



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir

SU YÖNETİMİNDE SU AYAK İZİ VE TARIMDA SU AYAK İZİ ÇALIŞMALARI

**Daha Yeşil Yarınlar için Hassas Tarım:
Sürdürülebilir Tarım Savunuculuęu Projesi**
IPAI/2023/451-911

Bu yayın Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. İçeriğinin tüm sorumluluğu Uluslararası Tarım ve Gıda
Konfederasyonu'na aittir ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.



Su ayak izi kavramı ilk olarak Hoekstra and Hung (2002) tarafından yayımlanan bir makalede dile getirilmiştir.

Bir bireyin, topluluğun veya işletmenin su ayak izi, işletme tarafından üretilen veya birey veya topluluk tarafından tüketilen mal ve hizmetleri üretmek için kullanılan toplam **tatlı su hacmi** olarak tanımlanır.

- Belirli bir ürün,
- İyi tanımlanmış herhangi bir tüketici grubu (örneğin bireysel, aile, köy, şehir, il, eyalet veya ulus),
- Üreticiler (örneğin bir kamu kuruluşu, özel işletme veya ekonomik sektör) için su ayak izi hesaplanabilir.

Su kaynakları yönetimi ve su kullanımının değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım, **su ayak izinin belirlenmesidir**. Bir ülkede su ayak izinin belirlenmesi, planlayıcı, yatırımcı ve karar vericilere yön gösterir. Bir ürünün su ayak izi ile ürünün sanal su içeriği olarak bilinen ürünün saklı, gömülü, harici ya da gölge suyu birbirinden farklı terimlerdir.

Sanal su, yalnızca ürünün içerisindeki saklı suyu ifade eder ve uluslararası veya bölgeler arası görünen su akışları yerine kullanılır. Diğer bir ifadeyle bir ülke veya bir bölge bir ürünü ithal ediyorsa veya ihraç ediyorsa, suyu da sanal olarak ithal/ihraç etmektedir.

Su ayak izi ise yalnızca su hacmini değil, aynı zamanda kullanılan suyun türünü (yeşil, mavi, gri), ne zaman ve nerede kullanıldığını da gösteren bir kavramdır. Bir ürünün su ayak izi, çok boyutlu bir gösterge olmasına rağmen, sanal su (saklı su içeriği ve gömülü su) yalnızca kullanılan suyun miktarını ifade eder.

Su ayak izi, birim zamanda harcanan (buharlařma dahil) ve/veya kirletilen su miktarı ile ölçölmektedir.

Bir bireyin, toplumun veya iş kolunun su ayak izi; bireyin veya toplumun tükettiğı malların ve hizmetlerin üretimi için kullanılan veya üreticinin mal ve hizmet üretimi için kullandığı toplam temiz su kaynaklarının miktarı olarak tanımlanır.

Su ayak izi kavramı, su kullanımına yönelik alternatif bir göstergedir. Su ayak izi, sistemden çekilen su miktarı yerine tüketilen su miktarını incelemektedir.

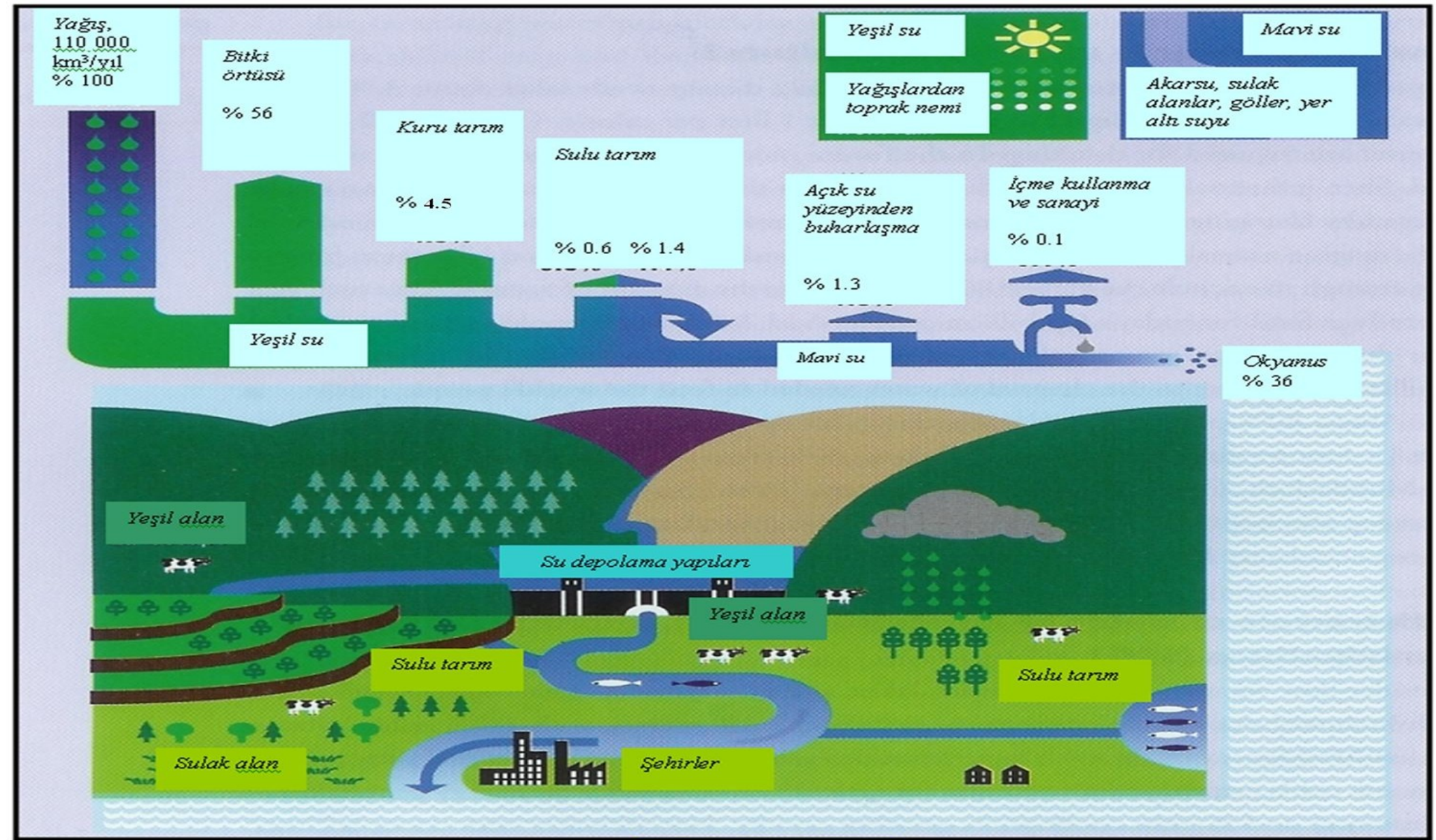
***Su ayak izi**, bir bireyin, sektör ve/veya ülkenin üretim süreçlerinde kullandığı toplam su hacmidir.

Su ayak izinin, su kullanımını ve kalitesini temsil eden mavi, yeşil ve gri su ayak izi olmak üzere üç bileşeni bulunmaktadır.

