halter av PFAS i havsskum längs med stränder^{22, 23} och i Danmark har även kustnära natur, betesmarker och grundvatten blivit förorenat av PFAS, troligtvis på grund av PFAS-rikt havsskum och havssprejaerosoler. I Danmark visade undersökningen att koncentrationen av PFAS i den terrestra miljön avtar med distans från havet, men kustnära områden kan potentiellt ha höga halter av PFAS.^{22, 24} Detta blir en viktig fråga ifall betesdjur, grödor eller vattentäkter är belägna i närheten av havet. En förenklad bild över PFAS i miljön ses i Figur 4.

PFAS kan även ingå i båtbottnfärg som innehåller silikon, vilket kan utgöra en källa till den marina miljön.²⁵ Samtidigt har det påvisats att fluorfri silikonfärg fungerar lika bra.²⁶

Avloppsreningsverk är troligtvis en stor källa till PFAS i den marina miljön eftersom det inte finns lämpliga reningstekniker.^{10, 27} Problem uppstår när kraftiga skyfall inträffar eftersom reningsverken får svårt att hantera volymerna, varpå orenat avloppsvatten då kan släppas ut i vattendrag och kustvatten. I Storbritannien visade en forskningsstudie²⁷ på förhöjda PFAS-halter i vatten och blåstång i ett skyddat marint område efter att orenat avloppsvatten släppts ut. Detta är troligtvis ett av få tillfällen då PFAS upptäckts i en makroalg.²⁸ Ett annat exempel där PFAS har hittats i makroalger är från en studie år 2023, vilken lyfter fram deras potential för miljöövervakning.²⁹

3.2 Användningsområden

PFAS används ofta när stabila och inerta ämnen behövs, samt vid tillfällen då en stor temperaturvariation finns.³⁰ PFAS kan även ersätta mindre effektiva ämnen, antingen för att PFAS kan användas i lägre koncentrationer eller att andra ämnen inte uppnår önskad effekt.³¹ För många PFAS-ämnen saknas information om produktion och användning. I Sverige har ingen PFAS-produktion skett, men ämnena har använts och används fortfarande flitigt av diverse industrier.⁶ Kemikalieinspektionen kartlagde år 2015 användningsområden och förekomster av PFAS för 3 000 enskilda ämnen, varav cirka hälften hade en identifierad användning.³² De vanligaste användningsområdena med flest identifierade ämnen per område sammanställdes och kan ses i fallande ordning i Tabell 1.³²

Tabell 1. Användningsområden för PFAS.

Användningsområde	Exempel
1 Synteskemikalie	Emulgeringsmedel, processmedel
2 Elektronikprodukt	Kretskort, mobiltelefoner, transduktorer
3 Tryckeriprodukt	Tryckfärg
4 Kosmetikaprodukt	Foundation, solkräm, hudkräm
5 Textil/läderimpregnering	Ytterplagg, segel, paraplyer
6 Läkemedel/växtskydd/biocid	Växtskydd (aktivt ämne och inert hjälpmedel)
7 Färg/lim-råvara	Färg (främst vattenbaserade), skidvalla
8 Papersimpregnering	Popcornspåsar, pizzakartonger, maskeringspapper
9 Skumbaserade brandsläckningsmedel	Klass B-skum för vätskebränder

3.3 Mänsklig exponering

Över hela världen har många PFAS-ämnen, främst PFAA, upptäckts både i miljön och i människor.^{33, 34} Vatten, mat, luft, inomhusdamm och konsumentprodukter innehållandes PFAS utgör de största exponeringskällorna för människor.^{35, 36} Bland livsmedel innehåller fisk och skaldjur ofta de högsta halterna, men ämnena förekommer också i till exempel ägg, kött och mjölk. Ämnena kan även tas upp av frukt och grönsaker om jorden och vattnet är förorenat.³⁷ PFAS används flitigt i växtskyddsmedel och mellan 2011 och 2021 har bekämpningsmedelsrester med PFAS i frukt och grönsaker odlade i EU nästan tredubblats.³⁸ Trots utfasning av PFAS-ämnena PFOS och PFOA i USA fortsätter människor att exponeras. En amerikansk studie fann att mer än 90 % av gravida kvinnor fortfarande exponeras av PFOS och PFOA.³⁹



Figur 4. En förenklad figur över PFAS-kretsloppet med fokus på havsmiljön. Källor representeras av mörkröda cirklar, transportvägar med vita cirkclar och potentiellt förorenade områden med orange cirkclar.

3.4 Historik

Utvecklingen av PFAS-ämnen påbörjades under 1930-talet. År 1938 framställdes PTFE som bland annat marknadsförs under namnet teflon. Utvecklingen av PFAS fortsatte under 1940-talet och på 1950-talet blev produktionen och användningen storskalig.⁴⁰ Brandsläckningsskum med PFAS utvecklades på 1960-talet och har använts flitigt världen över sedan dess.⁶

År 2000 meddelades en frivillig utfasning av vissa långkedjade PFAS-ämnen av företaget 3M. Företaget var då den huvudsakliga globala tillverkaren av ett flertal PFAS-ämnen och i USA var företaget den enda tillverkaren av PFOS.⁴ Tillverkningen av PFOA och andra långkedjade PFAS-ämnen avtog därefter i USA och år 2015 hade huvudproducenterna slutat tillverka dessa.⁴¹ Till följd av detta förväntades en global reduktion av direktutsläpp av PFOA från produktionsledet, men det ersattes troligtvis av en ökad produktion i Kina, Ryssland och Indien.⁴² PFAS-produktionen i Kina började i slutet på 1980-talet⁴³ och utfasningen av långkedjade PFAS i USA sammanföll med ökad PFOS-produktion i Kina.⁴² Tyskland, Italien och Kina producerade fortfarande PFOS år 2016, men Kina var den enda kända producenten ett år senare. Kina har tilldelats bidrag för att fasa ut PFOS eftersom landet har ratificerat Stockholmskonventionen.⁴³ I Brasilien sker fortfarande storskalig produktion av en prekursor till PFOS som används i bekämpningsmedel, vilket tillåts enligt Stockholmskonventionen.⁴⁴ USA, Europa och Japan har idag slutat att producera vissa PFAS-ämnen, men globalt fortsätter tillverkningen.⁴

4 Konsekvenser

PFAS kan spridas långväga via havsströmmar, grundvattenflöden och luftströmmar.⁶ Den globala spridningen av PFAS i miljön rapporterades först år 2001 och ett flertal studier följde därefter.⁴⁵ PFAS har återfunnits i både terrestra, limniska och marina miljöer, liksom i alla nivåer i näringskedjan. De högsta koncentrationerna påträffas i toppredatorer.⁶

De negativa hälsoeffekterna kopplade till PFOS och PFOA har bidragit till utfasning av långkedjade PFAS. De ersattes dock av kortkedjade eller mindre kända PFAS-ämnen med liknande struktur.^{46, 47} De antogs vara mindre giftiga och bioackumulerande och marknadsfördes som säkra alternativ.⁴⁸ Kortkedjade PFAS har dock visat sig kunna ha ännu större spridning i miljön och är minst lika miljöbeständiga.⁴⁹⁻⁵¹ I både yt- och grundvatten har vissa av dessa ersättningsämnen upptäckts i stor utsträckning.^{51, 52} Studier har påvisat bioackumulation av vissa kortkedjade PFAS i både människor och djur.^{53, 54}

4.1 Konsekvenser för marina ekosystem

PFAS finns överallt i den marina miljön. Från vattenmassan, havssediment och havsis till koncentrerade halter av PFAS i havsskum och havssprayaerosoler.^{18-23; 57-59} I den marina näringskedjan finns PFAS på alla nivåer, från plankton till tumlare och hajar.⁶⁰⁻⁶² Rovdjur i toppen av näringskedjan kan ha upp till fyra storleksordningar (10 000 gånger) högre koncentration jämfört med bytesdjur.⁶³ Negativa effekter på immunförsvaret är den konsekvens som främst har rapporterats för marint djurliv.^{64, 65} I flasknosdelfiner har exponering visat påverka blod-, njur- och leverfunktioner⁶⁶ och PFAS har även hittas i hjärnan på isbjörnar.⁶⁷ Forskningsstudier på fisk tyder på att vissa av dessa kortkedjade ersättningsämnen kan ansamlas i större mängd jämfört med långkedjade PFAS-ämnen.^{55, 56}

4.2 Konsekvenser för människa och samhälle

Den mest välstuderade PFAS-gruppen ur ett miljö- och hälsoperspektiv är PFAA. Den första rapporten om förekomsten av PFAS i människoblod publicerades 1968, men man visste inte vilka specifika ämnen det handlade om.⁶⁸ Analysteknikerna på 1970-talet var begränsade och det var inte förrän i slutet på 1990-talet som enskilda PFAS-ämnen kunde analyseras.

