# DERS 6: Su Ayak İzi Nedir?

*Lesson 6: What Is a Water Footprint?*

Program: Sanayide Sürdürülebilirlik, İklim Değişikliği ve Karbon Ayak İzi Eğitimi

| Künye | Açıklama |
|---|---|
| Hedef kitle | Öğrenciler, sanayi çalışanları ve uzmanlar |
| Bu materyalin kapsamı | Su ayak izi kavramı, su çekimi, su kullanımı ve su tüketimi ayrımı, doğrudan ve dolaylı su kullanımı, mavi, yeşil ve gri su ayak izi, sanal su, su stresi ve havza bağlamı, iklim değişikliği ilişkisi, pamuklu ürün örneği ve Water Footprint Network yöntemi ile ISO 14046 arasındaki fark. Su envanteri, kütle denkliği ve hesaplama ayrıntıları Ders 7'de ele alınır. |
| Bilgi güncelliği | Eylül 2026 |
| İlgili dersler | Ders 2 (iklim değişikliği ve küresel ısınma), Ders 7 (ISO 14046, su envanteri, akış şeması ve su kütle denkliği) |

## Öğrenme çıktıları

Bu materyali tamamlayan kişi şunları yapabilir:

- Su ayak izinin yalnızca tesisteki su sayacından ibaret olmadığını açıklar.
- Su çekimi, su kullanımı ve su tüketimi kavramlarını birbirinden ayırır.
- Doğrudan ve dolaylı su kullanımını bir sanayi örneği üzerinde gösterir.
- Mavi, yeşil ve gri su ayak izini tanımlar ve her birinin neyi temsil ettiğini söyler.
- Gri su ayak izinin gerçek atıksu hacmi olmadığını açıklar.
- Sanal su kavramını ve ticaretle oluşan su bağlantısını yorumlar.
- Aynı su hacminin havzaya ve mevsime göre neden farklı sonuç doğurduğunu açıklar.
- Water Footprint Network yöntemi ile ISO 14046 yaklaşımının farkını söyler.

## 1. Giriş: Görünür su ve görünmeyen su

Bir sanayi kuruluşunun ne kadar su kullandığını anlamak için yalnızca su sayacına bakmak yeterli midir?

Fabrikaya giren şebeke suyu, kuyu suyu ve proses suyu elbette önemlidir. Ancak bir ürünün suyla ilişkisi çoğu zaman tesis kapısının çok öncesinde başlar. Bir pamuklu kumaşı ele alalım. Pamuğun yetiştiği tarladaki yağmur ve sulama suyu, ipliğin hazırlanması, kumaşın yıkanması ve boyanması, kullanılan kimyasallar ve ortaya çıkan kirletici yük aynı ürünün su hikâyesinin farklı parçalarıdır.

Bu nedenle su ayak izi yalnızca musluktan ya da borudan geçen suyu ele almaz. Bir ürünün, faaliyetin veya kuruluşun doğrudan ve dolaylı su kullanımını daha geniş bir değer zinciri içinde anlamaya çalışır.

Bu materyalin sonunda bir ürünün suyla ilişkisini yalnızca fabrika sayacından değil, kaynağı, yeri, zamanı ve tedarik zinciriyle birlikte değerlendirmek mümkün olur.

## 2. Su ayak izi nedir?

Water Footprint Network (WFN) su ayak izini, insanlığın tatlı suya el koymasının tüketilen ve/veya kirletilen su hacmi cinsinden ölçüsü olarak tanımlar. Kavram, Arjen Hoekstra tarafından geliştirilmiş ve WFN tarafından yaygınlaştırılmıştır. Kısaca su ayak izi, tatlı su kaynaklarının bir ürün, süreç, kuruluş veya tüketim faaliyetiyle nasıl ilişkilendiğini gösteren kapsamlı bir göstergedir.

Bu yaklaşım iki önemli genişleme getirir.

1. **Doğrudan kullanımın ötesine geçer.** Ürün veya hizmetin tedarik zincirindeki dolaylı su kullanımını da dikkate alır.
2. **Yalnızca miktara bakmaz.** Tüketilen su miktarının yanında su kalitesi üzerindeki baskıyı da görünür kılmaya çalışır. Mavi ve yeşil su ayak izi su tüketiminin farklı kaynaklarını, gri su ayak izi ise kirletici yükün su kalitesiyle ilişkisini anlatır.

Su ayak izi ürün başına, üretim miktarı başına, alan başına veya kuruluş düzeyinde ifade edilebilir. Ancak tek bir toplam sayı suyun bütün anlamını vermez. Suyun hangi havzada kullanıldığı, yılın hangi döneminde çekildiği, kaynağın yenilenme durumu, yerel su talebi ve ekosistem ihtiyaçları sonucu değiştirir.

Bu yüzden su ayak izi yalnızca *ne kadar su?* sorusuna cevap vermez. Şu sorular da gündeme gelir: *hangi su, nerede, ne zaman, hangi amaçla ve hangi değer zincirinde?*

| Düzey | Neyi ifade eder | Örnek |
|---|---|---|
| Ürün | Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca su kullanımı ve kirlilik baskısı | Bir pamuklu tişörtün su geçmişi |
| Proses | Belirli bir üretim adımındaki su kullanımı | Kumaş boyama prosesi |
| Kuruluş | Bir işletmenin doğrudan ve tedarik zinciri kaynaklı su kullanımı | Bir tekstil fabrikasının toplam su ilişkisi |
| Tüketici | Bir kişinin veya topluluğun tükettiği mal ve hizmetlerin su geçmişi | Bir ailenin giysi ve gıda tüketimi |

## 3. Su çekimi, su kullanımı ve su tüketimi

Su ayak izini doğru anlamak için su çekimi ile su tüketimini ayırmak gerekir.

- **Su çekimi:** Bir nehirden, gölden, barajdan, yeraltı suyundan veya şebekeden belirli bir süre içinde alınan toplam su miktarıdır.
- **Su kullanımı:** Çekilen suyun tesis içinde proses, soğutma, yıkama, temizlik gibi amaçlarla kullanılmasıdır. Kullanılan suyun bir bölümü sisteme geri verilebilir.
- **Su tüketimi:** Suyun ilgili havzadaki mevcut su kaynağından, kullanılabilirlik açısından ayrılan kısmıdır. WFN bu kısmı şu yollarla tanımlar: buharlaşma, ürüne katılma, başka bir havzaya ya da denize aktarılma ve farklı bir zamanda geri dönme.

Tesise alınan bütün su tüketilmiş sayılmaz. Bir bölüm proseste kullanılıp arıtıldıktan sonra aynı havzaya geri bırakılabilir. Bir bölüm kapalı devre sistemde tekrar tekrar dolaştırılabilir. Bir bölüm ise ürüne katılabilir, buharlaşabilir, başka bir havzaya taşınabilir veya kaynağa farklı bir zamanda dönebilir.

| Durum | Çekim | Tüketim |
|---|---|---|
| Soğutma için çekilen suyun büyük bölümü uygun kalitede ve kısa sürede aynı su sistemine dönüyor | Yüksek | Görece düşük |
| Daha az su çekiliyor ancak büyük bölümü buharlaşıyor veya ürüne katılıyor | Düşük | Görece yüksek |

Bu nedenle çok su çeken tesis her zaman en çok su tüketen tesis değildir.

> **Dikkat: Geri dönüş tek başına yeterli değildir.** Geri dönen suyun zamanı, sıcaklığı ve kalitesi de önemlidir. Su başka bir dönemde, başka bir havzada veya ekosistemin kullanamayacağı kalitede geri dönüyorsa yerel etkiler devam edebilir.