***1) Mavi su ayak izi**, bir malı üretmek için ihtiyaç duyulan yüzey ve yeraltı tatlı su kaynaklarının toplam hacmi olup tatlı su denilen su kaynaklarıdır. (bir ürünün yetişmesi için kullanılan yüzey veya yer altı suyu miktarı toplamı (bitki terlemesi dahil)

***2) Yeşil su ayak izi**, bir malın üretiminde kullanılan toplam yağmur suyudur. Yeşil su ayak izinde, dikkate alınan yağmur suyu; toprakta ya da bir süre için toprak üstünde tutulan yağmur suyudur. (bir ürün yetişirken yağmur suyu kaynaklı kullanılan su miktarı (bitki terlemesi dahil))

***3) Gri su ayak izi**, kirliliğe yönelik bir gösterge olup mevcut su kalitesi standartlarına göre kirlilik yükünün bertaraf edilmesi ya da azaltılması için kullanılan tatlı su miktarını ifade eder. (atık su deşarjından gelen kirliliğin seyreltilmesi için gerekli su miktarı toplamı)



Şekil 4. Küresel su kullanımı (Anonymous 2007a)

Su Ayak İzi Bileşenleri



Yeşil Su Ayak İzi:
Buharlaştan yağış
hacmi
(Yağmur Suyu)

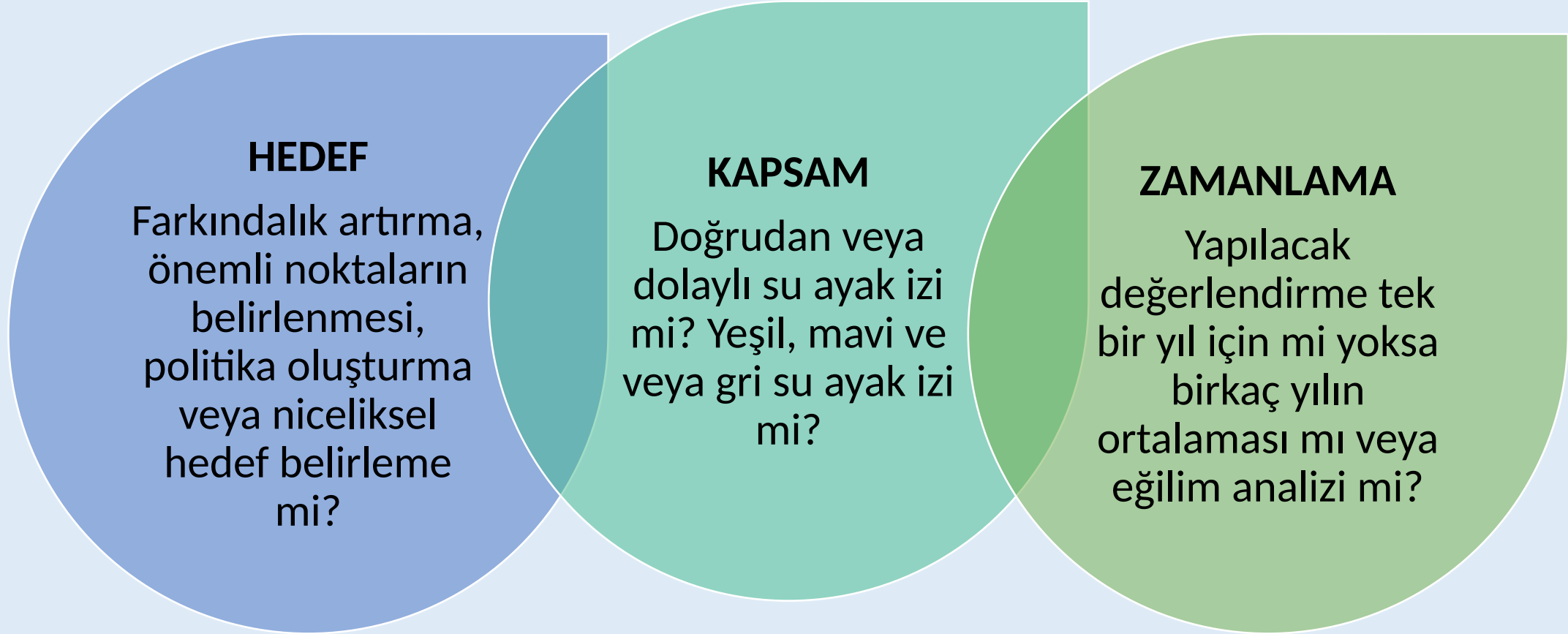


Mavi Su Ayak İzi:
Buharlaştan yüzey
veya yeraltı suyu
hacmi
(Sulama Suyu)



Gri Su Ayak İzi:
Kirlenen suyun
temizlenmesi için
gereken su hacmi

Su Ayak İzinin Değerlendirilmesi

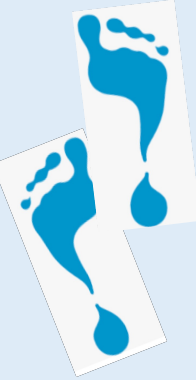


Su Ayak İzinin Hesaplanması

Su kullanımı, birim zaman başına tüketilen (buharlaşılan veya bir ürüne katılan) ve/veya kirlenen suyun temizlenmesi için gerekli su hacmi şeklinde ölçülür.

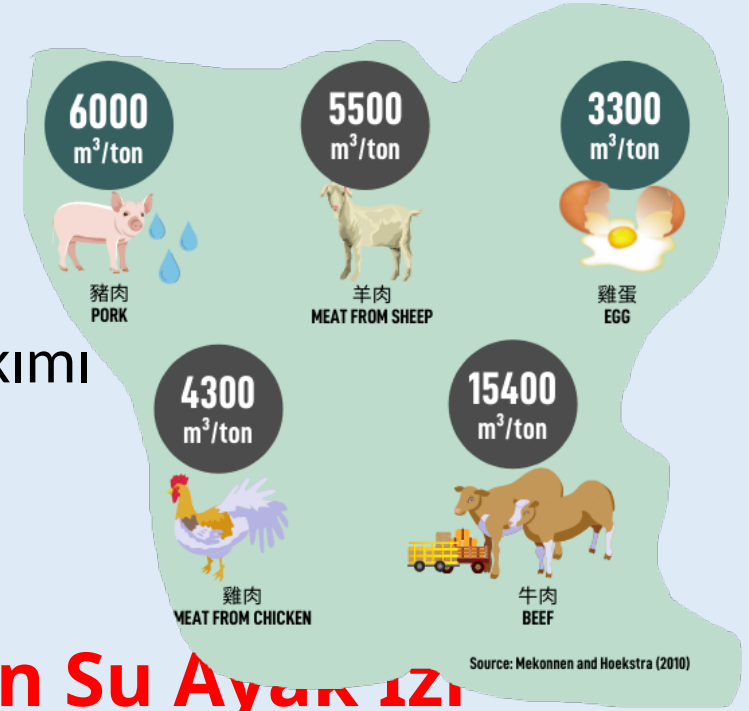
Su Ayak İzinin Konumsal Olma Özelliği

Su ayak izi, sadece su kullanımı ve kirliliğin miktarını değil aynı zamanda konumu da gösteren, coğrafi bir göstergedir.



