



SCIENCE FOR POLICY BRIEF

Su esnekliği için hazırlık: AB enerji sisteminin su ihtiyacının haritalanması



ÖNEMLİ NOKTALAR

- AB enerji sektörü 56,2 milyar m³ tatlı su (AB'de yıllık toplam tatlı su çekiminin %23'ü [1]) ve 2022 yılında 75,2 milyar m³ tatlı olmayan su, bunun 6,7 milyar m³ aslan m³ tatlı su ve 0,8 milyar m³ tatlı olmayan su tüketilmiştir.
- Enerji sektörünün karbonsuzlaştırılması, tatlı su ihtiyacını 2015 yılına göre %10,8 oranında azaltmıştır.
- Elektrik sektörü, enerji ile ilgili tüm çekilmelerin %97'sini oluşturmaktadır.
- En yüksek tatlı su çekimleri büyük nehirler boyunca termik santrallerin yakınında gerçekleşmiştir.

GENEL EĞİMLER

Giriş

AB enerji sektörünün su ihtiyacı, faaliyetlerinin kritik bir yönüdür ve su kaynakları yönetimi ve politika oluşturma üzerinde önemli etkileri vardır. İklim değişikliğinin etkileri nedeniyle kuraklık ve sıcak hava dalgalarının daha sık ve yoğun hale gelmesi ve AB'deki su stresini artırması beklendiğinden, enerji sektörünün şimdi ve gelecekteki su ihtiyacını ölçmek önemlidir.

Bu özet, AB'de enerji ilgili tüm faaliyetlerin gerektirdiği suyun bir tahminini sunmaktadır. Bu, aşağıdakiler için kullanılan suyu içerir:

- çevreden birincil enerji ürünlerinin çıkarılması (örneğin ham petrol, doğal gaz, kömür, katı biyokütle ve yenilenebilir kaynaklardan elektrik); ve
- nihai enerji ürünlerine dönüştürülmesi (örneğin yenilenemeyen elektrik, benzin gibi petrol ürünleri ve biyoyakıtlar).

Birincil enerji ürünleri kömür madenlerinde, petrol ve gaz veya hidroelektrik santrallerinde çıkarılır. Nihai enerji ürünlerine dönüşüm, termik enerji ve ısı santralleri veya petrol rafinerileri gibi tesislerin yanı sıra kok fırını tesisleri ve yüksek fırınlar gibi sanayi tesislerinde de gerçekleşir.

Su, başta soğutma olmak üzere, madencilik malzemelerinin yıkanması ve taşınması gibi birçok amaç kullanılmaktadır.

Su gereksinimlerinin tahmini, su çekimlerini (çevreden alınan ve çoğunlukla soğutma cihazlarında kullanıldıktan sonra daha yüksek sıcaklıklarda geri dönen kaynaklar) ve su tüketimini (buharlaştırma veya diğer nedenlerle yerel çevreye geri dönmeyen su çekimlerinin oranı) içerir.

Mevcut analiz, önceki JRC raporlarında [2, 3] açıklanan varsayımlara dayanmaktadır, ancak bu güncelleme aynı zamanda EUROSTAT'ın [4] 2022 verileriyle en son enerji dengelerine ve Enerji ve Sanayi Coğrafyası Laboratuvarı'nın [5] AB Enerji Atlası'nı geliştirmek için devam eden çalışmalara dayanmaktadır. Ayrıntılı sonuçlar 1x1 km çözünürlüktedir ve hem tatlı su hem de tatlı olmayan su kaynaklarını dikkate almaktadır. Bunlar JRC Veri Kataloğunda [6] bulunan bir dizi haritada özetlenmiştir.

Su çekimi

2022 yılında AB enerji sektörü geri çekildi 56,2 milyar m³ tatlı su (AB'de yıllık toplam tatlı su çekiminin %23'ü [1]) ve 75,2 milyar m³ tatlı olmayan su (çoğunlukla deniz suyu).

Enerji sektörü, çoğunlukla termik santrallerin soğutulması için tüm su kaynaklarının neredeyse %97'sini (54,5 milyar m³ tatlı su ve 72,4 milyar m³ tatlı olmayan su) çekerek enerji sisteminin açık ara en yoğun su kullanan parçası olmuştur.

