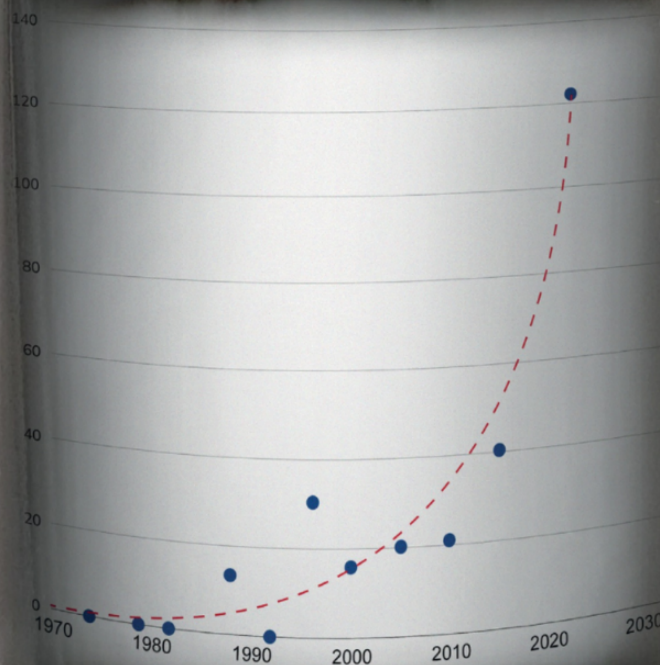


PORUKA IZ BOCE

Nagli porast kontaminacije trifluorooctenom
kiselinom u Europskoj uniji



Izvršni sažetak

U ovoj smo studiji istražili kontaminaciju "vječnom kemikalijom" TFA (trifluorooctena kiselina) u deset starih vina (berbe 1974. – 2015.) i 39 novijih vina (berbe 2021. – 2025.) iz deset zemalja EU koje proizvode vino. Sva novija vina također su analizirana na ostatke sintetičkih pesticida. Studiju su proveli članovi European Pesticide Action Network PAN Europe. Rezultati otkrivaju ozbiljan i brzo rastući ekološki problem koji je predugo bio zanemaren.

TFA je vrlo postojan produkt razgradnje određenih fluoriranih kemikalija – posebno F-plinova i PFAS pesticida – koji se koriste u rashladnim uređajima i, sve više, u poljoprivredi. Jednom oslobođena, TFA se ne može razgraditi prirodnim procesima i stoga se neizbježno nakuplja u vodi, tlu, biljkama, pa čak i u ljudskoj krvi. Prethodne studije nevladinih udruga pokazuju da je kontaminacija TFA široko rasprostranjena u europskim rijekama, jezerima, podzemnim vodama, vodi iz slavine, pa čak i kiši. Ovo izvješće poduzima ključni sljedeći korak, ispitivanjem u kojoj se mjeri TFA nakuplja u poljoprivrednim proizvodima – posebno u vinu.

Dugo se smatralo da je TFA toksikološki 'nerelevantan' metabolit pesticida. Sada se sumnja da je toksičan za reprodukciju.

Ključni nalazi:

- Nagli porast kontaminacije: vidimo eksponencijalni porast razina TFA u vinu od 2010. TFA nije otkriven u vinima prije 1988., dok vina od 2021. do 2024. pokazuju prosječne razine od 122 µg/L – s pojedinim vršnim vrijednostima od preko 300 µg/L.
- Sveprisutnost diljem Europe: Analizirana su vina iz 10 zemalja EU-a. Dok su prosječne razine TFA varirale, vina iz svih zemalja pokazivala su razine TFA nekoliko redova veličine više od već visokih razina u vodi; austrijska su vina bila posebno pogođena.
- Istodobna pojava s ostacima pesticida: Vina s višim razinama TFA također su sadržavala veći broj i količinu ostataka sintetičkih pesticida.

Ovi rezultati su u skladu s prethodnim nalazima da su PFAS pesticidi primarni izvor kontaminacije s TFA u poljoprivredi i prehrambenim lancima. Zbog kemijske strukture ovih tvari, njihova razgradnja u TFA praktički je neizbježna u stvarnim uvjetima. Podaci također podupiru još neobjavljene nalaze istraživača sa Sveučilišta u Freiburgu i odražavaju trendove prethodno uočene u službenim studijama EU-a. Uzeti zajedno, dokazi daju jasnu sliku: kontaminacija trifluorooctenom kiselinom u prehrambenim artiklima je stvarna – i povećava se.

S obzirom na nepovratnu prirodu TFA i nepostojanje održivih tehnologija uklanjanja, autori pozivaju na:

- Trenutačnu zabranu PFAS pesticida i F-plinova ;
- Sveobuhvatan program praćenja TFA u prehrambenim proizvodima;
- Preventivni regulatorni pristup koji priznaje značajne nedostatke u toksikološkim podacima i potencijalne rizike za javno zdravlje, uključujući djecu.

TFA je tzv. “vječna kemikalija” – i svaka godina neaktivnosti dodatno pogoršava njezino nasljeđe u našim ekosustavima i opskrbi hranom.

Sadržaj

Izvršni sažetak	2
Sadržaj	4
1. Pozadina	5
1.1 F-plinovi i PFAS pesticidi kao glavni izvori	5
1.2 Planetarne granice pod prijetnjom	6
1.3 Zdravstveni rizici uglavnom neistraženi	7
2. Istraživačko pitanje i analitički pristup	10
2.1 Odabir uzorka	10
Vina iz drugih europskih zemalja	11
2.2 Analitičke metode	12
3. Rezultati	13
3.1 Kontaminacija TFA u odležanim i novijim vinima	13
3.2 Ostaci pesticida u novijim vinima	15
4. Sažetak i zaključci	17

1. Pozadina

Trifluorooctena kiselina (TFA) je takozvana “vječna kemikalija” i pripada skupini **PFAS** (per- i polifluoroalkilne tvari). U okoliš ulazi prvenstveno razgradnjom drugih PFAS spojeva. Jednom stvorena, ona traje neograničeno dugo, jer se ne može razgraditi prirodnim procesima.

Tijekom proteklih desetljeća, TFA je postala najrašireniji – ali uvelike zanemaren – kontaminant u europskim vodnim resursima. To su potvrdila istraživanja koja su u ljeto 2024. proveli članovi organizacije Pesticide Action Network Europe (PAN Europe), koji su analizirali površinske vode, vodu iz slavine i mineralnu vodu diljem Europe, s fokusom na onečišćenje povezano s PFAS pesticidima.¹

1.1 F-plinovi i PFAS pesticidi kao glavni izvori

Na globalnoj razini, glavni izvor onečišćenja s TFA je skupina fluoriranih rashladnih sredstava poznatih kao *F-plinovi*, koji su ušli u globalni ciklus vode. Upotreba ovih tvari porasla je nakon **Montrealskog protokola iz 1987. godine**, koji je postupno ukinuo tvari koje oštećuju ozonski omotač kao što su klorofluorouglijci (CFC) — prva široko korištena generacija rashladnih sredstava.