Bir çiftlik Hayvanının Su Ayak İzi

Bir çiftlik hayvanının hayatı boyunca tükettiği su, yem ve bakımı için gerekli olan su miktarının toplamı



Bitkisel veya Hayvansal Kökenli Bir Ürünün Su Ayak İzi

Ürünün hammaddesi olan ürünlerin su ayak izleri ile üretim sürecinde kullanılan suların toplamı



Bitkisel Ürünlerin Su Ayak İzi Hesabı

Hacimsel Yaklaşım: belirli bir üretim faaliyetiyle ilgili olarak su hacminin değerlendirilmesine dayanmaktadır.

$$\text{Bir bitkisel ürünün su ayak izi (m}^3\text{/ton)} = \frac{\text{Su kullanımı (m}^3\text{/ha)}}{\text{Verim (ton/ha)}}$$

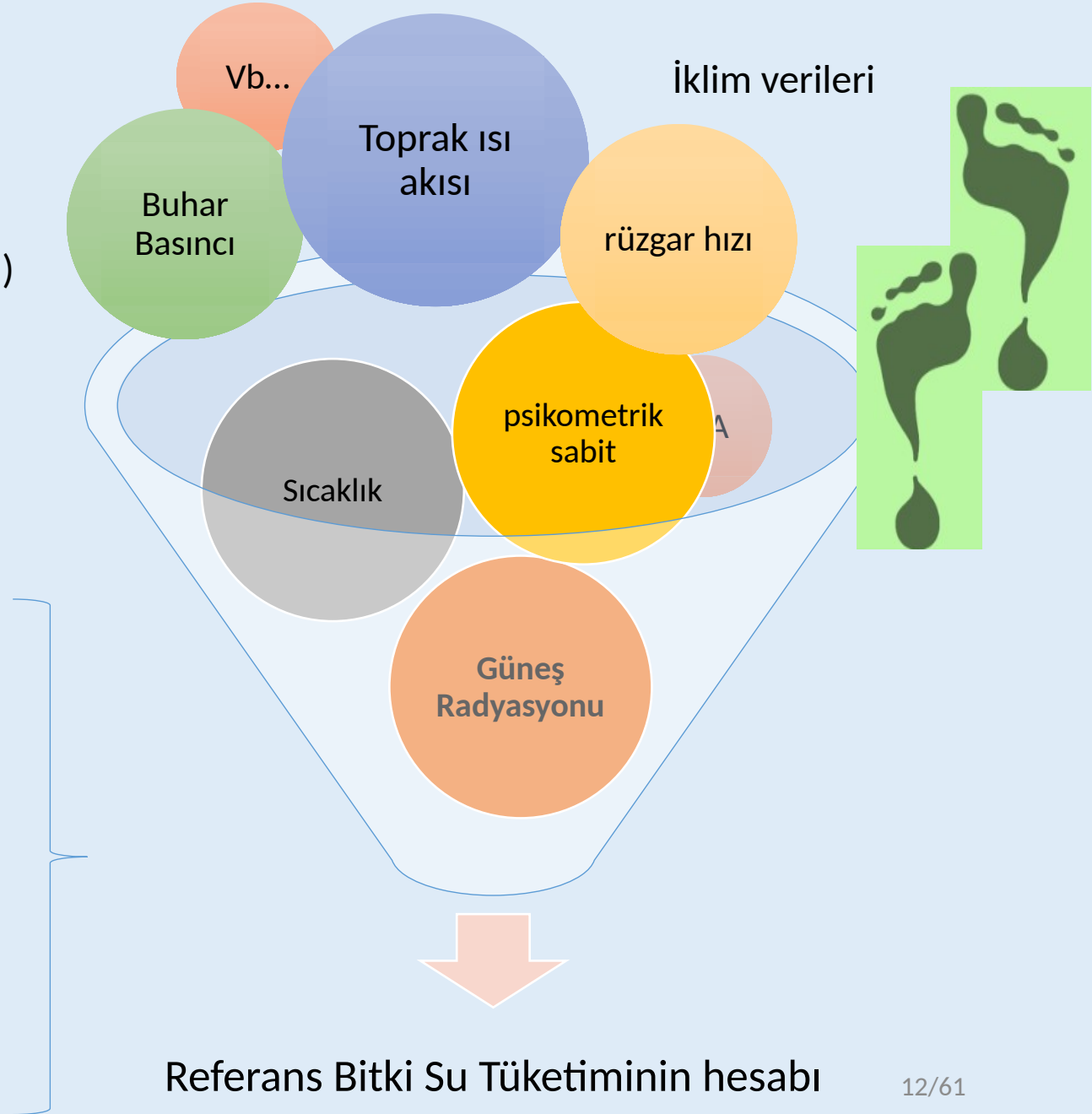


Su Kullanımının Hesabı

1. Referans Bitki Su Tüketiminin hesabı (mm/gün)

Matematiksel Eşitlikler

- Penman
- **Penman-Monteith**
- Pan Evaporation
- Kimberly Penman
- Priestley-Taylor
- Hargreaves
- Samani-Hargreaves
- Blaney-Criddle
- Makking
- Jensen Haise



Su Kullanımı

1. Referans Bitki Su Tüketiminin hesabı (mm/gün)

- ASCE Standardize Penman Monteith

$$ET_o = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)}$$

R _n	: Bitki yüzeyi için hesaplanan net radyasyon (MJ m ⁻² g ⁻¹),
G	: Toprak ısı akısı (MJ m ⁻² g ⁻¹),
T	: Günlük ortalama hava sıcaklığı (°C),
u ₂	: Günlük ortalama rüzgar hızı (m s ⁻¹),
e _s	: Doygun buhar basıncı (kPa),
e _a	: Gerçek buhar basıncı, (kPa),
Δ	: Doygun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa, °C ⁻¹),
γ	: Psikrometrik sabite (kPa, °C ⁻¹),



Su Kullanımı



2. Bitki Su Tüketiminin hesabı (mm/gün)

$$Et_c = ET_0 \times K_c \quad K_c: \text{Bitki Katsayısı}$$

Türkiye’de yetiştirilen **85** bitkinin yetiştirildikleri yöreler dikkate alınarak 259 istasyon için Kc dönem uzunlukları ve ekim, dikim, uyanma, biçim vb bilgiler belirlenmiştir.

3. Bitki Su İhtiyacı m³/ha

$$CWR = \sum Et_c \text{ Büyüme periyodu boyunca olan } Et_c \text{ toplamı}$$



Türkiye’de üretimin su ayak izi yaklaşık 139,6 milyar m³/yıl’dır. Türkiye’de üretimden kaynaklanan su ayak izinin %64’ü yeşil su ayak izidir; mavi su ayak izi %19 ve gri su ayak izi %17’dir.

Türkiye’nin toplam su ayak izinin %89’nu tarım sektörü, %7’ni evsel kullanım ve %4’nü sanayi oluşturur.

Tarımın su ayak izinin ise %92’si bitkisel üretimden, %8’i otlatmadan kaynaklanır.

Bitkisel üretimin su ayak izine bakıldığında, en büyük payın %38 ile tahıllara ait olduğu görülmektedir. Tahılları, %31 ile yem bitkileri izler. Endüstri meyveler %13, yağ bitkileri %5, sebzeler ve baklagiller %2’sini oluşturur.

Tarım sektörünün önemli bir parçası olan bitkisel üretimde kullanılan suyun %66'sından fazlasını yeşil su oluşturur. Bu sektörde yer alan otlatmanın su ayak izi ise büyük ölçüde yeşil sudan oluşur. Yeşil su oranının yüksek olması, bu sektör için yağışın önemini vurgular.