Petrol ürünlerinin rafine edilmesi için kaynakların %2,1'i (0,1 milyar m³ tatlı su ve 2,7 milyar m³ tatlı olmayan su, çünkü ham petrol arıtma kapasitesinin büyük bir kısmı kıyıda yer almaktadır).

Kok fırını tesislerinin ve yüksek fırınların işletilmesi için çekilen suyun %0,52'sine ihtiyaç duyulmaktadır (0,7 milyar m³ tatlı su). Kömür madenciliği, su çekimlerinin %0,44'ünü (0,6 milyar m³ tatlı su) en yoğun su kullanan dördüncü faaliyet olmuştur. Enerji bitkileri ve yakacak odun gibi birincil katı biyokütle üretimi, kaynakların %0,2'sinin (0,3 milyar m³ tatlı su) çekilmesini .

Ham petrol, doğal gaz, turba ve petrollü şistlerin çıkarılması veya atıklardan odun kömürü, biyoyakıt veya enerji ürünleri üretimi gibi diğer faaliyetler de su kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır, ancak çok daha küçük miktarlarda (toplamda %0,1'den az).

Su tüketimi

Çekilen su kaynaklarının bir kısmı, özellikle soğutma cihazları ve su rezervuarlarındaki buharlaştırma nedeniyle tüketilmiştir. Su tüketimi 2022 yılında 6,7 milyar m³ tatlı su (AB'de yıllık toplam tatlı su çekiminin yaklaşık %3'ü [1]) ve 0,8 milyar m³ tatlı olmayan su olarak gerçekleşmiştir.

Enerji sektörü tüm su kaynaklarının %95'inden fazlasını tüketmiştir (6,5 milyar m³ tatlı su ve 0.7 milyar m³ tatlı olmayan su). Bu tüketimin yaklaşık üçte ikisi rezervuarlardaki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Çoğu rezervuar hidroelektrik üretimine ek olarak birden fazla amaç için kullanılmaktadır (sulama, su temini, navigasyon ve rekreasyon gibi) ve buharlaştırma kayıplarını farklı faaliyetlere tahsis etmek için ne yeterli veri ne de basit bir metodoloji vardır. Dolayısıyla, bu rakam daha ziyade hidroelektrik tarafından tüketilen gerçek su miktarının bir üst sınırını temsil etmektedir.

Petrol ürünlerinin rafine edilmesi tüketimin %3,4'ünü oluşturmuştur (0,1 milyar m³ tatlı su ve 0,1 milyar m³ tatlı olmayan su).

Kok fırını tesislerinin ve yüksek fırınların işletilmesi su kaynaklarının %0,9'unu tüketmiştir (0,07 milyar m³ tatlı su). Kömür madenciliği kaynakların %0,28'ini (0,02 milyar m³ tatlı su) tüketmiştir. Diğer tüm faaliyetler tarafından tüketilen su ihmal edilebilir düzeydedir.

Önceki tahminler ve mevcut verilerle karşılaştırma

Tablo 1, mevcut tahminin önceki JRC analizi ile uyumlu olduğunu göstermektedir [2]. En son sonuçlar, enerji üretimi için tatlı su ihtiyacının 2015 ve 2022 yılları arasında %10,8 oranında azaldığını göstermektedir ki bu da rüzgar ve güneş enerjisinin yaygınlaşması ve termik santrallerin kapatılmasından kaynaklanan su ihtiyacının azalması yönündeki gözlemlenen uzun vadeli eğilimle tutarlıdır.

EUROSTAT su kullanımına ilişkin bazı istatistikler sağlamaktadır [7, 8, 9] ancak raporlama çok düzensizdir.

Almanya, Fransa ve İtalya gibi kilit ülkeler eksiktir ve EUROSTAT sadece tatlı su kaynaklarını dikkate almaktadır. Bu nedenlerden dolayı EUROSTAT verileri JRC tahminleriyle tam olarak karşılaştırılabilir olmasa da, Tablo 1 JRC sonuçlarının makul ve benzer büyüklükte olduğunu göstermektedir.

