

Organiske kjemikalier har vært et hovedområde for overvåkning av miljøgifter i flere tiår. De siste 15–20 årene er det oppdaget miljøfare fra to nye typer organiske miljøgifter som det hittil har vært lite forsket på, såkalte bromerte flammehemmere (BFR) og perfluoroalkylerte kontaminanter (PFC). Til tross for at disse stoffene er tungt nedbrytbare i miljøet, er mange av dem ennå i liten grad gjenstand for miljøkontroll og bruksforbud. Havforskningsinstituttet driver foreløpig ingen overvåkning av stoffene.

Stepan Boitsov

stepan.boitsov@imr.no

Både BFR og PFC deler visse felles egenskaper med andre organiske miljøgifter. Alle disse stoffene er:

- lite nedbrytbare i naturen og forblir i miljøet i lang tid
- ofte lite vannløselige, og havner derfor i sedimenter i havet
- kan tas opp av organismer fra miljøet uten å brytes ned og akkumuleres derfor i organismen og muligens videre i næringskjeden
- giftige for mennesker
- ikke vanlige i naturen

### Bromerte flammehemmere

Bromerte flammehemmere (Brominated Flame Retardants, BFR) er masseprodusert og har vært brukt i industrien siden 1970-tallet, for det meste som flammehemmere og brann dempere i forskjellige typer plast, tekstiler, møbler, byggmaterialer i elektronisk utstyr, osv. BFR består av flere typer kjemiske forbindelser med felles evne til å dempe brann, men med noe forskjellig grad giftighet og litt forskjellige kjemiske egenskaper.

Hovedkilden til BFR kan være elektronisk avfall, såkalt "e-waste", spesielt i noen asiatiske land som Kina, hvor det produseres store mengder datamaskiner og annen elektronikk, og hvor enorme mengder gammelt utstyr brennes eller kastes uten hensyn til mulige miljøproblemer. Det finnes ingen pålitelige data om mengden bromerte flammehemmere som frigjøres på denne måten i Asia. Også i utviklede land i Europa og Nord-Amerika er det store mengder varer og avfall som inneholder BFR og kan føre til utslipp av BFR i naturen.

I 2001 ble det produsert over 150.000 tonn bromerte flammehemmere i verden. Til tross for forbud mot produksjon og bruk av visse bromerte flammehemmere, er det mange av dem som finner veien inn i Europa gjennom import av ulike varer. Andre typer BFR er fremdeles lovlig for bruk i Europa.

Bromerte flammehemmere menes å ha liknende miljøskadelig effekt som dioksin. Stoffene er som regel svært stabile, og mange er ikke fysisk, kjemisk eller biologisk nedbrytbare. De er også ekstremt lite vannløselige, så i havet løses de ikke opp i vannet, men havner i sedimenter. Ofte er de bundet til organiske partikler, noe som kan også føre til akkumulering i næringskjeden. Bromerte flammehemmere finnes nå overalt i miljøet, i sedimenter, i fisk og til og med i morsmelk hos mennesker.

Vi mangler fortsatt mye kunnskap om bromerte flammehemmere i miljøet. Blant annet vet vi svært lite om hvordan mennesket reagerer på disse stoffene. Dette burde være et høyst aktuelt tema, siden BFR finnes i nærmest alt som omgir oss i en moderne husholdning. Vi trenger også flere studier av hvor giftig BFR faktisk er før vi kan være sikre på hvilke substanser vi kan bruke uten risiko for miljø og mennesker.

De formene for BFR som ikke er masseprodusert, vet vi nærmest ingenting om. De kan imidlertid være produsert som biprodukter eller urenheter i industrien, eller som dekomponeringsprodukter i miljøet.

Vi trenger en systematisk og global overvåkning av BFR-nivåene i miljøet. Nivåene

**Tabell 4.3.1**

Mengder bromerte flammehemmere oppdaget i organismer i Nord-Europa. Mengden er gitt som nanogram ( $10^{-9}$ ) BFR per gram fett (dvs. mengde BFR i lipidfraksjonen).