CFC su zamijenjeni **hidrofluorouglijcima (HFC)**, koji ne uništavaju ozonski omotač, ali imaju izuzetno visok potencijal djelovanja na globalno zatopljenje - i **djelomično se razgrađuju u atmosferi u vrlo postojeane tvari poput TFA**.

Kao odgovor na sve veći regulatorni pritisak za smanjenjem plinova štetnih za klimu, od otprilike 2010. usvojena je treća generacija rashladnih sredstava – hidrofluoroolefini (HFO). HFO imaju mnogo manji utjecaj na klimu, ali se **brzo i gotovo potpuno razgrađuju u TFA**. Povijest rashladnih sredstava stoga je školski primjer “zamjene vrijedne žaljenja”: zamjena jedne problematične tvari drugom, čime se jedan ekološki problem mijenja drugim. To se može izbjeći jer postoje održive alternative.

Drugi veliki izvor globalne kontaminacije TFA su PFAS pesticidi. To su aktivne tvari koje sadrže jednu ili više potpuno fluoriranih metilnih skupina (CF₃) vezanih na ugljikov atom aromatskog prstena. Te se tvari razgrađuju u TFA kao konačni produkt razgradnje. Od

¹PAN Europe, *TFA u vodi: prljavo naslijeđe PFAS ispod radara*, svibanj 2024., [URL](#).

TFA: 'vječna kemikalija' u vodi koju pijemo, srpanj 2024., [URL](#).

TFA: 'vječna kemikalija' u europskim mineralnim vodama, prosinac 2024., [URL](#).

1990-ih PFAS pesticidi se sve više koriste u europskoj poljoprivredi. ²Do sada je u EU odobren 31 PFAS pesticid, što čini približno 15% svih odobrenih sintetskih aktivnih tvari.

Dok se F-plinovi ispuštaju u okoliš u znatno većim količinama nego PFAS pesticidi, potonji su očito **prevladavajući izvor TFA u podzemnoj i pitkoj vodi** u ruralnim područjima, kao što je pokazalo istraživanje Njemačke agencije za okoliš (UBA). ³To je zbog difuzne prirode emisija F-plinova, koji se raspršuju globalno i većinom se talože u oceanima. Nasuprot tome, PFAS pesticidi primjenjuju se lokalno na poljoprivredno zemljište – područje koje pokriva samo 3% Zemljine površine – ali otpuštaju gotovo 100% svojih metabolita - TFA - izravno u tlo, usjeve i podzemne vode, s izravnim utjecajem na zalihe pitke vode ⁴.

Prema UBA-i, PFAS pesticidi odgovorni su za 76% potencijala otpuštanja TFA u podzemne vode, nakon čega slijede oborine (uglavnom iz F-plinova) sa 17%, te postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i gnojnica s po 3%. Visoko onečišćena žarišta također mogu biti posljedica izravnih industrijskih emisija.

1.2 Planetarne granice pod prijetnjom

Nalazi europske nevladine kampanje praćenja površinskih i pitkih voda 2024. bili su alarmantni ne samo zbog sveprisutnosti TFA u gotovo svim testiranim uzorcima vode, već i zbog utvrđenih razina koncentracija. One su bile dva do tri reda veličine veće od tipičnih koncentracija PFAS pesticida ili drugih pesticida u istim vodama. U svibnju 2024. opisali smo ovo kao " *najveće zagađenje površinskih i podzemnih voda na cijelom području kemikalijom koju je napravio čovjek*".

U listopadu 2024. skupina vodećih znanstvenika za okoliš [objavila](#) je analizu s podacima koji podupiru ovu procjenu i proširuju je na druge dijelove okoliša. TFA je otkrivena u visokim koncentracijama ne samo u kišnici, oceanima, jezerima, rijekama i podzemnim vodama, već i u tlu, lišću drveća, hrani biljnog podrijetla, pa čak i ljudskoj krvi. Zbog ove raširene prisutnosti i naglog porasta razine u okolišu, znanstvenici sada smatraju TFA prijetnjom planetarnim granicama.⁵

²Iako nema dostupnih podataka o upotrebi pesticida, statistički podaci o prodaji pesticida ukazuju na rastući trend upotrebe pesticida PFAS u [Francuskoj](#), [Belgiji](#), [Austriji](#), [Švedskoj](#) i Njemačkoj (neobjavljeni, ali podaci su dostupni [ovdje](#)). U međuvremenu, otkrivanje ostataka pesticida PFAS u voću i povrću [gotovo se utrostručilo](#) između 2011. i 2021.

³UBA, *trifluoroacetat (TFA): Postavljanje temelja za učinkovito ublažavanje. Prostorna analiza ulaznih putova u vodeni ciklus*, prosinac 2023., [URL](#).

⁴Voda za piće dolazi iz podzemnih i površinskih voda (jezera, rijeke).

⁵Arp, Hans Peter H.et.al, Globalna prijetnja od nepovratne akumulacije trifluorooctene kiseline, 2024/11/12, doi: 10.1021/acs.est.4c06189, [Environ. Sci. Technol. 2024, 58, 45, 19925–19935](#)

Koncept planetarnih granica, koji su razvili Johan Rockström i kolege 2009. godine, definira ekološka ograničenja unutar kojih čovječanstvo može sigurno djelovati. ⁶Tvar se smatra prijetnjom ovim granicama ako:

1. nakuplja se do razina koje ometaju ključne procese Zemljinog sustava;
2. njegovi učinci su ili bi mogli postati globalni;
3. njegove je utjecaje teško ili nemoguće preokrenuti.

Tekuće emisije i globalna akumulacija TFA ispunjavaju sva tri kriterija, kao što su pokazali Hans Peter H. Arp i kolege u svojoj znanstvenoj publikaciji. Sve dok se TFA ispušta iz industrijskih, poljoprivrednih i komunalnih izvora, koncentracije u okolišu nastaviti će rasti. Budući da priroda ne može razgraditi TFA, ona će se zadržati u globalnom ciklusu vode i biosferi u doglednoj budućnosti. Dugoročne ekološke posljedice ostaju neizvjesne, ali jedno je već jasno: ako se sadašnje razine pokažu štetnima za ljudsko zdravlje, zalihe pitke vode suočiti će se s velikim izazovima.

To je zato što se TFA ne mogu ukloniti konvencionalnim tehnologijama za obradu vode. Kao rezultat toga, za učinkovito uklanjanje bilo bi potrebno široko uvođenje sustava reverzne osmoze diljem Europske Unije. To bi predstavljalo značajne ekološke i financijske troškove, koji potencijalno iznose stotine milijardi eura godišnje. Proces bi također zahtijevao puno dodatne vode koja nije dostupna u mnogim područjima. Preventivne mjere usmjerene na smanjenje emisija TFA stoga se čine daleko isplativijim i održivijim rješenjem.