Generellt absorberas PFAS lätt av människan och till skillnad från andra bioackumulerande föroreningar som tenderar att lagras i fettvävnad, har PFAS benägenhet att binda till protein. Blodomloppet sprider PFAS runt i kroppen till organ och vävnader.^{67, 70-73} PFAS kan orsaka skador på vävnader eftersom det kan binda till flera av kroppens olika receptorer och proteiner.⁷¹ En variation av negativa hälsoeffekter från PFAS-exponering i både djur och människor har påvisats. Höga halter PFAS hos människor som utsatts för kraftig exponering har förknippats med en rad olika sjukdomstillstånd, bland annat leverskador, njur- och testikelcancer, högt kolesterol och förändringar i immunförsvaret.⁷⁴ Barn är särskilt känsliga för

att utsättas för PFAS eftersom exponering har visats leda till minskat antikroppsvar från vaccinering.⁷⁵ I dagsläget finns det enbart få toxikologistudier som har utforskat den kombinerade effekten av olika PFAS, vilket är hur miljön och människor exponeras i verkligheten.⁴

4.3 Ekonomiska konsekvenser

Kostnaderna för PFAS-sanering kommer att bli höga eftersom det är svårt att åtgärda den stora spridningen. Att ämnena är stabila, mobila och långlivade medför att de över en lång tid bidrar till fortsatt exponering för både människor och miljön.⁵⁰ Det finns lite kunskap om de långvariga socioekonomiska konsekvenserna associerade med PFAS som redan tillverkats och har släppts ut. I Europa har PFAS uppskattats orsaka hälsorelaterade kostnader på 52–84 miljarder euro per år, vilket troligen är underskattade siffror.⁷⁶

5 Lagstiftning

PFAS regleras på global nivå, samt inom EU och nationellt i Sverige. Internationella regleringar implementeras i svensk lagstiftning genom förordningar.⁶ Genom lagstiftning regleras enskilda PFAS-ämnen men det finns ingen övergripande lagstiftning för PFAS som grupp. Därför har Kemikalieinspektionen i Sverige tillsammans med myndigheter i Tyskland, Nederländerna, Danmark och Norge lämnat in ett lagförslag till den europeiska kemikaliemyndigheten ECHA om att reglera PFAS som grupp och förbjuda tillverkning och försäljning av ämnena. Fluorfria alternativ finns idag tillgängliga för många användningsområden och PFAS borde enligt förslaget endast tillåtas inom användning som är kritisk för samhället där alternativ saknas.³

5.1 Internationell reglering

Stockholmskonventionen⁷⁷ syftar till att minska och förhindra utsläpp av farliga ämnen till miljön och antogs år 2001. Den är ett internationellt bindande avtal med krav på de länder som har ratificerat konventionen. 152 länder har skrivit på och i EU implementerades den genom Förordningen om långlivade organiska föroreningar⁷⁸, POPs-förordningen.⁶ I Stockholmskonventionen är bland annat PFOS och PFOA listade, vilket innebär att produktion och användning av ämnena ska upphöra. Det finns förslag att inkludera vissa långkedjade PFCA i konventionen, vilket skulle innebära mer omfattande restriktioner jämfört med EU:s Reach-förordning.³

5.2 EU-regleringar

5.2.1 Reach-förordningen

I EU är Reach-förordningen den övergripande kemikalielagstiftningen och kandidatförteckningen är en del av Reach-förordningen som listar särskilt farliga ämnen och ämnesgrupper.⁷⁹ Ifall en produkt innehåller ämnen från listan kan det innebära särskilda krav och ett tiotal PFAS-ämnen finns på listan.³ Tillståndslistan i Reach-förordningen innehåller ännu inga PFAS-ämnen, vilket innebär att ämnena inte omfattas av tillståndskrav i EU.³ Ungefär 200 PFAS-ämnen är däremot inkluderade på begränsningslistan, vilken främst reglerar användningen. Det är under Reach-förordningens begränsningslista som Sverige och de andra länderna har föreslagit att PFAS borde regleras som grupp.³

5.2.2 Vattendirektivet

För att skydda och förbättra vattenmiljön inom EU antogs år 2000 vattendirektivet och det kompletteras bland annat med prioämnesdirektivet.⁸⁰ Enligt detta ska vattenförvaltningar undersöka 45 prioriterade ämnen, där gränsvärden, årsmedelvärden och maximala tillåten koncentration ingår.⁶ Vissa PFAS är inkluderat i prioämnesdirektivet och blev även inkluderat i det nya dricksvattendirektivet.⁸¹ I Sverige implementeras dricksvattendirektivet genom Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten.⁸² Dricksvattendirektivet är ett minimidirektiv vilket betyder att länder har möjlighet införa striktare lagstiftning nationellt.⁶

5.3 Nationella regleringar

Det finns lagstiftning som delegerar tillsynen av PFAS och det är ett delat ansvarsområde som involverar olika myndigheter. I regel är centrala myndigheter tillsynsvägledande men även de regionala, främst länsstyrelser, kan ha denna roll gentemot kommunerna som ofta genomför tillsynen. Det tillsynsvägledande ansvaret innebär omfattar att ta fram stöd och riktlinjer för den operativa tillsynsmyndigheten. Regionala myndigheter kan bedriva egen operativ tillsyn, eller delegera delar av denna beroende på lagstiftning. Kommunen är i regel operativ tillsynsmyndighet, förutom gällande Försvarsmaktens aktiviteter.⁸³

Kemikalieinspektionen har sammanställt en lista från olika myndigheter av de gräns- och riktvärden som gäller för PFAS i Sverige⁸⁴, varav de värden som är relevanta för denna rapport kan ses i Bilaga I. Många av gränsvärdena är baserade på ett tolerabelt dagligt intag (TDI) för PFOS. Detta hälsobaserade riktvärde uppdaterades år 2020, med en signifikant sänkning från ett TDI för enbart PFOS på 150 ng/kg kroppsvikt till ett TDI för summan av 4 olika PFAS-ämnen på 0.6 ng/kg kroppsvikt.⁸⁵ Det nya riktvärdet kan komma att medföra sänkta gränsvärden även för exempelvis ytvatten och mark.⁶

5.3.1 Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter

Miljökvalitetsnormer har tagits fram för de ämnen som är listade i prioämnesdirektivet. Genom Havs- och vattenmyndighetens föreskrift 2019:25⁸⁶ kan dessa implementeras som gränsvärden i svensk lagstiftning och användas för att bedöma den kemiska och ekologiska statusen i ytvattenförekomster.⁶ För bedömning av den kemiska statusen används bland annat olika gränsvärden för PFOS i ytvatten och fisk, medan den ekologiska statusen bedöms med hjälp av gränsvärden för 11 PFAS-ämnen (Bilaga I). Havs- och vattenmyndigheten har föreslagit nya gränsvärden för den ekologiska statusen och i förslaget ersätts gränsvärdet för de 11 PFAS-ämnena med ett gränsvärde för summan av 4 olika PFAS-ämnen samt ett nytt gränsvärde för fiskmuskel.⁸⁷ Sedan januari 2019 bör miljökvalitetsnormer för yt- och grundvatten beaktas i provningar och tillståndsärenden och om risk för försämrad status finns, bör verksamheter eller åtgärder inte tillåtas.⁶

