

## 6:2 FTS och andra PFAS som inte ingår i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns, men som uppmätts i rå- och dricksvatten

### Sammanfattning

En genomgång av ett antal rapporter/artiklar gällande förekomst av poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) i grundvatten/lakvatten har genomförts, som ett underlag för ställningstagande om att inkludera fler PFAS i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns, än de 7 perfluorerade alkylsyror (PFAA) som för närvarande ingår.

I Livsmedelsverkets och Kemikalieinspektionens rapport "Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter" (SLV/Kemi 2013) finns information om att "gamla generationens" högfluorerade släckskum innehöll, förutom de 7 PFAA i åtgärdsgränsen även kortkedjiga PFAA, såsom PFBA, och långkedjiga PFAS såsom PFNA och PFDA, samt det polyfluorerade ämnet 6:2 FTS. I "nya generationens" högfluorerat skum ingår fortfarande 6:2 FTS, samt vissa av de mer kortkedjiga PFAA (PFBA, PFPeA) och långkedjiga PFAA (PFOA, PFDA).

Höga halter av 6:2 FTS har uppmätts i grundvatten under områden förorenade med brandsläckningsskum, samt i lakvatten från förorenad mark. Substansen har också uppmätts i Svenskt Vattens kartläggning. Resultaten tyder på att det kan finnas risk att substansen ger ett signifikant bidrag till total PFAS-halt i råvatten som tas nära punktkällan för förorening. Bland de perfluorerade alkylsyror som för närvarande inte finns med bland de 7 i Livsmedelsverkets nuvarande åtgärdsgräns för PFAS i dricksvatten så tycks PFBA, PFNA och PFDA ibland kunna ge ett bidrag till den totala PFAS-halten i råvatten/drucksvatten, baserat bland annat på data från Sverige, övriga Europa och Nordamerika.

Kunskaperna om giftigheten av 6:2 FTS och PFBA är dåliga. PFBA har samma toxicitetsmönster som mer långkedjiga karboxylsyror, även om de uppkommer vid högre doser än för de mer långkedjiga. 6:2 FTS tycks brytas ner till bland annat kortkedjiga karboxylsyror, vilket gör att substansen "sekundärt" borde ha samma toxicitetsmönster som de perfluorerade substanserna. PFNA och PFDA är långkedjiga karboxylsyror som i djurförsök är reproduktionstoxiska vid samma eller lägre nivåer som PFOA.

## Inledning

Syftet med denna korta kunskapssammanställning är främst att redovisa mätningar av andra PFAS än de 7 PFAA som ingår i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns i yt- och grundvatten. Sammanställningen är ett underlag för ställningstagande om fler substanser än de 7 ska inkluderas i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för högfluorerade ämnen (PFAS) i dricksvatten. De 7 substanserna är PFBS, PFHxS, PFOS, PFPeA, PFHxA, PFHpA och PFOA.

## Uppmätta halter i lakvatten/grundvatten/ytvatten

I Livsmedelsverkets och Kemikalieinspektionens rapport "Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter" (SLV/Kemi 2013) finns information om att "gamla generationens" högfluorerade släckskum innehöll, förutom de 7 PFAA i åtgärdsgränsen även kortkedjiga PFAA, såsom PFBA, och långkedjiga PFAS såsom PFNA och PFDA, samt det polyfluorerade ämnet 6:2 FTS och det perfluorerade ämnet PFOSA. I "nya generationens" högfluorerat skum ingår fortfarande 6:2 FTS, samt vissa av de mer kortkedjiga PFAA (PFBA, PFPeA) och långkedjiga PFAA (PFOA, PFDA). Dessutom uppges dessa skum kunna innehålla fluortelomeralkoholer (6:2, 8:2, 10:2 FTOH) som dock inte går att analysera med samma metod som de andra PFAS (SLV/Kemi 2013).