Bitkisel üretimde kullanılan suyun yaklaşık %20'sini ise mavi su oluşturur. Bu da sulama uygulamalarına dikkat çekerek, mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sektör için önemli kılmaktadır. Evsel ve endüstriyel su kullanımının su ayak izleri neredeyse tamamen gri sudan oluşur.

SU KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE SU AYAK İZİ

Sanal su ile su ayak izi aynı terim veya birbirini tamamlayan terimlermiş gibi olmasına rağmen, “su ayak izi” tüketici ve üreticilerin doğrudan veya dolaylı olarak su kullanımını birlikte değerlendiren bir kriter olmaktadır.

Su ayak izi, bir bireyin, sektör ve/veya ülkenin üretim süreçlerinde kullandığı toplam su hacmidir. Ancak bir ülkede tüketilen mal ve hizmetlerin tümü o ülkede üretilmediği için; **su ayak izi, yurt içinde üretilen ve ithal edilen ürünlerin üretim süreçlerinde tüketilen su kaynaklarının toplamını belirtmektedir.**

Bir ülkenin “kendi kendine su yeterliliği” iç su ayak izinin toplam ayak izine oranı olarak ifade edilir.

***Su yeterliliği ve bağımlılığı**, yerel ihtiyaç duyulan mal ve hizmet üretiminde gerekli olan su ihtiyacını o ülkenin kendi başına karşılayıp karşılamadığının bir göstergesidir.

***Su yeterliliği %100 ise** ve üretilen mal ve hizmetler için kullanılan su miktarı ülkenin kendi yerel su kaynaklarından karşılanıyor ise **o ülke su yeterli bir ülkedir.**

***Ancak su tüketimi sıfıra doğru yaklaşıyorsa**, o ülke sıfıra yaklaştığı oranda **su fakiri ve su bağımlısı bir ülkedir** ve su ihtiyacının bir kısmını sanal su ithalatı ile karşılamaktadır.

Su ayak izi, bir birim ürün elde edebilmek için doğrudan ve dolaylı olarak harcanması gereken su miktarı (m^3) olarak hesaplanmaktadır.

Örneğin; bir fincan kahve içildiğinde yaklaşık 200 ml. su tüketilir. Ancak kahvenin üretilmesi aşamalarında tüketilen su miktarı da hesaba katılırsa bir fincan kahve için tüketilen su miktarının 140 litreye (70 bardak) çıktığı görülür.

Tarım ürünlerinin üretilmesi için kullanılan su miktarının hesaplanması zordur. **Örneğin;** 1 kg. sığır eti üretmek için ne kadar su harcandığını inceleyelim. Bir sığırın 3 yıl beslenmesi gerektiğini ve yaklaşık 200 kg kemiksiz et elde edileceğini kabul edelim. Bu hayvanın yaklaşık olarak 1300 kg tahıl, 1200 kg saman vb., $24m^3$ içme suyu, $7 m^3$ temizleme suyu tükettiği dikkate alınırsa, 1 kg kemiksiz sığır eti üretebilmek için yaklaşık 6.5 kg tahıl, 36 kg saman vb. ve 155 litre su (sadece içmek ve servis için) kullanılması ve üç yılda tüm girdiler için yaklaşık 15500 litre su harcanması gerektiği söylenebilir.

Çizelge 1. Bazı tarım ürünlerinin su ayak izleri (ortalama dünya değerleri) (Hoekstra 2008)

Ürün çeşidi	Birim (kg)	Global ortalama su ayak izi (Litre)
Elma/Armut	1	700
Muz	1	860
Sığır eti	1	15500
Ekmek (buğdaydan)	1	1300
Lahana	1	200
Peynir	1	5000
Tavuk	1	3900
Çikolata	1	24000
Salatalık/Balkabağı	1	240
Hurma	1	3000
Yerfıstığı (kabuklu)	1	3100
Marul	1	130
Mısır	1	900
Mango	1	1600
Zeytin	1	4400
Portakal	1	460
Şeftali/Nektarin	1	1200
Domuz eti	1	4800
Patates	1	250
Pirinç	1	3400
Şeker (şeker kamışından)	1	1500
		6000

Su ayak izi kavramı, su kullanımının değerlendirilmesinde kullanılan önemli ve güncel bir göstergedir.

Su ayak izi, hem doğrudan su kullanımını hem de üretim sürecindeki dolaylı su kullanımını göz önüne alır.

Su ayak izi çalışmalarında, sistemden çekilen su miktarı yerine tüketilen su miktarını incelenmektedir. Bu açıdan su ayak izi, geleneksel su kullanım göstergelerinden farklıdır

TÜRKİYE’NİN SU AYAK İZİ

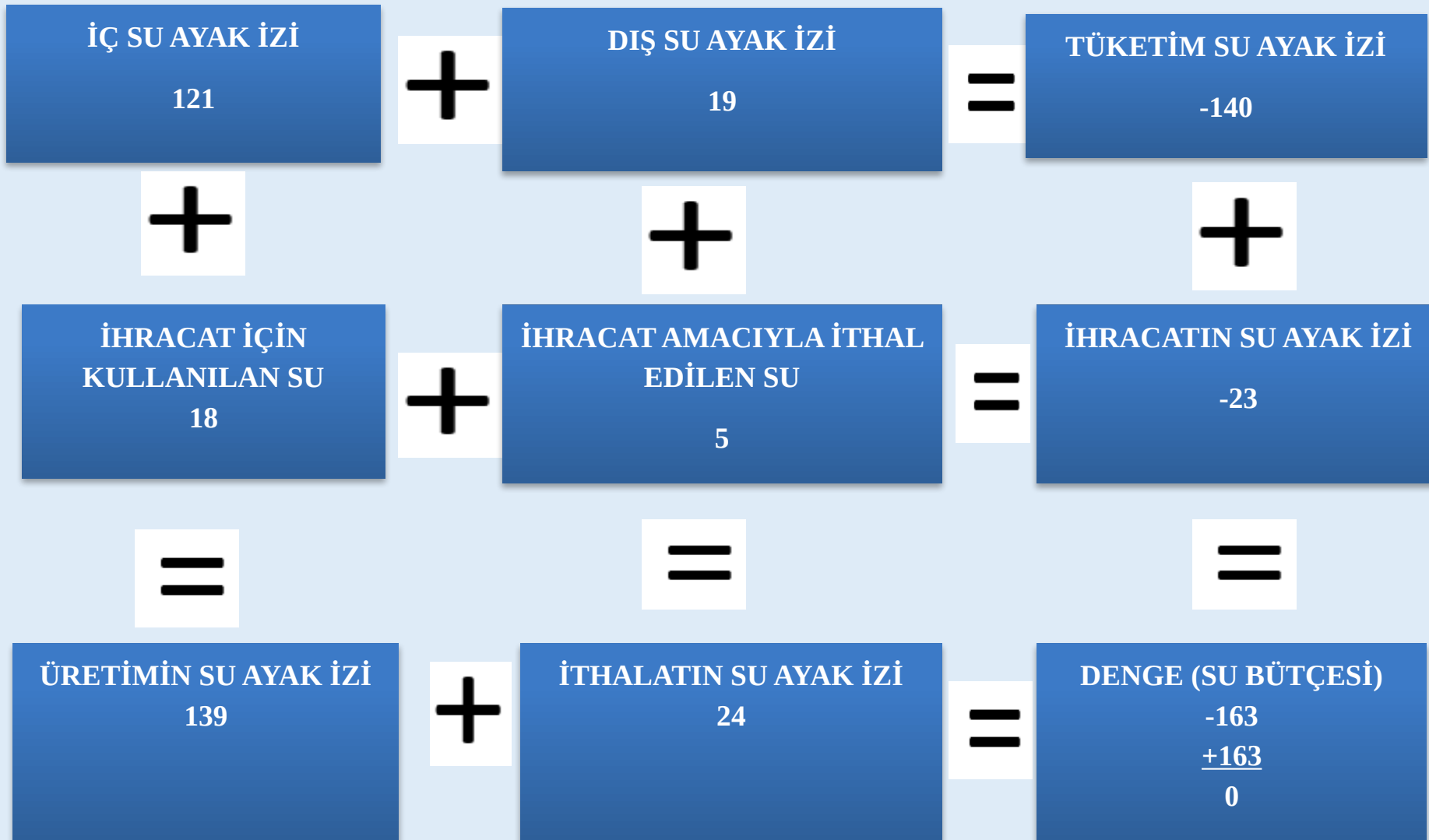
Türkiye’nin su ayak izini değerlendirirken, üretimin ve tüketimin su kullanımı birlikte incelenmiştir (Şekil 2).