Temel ayrım şudur: Su çekimi sistemden alınan toplam suyu, su tüketimi ise aynı yer ve zaman bağlamında kullanılabilir su kaynağından ayrılan bölümü anlatır. Su girişleri ve çıkışları Ders 7'de envanter ve kütle denkliği içinde ayrıntılı ele alınacaktır.

## 4. Doğrudan ve dolaylı su kullanımı

Bir kuruluşun suyla ilişkisi tesis sınırının içinde ve dışında oluşur.

**Doğrudan su kullanımı**, kuruluşun kendi operasyonlarında kontrol ettiği su akışlarıdır. Prosese alınan su, kazan besleme suyu, soğutma, yıkama, temizlik, ürün formülasyonu, peyzaj ve çalışan kullanımı bu gruba girer. Bir tekstil işletmesinde yıkama, boyama, soğutma, buhar üretimi, temizlik ve çalışan ihtiyaçları için tesise alınan su doğrudan kullanımdır.

**Dolaylı su kullanımı**, kuruluşun satın aldığı mal ve hizmetlerin üretiminde gerçekleşir. WFN bunu tüketilen ürünlerin su ayak izlerinin toplamı olarak tanımlar. Tekstilde pamuk, boya, kimyasal, enerji ve ambalajın üretiminde kullanılan su dolaylı kullanımdır.

| Sektör | Önemli dolaylı su kullanımı örneği |
|---|---|
| Gıda | Tarımsal hammadde üretimi |
| Tekstil | Pamuk ve diğer lifler |

| | |
|---|---|
| Metal | Cevher ve enerji |
| Kimya | Öncül maddeler |

Bazı sektörlerde tesis içindeki su toplam su ayak izinin yalnızca küçük bir bölümünü oluşturabilir. En büyük su bağımlılığı hammadde veya enerji tedarikinde bulunabilir. Su kullanımının veya suya bağlı riskin değer zincirinde yoğunlaştığı bu noktalara **su açısından kritik noktalar** denir.

Örneğin tesiste az su kullanan bir ürün, su stresi yüksek bir bölgede yetiştirilen sulamalı bir hammaddeye dayanıyorsa önemli bir dolaylı mavi su bağımlılığı taşıyabilir. Yağışla beslenen ve su baskısı daha düşük bir bölgeden gelen hammadde ise farklı bir su profiline sahip olabilir.

> **Dikkat: Yalnızca su faturasına bakmak yeterli değildir.** Su faturasını azaltmaya odaklanan bir firma, değer zincirindeki önemli su risklerini göremeyebilir.

Su yönetimi yalnızca çevre ya da tesis yönetimi biriminin işi değildir. Satın alma, tedarikçi yönetimi, ürün tasarımı, üretim, kalite ve risk yönetimi aynı su hikâyesinin parçalarıdır.

## 5. Mavi su ayak izi

**Mavi su ayak izi**, yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklarından tüketilen suyu ifade eder. Nehirler, göller, barajlar ve yeraltı suyu sistemleri mavi su kaynaklarıdır. Şebeke suyu da çoğu durumda bu kaynaklardan sağlanır.

Mavi su tüketimi dört biçimde ortaya çıkabilir:

1. Su buharlaşabilir.
2. Ürünün yapısına katılabilir.
3. Bir havzadan çekilip başka bir havzaya veya denize aktarılabilir.
4. Çekildiği kaynağa, aynı kullanıcılar ve ekosistemler için gerekli olan dönemden çok daha sonra dönebilir.

Sulamalı tarım, sanayi prosesleri, elektrik üretimi ve evsel kullanım mavi su ayak izine sahip olabilir. Tekstil örneğinde pamuk tarlasına nehirden veya kuyudan verilen sulama suyu mavi suyla ilişkilidir. Kumaşın yıkanması ve boyanması için kullanılan ve aynı havzaya uygun zamanda geri dönmeyen proses suyu da mavi su tüketimine katkı sağlar.

Her mavi su kullanımı aynı öneme sahip değildir:

- Suyun bol olduğu dönemdeki sınırlı tüketim ile kurak mevsimde, su stresi yüksek bir havzada yapılan tüketim aynı yerel baskıyı yaratmaz.
- Yeraltı suyunun doğal yenilenme hızından daha hızlı çekilmesi, yüzey suyundan sürdürülebilir biçimde sağlanan suya göre farklı bir risk oluşturur.

Bu nedenle mavi su ayak izi yalnızca hacim bilgisi olarak okunmamalıdır. Kaynak türü, havza, mevsim, diğer kullanıcılar ve ekosistem ihtiyaçlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Sanayi kuruluşları için bu, yalnızca tesisteki su verimliliğini değil, kritik tedarikçilerin hangi su kaynaklarına bağlı olduğunu anlamayı da gerektirir.

## 6. Yeşil su ayak izi

**Yeşil su ayak izi**, yağıştan gelen ve toprağın kök bölgesinde tutulan suyun bitkiler tarafından kullanılmasını ifade eder. Bu su yüzey akışına veya yeraltı suyuna karışmadan önce toprakta bulunur. Bitki tarafından alınır, büyüme sürecinde kullanılır, bitkinin yapısına katılır veya buharlaşma ve bitki terlemesi yoluyla atmosfere döner. Yağmurun yüzey akışına dönüşen kısmı yeşil su ayak izine dahil değildir.

> **Dikkat: Yeşil su, çevre dostu su anlamına gelmez.** Buradaki yeşil kelimesi suyun kaynağını ve ekolojik konumunu tanımlar. Bir değerlendirme ya da etiket değildir.

Yeşil su ayak izi özellikle tarım, ormancılık, bahçecilik ve biyobazlı ürünler için önemlidir. Pamuk, tahıl, yem bitkileri, odun, kâğıt hammaddesi, doğal kauçuk ve bitkisel yağlar, üretildikleri bölgedeki yağış ve toprak nemi koşullarına bağlıdır.

- Bir ürünün yeşil su ayak izinin büyük olması tek başına kötü çevresel performans anlamına gelmez. Yağışın bol olduğu, ekosistem ihtiyaçlarının korunduğu ve arazi kullanımının uygun olduğu yerde sonuç farklıdır.

- Düşük yağışlı bir bölgede arazi bozunması, ormansızlaşma veya yüksek rekabet altında gerçekleşen üretim daha ciddi sorunlara yol açabilir.
- Yeşil ve mavi su birbirinin her durumda basit alternatifi değildir. Yağış yetersiz kaldığında sulama ihtiyacı artar ve üretim mavi suya daha bağımlı hâle gelebilir. İklim değişikliği yağışın zamanını ve dağılımını değiştirdiğinde aynı ürünün yeşil ve mavi su bileşimi de değişebilir.

Sanayi kuruluşları için yeşil su çoğu zaman tesis içinden çok tedarik zincirinde görünür. Tarımsal veya biyobazlı hammadde kullanan firmalar yalnızca tedarik miktarını değil, hammaddenin üretildiği iklim ve havza koşullarını da anlamalıdır.

## 7. Gri su ayak izi

Gri su ayak izi, üç bileşen içinde en sık yanlış anlaşılan kavramdır.

**Gri su ayak izi**, ortaya çıkan belirli bir kirletici yükünü, kabul edilen su kalitesi standardını aşmayacak düzeye getirebilmek için teorik olarak gerekli olan tatlı su hacmidir.

> **Dikkat: Gri su, atıksu hacmi değildir.** Gri su ayak izi bir işletmenin ürettiği gerçek atıksu hacmi değildir. Atıksu arıtma tesisindeki su miktarı da değildir. Suyun rengiyle ilgili bir tanım da değildir.