Havsmiljöförvaltningen sker enligt havsmiljöförordningen⁸⁸ med målet att uppnå god status i havsmiljön. Havsmiljöns tillstånd bedöms vart sjätte år med hjälp av indikatorer i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift 2012:18.⁸⁹ Bedömningen påverkar åtgärdsprogrammet för havsmiljön och behovet av ytterligare åtgärder. Koncentrationen av PFOS och PFOA inkluderas i indikatorerna.⁹¹ Koncentrationen av PFOS och dess derivat i fiskmuskel inkluderas i en av indikatorerna. I den senaste bedömningen av indikatorn klarades tröskelvärdet för PFOS i de svenska kustvattenområdena, men en kraftig sänkning av värdet har föreslagits.⁹⁰ Kunskapen om påverkan från PFOS på svenska marina ekosystem behöver utvecklas, men klart är att ämnet är ett av tusentals miljöfarliga PFAS-ämnen.⁹¹

5.3.2 Avfallsförordningen

Avfall fram till deponering regleras i avfallsförordningen och omfattar regler kring klassificering, hantering och transport av avfall, liksom förebyggande åtgärder.⁹² Om avfall ska deponeras finns vissa krav listade i förordningen om deponering av avfall⁹³ samt mottagningskriterier i

Naturvårdsverkets föreskrifter 2004:10.⁹⁴ Dock finns inga gränsvärden för PFAS i kriterierna, men det måste kunna säkerställas att kraven för respektive deponiklass uppfylls.⁶ På EU-nivå regleras avfall innehållande PFOS i POPs-förordningen⁷⁸ vilket Naturvårdsverket tolkat som att avfall antingen ska destrueras, bortskaffas eller omvandlas beroende på koncentrationen i avfallet.⁹⁵ EU har också krav på att PFOS och PFOA ska undersökas var sjätte månad i utsläpp av vatten från avfallsbehandlingsanläggningar.⁹⁶ I svensk lagstiftning implementerades detta krav i industriutsläppsförordningen år 2022.⁹⁷ Miljöbalken ställer krav på miljöfarliga verksamheters utsläpp till vatten. För att få tillstånd måste deponier som tar emot PFAS-haltigt avfall veta vilka halter av PFAS som kan förekomma i lakvattnet samt ifall rening behövs.⁶ Naturvårdsverket kräver även att provtagning sker för att undersöka hur närliggande miljöer påverkas.⁹⁵

6 Analys och provtagning

Den kommersiellt tillgängliga tekniken som används för provtagning och analys av PFAS har utvecklats det senaste decenniet, där kapaciteten gått från ett fåtal till ett 30-tal PFAS-ämnen. Forskningslaboratorier kan analysera och identifiera runt 70 enskilda PFAS-ämnen. Utvecklingen har möjliggjort analys av PFAS i vatten, jord, djur, växter, sediment, slam och produkter. Samtidigt är det fortsatt en majoritet av PFAS-ämnena som inte kan analyseras i insamlade miljöprover.⁶

6.1 Efterbehandling av förorenade områden

Det är svårt att sanera områden som är förorenade med PFAS, på grund av de kemiska egenskaperna, hur långlivade ämnena är och mängden PFAS som spridits.⁹⁸ Tekniker för sanering av jord och vatten är under utveckling, där mycket har skett de senaste åren. Deponering, förbränning och jordtvätt är några exempel på åtgärder som kan göras för PFAS-förorenad mark.⁶ Enligt POPs-förordningen får jordmassor med höga halter av vissa PFAS-ämnen inte deponeras utan måste förbrännas.⁷⁸ PFAS-haltigt avfall tas enbart emot av ett fåtal svenska avfallsanläggningar och år 2018 uppmärksammades att inga avfallsanläggningar hade rening för PFAS i lakvatten, men detta är under utveckling med ett flertal pilotprojekt.^{11, 98}

Pumpning och rening med filtrering av PFAS-förorenat vatten är en av de tekniker som används mest för att åtgärda förorenat vatten.⁹⁵ Det förorenade vattnet pumpas då upp ur marken och passerar genom en filteranläggning innan det släpps ut igen. Det finns olika typer av filter och valet av filter beror på vattnets kemiska egenskaper och föroreningsinnehåll.⁶ IVL utförde en studie av olika reningstekniker för rening av PFAS-förorenat vatten från avfallsanläggningar där kolfiler, jonfilter och skumfraktionering visade mest potential.⁹⁸ Se vidare Tabell 2. Även nyare metoder såsom sonokemisk nedbrytning, elektrokemisk behandling och kemisk oxidation har studerats. Både internationella och svenska projekt har utförts på barriärteknik där förorenat grundvatten behandlas *in situ* (på plats). Ett material som binder PFAS placeras vertikalt i marken för att förhindra spridning av PFAS med grundvatten.⁶

Tabell 2. Olika reningstekniker för PFAS-förorenat vatten.

Reningsteknik	Ny/gammal	Teknik	Fördel	Nackdel
GAC (granulärt aktivt kol) ^{4, 6}	Gammal (över 15 år för PFAS-rening)	Filter	Effektiv för rening av långkedjade PFAS	Kan generera stora mängder avfall, mindre lämplig för höga halter av kortkedjade PFAS
Jonbytare ⁴	Gammal teknik, ny för PFAS-rening	Filter	Kan filtrera bred variation av PFAS	Andra föroreningar kan påverka filtret, förbehandling kan krävas
Surface Active Foam Fractionation (SAFF) ^{4, 99}	Gammal teknik, ny för PFAS-rening	Bubblor från botten tar med PFAS till ytan-skum kan sedan tas bort från ytan	Nyttjar ämnets egenskaper, renar vattnet effektivt från långkedjade PFAS	Forskning pågår kring hur tekniken bättre kan rena kortkedjade PFAS

7 Kommunens ansvar och möjligheter

Många miljöproblem har havet som slutdestination och dessa behöver kustkommuner hantera, trots att problematiken ofta sträcker sig över flera nivåer och börjar på land. Till dess att striktare reglering och kontroll av ämnena finns på plats, har kommuner möjlighet att hantera PFAS på olika sätt.

7.1 Kommunens rådgighet och ansvar

Kommunernas breda uppdrag medför flera möjligheter att arbeta med PFAS-frågor på olika sätt. En översiktlig beskrivning av områden där kommunen har rådgighet att agera ses i Tabell 3.

Tabell 3. Översikt av kommunala rådgighetsområden av relevans för PFAS.

Aktivitet	Exempel	Ansvar
Tillsyn	Kommunen utövar tillsyn kopplat till bland annat hamnar, räddningstjänsten, lantbruk, industrier och andra verksamheter.	Berörda nämnder
Fysisk planering	Fysiskt utrymme i planer för åtgärder såväl som lokalisering av nya verksamheter med hänsyn till problematiken.	Berörda nämnder
Upphandling och inköp	Upphandlingskrav om exempelvis material och kemikalieinnehåll för varor och tjänster, krav på den egna organisationen avseende val och inköp.	Berörda nämnder och bolag

Drift av verksamheter	Drift och underhåll av: • Offentliga byggnader och lokaler, idrottsanläggningar, lekplatser. • Gator, parker och kustnära områden. • Hamnverksamhet och småbåtsverksamhet. • Anläggningar för dagvatten, spillvatten och avfall. • Reningsverk, avfallsinsamling och avfallshantering.	Berörda nämnder, och bolag
Kommunikation, samverkan och beteendepåverkan	Information till allmänhet, organisationer, föreningar och företag samt information till unga via skolor och förskolor. Riktade kampanjer.	Berörda nämnder och bolag
Strategiskt arbete	Särskilda projekt kring PFAS (t.ex. kartläggning av potentiellt förorenade områden, samarbete med kustnära lantbrukare) Kemikalieplan och avfallsplan. Samordning och samarbeten.	Berörda nämnder
Miljöövervakning	Provtagningar och utredningar	Berörda nämnder

7.2 Åtgärdsexempel

Det finns många möjligheter till åtgärder och förändringar som kommunen kan implementera för att förhindra användningen och spridningen av PFAS, se Tabell 4.

Tabell 4. Förslag till åtgärder, aktiviteter och förändringar för att hindra och hantera uppkomst och spridning av PFAS inom kommuners rådighetsområden.

