

# Durdurulamaz mı? Çevrede ve Su Kaynaklarında Ultra Kısa Zincirli PFAS

Üç veya daha az karbon atomuna sahip olarak tanımlanan ultra kısa zincirli per- ve polifloroalkil maddeler (USC-PFAS), çevrede yüksek hareketlilikleri, yüksek su çözünürlükleri ve organik maddeye düşük afinite göstermeleriyle karakterize edilir. Bu özellikler, çevresel sular, atıksular ve içme sularında yaygın olarak bulunmalarına katkıda bulunur. USC-PFAS ile ilişkili çevresel endişeler arasında kalıcılıkları, yeraltı suyu kirlenme potansiyelleri ve geleneksel arıtım yöntemlerine dirençli olmaları nedeniyle giderimde yaşanan zorluklar yer alır.



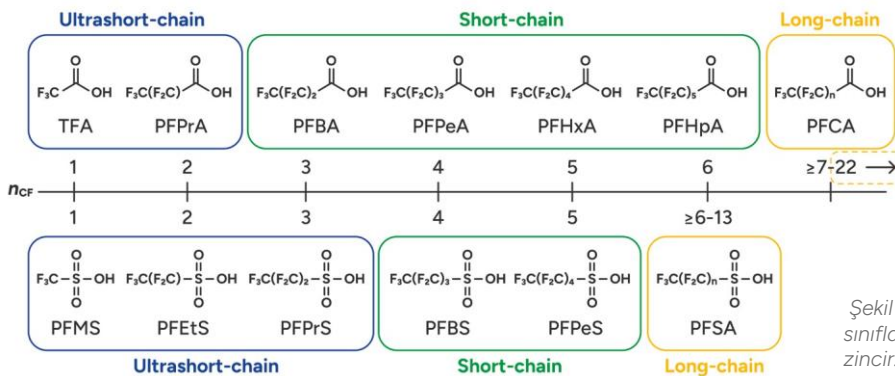
Şekil 1: Temsili resim

## Görülme, kullanım alanları ve kaynaklar

Ultra kısa zincirli PFAS'lar, daha uzun zincirli muadillerine kıyasla yetersiz şekilde karakterize edilmiştir ve amaçlı ya da amaç dışı dönüşüm süreçleri hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. USC-PFAS kaynakları arasında öncü bileşiklerin bozunması, soğutucu olarak kullanılan hidroflorokarbonların ve hidrokloroflorokarbonların atmosferik bozunumu ve piller gibi ürünlerde kasıtlı doğrudan kullanımları yer alır. Önemli olarak, başlıca ultra kısa zincirli PFAS bileşiklerinden biri olan TFA, florlu pestisitler ve farmasötiklerin çevresel yıkımı yoluyla da oluşur. Ayrıca, geçmişte uzun zincirli PFAS üretiminde kullanılan elektrokimyasal florlamanın (ECF) yan ürünleridir. USC-PFAS, kentsel ve endüstriyel atıklarda, ayrıca yangın söndürmede kullanılan sulu film oluşturan köpüklerde (AFFF) de bulunur.

## Çevresel Davranış ve Taşınım

Karbon zinciri uzunluğu, farklı PFAS kimyasallarının fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynar. Örneğin uzun zincirli PFAS'lar daha hidrofobiktir; bu özellik, granüler aktif karbon (GAC) gibi karbon bazlı malzemeler kullanılarak yapılan giderim tekniklerinde avantaja dönüştürülmüştür. Buna karşılık, kısa ve ultra kısa zincirli PFAS'lar hidrofildir; karakteristik olarak düşük pKa değerlerine (yani daha asidik), yüksek su çözünürlüğüne ve düşük log Koc değerlerine (yani organik karbon üzerine daha az adsorplanma eğilimi) sahiptirler. Bu özellikler, USC-PFAS'ların sulu ortamlarda serbestçe ayrışmasına ve doğal katı yüzeylere daha az tutunmasına yol açar. Sonuç olarak USC-PFAS'lar sucul çevrede son derece hareketlidir ve kirlenme kaynaklarından çok uzak bölgelere kadar taşınabilirler.



Şekil 2: Karbon zinciri uzunluğuna göre PFSA ve PFCA sınıflandırması – ultra kısa zincir, kısa zincir ve uzun zincir.