Üretimin su ayak izi: Bir ülke içerisinde üretilen tüm ürünler için gerekli toplam su (yeşil, mavi, gri) miktarıdır.

İhracatın su ayak izi (sanal su ihracatı) : Bir ülkenin ihraç ettiği mal ve hizmetlerin üretimi için gerekli toplam su (yeşil, mavi, gri) miktarıdır.

İthalatın su ayak izi (sanal su ithalatı): Bir ülkenin ithal ettiği mal ve hizmetlerin üretimi için kullanılan toplam su (yeşil, mavi, gri) miktarıdır.

Tüketimin su ayak izi: Ülke içerisinde tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi için kullanılan toplam su (yeşil, mavi, gri) miktarıdır.



Şekil 2. Türkiye'nin su ayak izi (milyar m³/yıl, WWF 2014)

Türkiye'nin su ayak izini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; nüfusu 75.627.384, net kullanılabilir tatlı su kaynağı: 112 milyar m³/yıl, kişi başına düşen tatlı su miktarı: 1.519 m³/kişi/yıl olarak alınmıştır (WWF 2014).

Kişi başına düşen su ayak izi, ülke içerisinde tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi için kullanılan toplam su miktarı, yani tüketime su ayak izi nüfusa bölünerek elde edilmiştir.

Türkiye'nin su ayak izi hesaplamalarında, ülkedeki üretimin ve tüketimin %80'nin iç su kaynaklarına dayandığı tespit edilmiştir. Bu durum, tatlı su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ülke ekonomisini doğrudan etkilediğini gösterir.

Türkiye'de tüketimin su ayak izi ile üretimin su ayak izi birbirine çok yakındır. Aynı şekilde ülkeye ithalatla giren sanal su, ihracatla çıkan sanal su miktarına eşittir.

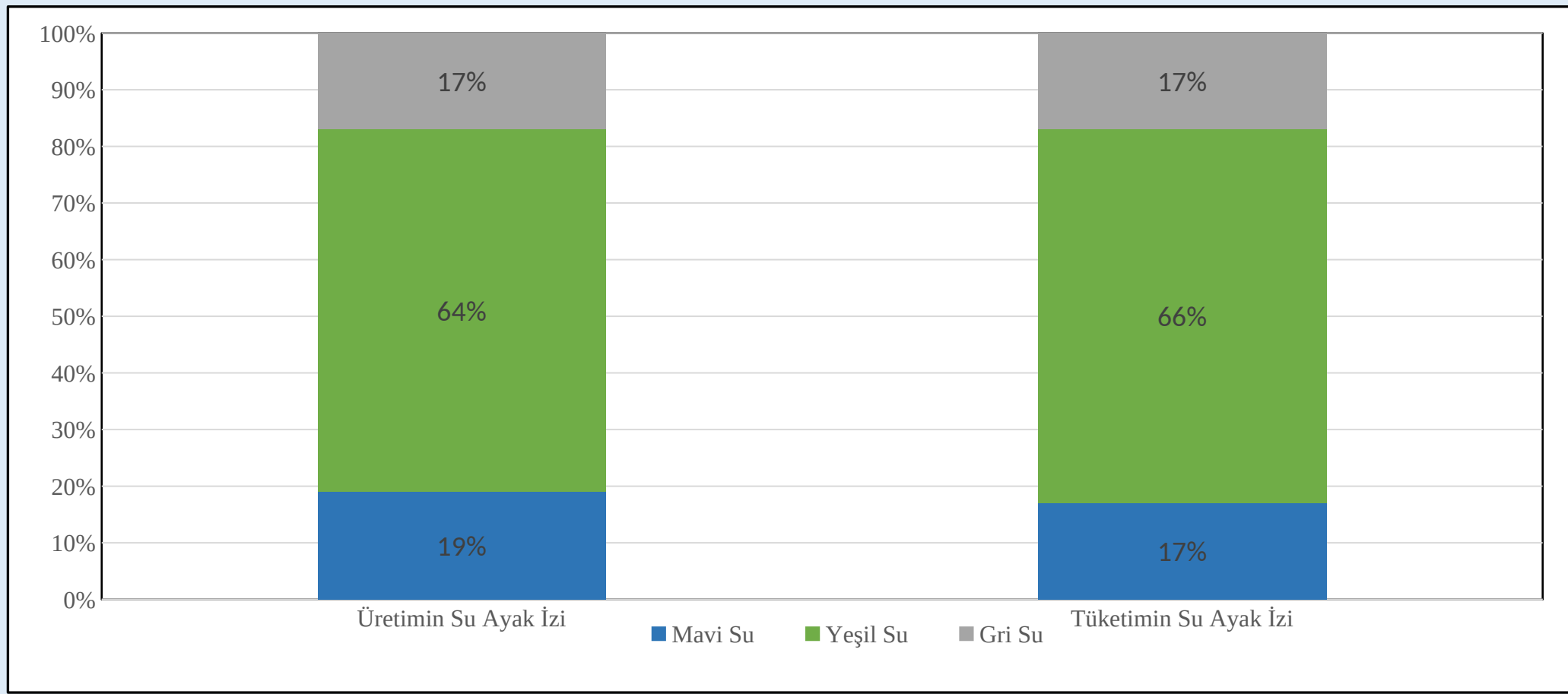
Türkiye'nin sanal su ithalatının ve ihracatının birbirine eşit denecek kadar yakın olması, sanal su bütçesinin denliğini göstermektedir.

Türkiye'nin üretiminde ve tüketimindeki mavi, yeşil ve gri su ayak izi oranları incelendiğinde, en büyük payı yeşil su ayak izinin aldığı görülmektedir. Bu durum, Türkiye'de üretimin ve tüketimin yağışlara ve iklim koşullarına duyarlı olduğunu ifade etmektedir.

