

Köldmediespalten,

om PFAS, TFA och syntetiska kemikalier

Av Björn Palm

Vi har tidigare här i spalten tagit upp att några länder, däribland Sverige, föreslagit ett totalt förbud av användning av syntetiska ämnen tillhörande gruppen PFAS inom EU. Gruppen innefattar mer än 10 000 ämnen med det gemensamma att de har minst en kolatom som bara är kopplad till fluoratomer eller andra kolatomer, dvs de innehåller antingen en metylgrupp, $-CF_3$ eller en metylengrupp $-CF_2-$. Detta är den definition som överenskommits inom OECD, och enligt denna är nästan alla syntetiska köldmedier per definition PFAS. Det finns även många andra tillämpningar av PFAS, t.ex. impregneringsmedel för kläder och skor, packningsmaterial, flamskyddsmedel, skidvalla, bekämpningsmedel mm. Köldmedier står dock för det överlägset största bidraget av de totala utsläppen av PFAS, över 60%. Även TFA (tri-fluorättiksyra), som bildas vid sönderdelning av HFC och HFO i atmosfären, är en PFAS, med mycket lång livslängd i atmosfären. Även om vi använder HFO-köldmedier med kort atmosfärisk livstid kommer alltså sönderdelningsprodukterna i vissa fall att finnas kvar i mycket lång tid och potentiellt kunna ge skador.

Orsaken till det föreslagna förbudet är att PFAS visats kunna påverka människors hälsa på flera olika sätt. I Sverige har vi hört om PFAS i dricksvatten som tagits i närheten av platser där flygvapnet tränat brandsläckning med brandskum innehållande PFAS, och hur detta har påverkat människors hälsa.

Nyligen gav min kollega Michael Kauffeld från universitetet i Karlsruhe en presentation om PFAS vid ATMO Summit i Prag. Han gick där igenom kunskapsläget gällande PFAS, relaterat till syntetiska köldmedier och deras sönderdelningsprodukter, speciellt TFA. Bland annat visade han att koncentrationen av TFA i löv från träd i Tyskland ökat med en faktor fem eller mer mellan åren 1985 och 2022, se Fig 1 [1]. Studier av borkrön från glaciärer visar liknande ökning. Han visade också att mängden TFA i dricksvattnet i många städer i Europa är nära eller över gränsen på 500 ng/l (totalt för alla typer av PFAS) som gäller inom EU från 2026, se Fig 2 [2]. Koncentrationerna i dricksvatten ökar också över tid. Enligt rapporten *TFA - The Forever Chemical in the Water We Drink* [2] har faran med TFA underskattats tidigare på grund av brist på data och man föreslår därför ett omedelbart stopp för användning av F-gaser. F-gaser anges som den näst största källan till TFA i dricksvatten i Tyskland vid sidan av bekämpningsmedel. TFA är den klart vanligaste formen av PFAS i naturen. Enligt en studie stod TFA för 98% av all PFAS uppmätt i dricksvatten i Europa [4]. Genom vattnet ansamlas också TFA i våra födoämnen vilket ökar exponeringen för befolkningen.

Sönderdelningen av köldmediegaser i atmosfären följer olika vägar och andelen köldmediemolekyler som omvandlas till TFA är olika för olika köldmedier. Detta visas i Tabell 1, från Kauffelds presentation [3]. Som framgår bildas TFA både av HFC och av HFO-köldmedier. R1234yf som är dominerande i AC-system i bilar omvandlas till 100% till TFA, medan R32, som inte klassas som PFAS, inte ger någon TFA alls. Här ställs alltså önskemålen om låg GWP och låg TFA mot varann.