1.3 Zdravstveni rizici uglavnom neistraženi

Neviđeni opseg kontaminacije TFA u biosferi u oštroj je suprotnosti s našim alarmantno ograničenim znanjem o njezinoj toksičnosti. Od uvođenja F-plinova i drugih PFAS-ova koji otpuštaju TFA, industrija PFAS-a i pridruženi znanstvenici uložili su znatna sredstva u promicanje mita da je TFA bezopasna za zdravlje i okoliš. ⁷Ovaj se narativ održavao desetljećima – dijelom kroz tvrdnju da se TFA ne bi trebala klasificirati kao PFAS zbog svoje male molekulske veličine i navodno različitog toksikološkog profila.⁸

⁶Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., et.al. 2009. Siguran operativni prostor za čovječanstvo. [Nature 461: 472-475 DOI 10.1038/461472a](#).

⁷Primjere ove strategije fluorokemijske industrije sakupio je belgijski istraživač okoliša Thomas Goorden u svojoj publikaciji [The Dark PFAS Hypothesis - Strategies of Deception](#).

⁸Racz, L., 2023. Evaluacija pristupa za procjenu smjesa PFAS.

Colnot i W. Dekant, "Komentar: Kumulativna procjena rizika od perfluoroalkil karboksilnih kiselina i perfluoroalkil sulfonskih kiselina: Koja je znanstvena potpora za izvođenje podnošljivih izloženosti okupljanjem 27 PFAS u 1 zajedničku grupu za procjenu?" Arhiv za toksikologiju, sv. 96, br. 11, str. 3127–3139, studeni 2022

Mnoga su regulatorna tijela predugo nekritički prihvaćala ovaj argument. Gledajući unatrag, to predstavlja ozbiljan i teško shvatljiv neuspjeh. Naime, industrija nikada nije podastrla studije koje bi poduprle svoje tvrdnje o bezopasnosti.

Čak i danas, kao što su nedavno potvrdila europska zdravstvena tijela, *nedostaju znanja o učincima TFA na krajnje točke kao što su imunotoksičnost, reproduktivna i razvojna toksičnost*.⁹ Robusne studije o endokrinim ili neurotoksičnim učincima jednako su rijetke, kao i standardne studije dugotrajne toksičnosti i karcinogenosti potrebne za odobravanje pesticida, unatoč činjenici da su strukturno srodni PFAS spojevi pokazali takve učinke.

Međutim, mit o bezopasnosti TFA nedavno je razbijen istraživanjem reproduktivne toksičnosti na životinjama, usklađenim s REACH uredbom. Studija je otkrila da je TFA uzrokovala ozbiljne malformacije u fetusa kunića, utječući i na kostur i na oči. Ovo je vrlo zabrinjavajuće, posebno s obzirom na to da su malformacije oka već uočene 1980-ih kod [štakora](#) i [ljudi](#) povezanih s industrijskom proizvodnjom dugolančanih PFAS spojeva – iako su proizvođači zatajili ove nalaze¹⁰. Kao rezultat ovih novih podataka, EU kemijski regulatori predložili su usklađenu klasifikaciju TFA kao tvari za koju se pretpostavlja da je toksična za reprodukciju (Kategorija 1B).¹¹ Sami proizvođači TFA već su izvršili samoklasificiranje prema zakonodavstvu EU-a o kemikalijama, kategorizirajući TFA kao za koje se sumnja da su toksični za reprodukciju (Kategorija 2), s izjavom o opasnosti: "Sumnja se da šteti nerođenom djetetu."¹²

U svjetlu ovih zabrinjavajućih otkrića, u kombinaciji s golemim prazninama u podacima, izvođenje smjernica temeljenih na zdravlju ključna je, ali i izazovna odgovornost. U prošlosti je nedostatak toksikoloških podataka, a u nekim slučajevima i nepoznavanje postojećih podataka – doveo do uspostavljanja referentnih vrijednosti koje su dopuštale razine izloženosti nekoliko redova veličine više od onoga što bi današnje znanstveno znanje smatralo prihvatljivim.

To je također vrijedilo za druge strukturno povezane PFAS spojeve, za koje su trenutna ograničenja preko 2000 puta niža nego što su bila prije samo sedam godina.¹³ Međunarodne smjernice Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) i Europske kemijske agencije (ECHA)

⁹ZORG, ['Dubinska analiza postupka odabira zdravstvene preporučene vrijednosti za trifluorooctenu kiselinu \(TFA\) u vodi za piće](#) (2024.).

¹⁰Gaber N, Bero L, Woodruff TJ. Vrag kojeg su poznavali: Analiza kemijskih dokumenata o utjecaju industrije na znanost o PFAS-u. [Zdravlje Ann Glob. 1. lipnja 2023.; 89 \(1\): 37](#)

¹¹[Registar CLH namjera do ishoda - ECHA](#)

¹²[C&L inventar](#)

¹³EFSA, [Perfluorooktan sulfonat \(PFOS\), perfluorooktanska kiselina \(PFOA\) i njihove soli. Znanstveno mišljenje Panela o kontaminantima u prehrambenom lancu](#) (2008.); [Rizik za zdravlje ljudi povezan s prisutnošću perfluorooktan sulfonske kiseline i perfluorooktanske kiseline u hrani](#) (2018.).

jasno preporučuju primjenu dodatnih faktora nesigurnosti u slučajevima velikih nedostataka podataka ili sumnje na ozbiljne ili nepovratne učinke, kao što su malformacije fetusa.

Kao što smo kritizirali u našem izvješću [TFA – vječna kemikalija u vodi koju pijemo](#), ova načela nisu bila adekvatno primijenjena kada je EFSA izvela tolerantni dnevni unos (TDI) od 50 µg/kg tjelesne težine dnevno za TFA u 2014. ¹⁴Isto vrijedi i za UBA-inu vrijednost za 2020. od 18 µg/kg tt/dan, koja se također ne može uzeti u obzir, zbog značajnih nedostataka u podacima.¹⁵

Nasuprot tome, novije vrijednosti smjernica koje je 2023. predložilo nizozemsko tijelo RIVM (0,32 µg/kg tm/dan) ¹⁶i 2024. flamansko zdravstveno tijelo Departement ZORG (2,6 µg/kg tm/dan) ¹⁷odražavaju oprezniji pristup izričitim priznavanjem postojećih znanstvenih nesigurnosti. Na slici 1. prikazana je usporedba odgovarajućih TDI-ja koje su izvela četiri znanstvena tijela.