Tablo 1 - AB'de çeşitli yıllarda enerji amaçlı tatlı su çekimlerinin karşılaştırılması (milyar m³)

EUROSTAT kullanım kategorileri	JRC 2022 [current]	JRC 2015 [1]	EUROSTAT 2020 ⁽⁶⁾	EUROSTAT 2022 ⁽⁶⁾
Tarım, ormancılık ve balıkçılık ⁽¹⁾	0.3	1.3	24.8	1.1
Madencilik ve taş ocakçılığı ⁽²⁾	0.6	0.9	0.5	0.4
Elektrik üretimi ve dağıtımı ⁽³⁾	54.5	60.7	31.9	8.1
Ana metaller ⁽⁴⁾	0.1	0.0	0.9	0.3
Kok kömürü, rafine petrol ürünleri ve kimyasal ürünler ⁽⁵⁾	0.7	0.1	6.3	2.0
Toplam	56.2	63.0	64.5	12.0

Kaynak: JRC ve EUROSTAT

Notlar:

1. "Tarım, ormancılık ve balıkçılık" ilgili tüm faaliyetleri içerirken, JRC rakamları sadece enerji ile ilgili olanları dikkate almaktadır.
2. "Madencilik ve taş ocakçılığı" tüm madencilik faaliyetlerini içerirken, JRC rakamları yalnızca başta fosil yakıtlar olmak üzere enerji ürünlerinin çıkarılması ve madenciliğini dikkate almaktadır.
3. JRC rakamları "Elektrik üretimi ve dağıtımı" için tüm su ihtiyaçlarını içerirken EUROSTAT sadece soğutma ihtiyaçlarını rapor etmektedir. EUROSTAT'ın endüstriyel otoprodüktörlerin su ihtiyaçlarını içerip içermediği net değildir.
4. "Temel metaller" demir ve çeliğin yanı sıra demir dışı metallerin (örneğin su verme) üretimi için suyun tüm kullanımlarını kapsamaktadır, ancak JRC rakamları yalnızca bu endüstrilerin tek enerji üreten tesisleri olan kok fırını tesisleri ve yüksek fırınların çalışmasını yansıtmaktadır.
5. "Kok kömürü, rafine edilmiş petrol ürünleri ve kimyasal ürünler" kimya endüstrisinin su ihtiyacını içerirken, JRC rakamları sadece enerji üreten tesisleri (kok fırınları ve petrol rafinerileri) dikkate almaktadır.
6. EUROSTAT rakamları istatistiklerde mevcut olan değerlerle hesaplanmıştır. 2020-2022 yılları arasındaki büyük düşüş, tarihsel zaman serilerindeki boşluklardan kaynaklanmaktadır.

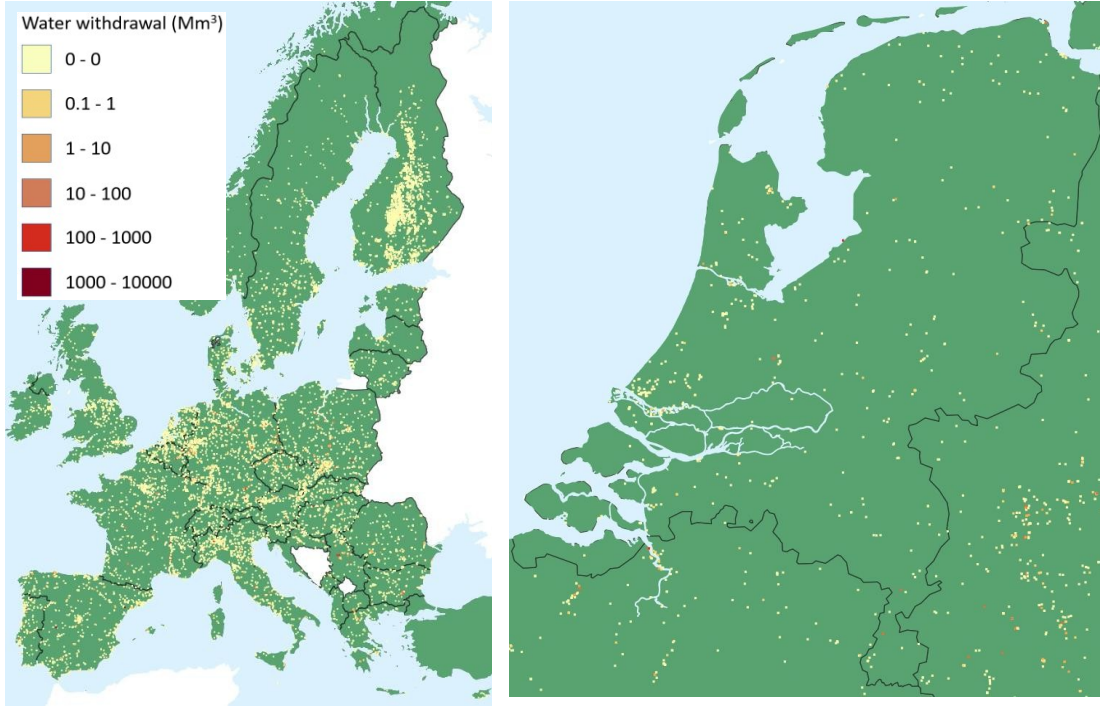
Enerji amaçlı su kullanımının mekansal örüntüleri