Åtgärdsförslag för kommunernas arbete mot PFAS-förorening		
VA	Utsläpp och ingående vatten	
	Ny teknik	Filter i reningsverk för spillvatten. Filtrera lakvatten vid deponier.
	Information	Kampanjer riktade mot allmänhet och verksamhetsutövare.
	Infrastruktur	Krav på rening av utgående spillvatten och avrinning från deponier, fördröjning och rening av dagvatten, minskat antal bräddningar, uppströmsarbete.
	Rötslam	Krav på analys för PFAS.
TILLSYN	Utsläpp och förebyggande arbete	
	Information	Till verksamheter och byggherrar, uppströmsarbetet i alla aspekter viktigt (uppströms i avrinningsområdet och uppströms i utsläppshierarkin). Informera om PFAS-havsskum inför badsäsongen, informera invånare som odlar egna grönsaker i närheten av kusten, informera om båtbottnfärg, informera kustnära lantbrukare, informera invånare med kustnära egna brunnar.
	Vägledning	Till industrier, lantbruk, småbåtshamnar och andra verksamheter. Hantering som ger upphov till spridning av PFAS kan uppmärksammas. Information av

		olämpliga material eller produkter. Krav på rening och utformning avseende bästa tillgängliga teknik. Kan läggas till befintliga tillsynsvägledningar.
	Tillstånd och dispenser	I samband med att kommunen mottar remisser, samråd eller ansökningar om tillstånd eller dispenser kan ett ställningstagande/synpunkter/villkor lämnas gällande åtgärder eller verksamheter som släpper ut eller riskerar att släppa ut PFAS.
	Föreläggande eller tydliggör befintliga förbud	Inspektion och förelägganden vid olämplig hantering, olämpliga material eller produkter samt otillräckliga skyddsåtgärder. Förelägga om uppsamling och omhändertagande av förorenat vatten. Krav på småbåtsanläggningar och analys av PFAS i spolvatten, informera om PFAS-färg och alternativ, krav på analys av spillvatten och slam.
	Särskilda fokus	Spillvattenutsläpp, kustnära lantbruk, stränder, avrinning från deponier, områden där räddningstjänsten har varit, småbåtsverksamhet, krav på analys av rötslam (kan också läggas till befintlig tillsynsplan).
	Miljöövervakning	Mark, vatten, djur och växter.
	Samordning, upphandling, fysisk planering och information	
STRATEGISKT	Upphandlingskrav	Relevanta krav ställs för kommunens egna upphandlingar (byggnation, anläggningar, skötsel och drift, städ och kemtekniska produkter (brandskum), möbler, leksaker, besprutningsmedel).
	Inköpskrav	För kommunens egna verksamheter. Uppföljning bör ske i årsredovisning/miljöredovisning.
	Fysisk planering	Förutsättningar för lämplig placering av verksamheter, infrastruktur eller bostadsområden så att risken för spridning av PFAS minimeras. Fysiskt möjliggöra att

		krav kan ställas på utformning av nya verksamheter och infrastruktur. Till exempel peka ut lämpliga områden för snö- och masshantering, möjliggöra lämplig dagvattenhantering, begränsa tillgång/förhindra användning av förorenad kustnära odlingsmark.
	Avfallsplan	Rutin för anläggningar som innehåller material som kan ge utsläpp av PFAS, kan läggas till befintliga rutiner, kan kräva uppdatering av avfallsplan och/eller föreskrifter.
	Information	Kampanjer, material, hemsida riktat mot allmänhet, skolor och andra verksamheter, tjänstemän, verksamhetsutövare, näringsliv, politiker.
	Samordning/samarbeten	VA, deponier, kommunala bolag, förvaltningar, andra myndigheter, universitet och högskolor, organisationer, lantbrukare.
	Materialbedömningar för varor och tjänster	För kommunens olika verksamheter samt för upphandling krävs kompetens för att göra materialbedömningar. Detta bör också krävas av entreprenörer och företag som kommunen köper varor och tjänster av. Det kan vara till exempel för anläggningar inomhus och utomhus, engångsprodukter, förslitningsprodukter.
	Cirkulär ekonomi/system	Utfasning av PFAS med ekonomisk fördel för andra material på grund av ämnets unika egenskaper. Det finns beprövade ersättningsämnen för många områden idag. PRIO-verktyget på kemikalieinspektions hemsida ger företag möjlighet att identifiera och byta ut PFAS från sina varor eller produkter. ¹⁰⁰
SKÖTSEL OCH DRIFT	Utfasning, utsläppskontroll och materialhantering	
	Infrastruktur	PFAS-fria produkter, t.ex. plastprodukter
	Kontrollprogram utsläpp	Spillvatten, lakvatten, relevanta verksamheter och industri

	Byte av material	Kemiska produkter, båtbottnfärg, brandsläckarskum, arbetskläder utan PFAS
	Teknisk utrustning	När PFAS-fria alternativ finns för elektroniska produkter m.m., omhändertagande av gammal teknisk utrustning.
	Uppsamling	Uppsamling och efterbehandling av: • Spillvatten från reningsverk • Lakvatten från deponier • Förorenat rötslam • Länsvatten
	Målning av gator och fasader	Färg utan PFAS

8 Vad händer i svenska kommuner och andra delar av världen?

8.1 Kungälv

PFAS upptäcktes år 2021 i ett av Kungälvs vattenverk under en utvidgad kontrollundersökning av dricksvatten som kommunen utför en gång per år. PFAS upptäcktes i en vattentäkt som förser Marstrand med dricksvatten och en utökad undersökning genomfördes för att lokalisera föroreningskällan. Försvaret har historiskt haft verksamhet vid Marstrand, men använde enbart området som förrådsplats och kommunen utreder ifall räddningstjänsten skulle kunna ha bidragit till föroreningen via släckningsuppdrag. En kartläggning av PFAS-förekomster är på gång i kommunen men källan till föroreningen i Marstrands vattentäkt är fortfarande oklar.

Provtagningen i Marstrands vattenverk har även visat på varierande PFAS-halter i de olika processtegen i verket, vilket tyder på en intern förorening. Kommunen håller på att undersöka var källan av PFAS inom vattenverket kommer ifrån. Marstrands vattentäkt är relativt nära havet, däremot ligger den flera meter över havet. Det är ännu osäkert om förhöjda PFAS-koncentrationer skulle kunna förklaras av tillskott av havsskum i tälten. Man vill kontrollera detta och synka provtagning med höststormar som eventuellt skulle kunna bidra med förorenat PFAS-havsskum till vattenkällan. Kommunen vill även utvidga sin miljöövervakning till att provta PFAS på land (Personlig kommunikation, M Hübnette 2024–10).

8.2 Ängelholm

I Ängelholms kommun är PFAS-frågan inget nytt. Kommunen har tillsatt en handläggare som enbart hanterar PFAS-frågor. Den tidigare flygflottiljen var aktiv mellan åren 1940–2002 och har orsakat PFAS-förorening av grundvatten, ytvatten, mark, sediment och biota med pågående spridning i grund- och ytvatten. Förutom i anslutning till flygflottiljen, påträffas PFAS även i andra områden i kommunen utan kända historiska utsläpp. Vid exploatering samt inom enskilda projekt från regeringsuppdrag har mark och vatten provtagits med avseende på PFAS-föroreningar. Kartläggningen av potentiella PFAS-förorenade platser har kunnat genomföras med hjälp av underlag från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och kan i sin tur informera exploatörer om var ytterligare provtagning behövs. Provtagningen har bidragit till mer kunskap om utbredningen av PFAS i kommunen. När det kommer till kommunens miljöövervakning så inkluderas inte PFAS men planer finns att ta prover i ytvattendrag inom kommunen som ett avgränsat projekt.