Kärrman et al. (2011) rapporterade data från en norsk brandövningsplats, där höga halter av 6:2 FTS, cirka 5-7 µg/l, detekterades i lakvatten från den förorenade platsen. Halterna var högre än för PFOS (1-2 5-7 µg/l). I grundvatten under två brandövningsplatser på en flygbas i USA var medelhalten av 6:2 FTS 9 000-90 000 ng/l (Backe et al. 2013). Medelhalten av 4:2 FTS rapporterades till cirka en tiondel av 6:2 FTS vid den ena platsen och på den andra platsen var medelhalten av 8:2 FTS en tiondel av 6:2 FTS. PFHxS förelåg i högst halter (44 000-180 000 ng/l). Bland de andra PFAS som inte ännu inkluderats i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns rapporterades medelhalter av PFHpS på 1200-4600 ng/l, PFBA 4 000-24 000 ng/l och PFNA cirka 200 ng/l.

Undersökningar av grundvatten under Ärna flygplats i Uppsala observerade att 6:2 FTS generellt låg <10 ng/l, även i fall där prover tagits i anslutning till brandövningsplatsen och där summahalt av PFHxS och PFOS var 39 000 ng/l (NIRAS 2014). I ett grundvattenprov rapporterades 6:2 FTS-halten vara 100 ng/l, och summahalten PFOS och PFHxS 8200 ng/l.

I 236 prover av dricksvatten, råvatten och vatten från yt/grundvattentäkter rapporterades i Svenskt Vattens kartläggning av PFAA i dricksvatten detekterades 6:2 FTS i 4 prover med halter från 3-33 ng/l (Holmström et al. 2014). Halterna av PFOSA, PFBA, PFNA och PFDA låg under detektionsgränsen (2,5 ng/l).

Livsmedelsverket har också fått tillgång till haltdata gällande grundvatten från en brandövningsplats (anonymiserad). Sammanlagt 9 prover togs vid olika platser. Halterna av 6:2 FTS varierade mellan 15 ng/l och 14 000 ng/l. I samma prover rapporterades PFOS-halter 55-48000 ng/l. Bland övriga PFAS som hittades,

men som för närvarande inte ingår i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns, kan nämnas PFBA (<100-750 ng/l) och PFNA (<10-1200 ng/l).

PFAS-halter i grundvatten i Stockholm rapporterades 2013 (Stockholms stad 2013). Förutom de mer frekvent förekommande PFBS, PFHxS, PFOS, PFHxA, PFHpA och PFOA detekterades PFNA och PFDA i ett prov av 54, i halter runt 10 ng/l. Total PFAS-halt i detta prov var cirka 150 ng/l (summa 11 PFAS). PFOSA mättes också i proverna och kunde inte detekteras (<5 ng/l).

Höga 6:2 FTS-halter (6500 ng/l) har uppmätts i dricksvatten från egen brunn i ett område där en villabrand släckts med högfluorerat skum (Livsmedelsverkets Upplysning 2015).

I en genomgång av tre studier av PFAS-halter i råvatten/dricksvatten från New Jersey, USA, Frankrike (nationell) och Katalonien, Spanien, rapporterades halter av PFBA i USA (max 6 ng/l) och Frankrike (max 12 ng/l) och PFNA i USA (max 96 ng/l), Frankrike (max 52 ng/l) och Spanien (max 58 ng/l) (Post et al. 2013).

## Riskvärdering

### 6:2 FTS

Substansen är en polyfluorerad alkylsubstans som kan finnas i relativt höga halter i till exempel brandsläckningsskum (Kemli/Livsmedelsverket 2013). Vid Arlanda flygplats detekterades 6:2 FTS i relativt höga halter i ytvatten i närheten av punktkällan, varefter halterna sjönk ju längre från punktkällan man mätte (Ahrens et al. 2014). I Halmsjön, som sannolikt förorenats via grundsvattenströmmar, detekterades inte 6:2 FTS, troligen beroende på nedbrytning under grundvattentransporten till Halmsjön från punktkällan (Ahrens et al. 2014). Mikrobiologisk nedbrytning tycks dock vara relativt långsam i försök med rötslam från reningsverk (Wang et al. 2011). Under starkt oxidativa förhållanden bryts substansen ner till i huvudsak kortkedjiga perfluorerade karboxylsyror (C7-C2) (Yang et al. 2014).