Bu göstergede üç unsur önemlidir:

1. Alıcı ortama ulaşan kirletici yükü
2. İlgili kirletici için kabul edilen en yüksek konsantrasyon veya su kalitesi standardı
3. Su kaynağındaki doğal arka plan konsantrasyonu

WFN bu ilişkiyi şu biçimde ifade eder. Formül bu derste yalnızca kavramı göstermek için verilmiştir, uygulaması Ders 7'de ele alınır.

```
Gri su ayak izi = Kirletici yükü / (kabul edilen en yüksek konsantrasyon - doğal arka plan konsantrasyonu)
Birim: (kg/gün) / (kg/m³) = m³/gün
```

Kirletici yükü arttıkça veya izin verilen kalite sınırı sıkılaştıkça gri su ayak izi büyür. Tekstil boyama prosesinden kaynaklanan belirli bir kimyasal yük, metal üretimindeki ağır metal riski veya tarımsal üretimde su ortamına ulaşan besin maddeleri bu yaklaşımla değerlendirilebilir.

- Aynı atıksu hacmine sahip iki tesisin gri su ayak izi farklı olabilir. Çünkü kirletici türü, yükü, arka plan koşulu ve kalite standardı farklıdır.
- Küçük hacimde fakat yüksek kirletici yükü taşıyan bir deşarj, büyük hacimde fakat düşük yük taşıyan bir akıştan daha yüksek gri su ayak izi yaratabilir.

> **Dikkat: Seyreltme çözüm değildir.** Gri su ayak izi kirleticilerin temiz su eklenerek seyreltilmesini önermez. Bir yönetim ve karşılaştırma göstergesidir. Kirlilik baskısını ortak bir su hacmi diliyle görünür kılar. Gerçek çözüm, kirleticiyi kaynağında azaltmak, proses kontrolü sağlamak, uygun kimyasal kullanmak, arıtma performansını geliştirmek ve deşarj kalitesini güvence altına almaktır.

Mavi ve yeşil su ayak izi su tüketiminin kaynağını, gri su ayak izi ise su kalitesi üzerindeki kirlilik baskısını ifade eder.

| | Mavi | Yeşil | Gri |
|---|---|---|---|
| Neyi ifade eder | Yüzey ve yeraltı suyundan tüketilen su | Yağıştan gelen, kök bölgesinde tutulup bitkilerce kullanılan su | Kirletici yükü standarda getirmek için teorik olarak gerekli tatlı su hacmi |
| Boyut | Miktar (tüketim) | Miktar (tüketim) | Kalite (kirlilik baskısı) |
| Tipik örnek | Sulama, proses suyu, buharlaşma | Yağışla beslenen pamuk, orman ürünleri | Boyama kimyasalları, gübre ve pestisit yükü |
| Sık yapılan yanlış | Yalnızca şebeke suyu sanmak | Çevre dostu su sanmak | Gerçek atıksu hacmi sanmak |

## 8. Sanal su: Ürünlerle birlikte taşınan su bağımlılığı

**Sanal su**, bir ürün veya hizmetin üretimi sırasında kullanılan suyu ifade eden kavramdır. Kavram, J. A. (Tony) Allan tarafından 1990'larda tarım ürünleri ticareti bağlamında ortaya konmuştur.

*Sanal* kelimesi suyun önemsiz ya da hayalî olduğu anlamına gelmez. Suyun çoğu nihai ürünün içinde fiziksel olarak bulunmadığı için görünmez olduğunu anlatır.

Bir pamuklu ürün başka bir ülkeye ihraç edildiğinde pamuk tarlasındaki yağış ve sulama suyu, işleme aşamalarındaki proses suyu ve kirlilik baskısı ürünün su geçmişinin parçasıdır. Ürünle birlikte tonlarca fiziksel su taşınmaz. Ancak ürünü satın alan ekonomi, üretimin gerçekleştiği bölgedeki su kullanımına dolaylı olarak bağlı hâle gelir. Bu nedenle uluslararası ve bölgeler arası ticaret aynı zamanda sanal su akışları oluşturur.

- Su yoğun ürünlerin su kaynakları bol bölgelerde üretilmesi bazı koşullarda küresel kaynak kullanımını iyileştirebilir.
- Su stresi yüksek bir havzada üretilen bir hammaddenin yoğun biçimde ihraç edilmesi yerel su baskısını artırabilir ve tüketimin çevresel maliyetini üretim bölgesine taşıyabilir.

> **Dikkat: Sanal su, ürünün içinde fiziksel olarak taşınan su değildir.** Su damlası burada ürünün üretim geçmişini temsil eder.

Sanal su kavramı tedarik zincirinin coğrafyasını önemli kılar. Aynı hammadde farklı bölgelerden satın alındığında ürünün su profili değişir. Bu yüzden yalnızca tedarikçinin fiyatı ve teslim süresi değil, hammaddenin nerede ve hangi su koşullarında üretildiği de uzun vadeli tedarik riskinin parçasıdır. Kavramın temel katkısı, tüketim ile üretim bölgesindeki su kullanımı arasındaki görünmeyen bağlantıyı görünür hâle getirmesidir.

## 9. Su stresi, havza ve iklim değişikliği

### Hacim riski açıklamaz

Su ayak izinin büyüklüğü önemlidir ancak tek başına su riskini açıklamaz.

- Aynı miktarda mavi su tüketimi, suyun bol olduğu bir havzada ve su stresinin yüksek olduğu başka bir havzada farklı sonuçlar doğurur.
- Yıllık toplam değer mevsimsel baskıyı gizleyebilir. Yıl boyunca yeterli görünen bir kaynak, kurak sezonda sanayi, tarım, şehirler ve ekosistemler arasında ciddi rekabete konu olabilir.

| | Karbon ayak izi | Su ayak izi |
|---|---|---|
| Etki ölçeği | Sera gazları küresel bir etki kategorisi altında $CO_2e$ olarak toplanabilir | Etki havzaya, mevsime, kaynağın durumuna ve diğer kullanıcıların talebine bağlıdır |
| Bir birimin anlamı | Bir kg$CO_2e$ yerden bağımsız olarak aynı iklim etkisine katkı yapar | Aynı litre bağlamdan bağımsız yorumlanamaz |

**Su stresi**, mevcut ve sürdürülebilir su kaynakları ile insan ve ekosistem talepleri arasındaki baskıdır. Yüksek su stresi yalnızca fiziksel su azlığı anlamına gelmez. Altyapı, su kalitesi, yönetim kapasitesi ve kullanıcılar arasındaki tahsis sorunları da erişilebilir suyu etkileyebilir.

Su ortak bir havza kaynağıdır. Tek bir tesisin verimliliğini artırması gereklidir ancak havzadaki toplam baskıyı tek başına ortadan kaldırmayabilir. Bazı sorunlar sanayi, tarım, şehirler, ekosistemler ve kurumlar arasında ortak yönetişim gerektirir.

### Su stresi nasıl sınıflandırılır

Su stresi farklı göstergelerle ölçülür. İki yaygın örnek şunlardır:

- **Falkenmark göstergesi:** Ülke düzeyinde kişi başına yıllık su miktarına bakar. Yaygın kullanılan eşikler şöyledir: 1.700 $m^3$ altı su stresi, 1.000 $m^3$ altı su kıtlığı, 500 $m^3$ altı mutlak su kıtlığı.
- **WRI Aqueduct temel su stresi:** Bir havzadaki toplam yıllık su çekiminin, yıllık yenilenebilir su arzına oranıdır. Oran yükseldikçe kaynak üzerindeki baskı artar. WRI, bu puanı havza düzeyinde hesaplar ve ülke düzeyine ağırlıklı toplamla taşır.