Kommunen kan däremot inte ställa krav på Försvarmaktens historiska verksamhet, men har möjlighet att yttra sig. Försvarmakten har ett kontrollprogram för dricksvatten i enskilda brunnar i närhet till den tidigare flygflottiljen. En av vattentäkterna med förhöjda PFAS värden användes av bland annat en lantbrukare vars nötkreatur har druckit av det förorenade vattnet under en längre tid. Frågan om hur djuren hade påverkats lyftes och Länsstyrelsen, som är tillsynsmyndighet, kopplades in. Provtagning av djuren bekostades med medel ifrån Naturvårdsverket, genom Livsmedelsverket. Detta var ett unikt och ett tidigt fall i Sverige där djuren druckit vatten med kända PFAS-nivåer och analysresultaten visade på förhöjda PFAS-

halter i några av djuren. Dessa djur fick således inte gå till slakt vid planerad tidpunkt. Kommunen har inte utfört provtagning av PFAS inom marina eller kustnära områden, men har yttrat sig till Försvarsmakten om att provtagning av Skälderviken borde utföras. Kustnära betesmarker är ett potentiellt problemområde identifierat av kommunen, men de är få och i dagsläget finns inga kustnära betesdjur. Därav är det idag inte en prioriterad fråga men den är under bevakning (Personlig kommunikation, K Andersson 2024–10).

8.3 Sveriges PFAS-nätverk

2014 startade Kemikalieinspektionen och Livsmedelsverket ett öppet nätverk i Sverige för alla som påverkas av PFAS-problemet. Att kunna utbyta kunskap och erfarenheter men samtidigt att arbeta fram lösningar på PFAS-problematiken och förhindra framtida problem är syftet med nätverket. Det består av myndigheter, länsstyrelser, kommuner, företag, konsulter och forskare som samlas två gånger per år.¹⁰¹

8.4 Danmark

I samband med en utredning av en gammal deponi belägen i Lemvig kommun på Danmarks västkust upptäcktes höga halter av PFAS i mark och vatten. En utredning utfördes av områdets regionala myndighet, som har ansvar för gamla föroreningsplatser och deponier. Den danska motsvarigheten till naturvårdsverket informerades om fyndet av Lemvig kommun. Kommunen fick då uppgiften att undersöka ifall det fanns en historisk eller nutida punktkälla till föroreningen. Kommunen sammankallade en specialgrupp med sakkunniga för att undersöka problemet.

Sand från stränder, jord, högt grundvatten, vegetation, bär, vilddjur och havsvatten undersöktes och ingen punktkälla kunde hittas. Vid en blåsig fältdag upptäcktes dock havsskum längs med stranden. Det togs prover på skummet som visade sig innehålla höga PFAS-halter. Efter upptäckten bestämde sig danska naturvårdsverket för att analysera badvatten längs med den danska kusten och hälso- och sjukvårdsmyndigheter kontaktades om hälsoriskerna med havsskummet. Livsmedelsverket konsulterades angående konsumtion av mat från området. Studien resulterade i uppföljningsarbete med flera aktörer för att bättre förstå spridningen av PFAS via havssprejaerosoler.

8.5 Nederländerna

Liksom Danmark har Nederländerna börjat undersöka PFAS i kustmiljöer. I kommunen Veere som ligger längs landets sydvästra kust har även kustnära markundersökningar gjorts med avseende på spridning av PFAS via havssprejaerosoler. Undersökningarna uppmätte förhöjda PFAS-halter upp till 500–600 meter inåt land jämfört med jordprover längre ifrån kusten. Externa faktorer som hur naturen ser ut, jordart och halten av jordens organiska material verkar påverka denna spridning. Har jorden en hög andel organiskt material tenderar den att ha en högre koncentration av PFAS i jordens övre lager. Efter studien kartlagdes spridningen av PFAS inom kommunen.

Ett av de största problemen i Veere kommun är att många invånare odlar egna grönsaker och frukt, antingen i egna trädgårdar eller i kommunala kolonilotter. Invånarna har uttryckt oro över PFAS i egenodlad mat. Gränsvärden för PFAS i mark existerar men alla är inte juridiskt bindande. Resultatet av kommunens markundersökning är att det är tryggt att bo och ha en liten odling i den egna trädgården. Lokala bönder har också yttrat sin oro över PFAS-spridningen eftersom betesdjur i närliggande kommuner har påvisats ha höga halter av PFAS. Som följd håller kustnära betesdjur inom kommunen på att utvärderas.

Ett annat problem som kommunen har stött på är att schaktmassor från området ofta innehåller PFAS-halter som ligger över gränsvärdena för jord. Eftersom saneringsmetoder inte är ett genomförbart alternativ ska kommunen att ta fram en policy som gör det möjligt att återanvända en del av jorden, så länge det inte utgör en risk för miljön och människorna. Andra sätt som kommunen arbetar med PFAS-frågan är genom ett PFAS-nätverk, där relevanta aktörer inom länet träffas var sjätte vecka för att utbyta kunskap och erfarenheter. Veere kommun tillhör även en rådgivande kommitté som ger rekommendationer på forskningsområden till den nationella regeringen. Aktuell forskning i Nederländerna kommer att fokusera på effekterna av PFAS-spridningen via havssprejaerosoler på miljö och hälsa (Personlig kommunikation, A Eijke 2024–12).

9 Utmaningar och vägen framåt

Frågan om PFAS är komplex och sträcker sig från den globala nivån ner till den lokala. Spridningen följer inga geografiska gränser och kan ansamlas långt ifrån källorna. Lagstiftning, förebyggande åtgärder och forskning är viktiga komponenter för att hantera problematiken.

9.1 Kommande förändringar

Lagförslaget till EU att reglera och förbjuda PFAS som ämnesgrupp i stället för enskilda ämnen skickades in i mars 2023 och behandlas fortfarande år 2025 av ECHA.¹⁰² Förändringar till EU:s avloppsdirektiv trädde i kraft 1 januari 2025 och inkluderar systematisk PFAS-övervakning i avloppsvatten.¹⁰³ Detta ska implementeras i svensk lagstiftning. I Sverige kommer nya och lägre gränsvärden för dricksvatten att träda i kraft 1 januari 2026.⁸² Havs- och vattenmyndigheten har föreslagit nya gränsvärden för PFAS som bedömer ekologisk status och dessa väntas träda i kraft under 2025.⁸⁷ Vi får löpande mer kunskap om PFAS och ämnenas konsekvenser, varpå problematiken belyses alltmer av olika aktörer. Danmark har satsat 404 miljoner danska kronor på en PFAS-handlingsplan som under en tvåårsperiod ska förebygga, begränsa och efterbehandla PFAS-föroreningar.¹⁰⁴

9.2 Vägen framåt

Det är viktigt att stoppa både användning och tillverkning av PFAS där detta inte är av samhällsvikt. Det finns viss användning, till exempel inom medicinskt teknisk utrustning där det i dagsläget inte finns alternativ tillgängliga och där PFAS fyller en viktig funktion¹⁰⁵. Forskning och utveckling behövs för att ersätta dessa långlivade ämnen med alternativ som inte utgör en fara för samhället. Det är både kostsamt och komplicerat att efterbehandla områden med förhöjda PFAS-halter och därför behöver ämnenas tillförsel till miljön minska och helst upphöra helt. I väntan på striktare lagstiftning och utfasning av PFAS blir kommunernas arbete en viktig del för att skydda människor och miljön.

Vad kan din kommun göra?

- Identifiera och kartlägga källor och spridningsvägar för PFAS i kommunen
- Integrera PFAS-förorening i kommunala styrande dokument
- Uppdatera tillsynsvägledningar
- Kommunicera till och samverka med andra lokala aktörer och verksamhetsutövare
- Se över materialalternativ och upphandlingsmöjligheter
- Informera allmänheten och industrin