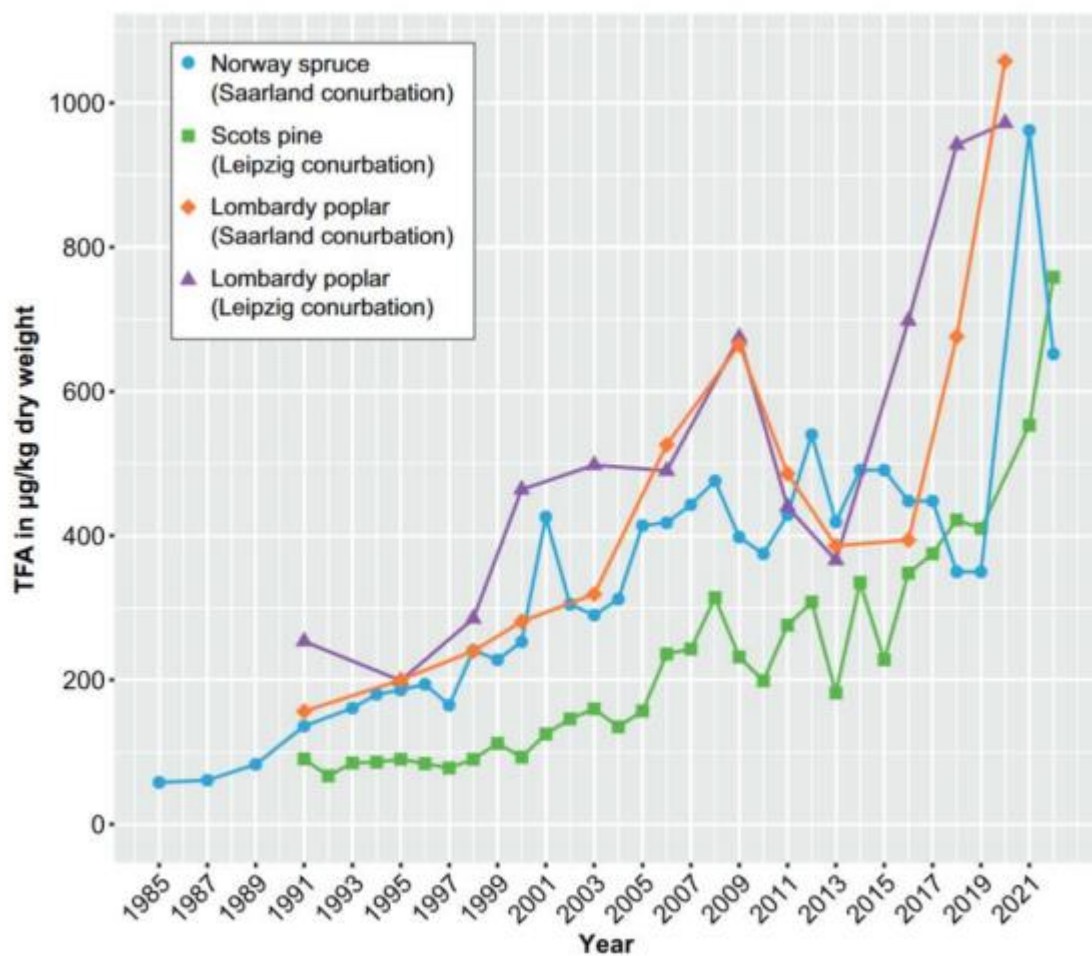
Hur farligt för hälsan TFA är har diskuterats under många år och alla forskare har inte varit övertygade om att just denna PFAS kan bli hälsovadlig i de koncentrationer som kan förväntas inom de närmaste 100 åren. Under de senaste åren har det dock kommit nya rapporter som antyder att riskerna är större än man tidigare trott. De snabbt ökande koncentrationerna ger också upphov till oro eftersom vi inte i förväg kan veta vilka effekterna kan bli i framtiden. Enligt [4] finns indikationer att TFA är toxiskt och påverkar däggdjurs reproduktion och även att det kan ge leverskador. I ett upprop nyligen, undertecknat av mer än 170 forskare specialiserade på PFAS, påpekas att inga undantag får göras i definitionen av PFAS (enligt OECD) eftersom alla dessa ämnen är potentiellt hälsovadliga eller potentiellt har negativa effekter för miljön [5].

PFAS nämns också i en artikel om syntetiska kemikalier (sådana som inte finns naturligt i vår omgivning) och barns hälsa [6]. Författarna pekar på att icke smittsamma sjukdomar hos barn har ökat kraftigt de senaste 50 åren, t.ex. har cancerfrekvensen ökat med 35%, likaså har antalet barn med skador på reproduktionssystemet ökat, liksom andelen barn med utvecklingsstörningar, autism och astma. Man refererar också till en studie som visar att barns IQ (i USA) har sjunkit med mellan 2 och 5 enheter sedan 1950-talet och att andelen barn med IQ över 130 sjunkit med 50%, samtidigt som