Türkiye’de üretimin su ayak izinin yaklaşık olarak yüzde 90’ı tarım sektöründen kaynaklanmaktadır. Tarım sektörünün su ayak izinde en büyük payı alan yeşil su ayak izi, tarımsal üretimin iklim koşullarına duyarlılığını göstermektedir. Tarımın su ayak izinde ikinci büyük payı alan mavi su ayak izi ise, sulamanın ve mevcut su kaynaklarının etkin kullanımının sektör için önemini vurgulamaktadır.

Üretimin su ayak izi, bir ülkede suyun nasıl kullanıldığını, bu kullanımın uygun ve sürdürülebilir olup olmadığını gösterir. Türkiye’de üretimin su ayak izi yaklaşık 139,6 milyar m³/yıl’dır. **Türkiye’de üretimden kaynaklanan su ayak izinin %64’ü yeşil su ayak izi, %19’u mavi su ayak izi ve %17’i de gri su ayak izidir** (Şekil 3).

Türkiye’de sektörlere göre üretimin su ayak izi Şekil 4’te verilmiştir. Ülkemizin su ayak izinde %89 ile en büyük payı tarım sektörü almaktadır. Bunu %7 ile evsel su kullanımı ve %4 ile endüstriyel üretim takip etmektedir.

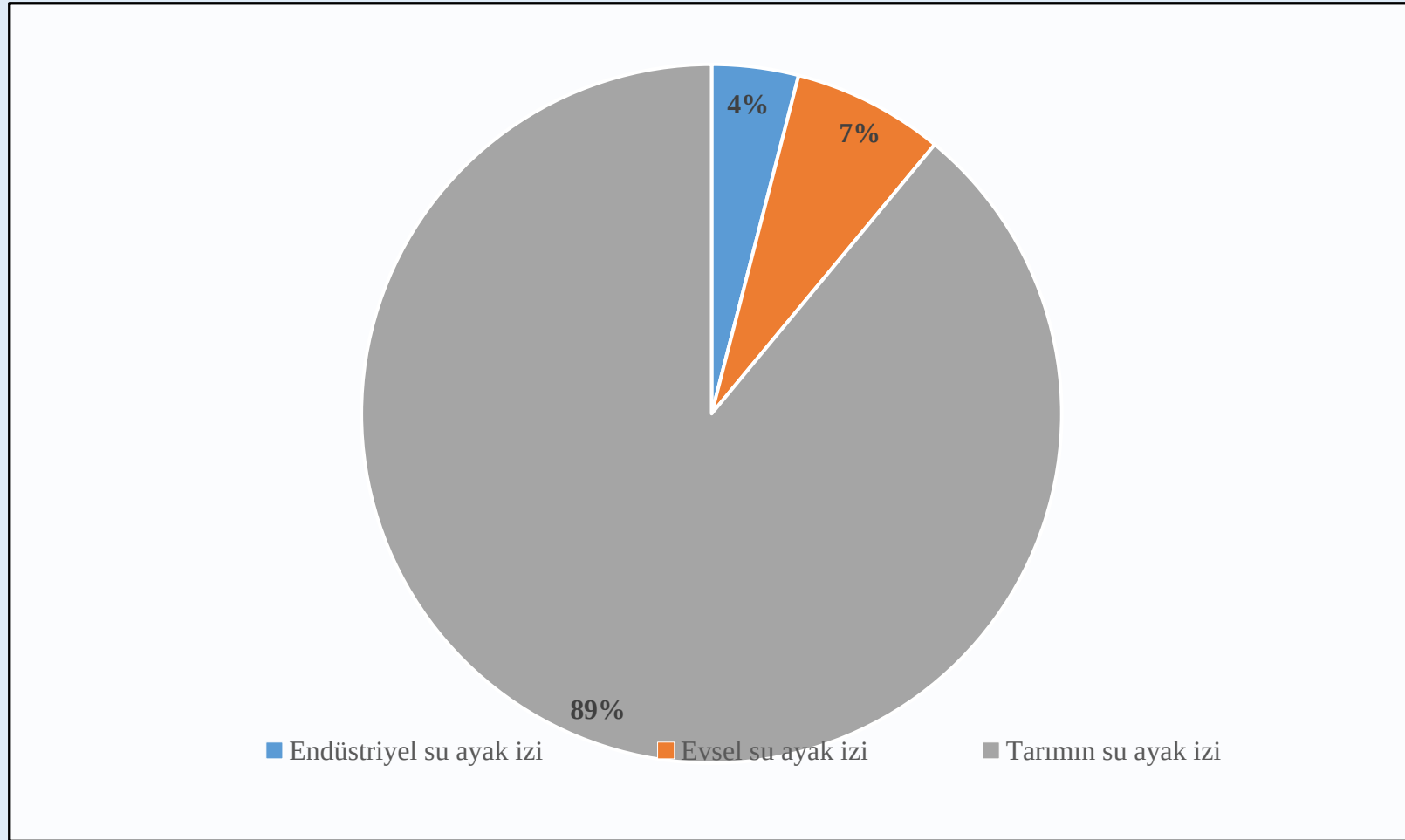


Mavi su: Üretim süreci boyunca kullanılan yüzey ve yeraltı suyu miktarıdır.

Yeşil su: Üretim süreci boyunca kullanılan yağmur suyuna karşılık gelen su miktarıdır.

Gri su: Ürünün üretiminden veya tedarik zincirinden doğan kirli suyun temizlenmesi için gerekli su miktarıdır.

Şekil 3. Su ayak izi bileşenlerine göre Türkiye’de üretimin ve tüketimin su ayak izi (WFF 2014)



Şekil 4. Sektörlere göre üretimin su ayak izi (WFF 2014)

Türkiye’de su ayak izinde, bitkiler içerisinde en büyük payı **tahıllar ile yem bitkileri** almaktadır. Bu bitkiler **yeşil su ayak izinde de ilk sıralarda** bulunmaktadır.

Mavi su ayak izinde ise en büyük payı tahıllar ile endüstri bitkileri almaktadır.

Endüstri bitkileri gibi ekonomik değeri yüksek olan bitkilerin mavi su ayak izi daha yüksektir. Bunlar arasında özellikle şekerpancarı özel bir yere sahiptir.

Dünyanın ortalama su ayak izi 1.24 milyon litre/yıl, Türkiye’nin ortalama su ayak izi 1.61 milyon litre/yıl’dır.

Tüketimin su ayak izi; bir ülkede tüketilen malların ve hizmetlerin üretiminde kullanılan tatlı su miktarıdır.

Türkiye’de tüketimin su ayak izi yaklaşık 140,2 milyar m³/yıl’dır. Tüketimin su ayak izinin %66’sı yeşil su ayak izi, %17’si mavi su ayak izi, %17’si gri su ayak izidir.

Tüketimin su ayak izinde en büyük payı %89 ile tarım almaktadır. Endüstriyel ve evsel su kullanımı, tüketimin su ayak izinin sırasıyla %6’sını ve %5’ini oluşturur. Türkiye’de içme ve kullanma amacıyla günlük kişi başına düşen su miktarı 216 litre/kişi’dir (TÜİK). Su ayak izi yaklaşımı çerçevesinde sanal su dikkate alındığında Türkiye’de bir kişinin günlük doğrudan ve dolaylı su tüketimi 5.416 litredir (WWF 2014).