### Güncel durum (Eylül 2026): Türkiye

| Gösterge | Değer | Kaynak |
|---|---|---|
| | | |

| | | |
|---|---|---|
| Kullanılabilir su potansiyeli (teknik ve ekonomik olarak) | Yaklaşık 112 milyar m³/yıl. Yıllık ortalama yağış yaklaşık 450 milyar m³ | DSİ, Tarım ve Orman Bakanlığı verileri, 2026 |
| Nüfus (31 Aralık 2025) | 86.092.168 | TÜİK |
| Kişi başına yıllık kullanılabilir su | Yaklaşık 1.301 m³ (112 milyar m³ / 86.092.168 kişi) | DSİ ve TÜİK verilerinden, Mayıs-Haziran 2026 açıklamaları |

Bu değer Falkenmark eşiklerine göre 1.000 ile 1.700 m³ arasında kalır, yani su stresi bandındadır. Bu sınıflandırma materyal yazarının eşikleri rakama uygulamasıdır. Resmî bir ilan değildir.

> **Dikkat: Ulusal ortalama havza gerçeğini göstermez.** Kişi başına değer ülke ortalamasıdır. Havzalar ve mevsimler arasındaki farkları gizler. Ayrıca Falkenmark göstergesi genellikle yenilenebilir tatlı su kaynaklarıyla hesaplanır. Türkiye değeri ise teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir potansiyele dayanır. Bu yüzden değer, başka ülkelerin rakamlarıyla birebir karşılaştırılmamalıdır. WRI Aqueduct'un Türkiye için sınıflandırması bu materyalde doğrulanamadığı için verilmemiştir. Güncel haritalar için WRI Aqueduct Water Risk Atlas'a bakılmalıdır.

### İklim değişikliğinin etkisi

İklim değişikliği bu tabloyu daha karmaşık hâle getirir. Yağışın toplam miktarı kadar zamanı ve şiddeti de değişebilir. Kurak dönemler uzayabilir, aşırı yağış ve taşkınlar artabilir, kar ve buz kaynaklı mevsimsel akışlar değişebilir. Yüksek sıcaklıklar buharlaşmayı ve bazı sektörlerin su talebini artırabilir. Bu nedenle geçmişte güvenilir görünen bir su kaynağı gelecekte aynı performansı göstermeyebilir.

IPCC AR6 Çalışma Grubu II raporu, dünya nüfusunun kabaca yarısının yılda en az bir ay şiddetli su kıtlığı yaşadığını belirtir (orta güven düzeyi). Rapor, su güvensizliğinin ekonomik olarak yoksul gruplar, kadınlar, çocuklar, yerli halklar ve yaşlılar gibi kesimleri orantısız etkilediğini de vurgular.

Sanayi kuruluşları için doğru soru yalnızca *bugün yeterli su var mı?* değildir. Daha güçlü soru şudur: Kullandığımız su kaynağı, farklı iklim ve talep koşullarında faaliyetimizi, tedarikçilerimizi, yerel toplumu ve ekosistemleri desteklemeye devam edebilir mi?

## 10. Uygulama örneği: Pamuklu ürün

Dört kavramı tek bir pamuklu tişört üzerinde birleştirelim.

| Bileşen | Pamuklu üründe nerede görülür |
|---|---|
| Yeşil su | Pamuk yağışla besleniyorsa, kök bölgesinde tutulan ve bitki tarafından kullanılan yağmur suyu |
| Mavi su | Yağış yetersiz kaldığında nehirden, barajdan veya kuyudan yapılan sulama. Ayrıca pamuğun işlenmesi, iplik ve kumaş üretimi, yıkama ve boyamada kaynaklardan tüketilen proses suyu |
| Gri su | Tarımda kullanılan gübre veya pestisitlerden su ortamına ulaşan yükler. Boyama ve terbiye proseslerinden kaynaklanan kirleticiler. İlgili su kalitesi standartları çerçevesinde değerlendirilir |
| Sanal su | Ürün başka bir bölgeye ya da ülkeye satıldığında, üretim aşamalarındaki su kullanımı ve kirlilik baskısı ticaretle birlikte taşınan su bağlantısı olarak görünür |

Aynı tişörtün su ayak izi her yerde aynı değildir. Sonucu şu etkenler değiştirir:

- Pamuğun yetiştiği iklim, yağış miktarı, sulama yöntemi, tarımsal verim ve lif kayıpları
- Fabrikanın proses teknolojisi ve su geri kullanım oranı
- Kimyasal yönetimi ve arıtma performansı
- Yerel su kalitesi koşulları

> **Dikkat: Tek bir küresel litre değeri kullanılmamalıdır.** Bu materyalde tişört veya pamuk için bilerek litre değeri verilmemiştir. Literatürde küresel ortalama değerler bulunur (örneğin Mekonnen ve Hoekstra, 2011, ürün bazında küresel ortalamalar yayımlamıştır). Ancak bu değerler belirli varsayımlara ve yıllara dayanır ve bir firmanın gerçek tedarik zincirini temsil etmez. İnternette görülen tek bir küresel değeri her ürün ve her firma için doğrudan kullanmak doğru değildir. Su ayak izi, gerçek üretim yeri ve tedarik zinciri bilgisiyle anlam kazanır.

## 11. WFN yöntemi ve ISO 14046 arasındaki fark

Su ayak izi için iki yaygın çerçeve vardır. Bunlar aynı yöntem değildir.

| | Water Footprint Network (WFN) | ISO 14046:2014 |
|---|---|---|
| Niteliği | Kurumsal bir yöntem (*Water Footprint Assessment Manual*, 2011) | Uluslararası standart: *Çevre yönetimi, Su ayak izi, İlkeler, gereklilikler ve kılavuz* |
| Yaklaşım | Hacimsel. Tüketilen ve kirletilen su hacimleri mavi, yeşil ve gri bileşenlerle ölçülür | Yaşam döngüsü değerlendirmesine (YDD) dayalı. Su ile ilgili potansiyel çevresel etkileri ölçer |
| Sonuç | Hacim (örneğin $m^3$). Bileşenler ayrı raporlanır | Tek bir değer ya da etki göstergesi sonuçları profili |
| Coğrafi ve zamansal bağlam | Hacimler yer ve zamana göre ayrıştırılır. Etki yorumu ayrı bir adımdır | Etki değerlendirmesinde yer ve zaman bağlamı esastır. Su kalitesine etkiler için yalnızca suya etki eden hava ve toprak emisyonları dikkate alınır |
| Kapsam | Ürün, proses, kuruluş, tüketici, ulus | Ürün, proses ve kuruluşlar |

Anlamı şudur: WFN ölçümü sorunun büyüklüğünü ve kaynağını hacim olarak gösterir. ISO 14046 ise bu kullanımların su kıtlığı, su kalitesi bozulması gibi potansiyel çevresel etkilere dönüşümünü değerlendirir. Yani ISO 14046 kapsamında yalnızca mavi, yeşil ve gri hacimleri toplamak tek başına standarda uygun bir su ayak izi sonucu sayılmaz. Standart, etki değerlendirmesini de ister. Su kıtlığı etkisi için kullanılan yöntemlere örnek olarak, UNEP ve SETAC çatısındaki WULCA grubunun AWARE yöntemi verilebilir.

İki yaklaşım birbirini dışlamaz. Hacimsel envanter verisi etki değerlendirmesine girdi sağlayabilir. Ancak sonuçların birbirinin yerine kullanılmaması gerekir.

> **Güncel durum (Eylül 2026): ISO 14046.** ISO sayfasına göre standart 2014'te yayımlanmıştır (1. baskı) ve 2020'de gözden geçirilip teyit edilmiştir. Kullanımdan önce ISO sayfasındaki güncel sürüm durumu kontrol edilmelidir. Ders 7 ISO 14046'yı ayrıntılı ele alır.