Ulusal ölçekte, beş ülke tatlı su kaynaklarının neredeyse üçte ikisini çekmiştir: Fransa (%19), Almanya (%16), Polonya (%10), Belçika (%10) ve Bulgaristan (%9). Tatlı su tüketiminin yaklaşık %70'i beş ülkede gerçekleşmiştir: Almanya (%18), Fransa (%17), İsveç (%17), Avusturya (%7) ve İspanya (%7). Sadece üç Üye Devlet tatlı su dışı kaynakların %67'sini çekmiştir: Fransa (%29), İsveç (%26) ve İtalya (%12). Üye Devletlerin dörtte üçü

Tatlı su dışı kaynaklar (0,6 milyar m³) beş Üye Devlet tarafından tüketilmiştir: Fransa (%18), İsveç 18), İspanya 6), İtalya (%12) ve Hollanda (%11). Bu dağılım temel olarak termik santrallerin, rafinerilerin ve hidroelektrik santrallerinin konumuyla açıklanmaktadır.

Mevcut sonuçlar AB ve komşu ülkeleri kapsamaktadır (Şekil 1, sol), ancak çok daha ince 1x1 km çözünürlükte sunulmaktadır (Şekil 1, sağ, Hollanda için detay).

Şekil 1 - 2022 yılında enerji amaçlı su çekimleri (Milyon m³)



Kaynak: JRC, Enerji ve Sanayi Coğrafyası Laboratuvarı, 2025

Şekil 2, en fazla su sıkıntısı çeken bölgeleri vurgulamak için ayrıntılı sonuçlara dayanan ısı haritalarını göstermektedir. Renk skalası, yeşilden sarıya ve kırmızıya doğru artan su kullanım seviyelerini temsil etmektedir. En yüksek tatlı su çekimi termik santrallerin yakınında, genellikle Ren, Rhone ve Tuna gibi büyük nehirler boyunca gerçekleşmiştir (Şekil 2 a). Tatlı su tüketimi örüntüsü, su çekiminden farklıdır. Şekil 2 b, Alpler gibi önemli hidroelektrik kapasitesine sahip dağlık bölgelerde ve enerji santrallerinin önemli buharlaşma üreten soğutma cihazları kullandığı alanlarda daha yüksek tüketim olduğunu göstermektedir.

Tatlı su dışı kaynaklarla ilgili olarak, su çekimleri (Şekil 2 c) ve tüketim (Şekil 2 d) kıyı rafinerileri ve termik santrallerin yakınında, özellikle Hollanda ve Belçika arasındaki Rotterdam- Antwerpen bölgesinde, Fransa'daki Calais-Le Havre bölgesinde ve Forsmark'taki İsveç nükleer santralinde yoğunlaşmıştır.