6:2 FTS verkar inte bioackumulera i akvatiska organismer (Hoke et al. 2015). Borg och Håkansson (2012) gick igenom publikationer om substansens toxicitet fram till och med 2008 och de kunde endast hitta en studie. En ny sökning gjord av Livsmedelsverket på PUBMED (sökord: 6:2 fluortelomer) gav inga nya artiklar i detta ämne. Den enda publicerade studien visade att substansen är njurtoxisk i råtta vid höga doser, vilket också är en egenskap som en av nedbrytningsprodukterna (PFHxA) har (Klaunig et al. 2015).

### PFBA

Substansen är en karboxylsyra med 4 kol i kolkedjan (inklusive karboxylgruppen) och har mycket kortare halveringstid hos människa (några dagar) än mer långkedjiga karboxylsyror (Chang et al. 2008). I Borg och Håkansson (2012) så rapporterades substansen ha liknande toxiska effekter som de mer långkedjiga karbox-

ylsyrorna, det vill säga lever- och reproduktionstoxicitet, samt påverkan på fettmetabolism. Effekterna uppkom dock vid högre doser än för de mer långkedjiga substanserna (Borg och Håkansson 2012). I en toxicitetsstudie från 2011 (Butenhoff et al. 2011) visade på samma typ av effekter som de rapporterade av Borg och Håkansson (2012), men också att substansen påverkar nivåer av sköldkörtelhormoner. Substansen tycks vara mindre toxisk än PFOA, som har dubbelt så många kol i kolkedjan (Butenhoff et al. 2011).

#### PFNA

Substansen, som är en karboxylsyra med 9 kol i kolkedjan, har samma toxicitetsmönster som de andra karboxylsyror och är reproduktionstoxiskt vid liknande nivåer som PFOA (Borg och Håkansson 2012). En ny studie styrker denna slutsats (Das et al. 2015). PFNA tycks utsöndras långsamt hos människa och halveringstiderna har uppskattats till 2-4 år (Zhang et al. 2013).

#### PFDA

Denna karboxylsyra har 10 kol i kolkedjan och har en uppskattad halveringstid i människokroppen på 4-9 år (Zhang et al. 2013), och samma toxicitetsmönster som PFOA och PFNA (Borg och Håkansson 2012). PFDA tycks vara mer toxisk än PFOA när det gäller effekter på reproduktionen (Borg och Håkansson 2012).

### **Slutsatser**

I de ovan redovisade studierna står det klart att höga halter av 6:2 FTS har uppmätts i grundvatten under områden förorenade med brandsläckningsskum, samt i lakvatten från förorenad mark. Substansen har också uppmätts i Svenskt Vattens kartläggning. Resultaten tyder på att det kan finnas risk att substansen ger ett signifikant bidrag till total PFAS-halt i råvatten som tas nära punktkällan för förorening.

Bland de perfluorerade alkylsyror som för närvarande inte finns med bland de 7 i Livsmedelsverkets nuvarande åtgärdsgräns för PFAS i dricksvatten så tycks PFBA, PFNA och PFDA ibland kunna ge ett bidrag till den totala PFAS-halten i råvatten/dricksvatten, baserat bland annat på data från Sverige, övriga Europa och Nordamerika.

Kunskaperna om giftigheten av 6:2 FTS och PFBA är dåliga. PFBA har samma toxicitetsmönster som mer långkedjiga karboxylsyror, även om de uppkommer vid högre doser än för de mer långkedjiga. 6:2 FTS tycks brytas ner till bland annat kortkedjiga karboxylsyror, vilket gör att substansen "sekundärt" borde ha samma toxicitetsmönster som de perfluorerade substanserna. PFNA och PFDA är långkedjiga karboxylsyror som är reproduktionstoxiska vid samma eller vid lägre nivåer som PFOA.