## Özet

- Su ayak izi yalnızca tesisteki su sayacını değil, doğrudan ve dolaylı su kullanımını ve su kirliliğini değer zinciri boyunca ele alır.
- Su çekimi ile su tüketimi aynı değildir. Çekilen suyun bir bölümü sisteme geri döner.
- Mavi su ayak izi yüzey ve yeraltı su kaynaklarından tüketilen suyu gösterir.
- Yeşil su ayak izi yağıştan gelen ve toprağın kök bölgesinde bitkilerce kullanılan suyla ilgilidir. Çevre dostu anlamına gelmez.
- Gri su ayak izi gerçek atıksu hacmi değildir. Kirletici yükün belirli bir su kalitesi standardıyla ilişkisini gösteren teorik bir tatlı su hacmidir.
- Sanal su, ürünün üretim geçmişindeki görünmeyen su kullanımını ve ticaretle oluşan su bağlantısını görünür kılar. Ürünün içinde fiziksel olarak taşınan su değildir.
- Su ayak izi miktarı su riskini tek başına açıklamaz. Havza, mevsim, kaynak türü, su kalitesi ve yerel su stresi birlikte değerlendirilmelidir.
- WFN hacimsel bileşenlerle çalışır. ISO 14046 yaşam döngüsü temelli potansiyel etki değerlendirmesini hedefler. İkisi aynı yöntem değildir.

## Bilgi kontrolü (cevaplarıyla)

**1. Şebekeden çekilen bütün su tüketilmiş sayılır mı?** Cevap: Hayır. Çekilen suyun bir bölümü uygun kalitede ve zamanda aynı havzaya geri dönebilir. Tüketim, kullanılabilir kaynaktan ayrılan bölümdür.

**2. Yağıştan gelen ve bitkinin kök bölgesinde kullandığı su hangi bileşendir?** Cevap: Yeşil su ayak izi.

**3. Gri su ayak izi gerçek atıksu hacmi midir?** Cevap: Hayır. Kirletici yükün kabul edilen su kalitesi standardına getirilmesi için teorik olarak gerekli tatlı su hacmidir.

**4. Sanal su ürünün içinde fiziksel olarak taşınan su mudur?** Cevap: Hayır. Ürünün üretim geçmişinde kullanılan suyu ve ticaretle oluşan su bağlantısını ifade eder.

**5. Bir tekstil işletmesinde kazan besleme suyu ve pamuk üretiminde kullanılan sulama suyu hangi kullanım türlerine girer?** Cevap: Kazan besleme suyu doğrudan kullanımdır. Pamuk üretimindeki sulama suyu dolaylı kullanımdır.

**6. Gri su ayak izinin hesabında hangi üç unsur önemlidir?** Cevap: Alıcı ortama ulaşan kirletici yükü, kabul edilen en yüksek konsantrasyon veya kalite standardı ve doğal arka plan konsantrasyonu.

**7. Doğru mu yanlış mı: Gri su ayak izi, atıksuyun temiz suyla seyreltilmesini önerir.** Cevap: Yanlış. Gri su bir yönetim ve karşılaştırma göstergesidir. Çözüm kirleticiyi kaynağında azaltmak ve arıtmayı iyileştirmektir.

**8. Aynı miktarda mavi su tüketimi neden her havzada aynı riski yaratmaz?** Cevap: Etki havzaya, mevsime, kaynağın yenilenme durumuna ve diğer kullanıcıların ve ekosistemin talebine bağlıdır.

**9. Doğru mu yanlış mı: ISO 14046 kapsamında mavi, yeşil ve gri hacimleri toplamak yeterlidir.** Cevap: Yanlış. ISO 14046 yaşam döngüsü temelli potansiyel çevresel etkileri değerlendirir. WFN ise hacimsel bileşenlerle çalışır.

**10. Bir firmanın su riskini anlamak için yalnızca su faturasına bakmak neden yetersizdir?** Cevap: Önemli su bağımlılığı çoğu zaman tedarik zincirinde, örneğin tarımsal hammaddede veya enerjide bulunur. Su faturası bunu göstermez.

## Anahtar kavramlar sözlüğü (TR – EN)

| Türkçe | English |
|---|---|
| su ayak izi | water footprint |
| su çekimi | water withdrawal |
| su tüketimi | water consumption |
| doğrudan su kullanımı | direct water use |
| dolaylı su kullanımı | indirect water use |
| mavi su ayak izi | blue water footprint |
| yeşil su ayak izi | green water footprint |
| gri su ayak izi | grey water footprint |
| sanal su | virtual water |
| su stresi | water stress |
| su kıtlığı | water scarcity |
| havza | river basin / catchment |
| su açısından kritik nokta | water hotspot |
| kök bölgesi | root zone |
| bitki terlemesi | transpiration |
| yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) | life cycle assessment (LCA) |
| potansiyel çevresel etki | potential environmental impact |
| değer zinciri | value chain |
| Falkenmark göstergesi | Falkenmark indicator |

## Kaynaklar ve güncellik notu


- Water Footprint Network. *What is a water footprint?* https://www.waterfootprint.org/water-footprint-2/what-is-a-water-footprint/ (mavi, yeşil ve gri su ile doğrudan ve dolaylı kullanım tanımları, erişim: Eylül 2026)
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. ve Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard.* Earthscan, Londra.
- Mekonnen, M. M. ve Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577-1600.
- ISO 14046:2014. *Environmental management, Water footprint, Principles, requirements and guidelines.* https://www.iso.org/standard/43263.html
- Boulay, A.-M. ve diğerleri (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints (AWARE). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23, 368-378.
- Allan, J. A. Sanal su kavramı üzerine 1990'lar tarihli çalışmalar (kavramın kaynağı olarak anılır).
- Falkenmark, M. ve diğerleri (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258-267.

- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* AR6 Çalışma Grubu II, Bölüm 4 (Su) ve Gıda ve Su bilgi notu. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/
- WRI. *Aqueduct 4.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators* (2023). https://www.wri.org/research/aqueduct-40-updated-decision-relevant-global-water-risk-indicators
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Tarım ve Orman Bakanlığı ve TÜİK verileri. Kişi başına 1.301 m³ değeri Anadolu Ajansı ve Dünya Gazetesi haberlerinde (Mayıs-Haziran 2026) bu kurumlara atfen aktarılmıştır. Değer, DSİ'nin 112 milyar m³ potansiyeli ile TÜİK'in 2025 sonu nüfusundan yeniden hesaplanarak teyit edilmiştir. Birincil DSİ sayfasından doğrudan görülmemiştir.
- SATSO programı ders amaç, öğrenme çıktısı ve kapsam belgesi.


**Güncellik notu:** Su ayak izi yöntemleri, ISO 14046 sürüm durumu ve Türkiye su verileri düzenli olarak güncellenir. Kullanımdan önce ilgili kurumun son yayınına bakılmalıdır.

---

# ENGLISH VERSION

# LESSON 6: What Is a Water Footprint?

Program: Sustainability in Industry, Climate Change and Carbon Footprint Training (SATSO)

| Key facts | Description |
|---|---|
| Target audience | Students, industry professionals and specialists |
| Scope of this material | The water footprint concept, the distinction between water withdrawal, use and consumption, direct and indirect water use, blue, green and grey water footprints, virtual water, water stress and the basin context, the link to climate change, a cotton product example and the difference between the Water Footprint Network method and ISO 14046. Water inventory, mass balance and calculation details are covered in Lesson 7. |
| Currency of information | September 2026 |
| Related lessons | Lesson 2 (climate change and global warming), Lesson 7 (ISO 14046, water inventory, flow diagram and water mass balance) |

## Learning outcomes

After completing this material, the reader can:

- Explain that a water footprint is more than the reading on a plant's water meter.
- Distinguish between water withdrawal, water use and water consumption.
- Show direct and indirect water use in an industrial example.
- Define the blue, green and grey water footprints and say what each represents.
- Explain that the grey water footprint is not the actual wastewater volume.
- Interpret the virtual water concept and the water link created by trade.
- Explain why the same volume of water has different consequences depending on the basin and season.
- State the difference between the Water Footprint Network method and the ISO 14046 approach.