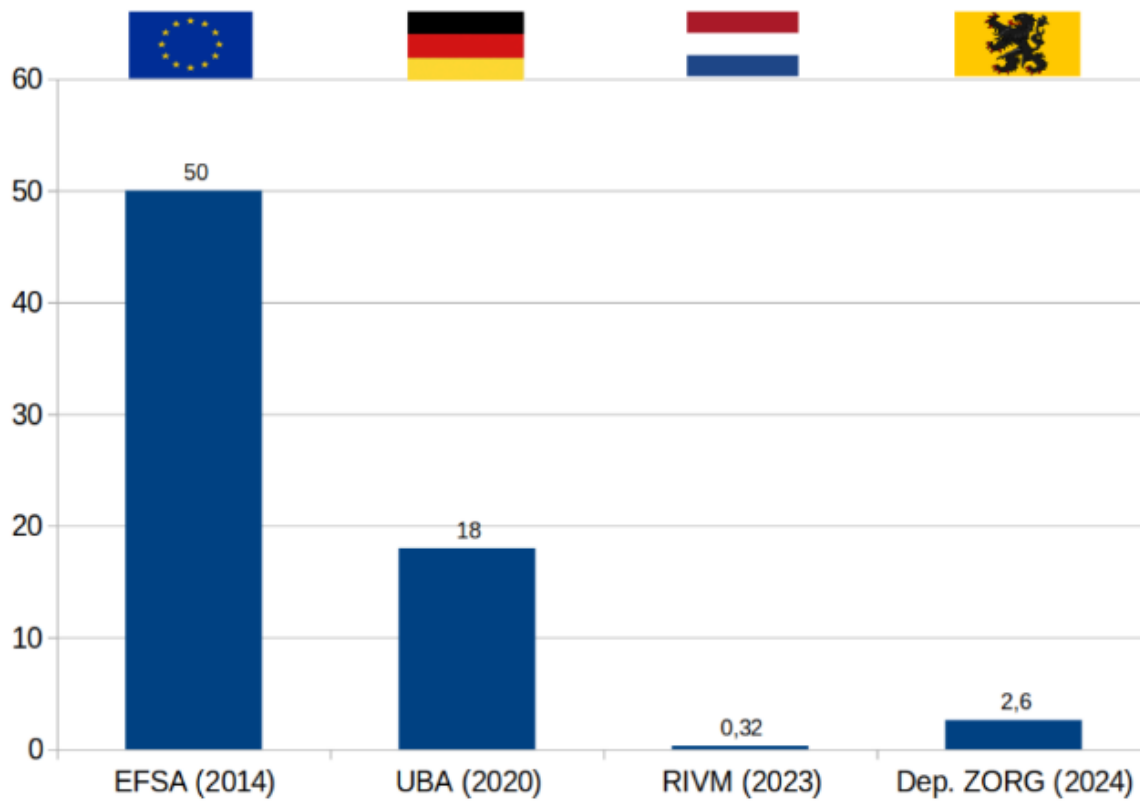
Slika 1: Različite procjene toksičnosti od strane različitih znanstvenih institucija dovode do različitih pretpostavki u vezi s podnošljivim dnevnim unosom TFA (vrijednosti su dane u µg/kg tm/dan).

¹⁴EFSA, [Obrazloženo mišljenje o postavljanju MRO-ova za saflufenacil u različitim usjevima, s obzirom na rizik povezan s metabolitom trifluorooctene kiseline \(TFA\)](#), Stranica 10.

¹⁵UBA, [Trifluoressigsäure \(TFA\) – Gewässerschutz im Spannungsfeld von toxikologischem Leitwert, Trinkwasserhygiene und Eintragsminimierung](#) (2020).

¹⁶RIVM, [Drinkwaterrichtwaarde voor trifluorazijnzuur](#) (2023).

¹⁷ZORG, [Dubinska analiza postupka odabira zdravstvene preporučene vrijednosti za trifluorooctenu kiselinu \(TFA\) u vodi za piće](#) (2024.).



EFSA trenutno preispituje toksikološke referentne vrijednosti za TFA na zahtjev Europske komisije. Nadamo se da se pogreška miješanja ograničenog znanja o toksičnosti s niskom toksičnošću neće ponoviti.

2. Istraživačko pitanje i analitički pristup

Nakon otkrivanja sveprisutnih i neočekivano visokih razina TFA u svim vrstama izvora vode, te s obzirom na temeljnu činjenicu da cijeli život ovisi o vodi, sljedeći logičan korak bio je istražiti nakuplja li se i u kojoj mjeri ova "vječna kemikalija" u prehrambenim proizvodima biljnog podrijetla. Vino je odabrano kao fokus ovog istraživanja iz specifičnog razloga: ni za jedan drugi poljoprivredni proizvod berbe iz prošlih desetljeća nisu tako lako dostupne i dobro očuvane. Zbog toga je odležano vino vrijedan pokazatelj povijesne kontaminacije okoliša i njezine vremenske progresije.

2.1 Odabir uzorka i provođenje studije

Da bismo bolje razumjeli kako se kontaminacija TFA u vinu razvila tijekom vremena, uključili smo vina i prije i nakon što su glavni izvori TFA – F-plinovi i PFAS pesticidi – ušli u upotrebu. To je značilo odabir vina proizvedenih prije 1987., godine kada je potpisan Montrealski

protokol, kao i vina iz kasnijih berbi. To nam je omogućilo da ispitamo jesu li razine TFA u vinu porasle tijekom vremena, potencijalno zbog porasta upotrebe PFAS pesticida i regulatornih promjena nakon Montrealskog protokola.

"Stara vina", koja su sva došla iz Austrije, djelomično su bila podrumska otkrića iz osobnih mreža autora studije, kao i vina locirana i kupljena putem online pretraživanja. Korištena su samo vina s netaknutim čepovima i etiketama, čime se osiguravala jasna provjera berbe i podrijetla. Dobili smo 10 "starih vina" iz berbi u razmacima od tri do šest godina, pokrivajući razdoblje od 1974. – godine berbe najstarijeg uzorkovanog vina – do 2015. godine.

Kako bi se procijenile trenutne razine kontaminacije TFA, 16 vina – 12 konvencionalnih i 4 organska – iz berbi 2021. do 2024. prvotno je kupljeno od austrijskih trgovaca mješovitom robom. U svakom od četiri najveća austrijska lanca supermarketa odabrana su tri popularna konvencionalna vina i jedno organsko vino. Osim toga, dva nekomercijalna vina proizvedena od sorti grožđa otpornih na gljivice iz berbi 2021. i 2022. privatno su pridonijela jedan od autora studije.

Nakon što je analiza austrijskih uzoraka otkrila **neočekivano visoke koncentracije TFA**, druge organizacije iz mreže PAN Europe pozvane su da prilože uzorke vina iz svojih zemalja. Cilj je bio utvrditi hoće li se povišene razine uočene u austrijskim vinima naći i drugdje u Europi.

Pozitivni odgovori stigli su od 11 organizacija članica PAN Europe iz deset zemalja EU-a: Belgija (Nature & Progrès i Bond Beter Leefmilieu), Hrvatska (Zemljane staze), Francuska (Générations Futures), Njemačka (PAN Germany), Grčka (Ecocity), Mađarska (MTVSZ/Friends of the Earth Hungary), Italija (PAN Italy), Luksemburg (Mouvement Écologique), Španjolska (Ecologistas en Acción), i Švedska (Naturskyddsforeningen). To je rezultiralo predajom 21 dodatnog uzorka vina iz 10 europskih zemalja proizvođača vina.

Sva odabrana vina bila su domaćeg podrijetla, s izuzetkom jednog poslanog iz Švedske, gdje je domaća proizvodnja vina minimalna u usporedbi s uvezenim vinima. Vino o kojem je riječ potječe iz Francuske i jedno je od najprodavanijih vina u Švedskoj.