*Amounts of brominated flame retardants found in various organisms in Northern Europe. The amounts are given as nanogram ( $10^{-9}$ ) BFR per gramme fat (i.e. the amount of BFR in the lipid fraction).*

Prøve	Sted	Mengde BFR, ng/g	År
Sildemuskel	Skagerrak	59	1987
Torskelever	Nordsjøen ved Nederland	Opptil 1,8	2004
Ringselspekk	Svalbard-området	47	1981
Vågehval	Kysten av Nederland	Opptil 22	1998
Elgmuskel	Sverige	0,8	1986
Fiskeørnmuskel	Sverige	1800	1986

ser ut til å øke, til tross for at noen tiltak er satt i verk i Europa og USA mot produksjon og bruk av BFR. Problemet er at tungt nedbrytbare forbindelser kan spre seg over hele verden fra noen få kilder, gjennom luft, havstrømmer, elver og dyr.

BFR er funnet i forskjellige deler av miljøet. I sedimenter varierer mengdene BFR, sterkt avhengig av stedet hvor prøvetakingen foregikk. Avrenning fra en cellulosefabrikk i Sverige ga rekordhøye BFR-målinger i sedimentene i en elv. I marine sedimenter i fjerne områder er mengdene mye lavere, men fortsatt målbar. Slam inneholder typisk også store mengder BFR siden det er der mange av industriutslippene og vanlige husstands avfallsprodukter havner. BFR var til og med målt i luften, og betydelige mengder ble funnet i et fabrikkområde på Taiwan. I sjøvann, derimot, ble det ikke funnet noen BFR, selv om en japansk studie ble utført på prøver tatt fra flere forskjellige områder rundt Japan. Dette viser hvor lite disse forbindelser løser seg i sjøvann.

BFR funnet både i muskel og lever i alle typer dyr fra forskjellige, selv fjerne, områder (se Tabell 4.3.1). Man må merke seg at de største mengdene finnes hos marine dyr, mens det i landdyr som elg måles nærmest ingen BFR. I marint biota finnes de største mengdene BFR hos dyrene som ligger på det høyeste trofiske nivå, som fiskeørn – en fugl som lever bare av fisk. Hos mange typer fisk, som makrell og laks, og sjødyr som hval, sel og nise, er BFR også funnet. Dette tyder på at BFR som regel havner i sjøen hvor de tas opp av biota og bioakkumuleres, med størst fare for dyrene som står øverst i næringskjeden. Noen studier tyder på likt forurensningsnivå for BFR i marine biota som PCB.

I det siste er det utført en del målinger av BFR i norsk miljø, se Tabell 4.3.2. Det ble funnet BFR i mange typer marine biota i Norge, og flere studier pågår for å skape et bredere bilde av forurensninger, noe som framdeles mangler med denne type forbindelser.

**Tabell 4.3.2**

Bromerte flammehemmere i norsk miljø.  
*Brominated Flame Retardants in the Norwegian environment.*

Prøve	Sted	Mengde BFR, ng/g <sup>a</sup>	År
Blodplasma fra mennesker (elektronikkmontører)	Norske byer	Opptil 1,3	2001
Nisespekk	Nordsjøen	180	2004
Sei	Vestre Tanaffjord	Opptil 16,39	2004
Torskelever	Norskekysten	Opptil 122	2003
Fiskeørnegg	Nordsjøen	103 <sup>b</sup>	2005
Jord	Forskjellige steder i Norge	0,97 <sup>c</sup>	2004

Merknader: a) mengdene er gitt som lipidvekt (mengde BFR i lipidfraksjonen) med mindre annet er indikert; b) våtvekt (mengde BFR i våt prøve); c) tørrvekt (mengde BFR i tørket prøve).



**PFC**

PFC står for Perfluoroalkyl Contaminants som er en stor gruppe kjemiske forbindelser.

PFC er masseprodusert og har vært brukt i over 50 år i smøremidler, papir, frostvæsker, flammehemmere, maling og lakk, farmasøytiske og kosmetiske midler og ugress- og insektmidler. Fra 2000 har produksjonen av PFC i mange land avtatt, og utfasing av noen PFC-stoffer vurderes nå i Norge og EU. Det er imidlertid fremdeles store mengder PFC i produksjon og bruk overalt i verden.