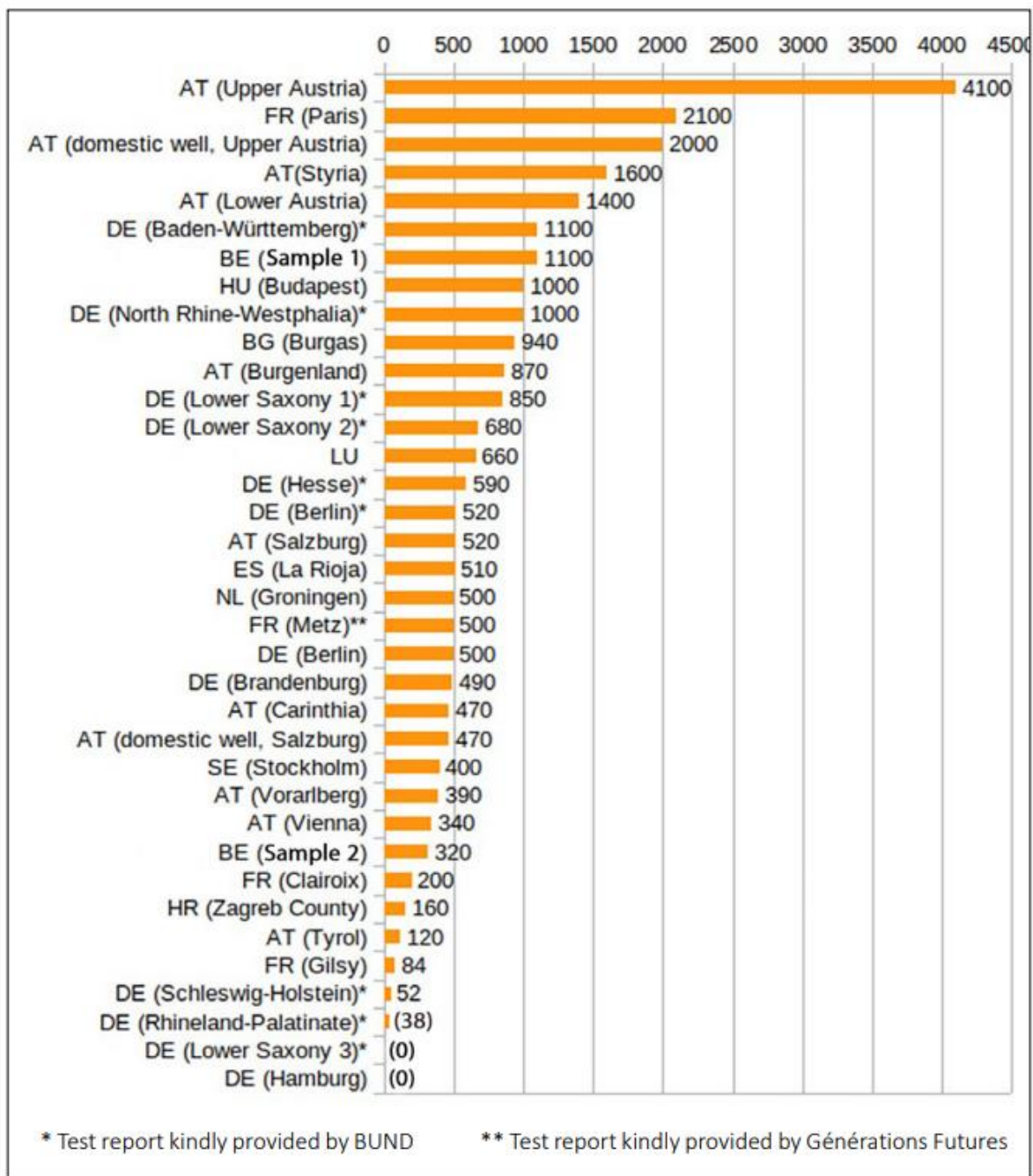
andelen med IQ under 70 ökat med 50%. För just PFAS nämns ökad risk för testikelcancer, minskad respons på vaccin, försämrat immunförsvar, låg födelsevikt, tidig pubertet, dyslipidemi (fettrubbningar). Studien slår fast att barn är känsligare för syntetiska kemikalier än vuxna. Det är också tydligt att sambanden mellan exponering och deras effekter ännu inte är fullständigt klarlagda.

Efter att ha studerat Kauffelds presentation och nämnda artiklar har jag stärkts i övertygelsen att vi snarast måste fasa ut de syntetiska köldmedierna och ersätta dem med naturliga medier, inte bara för att bidra till att rädda klimatet, men också för våra barns och framtida generationers hälsa!