KAPANIŞ KONUŞMASI

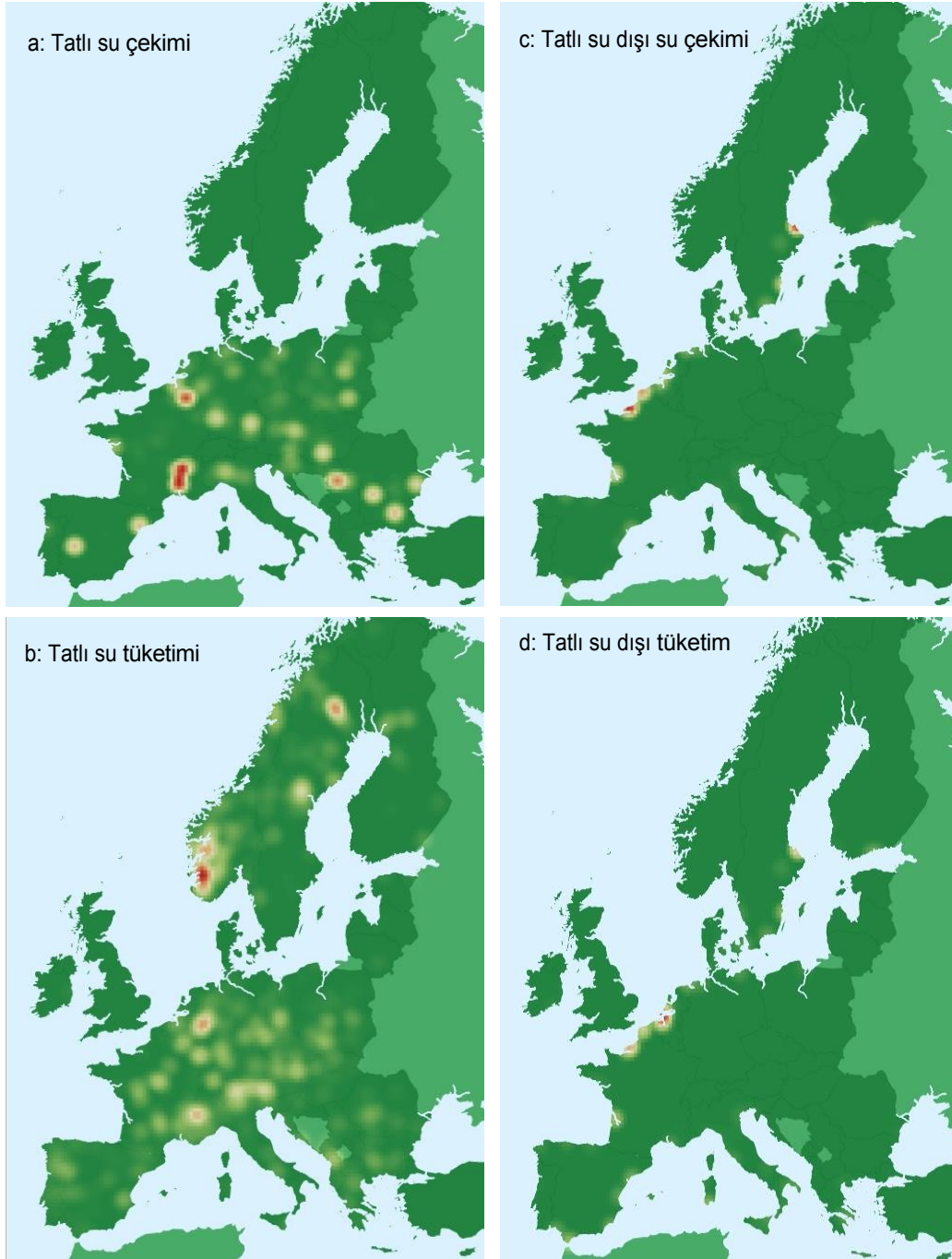
Termik enerji üretimi, soğutma amacıyla yapılan önemli miktardaki çekim nedeniyle su kaynaklarını zorlamaya devam etmektedir. Bununla birlikte, enerji sisteminin karbonsuzlaştırılması nedeniyle, su çekimleri yedi yılda %10,8 oranında azalmıştır.

Bu sonuç, karbondan arındırılmış bir enerji sektörüne geçiş nedeniyle su stresinin azalmaya devam edeceğini öngören önceki çalışmalarla [9] uyumludur. Bu durum büyük ölçüde rüzgar ve güneş enerjisinin su üzerinde çok az talep yaratmasından kaynaklanmaktadır.