10 Källförteckning

1. USEPA. Navigation Panel to PFAS Structure Lists. USEPA; 2022 [uppdaterad 2022-08; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical-lists/PFASSTRUCT>
2. OECD. Reconciling Terminology of the Universe of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Recommendations and Practical Guidance. Paris: OECD Publishing; 2021. No. 61. [citerad 2024-10]. Hämtad från: [https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO\(2021\)25/En/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO(2021)25/En/pdf)
3. KEMI. PFAS. KEMI; 2024 [uppdaterad 2024-11-26; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/pfas#h-Lagarochregler>
4. ITRC. Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). ITRC; 2023 [uppdaterad 2023-09; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://pfas-1.itrcweb.org/wp-content/uploads/2023/12/Full-PFAS-Guidance-12.11.2023.pdf>
5. USEPA. PFAS explained. USEPA; 2024 [uppdaterad 2024-10-03; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.epa.gov/pfas/pfas-explained#:~:text=There%20are%20thousands%20of%20PFAS%20chemicals%2C%20and%20they,in%20many%20different%20consumer%2C%20commercial%2C%20and%20industrial%20products>
6. Holmström K, Iverfelt U, Ringshagen E, Ländell M. Kunskapssammanställning om PFAS. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen; 2021. PM 1/21. [citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.kemi.se/publikationer/pm/2021/pm-1-21-kunskapssammanstallning-om-pfas>
7. OECD. Synthesis paper on per and polyfluorinated chemicals. Paris: OECD Publishing; 2013. OECD Series on Risk Management of Chemicals. Hämtad från: https://www.oecd.org/en/publications/synthesis-paper-on-per-and-polyfluorinated-chemicals_0bc75123-en.html
8. Gribble GW. Naturally Occurring Organofluorines. I: Neilson AH, redaktör. Organofluorines. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2002. p. 121-36.
9. Key BD, Howell RD, Criddle CS. Fluorinated Organics in the Biosphere. Environmental Science & Technology. 1997;31(9):2445-54.
10. Hansson K, Cousins AP, Norström K, Graae L, Stenmarck Å. Sammanställning av befintlig kunskap om föroreningskällor till PFAS-ämnen i svensk miljö. IVL Svenska Miljöinstitutet; 2016.
11. Avfall Sverige. PFAS på avfallsanläggningar. Malmö Avfall Sverige Rapport. 2018;25.
12. Sternbeck J, Österås AH, Allmyr M. Riskbedömning av fosforrika fraktioner vid återförsell till åker-och skogsmark samt vid anläggande av etableringsskikt. 2013.
13. Rosenqvist L. Utvärdering av påverkan på grundvatten från platser där släckskum hanterats. 2021.
14. Livsmedelsverket. PFAS-provtagning. Livsmedelsverket; 2023 [uppdaterad 2023-11-20; citerad 2024-12]. Hämtad från: <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/825/pfas-provtagning>
15. Prevedouros K, Cousins IT, Buck RC, Korzeniowski SH. Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. Environmental science & technology. 2006;40(1):32-44.
16. Savvidou EK, Sha B, Salter ME, Cousins IT, Johansson JH. Horizontal and vertical distribution of perfluoroalkyl acids (PFAAs) in the water column of the Atlantic Ocean. Environmental Science & Technology Letters. 2023;10(5):418-24.
17. De Leeuw G, Andreas EL, Anguelova MD, Fairall C, Lewis ER, O'Dowd C, et al. Production flux of sea spray aerosol. Reviews of Geophysics. 2011;49(2).
18. Sha B, Johansson JH, Salter ME, Blichner SM, Cousins IT. Constraining global transport of perfluoroalkyl acids on sea spray aerosol using field measurements. Science Advances. 2024;10(14):ead11026.
19. Johansson JH, Salter ME, Navarro JA, Leck C, Nilsson ED, Cousins IT. Global transport of perfluoroalkyl acids via sea spray aerosol. Environmental Science: Processes & Impacts. 2019;21(4):635-49.
20. Sha B, Johansson JH, Tunved P, Bohlin-Nizzetto P, Cousins IT, Salter ME. Sea spray aerosol (SSA) as a source of perfluoroalkyl acids (PFAAs) to the atmosphere: field evidence from long-term air monitoring. Environmental Science & Technology. 2021;56(1):228-38.
21. Amato E, Béen F, Vughs D. PFAS in sea-spray aerosols. 2023.
22. Rygaard Lenschow S. Can PFAS Contamination Spread to Soil and Groundwater by Aerosols and Foams Generated in the Sea Water? [powerpointpresentation på internet]. Stockholm: Niras; 2022 [citerad 2024-10]. Hämtad från:

- <https://www.naturvardsverket.se/4acc0c/contentassets/17c75494028e499ba6403ecb54db0f06/5-soren-rygaard-lenschow-niras.pdf>
23. De Brouwere K, Gemoets J, Jacobs G, Voorspoels S. PFAS in zeewater en zeeschuim Eindrapport. VITO; 2023. [citerad 2024–10]. Hämtad från: https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1675173607/VITO_-_PFAS_in_zeewater_en_zeeschuim_-_Eindrapport_30.01.2023_yfgddv.pdf
 24. NIRAS. Screening af Forekomsten af PFAS på Naturstyrelsens Kystnære og Vestvendte Arealer i Jylland og på Sjælland. NIRAS; 2023. [citerad 2024–10].
 25. Lagerström M, Wrange A-L, Oliveira DR, Granhag L, Larsson AI, Ytreberg E. Are silicone foul-release coatings a viable and environmentally sustainable alternative to biocidal antifouling coatings in the Baltic Sea region? *Marine Pollution Bulletin*. 2022;184:114102.
 26. Vesco S, Aversa C, Puopolo M, Barletta M. Advances in design and manufacturing of environmentally friendly and biocide-free antifouling/foul-release coatings: Replacement of fluorinate species. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2019;16:661–80.
 27. Ford AT, Ginley F. Insights into PFAS contaminants before and after sewage discharges into a marine protected harbour. *Chemosphere*. 2024;366:143526.
 28. Hahn JL, Van Alstyne KL, Gaydos JK, Wallis LK, West JE, Hollenhorst SJ, et al. Chemical contaminant levels in edible seaweeds of the Salish Sea and implications for their consumption. *PloS one*. 2022;17(9):e0269269.
 29. Griffin EK, Hall LM, Brown MA, Taylor-Manges A, Green T, Suchanec K, et al. Aquatic vegetation, an understudied depot for PFAS. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*. 2023;34(9):1826–36.
 30. Glüge J, Scheringer M, Cousins IT, DeWitt JC, Goldenman G, Herzke D, et al. An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2020;22(12):2345–73.
 31. Buck RC, Franklin J, Berger U, Conder JM, Cousins IT, De Voogt P, et al. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. *Integrated environmental assessment and management*. 2011;7(4):513–41.
 32. KEMI. Förekomst och användning av höglfluorerade ämnen och alternativ. Stockholm: KEMI; 2015. Kemikalieinspektionen rapport; 6/15.
 33. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals: updated tables. USCDC; 2018 [uppdaterad 2018-03; citerad 2024–10].
 34. Bjerregaard-Olesen C, Bossi R, Liew Z, Long M, Bech BH, Olsen J, et al. Maternal serum concentrations of perfluoroalkyl acids in five international birth cohorts. *International journal of hygiene and environmental health*. 2017;220(2):86–93.
 35. Sunderland EM, Hu XC, Dassuncao C, Tokranov AK, Wagner CC, Allen JG. A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*. 2019;29(2):131–47.
 36. Land M, De Wit CA, Bignert A, Cousins IT, Herzke D, Johansson JH, et al. What is the effect of phasing out long-chain per- and polyfluoroalkyl substances on the concentrations of perfluoroalkyl acids and their precursors in the environment? A systematic review. *Environmental Evidence*. 2018;7:1–32.
 37. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Knutsen HK, Alexander J, Barregård L, Bignami M, Brüschweiler B, et al. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA journal*. 2018; 16(12).
 38. PAN. The rise of forever pesticides in fruit and vegetables in Europe. PAN; 2024. [uppdaterad 2024–02; citerad 2024–12]. Hämtad från: https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/reports/Report_Toxic%20Harvest%20The%20rise%20of%20forever%20PFAS%20pesticides%20in%20fruit%20and%20vegetables%20in%20Europe%2027022024%20%281%29.pdf
 39. Padula AM, Ning X, Bakre S, Barrett ES, Bastain T, Bennett DH, et al. Birth outcomes in relation to prenatal exposure to per- and polyfluoroalkyl substances and stress in the environmental influences on child health outcomes (ECHO) program. *Environmental health perspectives*. 2023;131(3):037006.
 40. Gaines LG. Historical and current usage of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A literature review. *American Journal of Industrial Medicine*. 2023 May;66(5):353–378.
 41. USEPA. EPA's Non-CBI Summary Tables for 2015 Company Progress Reports (Final Progress Reports). USEPA; 2017. [citerad 2024–10]. Hämtad från: https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-02/documents/2016_pfoa_stewardship_summary_table_0.pdf