Bir ülkede **tüketimin iç su ayak izi**, ülkedeki su kaynaklarının tüketim amacıyla kullanılan bölümünü belirtir (mal ve hizmet üretiminde). **Tüketimin dış su ayak izi** ise, başka bir ülkede üretilen ve ithal edilen mal ya da hizmetler için kullanılan suyu belirtir.

Su ayak izi, bir birim ürün elde edebilmek için doğrudan ve dolaylı tüketilen su (m^3) miktarıdır.

Her ülkenin her tarım ürünü için su ayak izi farklıdır.

Gelişmiş ülkelerde su ayak izleri genellikle daha düşüktür. Başka bir ifadeyle, birim tarım ürününün üretilmesi için daha az su kullanılmaktadır.

Su sıkıntısı çeken ülkeler grubunda yer alan ülkemizde, yıllık kişi başına tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi için kullanılan temiz su kaynağı miktarı veya su ayak izi miktarı $1650 m^3/yıl$ 'dır.

Türkiye'nin su kaynaklarının planlama ve yönetimini su ayak izini azaltacak şekilde yapması gereklidir.

Tarımsal Sulamada Su Ayak İzi Hesaplamaları

Tarımsal sulama, suyun kaynaktan alınıp, taşınması ve tarlada sulamanın gerçekleştirilmesi süreçlerini içermektedir. Bu aşamaların her birinin su ayak izi vardır.

Tarımsal sulamadaki su ayak izinin hesaplanmasında, CROPWAT ve AQUACROP gibi modellerden faydalanılabilmektedir. Bir mahsulün su ayak izi hesaplamalarını gerçekleştirebilmek için bazı veri kaynaklarına ihtiyaç duyulur.

Bunlar; iklim verisi, bitki parametreleri, bitki haritaları, mahsul verimleri, toprak haritaları, sulama haritaları, gübre uygulama oranları, pestisit uygulama oranları, sızıntı akış oranı, ortama ait su kalitesi standartları, alıcı su kütlelerindeki doğal konsantrasyonları, giriş suyunun gerçek konsantrasyonudur.

Bir mahsul ya da ağaç için su ayak izi sürecindeki;

Yeşil su ayak izi ($WF_{yeşil}$, m^3 / ton) hesabı, bitki su kullanımının ($CWU_{yeşil}$, m^3 / ha) mahsul verimine (Y , ton/ha) bölünmesiyle,

Mavi su ayak izi (WF_{mavi} , m^3 / ton) ise benzer bir şekilde hesaplanmaktadır.

Gri su ayak izi (CWU_{gri} , m^3 / ha) ise kimyasal uygulama oranının sızıntı akış oranı ile çarpılarak, maksimum kabul edilebilir konsantrasyon ile kirleticilerin doğal konsantrasyonu arasındaki farka bölünmesi ve sonrasında bunların mahsul verimine bölünmesiyle hesaplanabilmektedir.

Sürecin toplam su ayak izi ise, hesaplanan yeşil, mavi ve gri su ayak izi değerlerinin toplanmasıyla elde edilmektedir.

Çizelge 1. 1996-2005'te bitkisel üretimden kaynaklanan ortalama su ayak izleri (milyar m³ / ton) (Mekonnen ve Hoekstra, 2011a)

Ülke	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam
Hindistan	716.0	231.4	99.4	1046.8
Çin	623,9	118.9	223.8	966.6
ABD	612.0	95.9	118.2	826.1
Rusya	304.8	10.4	11.6	326.8
Brezilya	303.7	8.9	16.0	328.6
Endonezya	285.5	11.5	20.9	317.9
Nijerya	190.6	1.1	0.6	192.3
Arjantin	157.6	4.3	5.0	166.9
Kanada	120.3	1.6	18.2	140.1
Türkiye	75.7	15.2	9.4	100.3
İran	43.0	39.8	8.8	91.6
Pakistan	40.6	74.3	21.8	136.7
Suriye	14.0	6.9	2.4	23.3
Irak	9.0	12.7	2.2	23.9
Dünya	5771	899	733	7404

Çizelge 2. Bazı bitkilerin dünya ortalaması olarak su ayak izleri (m³ / ton) (Mekonnen ve Hoekstra, 2011a)

Bitkiler	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam
Buğday	1 277	342	207	1826
Silajlık mısır	947	81	194	1222
Sorgum	2857	103	87	3047
Patates	191	33	63	287
Ş.Pancarı	82	26	25	133
Fasulye	320	54	188	562
Badem	4632	1908	1507	8047
Ceviz	2805	1299	814	4918
Zeytin	2470	499	45	3014
Ayçiçeği	3017	148	201	3366
Kavun	5087	56	41	5184
Pamuk	2282	1306	440	4028
Ispanak	118	14	160	292
Domates	108	63	43	214
Hıyar	206	42	105	353
Patlıcan	234	33	95	362
Soğan	192	88	65	345
Muz	660	97	33	790
Limon	432	152	58	642
Elma	561	133	127	821

- Yeşil bitki su tüketimi, bitki su tüketiminin etkili yağış miktarı ile karşılanan miktarıdır. Etkili yağışın (P_e) bitki su tüketimine eşit veya fazla olması durumunda yeşil bitki su tüketimi, bitki su tüketimine eşit olmaktadır (Eşitlik 1). Bitki su tüketiminin etkili yağıştan fazla olduğu durumda ise yeşil bitki su tüketimi P_e 'ye eşit olmaktadır (Eşitlik 2).

$$ET < P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{yeşil}} = ET \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$ET \geq P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{yeşil}} = P_e \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Eşitliklerde; ET_{mavi} , bitki su tüketiminin yüzey ve yeraltı suyundan karşılanan miktarı (mm); $ET_{\text{yeşil}}$, bitki su tüketiminin yağışlardan karşılanan miktarı (mm); P_e , etkili yağış, ET ise bitki su tüketimini ifade etmektedir.

Bitki su tüketimi ile etkili yağış miktarı arasındaki fark mavi bitki su tüketimi veya net sulama suyu miktarı olarak ifade edilmektedir. Bitki su tüketiminin etkili yağış miktarına eşit ve/veya fazla olduğu durumda mavi bitki su tüketimi (d_n , $ET_{\text{mavi-teorik}}$), bitki su tüketimi ile etkili yağış miktarı arasındaki farkta eşit olup Eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır. Etkili yağış miktarının bitki su tüketiminden fazla olduğu durumda ise sulamaya ihtiyaç kalmayacağından mavi bitki su tüketimi sıfıra eşit olmaktadır (Eşitlik 4).

$$ET \geq P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{mavi-teorik}} = ET - P_e \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$$ET < P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{mavi-teorik}} = 0 \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Eşitlik 1'e göre tekrar kontrol edilebilir

- Mavi bitki su tüketimi ($d_n, ET_{\text{mavi-teorik}}$), teorik olarak bitki tarafından ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını ifade etmektedir. Bu miktar, sulama suyunun kaynaktan bitkiye ulaşması sırasında oluşan su kayıplarını kapsamamaktadır. Bu nedenle, mavi bitki su tüketimi ($d_n, ET_{\text{mavi-teorik}}$) sulama randımanına (E) bölünerek toplam sulama suyu ihtiyacı hesaplanmaktadır. Bitki su tüketiminin su ayak izi bileşenleri (m^3 / ha), bitkinin büyüme mevsimindeki yeşil ve mavi bitki su ihtiyacı (su ihtiyacı WR , mm/gün) miktarlarına bağlı değerlerdir. Bu bileşenler (m^3/ha), aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak hesaplanmaktadır.