## 1. Introduction: Visible water and invisible water

Is the water meter enough to understand how much water an industrial organization uses?

Mains water, well water and process water entering a plant are certainly important. But a product's relationship with water often begins long before the factory gate. Take a cotton fabric. The rain and irrigation water in the field where the cotton grew, the preparation of the yarn, the washing and dyeing of the fabric, the chemicals used and the resulting pollutant load are all different parts of the same product's water story.

For this reason a water footprint does not look only at the water passing through a tap or a pipe. It tries to understand the direct and indirect water use of a product, an activity or an organization within a wider value chain.

By the end of this material, the reader can assess a product's relationship with water not only from the factory meter but together with its source, place, timing and supply chain.

## 2. What is a water footprint?

The Water Footprint Network (WFN) defines the water footprint as a measure of humanity's appropriation of fresh water in volumes of water consumed and/or polluted. The concept was developed by Arjen Hoekstra and promoted by the WFN. In short, a water footprint is a comprehensive indicator showing how freshwater resources are linked to a product, process, organization or consumption activity.

This approach brings two important extensions.

1. **It goes beyond direct use.** It also considers the indirect water use in the supply chain of a product or service.

2. **It does not look only at quantity.** Besides the amount of water consumed, it tries to make the pressure on water quality visible. The blue and green water footprints describe different sources of water consumption. The grey water footprint describes how a pollutant load relates to water quality.

A water footprint can be expressed per product, per unit of production, per area or at organization level. However, a single total number does not give the full meaning of water. The basin where the water is used, the time of year it is withdrawn, the renewal status of the source, local water demand and ecosystem needs all change the result.

For this reason a water footprint does not answer only the question *how much water?* It also raises these questions: *which water, where, when, for what purpose and in which value chain?*

| Level | What it covers | Example |
|---|---|---|
| Product | Water use and pollution pressure over a product's life cycle | The water history of a cotton T-shirt |
| Process | Water use in a specific production step | A fabric dyeing process |
| Organization | An enterprise's direct and supply-chain water use | The total water relationship of a textile plant |
| Consumer | The water history of goods and services consumed by a person or community | A family's clothing and food consumption |

## 3. Water withdrawal, water use and water consumption

To understand the water footprint correctly, water withdrawal must be separated from water consumption.

- **Water withdrawal:** The total amount of water taken from a river, lake, dam, groundwater or the mains over a given period.
- **Water use:** The use of withdrawn water inside the plant for purposes such as process, cooling, washing and cleaning. Part of the water used can be returned to the system.
- **Water consumption:** The part of water that is removed from the available water resource in the relevant basin. The WFN describes this part through these routes: evaporation, incorporation into a product, transfer to another basin or the sea, and return at a different time.

Not all water taken into a plant counts as consumed. One part may be used in the process, treated and released back to the same basin. One part may circulate repeatedly in a closed loop. One part may be incorporated into the product, evaporate, be moved to another basin or return to the source at a different time.

| Case | Withdrawal | Consumption |
|---|---|---|
| Most of the water withdrawn for cooling returns to the same water system in suitable quality and in a short time | High | Relatively low |
| Less water is withdrawn but most of it evaporates or is incorporated into the product | Low | Relatively high |

For this reason the plant that withdraws the most water is not always the plant that consumes the most.

> **Note: Return flow alone is not enough.** The timing, temperature and quality of the returned water also matter. If water returns in another period, in another basin or in a quality the ecosystem cannot use, local impacts can continue.

The key distinction is this: water withdrawal describes the total water taken from the system, and water consumption describes the part removed from the available water resource in the same place and time context. Water inputs and outputs are covered in detail in Lesson 7 within an inventory and mass balance.

## 4. Direct and indirect water use

An organization's relationship with water arises both inside and outside the plant boundary.

**Direct water use** is the water flows that the organization controls in its own operations. Process water, boiler feed water, cooling, washing, cleaning, product formulation, landscaping and employee use fall into this group. In a textile plant, water taken in for washing, dyeing, cooling, steam generation, cleaning and employee needs is direct use.

**Indirect water use** takes place in the production of the goods and services the organization buys. The WFN defines it as the sum of the water footprints of all the products consumed. In textiles, the water used to produce cotton, dyes, chemicals, energy and packaging is indirect use.

| Sector | Example of significant indirect water use |
|---|---|
| Food | Agricultural raw material production |
| Textile | Cotton and other fibres |
| Metals | Ore and energy |
| Chemicals | Precursor materials |

In some sectors the water inside the plant may be only a small part of the total water footprint. The largest water dependence may sit in raw material or energy supply. The points where water use or water-related risk is concentrated in the value chain are called **water hotspots**.

For example, a product that uses little water in the plant can carry a significant indirect blue water dependence if it relies on an irrigated raw material grown in a high water stress region. A raw material that is rain-fed and comes from a region with lower water pressure may have a different water profile.

> **Note: Looking only at the water bill is not enough.** A company focused only on reducing its water bill may fail to see the significant water risks in its value chain.

Water management is not only the job of the environment or plant management unit. Procurement, supplier management, product design, production, quality and risk management are all parts of the same water story.

## 5. Blue water footprint

The **blue water footprint** refers to water consumed from surface water and groundwater sources. Rivers, lakes, dams and groundwater systems are blue water sources. Mains water is also usually supplied from these sources.

Blue water consumption can occur in four ways:

1. Water can evaporate.
2. It can be incorporated into the product.
3. It can be withdrawn from one basin and transferred to another basin or to the sea.
4. It can return to the source long after the period when the same users and ecosystems need it.

Irrigated agriculture, industrial processes, power generation and domestic use can have a blue water footprint. In the textile example, irrigation water given to a cotton field from a river or a well is linked to blue water. Process water used to wash and dye the fabric and not returned to the same basin at a suitable time also contributes to blue water consumption.

Not every blue water use carries the same significance:

- Limited consumption in a period of abundant water does not create the same local pressure as consumption in a dry season in a basin with high water stress.
- Abstracting groundwater faster than its natural renewal rate creates a different risk from water sustainably supplied from surface water.

For this reason the blue water footprint should not be read only as volume information. It should be assessed together with source type, basin, season, other users and ecosystem needs. For industrial organizations this requires understanding not only water efficiency at the plant but also which water sources critical suppliers depend on.

## 6. Green water footprint

The **green water footprint** refers to the use by plants of water that comes from precipitation and is held in the root zone of the soil. This water is in the soil before it joins surface runoff or groundwater. It is taken up by the plant, used during growth, incorporated into the plant or returned to the atmosphere through evaporation and transpiration. The part of rain that becomes surface runoff is not included in the green water footprint.

> **Note: Green water does not mean environmentally friendly water.** The word green here describes the source and ecological position of the water. It is not an assessment or a label.

The green water footprint is especially important for agriculture, forestry, horticulture and bio-based products. Cotton, cereals, fodder crops, wood, paper raw materials, natural rubber and vegetable oils depend on rainfall and soil moisture conditions in the region where they are produced.

- A large green water footprint does not by itself mean poor environmental performance. The result differs where rainfall is abundant, ecosystem needs are protected and land use is appropriate.
- In a region with low rainfall, production under land degradation, deforestation or high competition can cause more serious problems.
- Green and blue water are not simple alternatives to each other in every case. When rainfall is insufficient, irrigation demand rises and production can become more dependent on blue water. When climate change alters the timing and distribution of rainfall, the green and blue water mix of the same product can also change.