Sva su vina predana u originalnoj ambalaži analitičkom laboratoriju [Instituta Dr. Wagner](#). Svaki je testiran na kontaminaciju TFA, a sva mlada vina (berbe 2021. do 2024.) također su analizirana na ostatke pesticida.

Pregled i opis svih 49 vina – uključujući sve rezultate analize i isključujući nazive brendova – dostupan je i može se preuzeti putem ove [poveznice](#).

2.2 Analitičke metode

Sve analize proveo je međunarodno akreditirani ispitni laboratorij [Institut Dr. Wagner](#) (akreditiran prema EN ISO/IEC 17025), austrijski laboratorij specijaliziran za analizu prehrambenih proizvoda biljnog i životinjskog podrijetla.

Svih 49 uzoraka vina laboratorij je analizirao na sadržaj TFA, dok je 39 novijih vina iz berbi 2021. do 2024. dodatno ispitao na ostatke pesticida.

Analiza TFA provedena je pomoću Brze metode za analizu visoko polarnih pesticida u hrani koja uključuje ekstrakciju zakiseljenim metanolom i LC-MS/MS mjerenjem – Dio I: Hrana biljnog podrijetla (QuPPE-PO-metoda), verzija 12.3, koju je razvio Referentni laboratorij EU za pesticide koji zahtijevaju metode jednog ostatka (EURL-SRM), CVUA Stuttgart. Za kvantifikaciju izotopom obilježeni spoj (13C-TFA) korišten je kao interni standard.

Za **analizu ostataka pesticida**, uzorci su bili podvrgnuti multimetodi za određivanje ostataka pesticida GC- i LC-baziranom analizom nakon ekstrakcije/odvajanja acetonitrilom i disperzivnog SPE čišćenja – Modularna QuEChERS metoda (akreditirana prema ÖNORM EN 15662:2018).

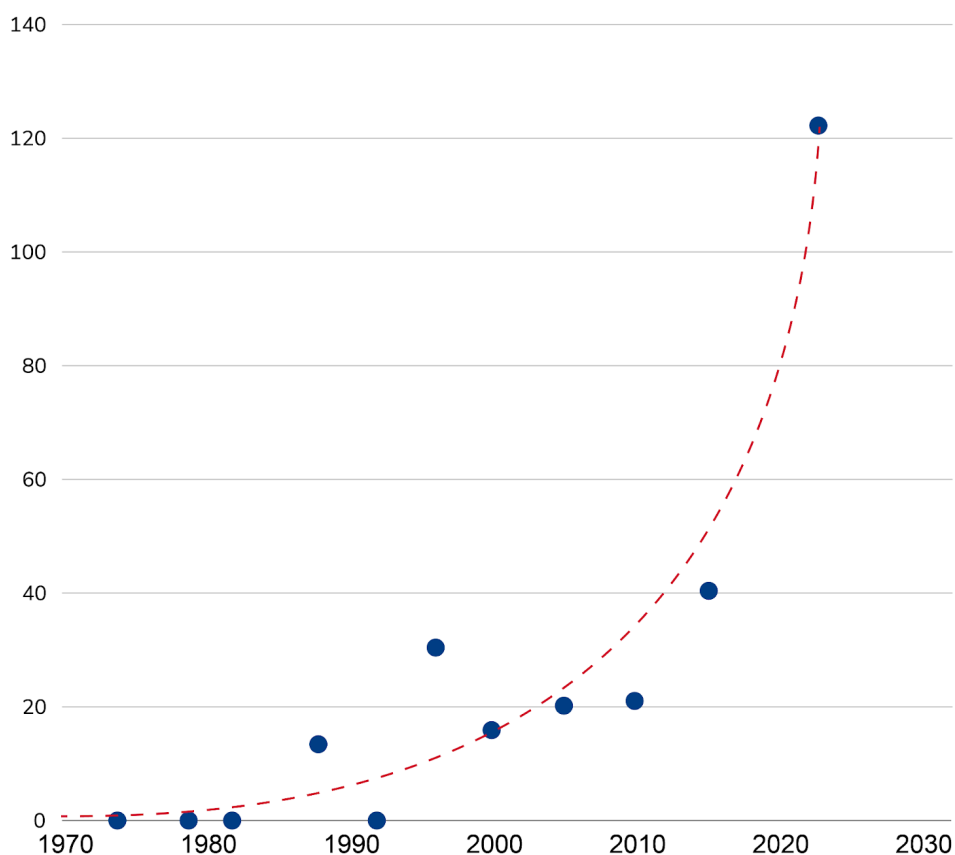
3. Rezultati

3.1 Kontaminacija TFA u odležanim i novijim vinima

Kao što je prikazano na slici 2a , 10 povijesnih vina od prije 1988. – posebno berbe 1974., 1979. i 1982. – nije pokazalo mjerljive razine TFA.

Između 1988. i 2010. došlo je do skromnog povećanja koncentracije TFA s **13 µg/L** na **21 µg/L** . Od 2010. do 2015. kontaminacija TFA naglo je porasla na **40 µg/L** i nastavila sve naglije rasti nakon toga, dosegnuvši prosjek od **122 µg/L** . Ova zadnja brojka predstavlja aritmetičku sredinu 39 vina iz berbi 2021. do 2024.