$$WR_{\text{mavi}} = WR_{\text{mavi-teorik}}/E \quad (\text{Eşitlik 5})$$

$$WR_{\text{yeşil}}(m^3 ha^{-1}) = 10 \sum WR_{\text{yeşil}}(mm) \quad (\text{Eşitlik 6})$$

$$WR_{\text{mavi}}(m^3 ha^{-1}) = 10 \sum WR_{\text{mavi}}(mm) \quad (\text{Eşitlik 7})$$

- Yetiştirme mevsiminde yeşil, mavi ve toplam su ayak izi değerleri; bitkisel üretim için kullanılan suyun toplam hacmi (m^3 / yıl) cinsinden hesaplanmaktadır. Kullanılan yıllık su hacmini gösteren (m^3 /yıl) su ayak izi göstergesi, m^3 ha⁻¹ cinsinden elde edilen su ayak izi değeri ile sulama yapılan alan (ha) değerinin çarpımı ile hesaplanmaktadır.

$$WR_{yeşil}(m^3 \text{ yıl}^{-1}) = WR_{yeşil}(m^3 \text{ ha}^{-1}) \times \text{Sulanan alan (ha yıl}^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$WR_{mavi}(m^3 \text{ yıl}^{-1}) = WR_{mavi}(m^3 \text{ ha}^{-1}) \times \text{Sulanan alan (ha yıl}^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 9})$$

Birim üretim miktarı başına yeşil ve mavi su ayak izi (m^3 /ton) bileşenleri; bitki yetiştirme mevsimi boyunca kullanılan yeşil ve mavi su hacminin (m^3 /yıl) yıllık üretim miktarına (ton /yıl) bölünmesiyle (Eşitlik 10 ve Eşitlik 11) hesaplanmaktadır (Mekkonen ve Hoekstra, 2011b). Yeşil ve mavi su ayak izi bileşenleri toplanarak m^3 ton⁻¹ cinsinden toplam su ayak izi değeri bulunmaktadır. Her bitkinin su ayak izi (m^3) ise sanal su muhtevası (SSM) ile üretim miktarının çarpımıyla (Eşitlik 16) elde edilmektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004).

$$WR_{yeşil}(m^3 \text{ ton}^{-1}) = WR_{yeşil}(m^3 \text{ yıl}^{-1}) \times \text{Üretim miktarı} (\text{ton yıl}^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 10})$$

$$WR_{mavi}(m^3 \text{ ton}^{-1}) = WR_{mavi}(m^3 \text{ yıl}^{-1}) \times \text{Üretim miktarı} (\text{ton yıl}^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 11})$$

$$V = P/A \quad (\text{Eşitlik 12})$$

$$SSM_{mavi} = ET_{mavi}/V \quad (\text{Eşitlik 13})$$

$$SSM_{yeşil} = ET_{yeşil}/V \quad (\text{Eşitlik 14})$$

$$SSM_{toplam} = SSM_{mavi} + SSM_{yeşil} \quad (\text{Eşitlik 15})$$

$$SA_{toplam} = \sum SSM \times P \quad (\text{Eşitlik 16})$$

Eşitliklerde;

V = verim (ton/ha),

P= üretim miktarı (ton),

A= ekilen alan (ha),

SSM_{mavi} =mavi sanal su muhtevası (m^3 /ton),

$SSM_{yeşil}$ =yeşil sanal su muhtevası (m^3 /ton),

SSM_{toplam} =toplam sanal su muhtevasıdır (m^3 /ton) ve

SA= Su ayak izidir (m^3).

Su ayakizi hesaplamalarında;

- CROPWAT 8.0 programında Penman-Monteith yöntemi ile araştırma alanına ait bitki su tüketimi değerleri hesaplanır.
- Daha sonra araştırma alanı için üretim miktarı, bitki su tüketimi, sulanan ekim alanı, sulama şebekelerinin özellikleri, sulama randımanı kullanılarak bitkisel üretimin mavi ve yeşil su ayak izi elde edilir.

Uluslararası Ticarete Su Ayak İzinin Önemi

Avrupa Birliği'nin Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması: AB bu düzenleme ile üretim esnasında salınan karbon emisyonlarına göre ithal ürünler için ilave vergi getirerek diğer ülkelerin daha temiz üretim yapmasını amaçlama

Avrupa Birliği'nin Sınırdaki Su Düzenleme Mekanizması: AB su ayak izine göre ithal ürünler için ilave vergiler getirerek diğer ülkelerin düşük su ayak izine sahip ürünler üretmelerini amaçlayabilir mi?

Böyle bir yapı ile toplanacak ilave vergiler su kaynaklarının geliştirilmesi için kullanılabilir. Su ayak izinin gerek ürün bazında üretim süreçlerinde gerekse coğrafi olarak su havzalarında azaltılması için yapılacak çalışmaların fonlanmasında kullanılmak üzere bir uluslararası su fonu oluşturulabilir.



Politika Oluřturma

Daha düşük su ayak izi ile
tarımsal ürünlerin
üretilebileceęi alanların
belirlenmesi ve bu
alanlarda üretimin teşvik
edilmesi

Su ayak izinin su kullanım göstergesi olarak kullanılması

Daha iyi
planlama
yapılması

Çevresel,
sosyal ve
ekonomik
faydalar

Kamu
kayaklarının
daha
verimli
kullanılması

Karar
vericilerin
daha iyi
kararlar
alması

Geleceęe
yönelik
projeksiyonla
rın
yapılmasında
yararlarının
olması

Farklı
sektörleri
su
temelinde
bir araya
getirir



Etiketleme, tüketici bilinci oluřturma

Ürün etiketlerinde su ayak izinin yer alması

Tarımsal ürünler için su sertifikası

- Gıda ürünlerinde etiketleme kuralları
- Sertifikalama sistemleri
 - organik tarım
 - iyi tarım uygulamaları
- ISO tarafından geliştirilen eko etiket kuralları

Tüketici davranışlarını etkileme

- Tüketicilere karar verme aşamasında yardımcı olma

Tüketicinin bilgilendirilmesi ve çevre bilincinin oluşturulması/artırılması

- Su israfının önlenmesi
- çevresel sorunların çözümü
- Gelecek nesillere daha güzel bir dünyanın bırakılması

Nutrition Facts	
4 servings per container	
Serving size 1 1/2 cup (208g)	
Amount per serving	
Calories	240
% Daily Value*	
Total Fat 4g	5%
Saturated Fat 1.5g	
Trans Fat 0g	
Cholesterol 5mg	
Sodium 430mg	
Total Carbohydrate 46g	
Dietary Fiber 7g	
Total Sugars 4g	
Includes 2g Added Sugars	
Protein 11g	
Vitamin D 2mcg	
Calcium 260mg	20%
Iron 6mg	35%
Potassium 240mg	6%



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir

Daha Yeşil Yarınlar için Hassas Tarım: Sürdürülebilir Tarım Savunuculuęu Projesi IPAIII/2023/451-911

Bu yayın Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. İçeriğinin tüm sorumluluğu Uluslararası Tarım ve Gıda Konfederasyonu'na aittir ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.