2015-12-11

## Referenser

- Ahrens L, Norström K, Viktor T, Palm Cousins A, Josefsson S. 2015. Stockholm Arlanda Airport as a source of per- and polyfluoroalkyl substances to water, sediment and fish. *Chemosphere* 129, 33-38.
- Backe WJ, Day TC, Field JA. 2013. Zwitterionic, cationic, and anionic fluorinated chemicals in aqueous film forming foam formulations and groundwater from U.S. military bases by nonaqueous large-volume injection HPLC-MS/MS. *Environ Sci Toxicol* 47, 5226-5234.
- Borg D, Håkansson H. 2012. Environmental and health risk assessment of perfluoroalkylated and polyfluoroalkylated substances (PFASs) in Sweden. SNV Rapport 6513. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Butenhoff JL, Bjork JA, Chang S-C, et al. 2011. Toxicological evaluation of ammonium perfluorobutyrate in rats: Twenty-eight-day and ninety-day oral gavage studies. *Reprod Toxicol* 33,513-530.
- Chang S, Das K, Ehresman DJ, et al. 2008. Comparative pharmacokinetics of perfluorobutyrate in rats, mice, monkeys and humans and relevance to human exposure via drinking water. *Toxicol Sci* 104, 40-53.
- Das KP, Grey BE, Rosen MB, et al. 2015. Developmental toxicity of perfluorononanoic acid in mice. *Reprod Toxicol* 51, 133-144.
- Hoke RA, Ferrell BD, Ryan T, et al. 2015. Aquatic hazard, bioaccumulation and screening risk assessment for 6:2 fluortelomer sulfonate. *Chemosphere* 128, 258-265.
- Holmström K, Wetterstrand S, Hedenberg G. 2014. Nationell screening av perfluorerade föroreningar (PFAA) i dricksvatten. *Svenskt Vatten Utveckling. Keml/SLV*. 2013. Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter. PM 5/13.
- Klaunig JE, Shinohara M, Iwai H, et al. 2015. Evaluation of the chronic toxicity and carcinogenicity of PFHxS in Sprague-Dawley rats. *Toxicol Pathol* 43, 209-223.
- Kärman A, Elgh-Dalgren K, Lafossas C, Mørskeland T. 2011. Environmental levels and distribution of structural isomers from perfluoroalkyl acids after aqueous fire-fighting foam (AFFF) contamination. *Environ Chem* 8, 372-380.
- Livsmedelsverkets Upplysning. 2015. Upplysningsfråga inkommen 2/9-15.
- Niras. 2014. Slutrapport – Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsalas flygplats. Försvarsmakten/Miljöprövningsenheten 2014-09-29.
- Post GB, Louis JB, Lippincott RL, Procopio NA. 2013. Occurrence of perfluorinated compounds in raw water from New Jersey public drinking water systems. *Environ Sci Technol* 47, 13266-13275.
- Stockholms stad. 2013. Grundvatten i Stockholm.

- Wang N, Liu J, Buck RC, Korzeniowski SH, et al. 2011. 6:2 fluorotelomer sulfonate aerobic biotransformation in activated sludge of waste water treatment plants. *Chemosphere* 82, 853-858.
- Yang X, Huang J, Zhang K Yu G, et al. 2014. Stability of 6:2 fluorotelomer sulfonate in advanced oxidation processes: degradation kinetics and pathway. *Enviro Sci Pollut Res Int* 21, 4634-4642.
- Zhang Y, Beesoon S, Zhu L, et al. 2013. Biomonitoring of perfluoroalkyl acids in human urine and estimates of biological half-life. *Environ Sci Technol* 47, 10619-10627.