42. OECD. Working Towards a Global Emission Inventory of PFASs: Focus on PFCAs – Status Quo and the Way Forward. Paris: OECD Publishing; 2015. OECD Series on Risk Management of Chemicals. [citerad 2024–10].
43. World Bank. GEF Grant to Assist China's Efforts to Phase Out POPs. World Bank Group; 2017. [uppdaterad 2017-04-07; citerad 2024–10]. Hämtad från: <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2017/04/07/gef-grant-to-assist-china-efforts-to-phase-out-pops>.
44. Löfstedt Gilljam J, Leonel J, Cousins IT, Benskin JP. Is ongoing sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence. *Environmental science & technology*. 2016 Jan 19;50(2):653–659.
45. Giesy JP, Kannan K. Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental science & technology*. 2001;35(7):1339–42.
46. Brendel S, Fetter É, Staude C, Vierke L, Biegel-Engler A. Short-chain perfluoroalkyl acids: environmental concerns and a regulatory strategy under REACH. *Environmental Sciences Europe*. 2018; 30:1–11.
47. European Chemicals Agency. Annex XV Report: Proposal for Identification of a Substance of Very High Concern on the Basis of the Criteria Set Out In REACH Article 57. In Identification of HFPO-DA And Its Salts/Acyl Halides as SVHC. ECA; 2019.
48. Wang Z, Cousins IT, Scheringer M, Hungerbühler K. Fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCAs), perfluoroalkane sulfonic acids (PFASs) and their potential precursors. *Environment international*. 2013;60:242–248.
49. Zhang C, Hopkins ZR, McCord J, Strynar MJ, Knappe DR. Fate of per-and polyfluoroalkyl ether acids in the total oxidizable precursor assay and implications for the analysis of impacted water. *Environmental science & technology letters*. 2019;6(11):662–668.
50. Cousins IT, Vestergren R, Wang Z, Scheringer M, McLachlan MS. The precautionary principle and chemicals management: The example of perfluoroalkyl acids in groundwater. *Environment international*. 2016; 94:331–340.
51. Sun M, Arevalo E, Strynar M, Lindstrom A, Richardson M, Kearns B, Pickett A, Smith C, Knappe DR. Legacy and emerging perfluoroalkyl substances are important drinking water contaminants in the Cape Fear River Watershed of North Carolina. *Environmental science & technology letters*. 2016;3(12):415–419.
52. Gebbink WA, Van Asseldonk L, Van Leeuwen SP. Presence of emerging per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in river and drinking water near a fluorochemical production plant in the Netherlands. *Environmental science & technology*. 2017;51(19):11057–11065.
53. Russell MH, Nilsson H, Buck RC. Elimination kinetics of perfluorohexanoic acid in humans and comparison with mouse, rat and monkey. *Chemosphere*. 2013;93(10):2419–2425.
54. Kabadi SV, Fisher J, Aungst J, Rice P. Internal exposure-based pharmacokinetic evaluation of potential for biopersistence of 6: 2 fluorotelomer alcohol (FTOH) and its metabolites. *Food and Chemical Toxicology*. 2018; 112:375–382.
55. Pan Y, Zhang H, Cui Q, Sheng N, Yeung LW, Guo Y, Sun Y, Dai J. First report on the occurrence and bioaccumulation of hexafluoropropylene oxide trimer acid: an emerging concern. *Environmental science & technology*. 2017;51(17):9553–9560.
56. Shi Y, Vestergren R, Zhou Z, Song X, Xu L, Liang Y, Cai Y. Tissue distribution and whole body burden of the chlorinated polyfluoroalkyl ether sulfonic acid F-53B in crucian carp (*Carassius carassius*): evidence for a highly bioaccumulative contaminant of emerging concern. *Environmental science & technology*. 2015;49(24):14156–14165.
57. Yamashita N, Kannan K, Taniyasu S, Horii Y, Petrick G, Gamo T. A global survey of perfluorinated acids in oceans. *Marine pollution bulletin*. 2005;51(8-12):658–668.
58. White ND, Balthis L, Kannan K, De Silva AO, Wu Q, French KM, Daugomah J, Spencer C, Fair PA. Elevated levels of perfluoroalkyl substances in estuarine sediments of Charleston, SC. *Science of the Total Environment*. 2015; 521:79–89.
59. Hartz WF, Björnsdóttir MK, Yeung LW, Hodson A, Thomas ER, Humby JD, Day C, et al. Levels and distribution profiles of Per-and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in a high Arctic Svalbard ice core. *Science of the Total Environment*. 2023; 871:161830.
60. Casal P, González-Gaya B, Zhang Y, Reardon AJ, Martin JW, Jiménez B, Dachs J. Accumulation of perfluoroalkylated substances in oceanic plankton. *Environmental science & technology*. 2017;51(5):2766–2775.

61. Trimmel S, Vike-Jonas K, Gonzalez SV, Ciesielski TM, Lindstrøm U, Jenssen BM, Asimakopoulos AG. Rapid determination of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in harbour porpoise liver tissue by HybridSPE®–UPLC®–MS/MS. *Toxics*. 2021;9(8):183.
62. Chynel M, Munsch C, Bely N, Héas-Moisán K, Pollono C, Jaquemet S. Legacy and emerging organic contaminants in two sympatric shark species from Reunion Island (Southwest Indian Ocean): Levels, profiles and maternal transfer. *Science of the Total Environment*. 2021; 751:141807.
63. Androulakis A, Alygizakis N, Gkotsis G, Nika MC, Nikolopoulou V, Bizani E, et al. Determination of 56 per-and polyfluoroalkyl substances in top predators and their prey from Northern Europe by LC-MS/MS. *Chemosphere*. 2022; 287:131775.
64. DeWitt JC, Peden-Adams MM, Keller JM, Germolec DR. Immunotoxicity of perfluorinated compounds: recent developments. *Toxicologic pathology*. 2012;40(2):300-311.
65. Soloff AC, Wolf BJ, White ND, Muir D, Courtney S, Hardiman G, et al. Environmental perfluorooctane sulfonate exposure drives T cell activation in bottlenose dolphins. *Journal of Applied Toxicology*. 2017;37(9):1108-1116.
66. Fair PA, Houde M. Poly-and perfluoroalkyl substances in marine mammals. *Marine Mammal Ecotoxicology*: Elsevier; 2018. p. 117-45
67. Greaves AK, Letcher RJ, Sonne C, Dietz R. Brain region distribution and patterns of bioaccumulative perfluoroalkyl carboxylates and sulfonates in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environmental toxicology and chemistry*. 2013;32(3):713-722.
68. Taves DR. Evidence that there are two forms of fluoride in human serum. *Nature*. 1968;217(5133):1050-1051.
69. Olsen GW, Burris JM, Mandel JH, Zobel LR. Serum perfluorooctane sulfonate and hepatic and lipid clinical chemistry tests in fluorochemical production employees. *Journal of occupational and environmental medicine*. 1999;41(9):799-806.
70. Pérez F, Nadal M, Navarro-Ortega A, Fàbrega F, Domingo JL, Barceló D, Farré M. Accumulation of perfluoroalkyl substances in human tissues. *Environment international*. 2013; 59:354-362.
71. Kudo N. Metabolism and pharmacokinetics. *Toxicological Effects of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances*. 2015:151-175.
72. Verreault J, Houde M, Gabrielsen GW, Berger U, Haukås M, Letcher RJ, Muir DC. Perfluorinated alkyl substances in plasma, liver, brain, and eggs of glaucous gulls (*Larus hyperboreus*) from the Norwegian Arctic. *Environmental science & technology*. 2005;39(19):7439-7445.
73. Shi Y, Wang J, Pan Y, Cai Y. Tissue distribution of perfluorinated compounds in farmed freshwater fish and human exposure by consumption. *Environmental Toxicology and chemistry*. 2012;31(4):717-723.
74. Kwiatkowski CF, Andrews DQ, Birnbaum LS, Bruton TA, DeWitt JC, Knappe DR, et al. Scientific basis for managing PFAS as a chemical class. *Environmental science & technology letters*. 2020;7(8):532-543.
75. Grandjean P, Andersen EW, Budtz-Jørgensen E, Nielsen F, Mølbak K, Weihe P, Heilmann C. Serum vaccine antibody concentrations in children exposed to perfluorinated compounds. *Jama*. 2012;307(4):391-397.
76. Goldenman G, Fernandes M, Holland M, Tugran T, Nordin A, Schoumacher C, McNeill A. The cost of inaction: A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS. Copenhagen: Nordic Council of Ministers; 2019. [citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1295959/FULLTEXT01.pdf>
77. Stockholmskonventionen om långlivade organiska föroreningar 22 maj 2001. Hämtad från: <https://www.pops.int/>
78. Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2019/1021 av den 20 juni 2019 om långlivade organiska föroreningar (omarbetning). Europeiska unionens officiella tidning; 2019.
79. Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006 av den 18 december 2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (Reach), inrättande av en europeisk kemikaliemyndighet, ändring av direktiv 1999/45/EG och upphävande av rådets förordning (EEG) nr 793/93 och kommissionens förordning (EG) nr 1488/94 samt rådets direktiv 76/769/EEG och kommissionens direktiv 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG och 2000/21/EG. Europeiska unionens officiella tidning; 2006.
80. Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/39/EU av den 12 augusti 2013 om ändring av direktiven 2000/60/EG och 2008/105/EG vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område. Europeiska unionens officiella tidning; 2013.
81. Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2020/2184 av den 16 december 2020 om kvaliteten på dricksvatten (omarbetning). Europeiska unionens officiella tidning; 2020.

82. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (LIVSFS 2022:12).
83. KEMI. Guide för ansvar, kontroll och hantering av PFAS. KEMI; 2024 [uppdaterad 2024-11-08; citerad 2024-11]. Hämtad från: <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/pfas/guide-for-ansvar-kontroll-och-hantering-av-pfas>
84. KEMI. Gränsvärden och riktvärden för PFAS. KEMI; 2024 [uppdaterad 2024-02-08; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.kemi.se/download/18.db1a89d18b37a78175b3031707489966084/Gransvarden-och-riktvarden-for-PFAS.pdf>
85. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (EFSA CONTAM Panel), Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, et al. Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA journal. 2020;18(9):e06223.
86. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2019:25).
87. Havs- och vattenmyndigheten. Remiss gällande revidering av Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2019:25) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten avseende bedömningsgrunder för PFAS. HaV; 2024 [uppdaterad 2024-10-09; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/om-oss-kontakt-och-karriar/om-havs--och-vattenmyndigheten/remisser-fran-hav/remisser/2024-10-09-remiss-gallande-revidering-av-havs--och-vattenmyndighetens-foreskrifter-hvmfs-201925-om-klassificering-och-miljo-kvalitetsnormer-avseende-ytvatten-avseende-bedomningsgrunder-for-pfas.html>
88. Havsmiljöförordningen (SFS 2010:1341).
89. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om vad som kännetecknar god miljöstatus samt miljö kvalitetsnormer med indikatorer för Nordsjön och Östersjön (HVMFS 2012:18).
90. SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks). Final Opinion on Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive – PFAS. European Commission; 2022 [uppdaterad 2022-08-18; citerad 2024-10]. Hämtad från: https://health.ec.europa.eu/publications/scheer-scientific-opinion-draft-environmental-quality-standards-priority-substances-under-water_en
91. Havs- och vattenmyndigheten. Faktablad för att bedöma indikator för god miljöstatus enligt havsmiljöförordningen [Faktablad]. HaV; 2024 [uppdaterad 2024-07-01; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsmiljoforvaltning/bedomningen-av-havsmiljons-tillstand/faktablad-for-indikatorer/god-miljostatus/8.1a-halter-av-farliga-amnen.html>
92. Avfallsförordning (SFS 2020:614).
93. Förordning om deponering av avfall (SFS 2001:512).
94. Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall (NFS 2004:10).
95. Naturvårdsverket. Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar inom förorenade områden. Stockholm: Naturvårdsverket; 2019. Naturvårdsverket rapport; 6871.
96. Kommissionens genomförandebeslut (EU) 2018/1147 av den 10 augusti 2018 om fastställande av BAT-slutsatser för avfallsbehandling, i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU.
97. Naturvårdsverket. Vägledning om BAT-slutsatser för avfallsbehandling. Naturvårdsverket; 2022 [uppdaterad 2022-06-28; citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/4ea7d15055d84f949a6a6e0b77b96f90/vagledning-om-bat-slutsatser-for-avfallsbehandling.pdf>
98. Malovanyy A, Hedman F, Goicoechea Feldtmann M, Harding M, Yang JJ. Rening av PFAS-förorenat vatten från avfallsanläggningar. IVL Svenska miljöinstitutet; 2021.
99. Burns DJ, Stevenson P, Murphy PJ. PFAS removal from groundwaters using Surface-Active Foam Fractionation. Remediation Journal. 2021;31(4):19–33.
100. KEMI. PRIO – ett verktyg för substitution. KEMI; u.å. [citerad 2024-10]. Hämtad från: <https://www.kemi.se/prioguiden/start>
101. Naturvårdsverket. Nätverk för PFAS. KEMI; 2025 [uppdaterad 2025-01-07; citerad 2025-01]. Hämtad från: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforooreningar/organiska-miljogifter/natverk-for-pfas/>
102. ECHA. Next steps for PFAS restriction proposal. ECHA; 2024. [uppdaterad 2024-03-13; citerad 2025-01]. Hämtad från: <https://echa.europa.eu/sv/-/next-steps-for-pfas-restriction-proposal>

103. Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2024/3019 av den 27 november 2024 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (omarbetning).
104. Miljø- og Ligestillingsministeriet. PFAS-forurening. Miljø- og Ligestillingsministeriet; u.å [citerad 2024–10]. Hämtad från: <https://mim.dk/kampagner/pfas>
105. KEMI. Nytt EU-förbud kan stoppa all tillverkning och försäljning av PFAS. KEMI; 2023 [uppdaterad 2023–02–07; citerad 2025–01]. Hämtad från: <https://www.kemi.se/arkiv/nyhetsarkiv/nyheter/2023-02-07-nytt-eu-forbud-kan-stoppa-all-tillverkning-och-forsaljning-av-pfas#:~:text=PFAS%20sl%C3%A4pps%20ut%20under%20hela,utrustning%20f%C3%B6r%20de%20stora%20utsl%C3%A4ppen.>

II Bilagor

Bilaga I. Svenska rikt- och gränsvärden för PFAS (bearbetad från Kemikalieinspektionen⁸⁴).

Klass	PFAS 4	PFOS	PFAS 11	HaVs Nya förslag PFAS 4	Myndighet/lagstiftning	Typ av värde	Vad bedömer värdet
<i>Dricksvatten</i>	0,004 ug/l	-	-	-	LIVSFS 2022:12	Juridiskt bindande gränsvärde från 1 januari 2026	Säker halt för dricksvatten
<i>Kustvatten och vatten i övergångszon som är dricksvattenförekomst</i>	-	-	Max. tillåten koncentration 0.09 ug/l	0,004 ug/l	HVMFS 2019:25	Juridiskt bindande värde för vattenmyndigheten (PFAS 11) Blir juridiskt bindande, förslås gälla senast 3 Mars 2025 (PFAS 4)	Ekologiskt statuskriterium
<i>Andra ytvatten (Kustvatten och vatten i övergångszon)</i>	-	Årsmedelvärde 0,00013 ug/l	-	-	HVMFS 2019:25	Juridiskt bindande gränsvärde för vattenmyndigheten	Kemisk ytvattenstatus kriterium
<i>Andra ytvatten (Kustvatten och vatten i övergångszon)</i>	-	Maxvärde 7.2 ug/l	-	-	HVMFS 2019:25	Juridiskt bindande gränsvärde för vattenmyndigheten	Kemisk ytvattenstatus kriterium
<i>Fiskmuskel</i>	-	-	-	0,077 ug/kg våt vikt	HVMFS 2019:25	Blir juridiskt bindande, förslås gälla senast 3 Mars 2025	Ekologiskt statuskriterium
<i>Fiskmuskel</i>	-	9.1 ug/kg våt vikt	-	-	HVMFS 2019:25	Juridiskt bindande gränsvärde för vattenmyndigheten	Kemisk ytvattenstatus kriterium