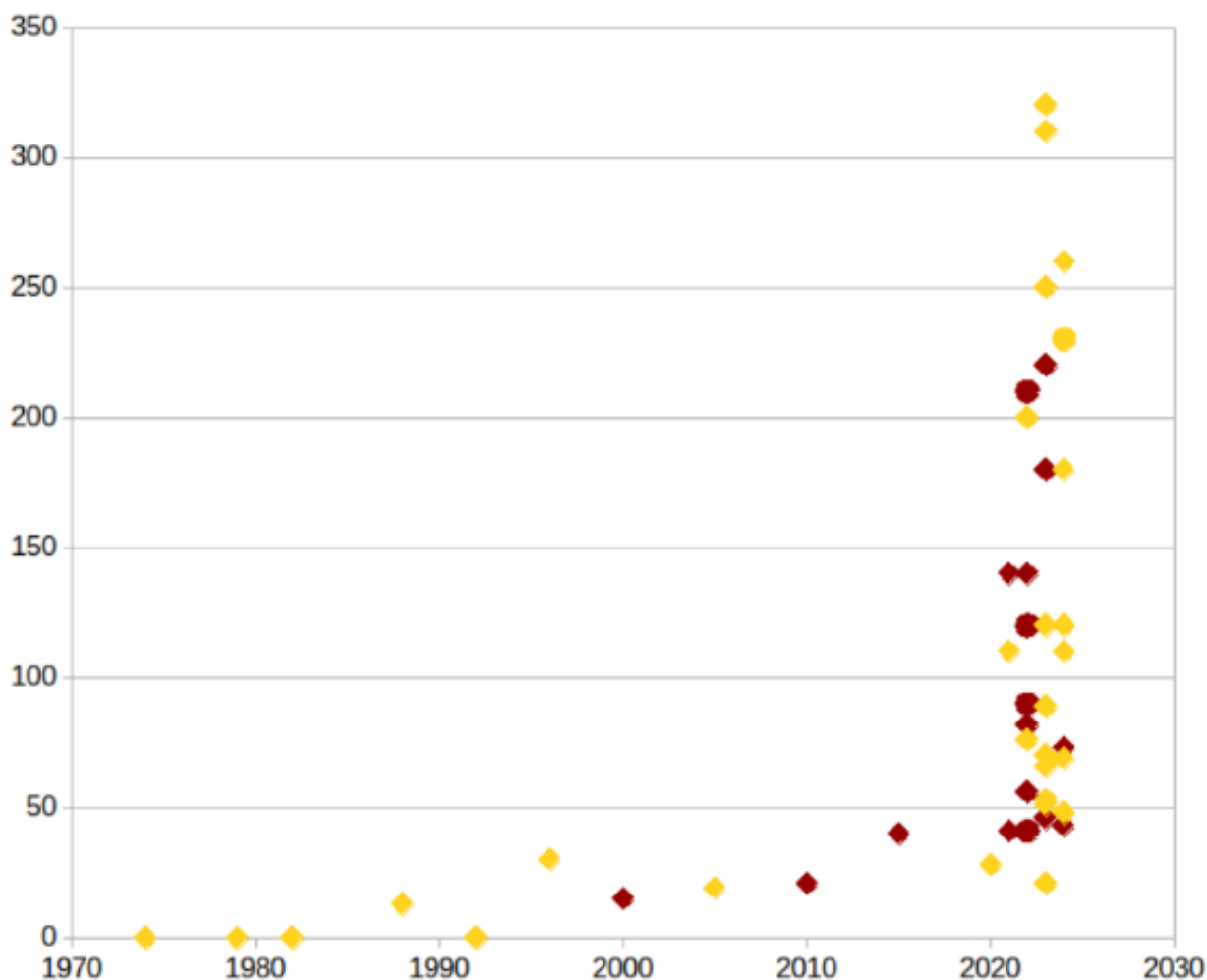
Slika 2 a: Vremenski trend kontaminacije TFA u vinu *



* Za berbe od 1974. do 2015. vrijednosti predstavljaju pojedinačne uzorke. Vrijednost od 122 µg/L predstavlja srednju vrijednost za 39 vina od berbi 2021. do 2024. i odražava trenutne razine kontaminacije TFA.

Slika 2b prikazuje pojedinačne vrijednosti svih ispitanih vina. Među novijim vinima (2021. – 2024.), koncentracije TFA uvelike su varirale.

Slika 2b: Razine TFA 49 uzoraka vina od 1974. do 2024. [$\mu\text{g/l}$]. Križići predstavljaju konvencionalna vina, krugovi predstavljaju ekološka vina. Crveno označava crno vino, žuto označava bijelo vino.



Slika 3 predstavlja pregled koncentracija TFA po zemlji podrijetla. Vino kupljeno u Švedskoj bilo je uvezeno francusko vino; svi ostali uzorci uzgojeni su i kupljeni u istoj zemlji.

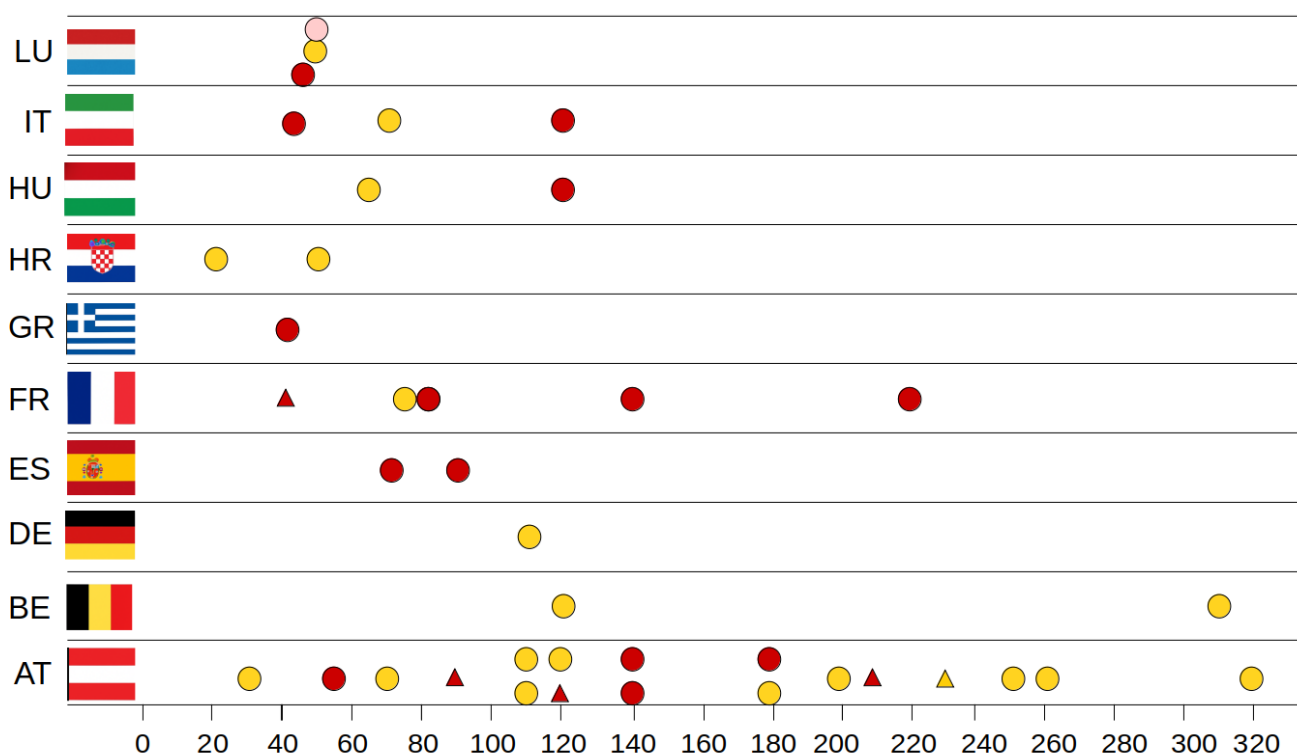
Najviša izmjerena razina TFA bila je 320 $\mu\text{g/L}$ u austrijskom bijelom vinu iz 2024. (Gemischter Satz¹⁸). Najnižu vrijednost ima hrvatsko bijelo vino (Malvazija istarska) iz 2023. godine. Ukupna prosječna koncentracija u 39 novijih vina bila je 122 $\mu\text{g/L}$, s medijanom od 110 $\mu\text{g/L}$.

¹⁸“Gemischter Satz” je tradicionalna austrijska poljska mješavina napravljena od različitih bijelih sorti grožđa koje se uzgajaju i vinificiraju zajedno

Koncentracije TFA iznad prosječne razine od 122 $\mu\text{g/L}$ pronađene su u dva francuska crvena vina – od kojih je jedno među vinima koja se najviše konzumiraju u Švedskoj – kao i u belgijskom bijelom vinu i u 10 od 18 austrijskih vina. Prosječna koncentracija TFA u austrijskim vinima bila je 156 $\mu\text{g/L}$, znatno više od prosjeka od 92 $\mu\text{g/L}$ zabilježenog u vinima iz drugih europskih zemalja.