Tidigare artiklar om köldmedier kan du hitta på KTH/Inst Energitekniks hemsida: [Artiklar för Kyla & Värme | KTH](#) eller bit.ly/3C6zBN0



Figur 1: Koncentration av TFA i löv från Tyskland [1]



Figur 2: TFA i dricksvatten från olika städer i Europa, i ng/liter. EUs gränsvärde för ALLA PFAS från 2026 är 500 ng/liter [2].

Tabell 1: Data för några syntetiska köldmedier med GWP under 750. De två högra kolumnerna anger hur stor andel av köldmediemolekylerna som kan förväntas bilda TFA eller R23. [3]

Refrigerant	Additional Information (Blend composed of)	Safety class	Normal boiling point ¹	GWP ₁₀₀ ¹	GWP ₂₀ ¹	TFA formation potential ²	HFC-23 formation potential ³
R-32	Used pure and in blends	A2L	-52 °C	749	2 620	-	-
R-125	Only in blends below GWP = 750	A1	-49 °C	3 820	6 790	-	-
R-134a	Only in blends below GWP = 750	A1	-26 °C	1 470	4 060	7-20 %	-
R-227ea	Only in blends below GWP = 750	A1	-15.6 °C	3 580	5 830	100 %	-
R-450A	R-134a and R-1234ze(E)	A1	-23.4/-22.8 °C	618	1 708	up to 14 %	0.8 - 2.6 %
R-452B	R-125, R-32 and R-1234yf	A2L	-51.0/-50.3 °C	769	2 231	26 %	-
R-454B	R-32 and R-1234yf	A2L	-50.9/-50.0 °C	516	1 806	31 %	-
R-454C	R-32 and R-1234yf	A2L	-46.0/-37.8 °C	162	565	79 %	-
R-455A	R-32, R-1234yf and R-744	A2L	-51.6/-39.1 °C	162	565	76 %	-
R-513A	R-134a and R-1234yf	A1	-29.2 °C	647	1 788	up to 65 %	-
R-1233zd(E)	Used pure and in blends	A1	18.1 °C	0.0651	4	up to 10 %	1.3 - 4.4 %
R-1234yf	Used pure and in blends	A2L	-29.4 °C	0.0268	< 1	100 %	-
R-1234ze(E)	Used pure and in blends	A2L	-19 °C	0.0459	1	up to 10 %	1.3 - 4.4 %
R-1233zd(E)	Used pure and in blends	A1	18.1 °C	0.0651	4	up to 10 %	1.3 - 4.4 %

¹ Normal boiling point and GWP values from UNEP RTOC 2022

² TFA formation rate from Behringer et al.: Umwelt- und Klimaauswirkungen natürlicher und halogener Kältemittel in Flüssigkeitskühlsätzen und Verflüssigungssätzen. German UBA (2024)

³ HFC-23 formation rate from Pérez-Peña et al. (2023) Pérez-Peña, M.P.; Fisher, J.A.; Hansen, C.; Kable, S.H. (2023): Assessing the atmospheric fate of trifluoroacetaldehyde (CF₃CHO) and its potential as a new source of fluorocarbon (HFC-23) using the AtChem2 box model. Environ. Sci.: Atmos., 3, 1767–1777

Referenser

- [1] Freeling, F.; Björnsdotter, M.K., 2023, : Assessing the environmental occurrence of the anthropogenic contaminant trifluoroacetic acid (TFA), Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, Volume 41, 2023, doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100807
- [2] Report TFA The Forever Chemical in the Water We Drink.pdf, https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/reports/Report_TFA_The%20Forever%20Chemical%20%20in%20the%20Water%20We%20Drink.pdf
- [3] Kauffeld, M., 2024, PFAS – A growing concern in the HVACR industry, presentation at ATMO Summit, Prague, 25 – 26/11 2024.
- [4] Arp, H.P., Gredelj, A., Glüge, J., Scheringer, M. and Cousins, I.T., 2024, The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA), Environ. Sci. Technol. 2024, 58, 19925–19935
- [5] Scientists' Statement on Defining PFAS, <https://rhodeislandcurrent.com/wp-content/uploads/2024/06/Scientists-Statement-on-Defining-PFAS.pdf>
- [6] Manufactured Chemicals and Children's Health — The Need for New Law, New England Journal of Medicine, jan 2025, DOI: 10.1056/NEJMms240909