PFC har visse unike kjemiske egenskaper som skiller dem fra andre organiske miljøgifter, derfor oppfører de seg også annerledes enn alle andre slike stoffer. PFC er lite vann- og fettløselige men konsentrerer seg ved grenser mellom vann og fett. Det gjør at de gjerne binder seg til proteiner i blod, lever og nyrer, og ikke akkumuleres i fettrikt spekk eller melk.

PFC har også svært spesielle egenskaper på grunn av stort fluorinnhold. Dette gjør PFC ekstremt stabile i miljøet. De nedbrytes ikke av vann, lys, mikrober eller i organismen. De har også høye kokepunkter og fordampes ikke under normale naturforhold, men binder seg til partikler og akkumuleres i sedimenter og organismer.

PFC var opprinnelig antatt ikke å være farlige når de var tilsatt i plast og andre

materialer. De tas ikke opp av levende organismer ved innpusting eller gjennom huden. Til tross for dette er det en økende bekymring over de mulige skadevirkningene fra PFC, først og fremst fordi disse stoffene er så tungt nedbrytbare og fordi de akkumuleres i næringskjeden.

Det er vist at PFC påvirker forskjellige prosesser i cellene, noe som kan få en rekke negative virkninger på organismen. PFC kan senke kolesterolnivået i blodet, og kan være dødelig ved svært høye konsentrasjoner. De kan også være reproduksjons- og utviklingsforstyrrende for ulike organismer. Det er vist at PFC kan være giftig for både sjøpattedyr, fisk og alger ved relativt høye konsentrasjoner.

De siste årene har det vært utført undersøkelser av PFC-nivåer i forskjellige deler av miljøet. Noen av resultatene er oppsummert i Tabell 4.3.3. På samme måte som for bromerte flammehemmere er det dyrene øverst i næringskjeden som har de høye verdiene av PFC.

**PFC i Norge**

Det er gjort svært få studier på PFC i Norge. Stoffene har fått økt oppmerksomhet de siste tre år etter at SFT viste at ca. 80 tonn av PFC-stoffet PFOS er sluppet ut fra oljeplattformer gjennom brannskummet som benyttes under brannøvelser og tester, og at det fortsatt finnes 17 tonn igjen på norske plattformer. Myndighetene har nå bestemt at PFOS skal fases ut i Norge.

**Persistent organic pollutants**

Persistent organic pollutants (POPs) have been in the focus of environmental monitoring for many decades. In the last 20 years there have been discovered a danger to the environment from two new types of POPs that have not been investigated sufficiently before: the so-called brominated flame retardants (BFR) and the perfluoroalkylated contaminants (PFC). Despite the extreme stability of these compounds in the environment, their ability to bioaccumulate, and significant toxicity of some of them, many of these compounds are still not sufficiently controlled and their use is often not restricted or regulated. A summary of the known data on these two types of compounds and their fate in the environment is given in this chapter, with particular emphasis on the Norwegian marine environment.

**Tabell 4.3.3**

PFC-mengder funnet i forskjellige deler av miljøet.

*Amounts of PFC found in various environmental compartments.*

Prøve	Sted	Mengde PFC	År
Niselever	Nord-Norge/Barentshavet	118 <sup>a</sup>	2004
Isbjørnlever	Svalbard-området	1 290 <sup>a</sup>	2005
Karpelever	Flandern, Belgia	934 <sup>a</sup>	2005
Ulkelever	Grønland	18 <sup>a</sup>	2005
Overflatesedimenter	San Francisco-bukten	Opptil 3,8 <sup>b</sup>	2005
Slam	San Francisco-området	Opptil 3 390 <sup>b</sup>	2005
Sjøvann	Tomakomai-bukten, Japan	2 880 <sup>c</sup>	2005
Støv	Forskjellige hus i Canada	444 (PFOS) <sup>b</sup> 941 (Sum PFC) <sup>b</sup>	2005
Luft	Toronto, Canada	Opptil 0,205 <sup>d</sup>	2002

*Merknader: a) mengden er gitt som ng/g lipidvekt (mengde PFC i lipidfraksjonen); b) mengde i ng/g; c) mengde i ng/l sjøvannprøve; d) mengde i ng/m<sup>3</sup> luftprøve.*