Naime, tri luksemburška vina – crveno, bijelo i ružičasto, sva napravljena od sorti grožđa otpornih na gljivice od strane istog vinara i iz iste berbe – pokazala su vrlo dosljedne razine TFA od 46 $\mu\text{g/L}$, 51 $\mu\text{g/L}$, odnosno 53 $\mu\text{g/L}$. Ovo sugerira minimalnu varijaciju u usporedivim uvjetima uzgoja.

Slika 3: Kontaminacija TFA u 39 uzoraka vina iz 10 europskih zemalja [$\mu\text{g/L}$]. Konvencionalna vina prikazana su kao krugovi, organska vina kao trokuti. Crveno označava crno vino, žuto označava bijelo vino, a ružičasto za rosé.



Među 18 austrijskih vina, dvije sorte otporne na gljivice pokazale su najnižu koncentraciju TFA, dok naši nalazi – za razliku od prethodnih studija – nisu pokazali značajnu razliku u razinama TFA između konvencionalnih i organskih vina iz Austrije. Međutim, u slučaju francuskih vina, organsko vino bilo je očito manje kontaminirano s TFA od četiri konvencionalna vina. Međutim, s obzirom na ograničeni broj organskih vina u našem skupu podataka, iz naših podataka ne mogu se izvući čvrsti zaključci u vezi s razlikama u kontaminaciji TFA između konvencionalne i organske proizvodnje vina.

3.2 Ostaci pesticida u novijim vinima

Ostaci aktivnih tvari ili metabolita otkriveni su u 32 od 34 konvencionalna vina (94%). U jednoj boci vina pronađeno je do osam aktivnih tvari i metabolita. U prosjeku su konvencionalna vina sadržavala ostatke triju različitih tvari. Sve pojedinačne koncentracije bile su znatno ispod maksimalnih razina ostataka (MRL) za vinsko grožđe prema Uredbi EU (EZ) br. 396/2005.

Ukupno je detektirano 18 aktivnih tvari pesticida i jedan relevantan metabolit – uz TFA. Najčešće je pronađen sintetski fungicid folpet (uključujući njegov metabolit ftalimid, s 21 detekcijom), a slijede fungicidi dimetomorf i iprovalikarb (po 12 detekcija).¹⁹ Četiri vina sadržavala su tragove PFAS pesticida fluopikolida, a jedno vino sadržavalo je tragove fluopirama; oba su fungicidi.²⁰

Od 39 novijih analiziranih vina, 5 je bilo organsko – 4 iz Austrije i 1 iz Francuske. Četiri od ovih vina bila su bez ikakvih vidljivih ostataka pesticida. Jedno od organskih vina iz Austrije sadržavalo je vidljive tragove folpeta u razinama ispod analitičke granice kvantifikacije (10 µg/l).²¹

Usporedba između manje kontaminiranih vina (koncentracije TFA ≥ 110 µg/l) i jače kontaminiranih vina (koncentracije TFA iznad medijana) ukazuje na moguću povezanost između viših razina TFA i povećane kontaminacije pesticidima. Kao što je prikazano u donjoj tablici, vina s višim koncentracijama TFA u prosjeku su sadržavala veći broj ostataka pesticida (3,4 u odnosu na 1,8) i veće ukupno opterećenje pesticidima (155 µg/l u odnosu na 58 µg/l).

Tablica 1: Vina s višim prosječnim koncentracijama TFA također pokazuju veća prosječna opterećenja pesticidima

	Niže kontaminirano 50% (21-90 µg/L TFA)	Visoko kontaminirana 50% (110–320 µg/L TFA)
Prosječna razina TFA [µg/L]	58	176
Prosječna razina pesticida * [µg/L]	58	155
Prosječan broj pesticidnih tvari	1,8	3,4
Prosječan broj PFAS pesticida	0,11	0,15

* Za koncentracije pesticida ispod granice kvantifikacije (LOQ = 10 µg/L), ali iznad granice detekcije (LOD, obično se pretpostavlja kao 1/3 LOQ), u izračunima je korištena vrijednost od 5 µg/L.

¹⁹ Znanstvena zajednica identificirala je Folpet kao relevantan za Parkinsonovu bolest, dok je njegov potencijal raka podcijenjen. Dimetomorf je sada zabranjen jer može oštetiti plodnost i službeno je klasificiran kao otrovan za reprodukciju i hormonski (endokrini) poremećaj, dok je iprovalikarb za kojeg se sumnja da je kancerogen.

²⁰ Poznato je da se i flupikolid i fluopiram razlažu na TFA. Prvi je uveo Bayer 2006. kao fungicid, drugi je odobren za uporabu u EU 2013.

²¹ Zbog niske koncentracije u jednoznačenastom rasponu µg/l, teško je procijeniti je li kontaminacija rezultat neovlaštene uporabe pesticida ili zanošenja. Punionica i nadležno organsko kontrolno tijelo su obaviješteni.

Detaljan pregled osnovnih rezultata analize možete pronaći i preuzeti [ovdje](#).

4. Sažetak i zaključci

Ova studija otkriva dva ključna nalaza, oba su sama po sebi alarmantna, a zajedno naglašavaju hitnu potrebu za promptnim djelovanjem kako bi se ograničila izloženost ljudi i okoliša TFA.

Prvo, opseg kontaminacije: Čak i u proizvodima koji nisu tretirani PFAS pesticidima, otkrivene koncentracije TFA su oko dva reda veličine veće od tipičnih pozadinskih razina u kišnici. Vrlo je zabrinjavajuće da se TFA može bioakumulirati u biljkama u ovoj mjeri.

Drugo – i još alarmantnije – naši rezultati ukazuju na eksplozivan, očito eksponencijalni porast kontaminacije TFA od 2010.

Slična otkrića – i u pogledu raspona i razina koncentracije TFA u vinu i dramatičnog porasta kontaminacije – primijećena su u još neobjavljenoj studiji dr. Michaela Müllera, profesora farmaceutске i medicinske kemije na Sveučilištu u Freiburgu. Rezultati ove studije predstavljeni su 19. ožujka 2025. na informativnom događaju u Europskom parlamentu.

Jedina službena [studija](#) do danas koja je mjerila razine TFA u hrani podupire ovu zabrinjavajuću sliku ²². Studija koju je 2017. proveo Referentni laboratorij EU CVUA Stuttgart u ime Europske komisije, analizira širok raspon hrane i pića biljnog podrijetla, uključujući vino. Medijan koncentracije u 27 uzoraka vina već je bio **50 µg/L**, a najviša vrijednost dosegla je **120 µg/L**. Trenutačni podaci iz naše istrage iz 2025. godine – kao i studije iz Freiburga – pokazuju da su se te razine udvostručile, s prosječnim koncentracijama koje prelaze **100 µg/L** i vršnim vrijednostima otkrivenim iznad **300 µg/L**.