For industrial organizations, green water is often visible in the supply chain rather than inside the plant. Companies using agricultural or bio-based raw materials should understand not only the quantity supplied but also the climate and basin conditions where the raw material was produced.

## 7. Grey water footprint

The grey water footprint is the most frequently misunderstood of the three components.

The **grey water footprint** is the theoretical volume of freshwater required to bring a given pollutant load to a level that does not exceed the accepted water quality standard.

> **Note: Grey water is not a wastewater volume.** The grey water footprint is not the actual wastewater volume an enterprise produces. It is not the amount of water in a wastewater treatment plant either. It is not a definition about the color of water.

Three elements matter in this indicator:

1. The pollutant load reaching the receiving environment
2. The maximum accepted concentration or water quality standard for that pollutant
3. The natural background concentration in the water source

The WFN expresses this relationship as follows. The formula is given in this lesson only to show the concept. Its application is covered in Lesson 7.

```
Grey water footprint = Pollutant load / (maximum accepted concentration - natural background concentration)
Unit: (kg/day) / (kg/m³) = m³/day
```

The grey water footprint grows as the pollutant load increases or the permitted quality limit becomes stricter. A specific chemical load from a textile dyeing process, heavy metal risk in metal production or nutrients reaching water bodies in agricultural production can be assessed with this approach.

- Two plants with the same wastewater volume can have different grey water footprints, because the pollutant type, load, background condition and quality standard differ.
- A discharge with a small volume but a high pollutant load can create a higher grey water footprint than a large-volume flow with a low load.

> **Note: Dilution is not a solution.** The grey water footprint does not recommend diluting pollutants by adding clean water. It is a management and comparison indicator. It makes pollution pressure visible in a common water-volume language. The real solution is to reduce the pollutant at source, ensure process control, use suitable chemicals, improve treatment performance and secure discharge quality.

Blue and green water footprints describe the source of water consumption. The grey water footprint describes pollution pressure on water quality.

| | Blue | Green | Grey |
|---|---|---|---|
| What it represents | Water consumed from surface and groundwater | Rain-derived water held in the root zone and used by plants | Theoretical freshwater volume needed to bring the pollutant load to the standard |
| Dimension | Quantity (consumption) | Quantity (consumption) | Quality (pollution pressure) |
| Typical example | Irrigation, process water, evaporation | Rain-fed cotton, forest products | Dyeing chemicals, fertilizer and pesticide load |
| Common misreading | Thinking it is only mains water | Thinking it is environmentally friendly water | Thinking it is the actual wastewater volume |

## 8. Virtual water: Water dependence carried with products

**Virtual water** is the concept that refers to the water used during the production of a product or service. The concept was put forward by J. A. (Tony) Allan in the 1990s in the context of agricultural trade.

The word *virtual* does not mean the water is insignificant or imaginary. It means the water is invisible because most of it is not physically present in the final product.

When a cotton product is exported to another country, the rainfall and irrigation water in the cotton field, the process water in the processing stages and the pollution pressure are part of the product's water history. Tonnes of physical water are not shipped with the product. But the economy that buys the product becomes indirectly tied to water use in the region of production. For this reason international and interregional trade also creates virtual water flows.

- Producing water-intensive products in regions with abundant water resources can, under some conditions, improve global resource use.
- Heavy export of a raw material produced in a basin with high water stress can increase local water pressure and shift the environmental cost of consumption to the production region.

> **Note: Virtual water is not water physically carried inside the product.** The water drop here represents the production history of the product.

The virtual water concept makes the geography of the supply chain important. When the same raw material is bought from different regions, the product's water profile changes. So not only the supplier's price and delivery time but also where and under what water conditions the raw material was produced are part of long-term supply risk. The main contribution of the concept is to make visible the hidden link between consumption and water use in the production region.

## 9. Water stress, the basin and climate change

### Volume does not explain risk

The size of a water footprint matters, but it does not explain water risk on its own.

- The same amount of blue water consumption has different consequences in a basin with abundant water and in another basin with high water stress.
- An annual total can hide seasonal pressure. A source that looks sufficient over the year can face serious competition among industry, agriculture, cities and ecosystems in the dry season.

| | Carbon footprint | Water footprint |
|---|---|---|
| Scale of impact | Greenhouse gases can be aggregated as $CO_2e$ under a global impact category | Impact depends on the basin, season, source condition and other users' demand |
| Meaning of one unit | One $kgCO_2e$ contributes to the same climate effect regardless of location | The same litre cannot be interpreted independently of context |

**Water stress** is the pressure between available and sustainable water resources and human and ecosystem demands. High water stress does not mean only physical water shortage. Infrastructure, water quality, management capacity and allocation problems among users can also affect accessible water.

Water is a shared basin resource. It is necessary for a single plant to raise its efficiency, but this may not remove the total pressure in the basin on its own. Some problems require shared governance among industry, agriculture, cities, ecosystems and institutions.

### How water stress is classified

Water stress is measured with different indicators. Two common examples are:

- **Falkenmark indicator:** Looks at annual water per person at country level. Commonly used thresholds are: below 1,700 m³ water stress, below 1,000 m³ water scarcity, below 500 m³ absolute water scarcity.
- **WRI Aqueduct baseline water stress:** The ratio of total annual water withdrawals to annual renewable water supply in a basin. As the ratio rises, pressure on the resource increases. WRI calculates this score at basin level and aggregates it to country level with a weighting.

### Current situation (September 2026): Türkiye

| Indicator | Value | Source |
|---|---|---|
| Usable water potential (technically and economically) | About 112 billion m³/year. Average annual precipitation about 450 billion m³ | DSİ, Ministry of Agriculture and Forestry data, 2026 |
| Population (31 December 2025) | 86,092,168 | TÜİK (Turkish Statistical Institute) |
| Annual usable water per person | About 1,301 m³ (112 billion m³ / 86,092,168 people) | Derived from DSİ and TÜİK data, statements of May-June 2026 |

By the Falkenmark thresholds this value lies between 1,000 and 1,700 m³, that is, in the water stress band. This classification is the author's application of the thresholds to the figure. It is not an official declaration.

> **Note: A national average does not show the basin reality.** The per-capita value is a country average. It hides differences between basins and seasons. In addition, the Falkenmark indicator is usually calculated with renewable freshwater resources, whereas the Turkish figure is based on technically and economically usable potential. The value should therefore not be compared one-to-one with other countries' figures. WRI Aqueduct's classification for Türkiye could not be verified for this material and is therefore not given. For current maps, the WRI Aqueduct Water Risk Atlas should be consulted.

### The effect of climate change

Climate change makes this picture more complex. The timing and intensity of precipitation can change as much as its total amount. Dry periods can lengthen, extreme rainfall and floods can increase, and seasonal flows from snow and ice can change. High temperatures can raise evaporation and the water demand of some sectors. A water source that looked reliable in the past may therefore not perform the same in the future.

The IPCC AR6 Working Group II report states that roughly half of the world's population experiences severe water scarcity for at least one month per year (medium confidence). It also stresses that water insecurity disproportionately affects groups such as economically disadvantaged people, women, children, Indigenous Peoples and the elderly.

For industrial organizations the right question is not only *is there enough water today?* The stronger question is this: can the water source we use continue to support our operations, our suppliers, the local community and ecosystems under different climate and demand conditions?