Bununla birlikte, bazı net sıfır teknolojileri su yoğunudur. Geleneksel nükleer enerji söz konusu olduğunda bu durum soğutma ihtiyacından; karbon yakalama ve depolama, biyokütle ve hidrojen söz konusu olduğunda ise içsel üretim süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Kitlesel elektrifikasyon çağında ve veri merkezleri ve tuzdan arındırma gibi alanlarda artan enerji talebinde, temiz enerji teknolojisi seçimlerinin yerel su kıtlığına dikkat edilerek ve özen gösterilerek yapılması hayati önem taşımaktadır.

AB ölçeğinde, enerji sisteminin su talebinin uzun vadede azalması beklenmektedir. Ancak bu, bölgesel ve yerel düzeylerdeki su stresini ortadan kaldırmayacaktır. Gelecekteki enerji altyapısı planlanırken yerel özelliklerin haritalanması ve bu coğrafi konuların detaylı mekânsal analizlerle dikkate alınması önemlidir.

Son olarak, su kullanımları arasında iyileştirilmiş veri toplama çözülmemiş bir sorun olmaya devam etmektedir. Su ve enerji arasındaki karşılıklı bağımlılıkları anlamak için doğru veriler gereklidir, ancak mevcut istatistikler, zaman serilerindeki boşluklar ve su hesaplarında enerji sektörünün tam olarak kapsanmaması nedeniyle önemli sınırlamalardan etkilenmektedir.



Kaynak: JRC, Enerji ve Sanayi Coğrafyası Laboratuvarı, 2025

REFERANSLAR

[1] Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa'da kaynak ve ekonomik sektöre göre su kullanımı, <https://europa.eu/!jY7dRf>

[2] Hidalgo González, I., Medarac, H. ve Magagna, D., Avrupa Birliği ve Birleşik Krallık'ta enerji sektörünün öngörülen tatlı su ihtiyacı, EUR 30266 TR, Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi,

Lüksemburg, 2020, ISBN 978-92-76-19829-1 (çevrimiçi), doi:10.2760/796885 (çevrimiçi), JRC121030.

[3] Medarac, H., Magagna, D. ve Hidalgo González, I., Avrupa enerji sektöründe öngörülen tatlı su kullanımı, EUR 29438 EN, Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, Lüksemburg, 2018, ISBN 978-92- 79-97250-8 (çevrimiçi), doi:10.2760/30414 (çevrimiçi), JRC113696

[4] EUROSTAT, Komple enerji dengeleri
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_c/default/table?lang=en

TELİF HAKKI
© Avrupa Birliği, 2025

[5] JRC, Enerji ve [Sanayi tools-databases/energy-and-industry-geography](https://ec.europa.eu/jrc/tools-databases/energy-and-industry-geography)- Coğrafyası Laboratuvarı,
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-lab_en

[6] Hidalgo Gonzalez, Ignacio (2024): AB enerji atlası - enerji sisteminin su ihtiyacı 2022. Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkezi (JRC) [Veri Seti] PID: <http://data.europa.eu/89h/347725ca-9f83-41da-94f0-ff295e447f34>

[7] EUROSTAT, Tedarik kategorisine ve ekonomik sektöre göre su kullanımı,
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WAT_CAT_custom_2369043/default/table?lang=en

[8] EUROSTAT, Kaynak ve sektöre göre yıllık tatlı su çekimi,
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wat_abs/default/table?lang=en

[9] EUROSTAT, Faaliyet ve tedarik kategorisine göre imalat sanayinde su kullanımı,
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WAT_IND/default/table?lang=en

[10] Magagna D., Hidalgo González I., Bidoglio G., Pe-teves S., Adamovic M., Bisselink B., De Felice M., De Roo A., Dorati C., Ganora D., Medarac H., Pistocchi , Van De Bund W. ve Vanham D. Water - Energy Nexus in Europe, Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, Lüksemburg, 2019, ISBN 978-92-76- 03385- 1, doi: 10.2760/968197, JRC115853.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Ignacio.HIDALGO-GONZALEZ@ec.europa.eu



AB Bilim Merkezi

[Joint-research-centre.ec.europa.eu](https://joint-research-centre.ec.europa.eu)