Ove visoke i kontinuirano rastuće koncentracije postavljaju hitna pitanja o izvorima ove kontaminacije. U našem istraživanju, vina u gornjoj polovici raspona koncentracije TFA (srednja vrijednost: 176 µg/l) sadržavala su u prosjeku dvostruko veću razinu ostataka pesticida u usporedbi s onima u donjoj polovici (srednja vrijednost: 58 µg/l). Ovo zapažanje ukazuje na potencijalnu vezu između uporabe pesticida i kontaminacije s TFA. U isto vrijeme, otkrivanje slično visokih koncentracija TFA u organskim vinima koja su bila bez ostataka pesticida sugerira da je **raširena onečišćenje okoliša kišnicom, podzemnom vodom i poljoprivrednim tlima također igra značajnu ulogu** u akumulaciji TFA u usjevima. Naime, pet vina u ovoj studiji proizvedenih od sorti grožđa otpornih na gljivice bila su među onima s najnižom koncentracijom TFA. Za određivanje odražava li ovo opažanje uzročno-posljedičnu vezu bila bi potrebna veća veličina uzorka.

Sveprisutna kontaminacija poljoprivrednih tala i podzemnih vodnih tijela koja se nalaze ispod njih trifluorooctenom kiselinom uglavnom se može pripisati upotrebi PFAS pesticida. To se

²²EURL-SRM – Izvješće o nalazima rezidua. 2017, [URL](#)

odražava u podacima Njemačke agencije za okoliš (UBA), koji identificiraju PFAS pesticide kao glavni izvor onečišćenja TFA u ruralnim područjima ²³.

Jednostavna usporedba između godišnjih količina TFA taloženih oborinama i količina potencijalno oslobođenih korištenjem pesticida na istoj površini poljoprivrednog zemljišta dovodi do istog zaključka. Dostupni podaci ²⁴sugeriraju da su potencijalne emisije TFA iz upotrebe pesticida četiri do pet puta veće od onih iz atmosferskog taloženja putem oborina. To je uglavnom zato što se gotovo 100% PFAS pesticida primjenjuje izravno na obradivo zemljište, dok samo oko 3% globalne oborine završi na obradivom zemljištu – pri čemu većina kišnice otječe u rijeke ili oceane.

Ova otkrića također pojačavaju upozorenja vodećih znanstvenika o okolišu o potencijalnom prekoračenju planetarnih granica zbog sve većeg nakupljanja TFA u okolišu – posebno u biljkama, a također i u ljudskom tijelu.

TFA – kao i drugi PFAS – predstavlja ozbiljnu prijetnju i ljudskom zdravlju i okolišu. Ovdje predstavljene nalazi su, sami po sebi, dovoljni da opravdaju trenutni prekid svih daljnjih emisija TFA.

Štoviše, nekoliko javno dostupnih i službeno odobrenih studija o TFA u europskim prehrambenim proizvodima sugerira da grožđe – a time i vino – nipošto nije jedina poljoprivredna roba sa sustavno visokim koncentracijama TFA. Prošlo je osam godina od jedine službene analize hrane na TFA koju je proveo CVUA Stuttgart – godine u kojima su, kao što sugeriraju naši rezultati za vino, razine kontaminacije mogle značajno porasti.

Iz ove pozadine, autori pozivaju na hitno djelovanje:

- Trenutačna zabrana pesticida i F-plinova na bazi PFAS spojeva jer oni predstavljaju glavne izvore nepovratne kontaminacije okoliša.
- Proširenje praćenja hrane radi procjene kontaminacije s TFA u širem rasponu poljoprivrednih proizvoda.
- Osiguranje preventivnog regulatornog pristupa, s obzirom na nepotpune, ali zabrinjavajuće toksikološke podatke.

TFA je, kao i drugi PFAS spojevi, vječna kemikalija. Svaka godina neaktivnosti doprinosi trajnom nasljeđu u našem okolišu, hrani i tijelima – dovodeći naše zdravlje i zdravlje budućih generacija u opasnost.

²³UBA, *trifluoroacetat (TFA): Postavljanje temelja za učinkovito ublažavanje. Prostorna analiza ulaznih putova u vodeni ciklus*, prosinac 2023., [URL](#).

²⁴Omjer 1:4 ili 1:5 može se odrediti za [Njemačku](#) odnosno [Austriju](#) na temelju podataka o prodaji pesticida i podataka o oborinama

Glavni autor: Helmut Burtscher-Schaden (GLOBAL 2000)

Autori koji doprinose*: Sara Langemann (Global 2000), Angeliki Lyssimachou (PAN Europe), Salomé Roynel (PAN Europe)

Izgled i grafika*: Nicole Imre (GLOBAL 2000), Robert Schwarzwald (GLOBAL 2000)

Zahvaljujemo sljedećim osobama na njihovim doprinosima*: Eri Bizani (Ecocity), Tjerk Dalhuisen (PAN Europe), Heleen De Smet (Bond Beter Leefmilieu), Elin Engdahl (Naturskyddsforeningen), Kistine Garcia (Ecologistas en Acción), Susan Haffmans (PAN Germany), Koldo Hernández (Ecologistas en Acción), Cecilia Hedfors (Naturskyddsforeningen), Koen Hertoge, Virginie Pissort (Nature & Progrès), Fidrich Róbert (MTVSZ/Friends of the Earth Hungary), Pauline Ronnet (PAN Europe), Gergely Simon (PAN Europe), Susanne Smolka (PAN Germany), Natalija Svrtan (PAN Europe), François Veillerette (Générations Futures), Claire Wolff (Mouvement Écologique)

Vlasnik medija, vlasnik i izdavač: GLOBAL 2000 Verlagsges.m.b.H., Neustiftgasse 36, 1070 Beč. Sadržaj: Umweltschutzorganisation GLOBAL 2000, telefon: +43(0)1 812 57 30, e-pošta: office@global2000.at, www.global2000.at, ZVR: 593514598

Datum objave: 23. travnja 2025

***abecednim redom**

Za Zemljane staze prevela i prilagodila: Natalija Svrtan

Kontakti:

GLOBAL 2000 – Friends of the Earth Austrija Neustiftgasse 36, A-1070 Beč, Austrija
www.global2000.at

Dr. Helmut Burtscher-Schaden, okolišni kemičar: helmut.burtscher@global2000.at
Tel. +43 699 14 2000 34

Pesticide Action Network Europe (PAN Europe) Rue de la Pacification 67, 1000, Bruxelles, Belgija www.pan-europe.info

Salomé Roynel, službenica za pravna pitanja: salome@pan-europe.info

Dr. Angeliki Lysimachou, voditeljica odjela za znanosti i pravna pitanja: angeliki@pan-europe.info
Tel. +32 2 318 62 55

Zemljane staze, Tijardovićeve 44, Zagreb

Natalija Svrtan, predsjednica udruge, info@zemljanestaze.org, T: +385 91 519 2593



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.