## 10. Application example: A cotton product

Let us combine the four concepts on a single cotton T-shirt.

| Component | Where it appears in a cotton product |
|---|---|
| Green water | If the cotton is rain-fed, the rainwater held in the root zone and used by the plant |
| Blue water | Irrigation from a river, dam or well when rainfall is insufficient. Also process water consumed from sources in cotton processing, yarn and fabric production, washing and dyeing |
| Grey water | Loads reaching water bodies from fertilizers or pesticides used in farming. Pollutants from dyeing and finishing processes. Assessed within the relevant water quality standards |
| Virtual water | When the product is sold to another region or country, the water use and pollution pressure of the production stages appear as a water link carried with trade |

| | |
|---|---|
| water | as a water link carried with trade |

The water footprint of the same T-shirt is not the same everywhere. The result changes with:

- The climate where the cotton grew, the rainfall, the irrigation method, the agricultural yield and fibre losses
- The plant's process technology and water reuse rate
- Chemical management and treatment performance
- Local water quality conditions

> **Note: A single global litre value should not be used.** This material deliberately gives no litre value for a T-shirt or cotton. Global average values exist in the literature (for example, Mekonnen and Hoekstra, 2011, published global averages by crop product). But these depend on specific assumptions and years, and they do not represent a company's actual supply chain. Using a single global value seen online directly for every product and every company is not correct. A water footprint gains meaning with the actual production location and supply chain information.

## 11. The WFN method and ISO 14046

There are two common frameworks for the water footprint. They are not the same method.

| | Water Footprint Network (WFN) | ISO 14046:2014 |
|---|---|---|
| Nature | An institutional method (*Water Footprint Assessment Manual*, 2011) | International standard: *Environmental management, Water footprint, Principles, requirements and guidelines* |
| Approach | Volumetric. Volumes of water consumed and polluted are measured with blue, green and grey components | Based on life cycle assessment (LCA). Measures potential environmental impacts related to water |
| Result | A volume (for example $m^3$). Components are reported separately | A single value or a profile of impact indicator results |
| Geographic and temporal context | Volumes are broken down by place and time. Impact interpretation is a separate step | Place and time context is essential in impact assessment. For effects on water quality, only air and soil emissions that affect water are considered |
| Scope | Product, process, organization, consumer, nation | Products, processes and organizations |

What this means: a WFN measurement shows the size and source of the issue as volumes. ISO 14046 assesses how these uses translate into potential environmental impacts such as water scarcity and water quality degradation. So under ISO 14046, simply adding up blue, green and grey volumes is not by itself a standard-conforming water footprint result. The standard also requires an impact assessment. An example of a method for water scarcity impact is AWARE, from the WULCA group under UNEP and SETAC.

The two approaches are not mutually exclusive. Volumetric inventory data can feed an impact assessment. But the results should not be used in place of one another.

> **Current status (September 2026): ISO 14046.** According to the ISO page, the standard was published in 2014 (edition 1) and was reviewed and confirmed in 2020. The current version status on the ISO page should be checked before use. Lesson 7 covers ISO 14046 in detail.

## Summary

- A water footprint looks beyond the plant's water meter. It covers direct and indirect water use and water pollution along the value chain.
- Water withdrawal and water consumption are not the same. Part of the withdrawn water returns to the system.
- The blue water footprint shows water consumed from surface and groundwater sources.
- The green water footprint relates to water from precipitation used by plants in the root zone. It does not mean environmentally friendly.
- The grey water footprint is not the actual wastewater volume. It is a theoretical freshwater volume showing how a pollutant load relates to a given water quality standard.
- Virtual water makes visible the hidden water use in a product's production history and the water link created through trade. It is not water physically carried inside the product.

- The size of a water footprint does not explain water risk on its own. Basin, season, source type, water quality and local water stress must be assessed together.
- The WFN works with volumetric components. ISO 14046 aims at life-cycle-based potential impact assessment. They are not the same method.

## Knowledge check (with answers)

**1. Is all water withdrawn from the mains counted as consumed?** Answer: No. Part of the withdrawn water can return to the same basin in suitable quality and time. Consumption is the part removed from the available resource.

**2. Which component is water that comes from rainfall and is used in the root zone by the plant?** Answer: The green water footprint.

**3. Is the grey water footprint the actual wastewater volume?** Answer: No. It is the theoretical freshwater volume required to bring the pollutant load to the accepted water quality standard.

**4. Is virtual water the water physically carried inside a product?** Answer: No. It refers to the water used in the product's production history and the water link created by trade.

**5. In a textile plant, which use types do boiler feed water and irrigation water for cotton production fall into?** Answer: Boiler feed water is direct use. Irrigation water in cotton production is indirect use.

**6. Which three elements matter in the grey water footprint?** Answer: The pollutant load reaching the receiving environment, the maximum accepted concentration or quality standard, and the natural background concentration.

**7. True or false: The grey water footprint recommends diluting wastewater with clean water.** Answer: False. Grey water is a management and comparison indicator. The solution is to reduce the pollutant at source and improve treatment.

**8. Why does the same amount of blue water consumption not create the same risk in every basin?** Answer: The impact depends on the basin, the season, the renewal status of the source, and the demand of other users and the ecosystem.

**9. True or false: Under ISO 14046, adding up blue, green and grey volumes is sufficient.** Answer: False. ISO 14046 assesses life-cycle-based potential environmental impacts. The WFN works with volumetric components.

**10. Why is looking only at the water bill insufficient to understand a company's water risk?** Answer: Significant water dependence is often in the supply chain, for example in agricultural raw materials or energy. The water bill does not show it.

## Key concepts glossary (TR – EN)

| Türkçe | English |
|---|---|
| su ayak izi | water footprint |
| su çekimi | water withdrawal |
| su tüketimi | water consumption |
| doğrudan su kullanımı | direct water use |
| dolaylı su kullanımı | indirect water use |
| mavi su ayak izi | blue water footprint |
| yeşil su ayak izi | green water footprint |
| gri su ayak izi | grey water footprint |
| sanal su | virtual water |
| su stresi | water stress |
| su kıtlığı | water scarcity |
| havza | river basin / catchment |
| su açısından kritik nokta | water hotspot |
| kök bölgesi | root zone |
| bitki terlemesi | transpiration |

| | |
|---|---|
| yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) | life cycle assessment (LCA) |
| potansiyel çevresel etki | potential environmental impact |
| değer zinciri | value chain |
| Falkenmark göstergesi | Falkenmark indicator |

## Sources and currency note


- Water Footprint Network. *What is a water footprint?* https://www.waterfootprint.org/water-footprint-2/what-is-a-water-footprint/ (definitions of blue, green and grey water and of direct and indirect use, accessed September 2026)
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard.* Earthscan, London.
- Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577-1600.
- ISO 14046:2014. *Environmental management, Water footprint, Principles, requirements and guidelines.* https://www.iso.org/standard/43263.html
- Boulay, A.-M. et al. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints (AWARE). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23, 368-378.
- Allan, J. A. 1990s work on the virtual water concept (cited as the origin of the concept).
- Falkenmark, M. et al. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258-267.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* AR6 Working Group II, Chapter 4 (Water) and the Food and Water fact sheet. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/
- WRI. *Aqueduct 4.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators* (2023). https://www.wri.org/research/aqueduct-40-updated-decision-relevant-global-water-risk-indicators
- State Hydraulic Works (DSİ), Ministry of Agriculture and Forestry, and TÜİK data. The 1,301 m³ per-capita value was reported in Anadolu Agency and Dünya newspaper articles (May-June 2026) attributed to these institutions. It was confirmed by recalculating from DSİ's 112 billion m³ potential and TÜİK's end-2025 population. It was not seen directly on a primary DSİ page.
- SATSO programme lesson aim, learning outcome and scope document.


**Currency note:** Water footprint methods, the ISO 14046 version status and Türkiye water data are updated regularly. The latest publication of the relevant institution should be checked before use.