## Küresel Düzenleyici Çerçeve

C8-C14 PFAS'ın kalıcılığı ve biyobirikim yapma potansiyeli hakkında farkındalık, yaklaşık binyılın başında geniş çapta endişe çekmeye başladı ve kısa süre içinde PFOS, PFOA ve PFHxS'in Stockholm Sözleşmesi'nin kalıcı organik kirleticiler (POPs) listesine dahil edilmesi gerçekleşti. Sonuç olarak, üreticiler kısa ve ultra kısa zincirli alternatifleri benimsemeye başladı.

Ancak, C8'den C4 ve daha kısa florlu karbon zincirlerine geçiş, teknik performanstan ödün verilmesine yol açtı ve eşdeğer performans için daha fazla miktarda kullanım gerektirdi. Bu nedenle, kısa ve ultra kısa zincirli PFAS'ların toksikolojik profillerinin genellikle daha düşük olduğu kabul edilse de, USC-PFAS varlığı ve sürekli, kümülatif salınımı, çevresel risklerin tamamen ortadan kalkmadığını ve gelecekte olumsuz etkilerin olabileceğini düşündürmektedir.

USC-PFAS'a yönelik küresel düzenlemeler bölgeye göre değişiklik göstermekte ve genellikle daha geniş PFAS düzenlemeleri kapsamında ele alınmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği, içme suyunda PFAS bileşiklerinin toplam konsantrasyonu için özel kılavuzlar ve sınırlar belirlemiştir (AB Direktifi 2020/2184). AB İçme Suyu Direktifi, "PFAS Toplam" için 0,5 µg/L sınırı belirlemiş olup, trifluoroasetik asit (TFA) dahil etme yöntemolojisi hâlen tartışılmaktadır. Ayrıca, TFA yakın zamanda öncelikli listeye eklenmiştir.

[LINK](#)

## PFAS Numune Kapları

Sadece test edilmiş ve doğrulanmış numune kapları, PFAS analizinde güvenilir sonuçlar sağlamak için önerilmektedir; bu kaplar ALS laboratuvarlarından talep üzerine temin edilebilir.

## Hedefe Yönelik Analitik Hizmetler Daha Erişilebilir Hale Geliyor

USC-PFAS testi, bazı analitik faktörler nedeniyle zordur. Arka plan kontaminasyonu ve matris gürültüsü, özellikle trifluoroasetik asit (TFA) tespitini etkileyebilir. Ayrıca, örnek hazırlama sürekli çapraz kontaminasyon riski taşıdığından önemli bir zorluk oluşturur. Bu riski azaltmak için örnek hazırlama prosedürü olabildiğince basit ve doğrudan olacak şekilde tasarlanmıştır. Diğer USC-PFAS bileşikleri genellikle düşük ortam arka plan konsantrasyonlarına sahip olduğundan, daha düşük Raporlama Limitlerine (LOR) ulaşmak daha kolaydır. ALS, çevresel su matrislerinde USC-PFAS bileşenlerini içeren bir test yöntemi geliştirmeyi başarmış olup, TFA için toplam LOR'u 50 ng/L ve diğer USC bileşikleri için daha da düşük LOR'lar elde etmiştir. Analiz edilen USC-PFAS'ların tam listesi Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1 – Hedef analitlerin kapsam

USC-PFAS Compounds	CAS No.
Trifluoroacetic acid (TFA), Perfluoroethanoic acid (PFEtA)	76-05-1
Trifluoromethane sulfonic acid (TFMS), Perfluoromethane sulfonic acid (PFMeS)	1493-13-6
Perfluoroethane sulfonic acid (PFEtS)	354-88-1
Perfluoropropanoic acid (PFPrA)	422-64-0
Perfluoropropane sulfonic acid (PFPrS)	423-41-6
Trifluoromethane sulfinic acid	34642-42-7
Lithium bis(trifluoromethanesulfonyl) imide (LiTFSI)	90076-65-6

## Referanslar

[LINK](#) Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human

[LINK](#) Council of the EU, 23 September 2025: Water pollution: Council and Parliament reach provisional deal to update priority substances in surface and ground waters

SCAN OR CLICK



Summary of All  
EnviroMails

Ask the  
EXPERTS