

# 2023 Yılı İncelemesi: İklim odaklı küresel yenilenebilir Enerji Potansiyeli Kaynakları ve Enerji Talebi



WORLD  
METEOROLOGICAL  
ORGANIZATION



IRENA  
International Renewable Energy Agency



Climate  
Change Service  
climate.copernicus.eu

**Yazarlar ve katkıda bulunanlar:**

**IRENA:** Imen Gherboudj, Amjad Abdulla (eski IRENA), Michael Renner, Kathleen Daniel, Zafar Samadov

**ECMWF C3S:** Chiara Cagnazzo, Julien Nicolas

**Dünya Meteoroloji Örgütü:** Roberta Boscolo, Hamid Bastani, Christopher Hewitt, Robert

Stefanski **WEMC:** Alberto Troccoli, Penny Boorman, Kristian Nielsen

**Climate Service SRL'nin İçinde:** Giovanni Aldrigo, Elena Restivo, Mattia Zaramella, Stefano Cordeddu

**Tarafından incelendi:** Ute Collier, Kamlesh Dookayka, Toyo Kawabata, Deborah Ayres, Marisol Osman, Ilias Pechlivanidis, Yuhan Zheng, Sajith Wijesuriya ve WMO Hizmetler Komisyonu Yenilenebilir Enerji Dönüşümü Çalışma Grubu (SERCOM SG-RENE) uzmanları

Kapak fotoğrafı: Çöp sahasının yakınında bulunan fotovoltaik enerji santrali ve rüzgar türbini çiftliğinin çevre dostu kurulumu. Bir atık sahasına inşa edilen güneş paneli çiftliği ve rüzgar türbini çiftliği. Yenilenebilir enerji kaynağı, Adobe Stock.

© Dünya Meteoroloji Örgütü, IRENA ve Avrupa Birliği, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) tarafından temsil edilmektedir, 2025

Basılı, elektronik ve diğer herhangi bir biçimde ve herhangi bir dilde yayınlama hakkı WMO, IRENA ve ECMWF tarafından saklı tutulmaktadır. Bu yayından kısa alıntılar, tam kaynak açıkça belirtilmesi koşuluyla izin alınmadan çoğaltılabilir. Editöryal yazışmalar ve bu yayını (makaleleri) kısmen veya tamamen yayınlama, çoğaltma veya çevirme talepleri şu adrese yapılmalıdır:

Başkan, Yayın Kurulu  
Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) 7 bis,  
avenue de la Paix  
Posta Kutusu 2300  
CH-1211 Cenevre 2, İsviçre

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03 E-  
posta:[yayinlar@wmo.int](mailto:yayinlar@wmo.int)

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA)  
Masdar Şehri, Abu Dabi, PO Box 236

E-posta:[yayinlar@irena.org](mailto:yayinlar@irena.org)

ECMWF İletişim Bölümü – Copernicus Ekibi Avrupa Orta Vadeli  
Hava Tahminleri Merkezi, ECMWF Robert-Schuman-Platz 3,

53175 Bonn, Almanya

E-posta:[Copernicus-basin@ecmwf.int](mailto:Copernicus-basin@ecmwf.int)

NOT

Bu belge Avrupa Birliği'nin finansmanı ile üretilmiştir. Ancak ifade edilen görüşler ve fikirler yalnızca yazar(lar)a aittir ve ne Avrupa Komisyonu ne de ECMWF burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanımından sorumlu tutulamaz.



# İçindekiler

Önsöz .....	3
Özet.....	4
Ana mesajlar.....	5
1 2023'te yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin küresel bakış açısı .....	7
1.1 Giriş .....	7
1.2 2023 için temel iklim gözlemleri .....	9
1.3 Rüzgar gücü kapasite faktörü.....	10
1.4 Güneş enerjisi kapasite faktörü .....	12
1.5 Hidroelektrik vekil göstergesi.....	15
1.6 Enerji talebi vekil göstergesi.....	17
2 Bölgesel bakış açısı.....	20
2.1 Afrika.....	20
2.2 Asya .....	22
2.3 Güney Amerika .....	25
3 Mevsimsel iklim tahminleriyle iklim değişikliğine uyum.....	27
3.1 Rüzgar hızının mevsimsel tahmini .....	28
3.2 Güneş radyasyonu için mevsimsel tahmin.....	29
3.3 Yağış için mevsimsel tahmin.....	29
3.4 Sıcaklık için mevsimsel tahmin.....	30
4 Sonuçlar .....	32
4.1 Temel mesajlar.....	33
5 Metodoloji .....	34
5.1 Rüzgar gücü kapasite faktörünün hesaplanması .....	35
5.2 Güneş fotovoltaik güç kapasite faktörü hesaplaması.....	36
5.3 Hidroelektrik vekili .....	38
5.4 Enerji talebi vekili .....	39
5.5 Mevsimsel tahmin beceri ölçüsü .....	41
5.6 Mevsimsel tahmin değerlendirmesi.....	42
6 Referanslar .....	44

## Önsöz

Dünya, herkes için yaşanabilir bir gezegen sağlama yarışında kritik bir anda duruyor. İklim değişikliği hızlanırken - kayıtlardaki en sıcak on yılın etkisiyle - Paris Anlaşması iklim hedefini ulaşılabilir kılmak için hep birlikte hareket etmeliyiz. Uzun vadeli küresel ortalama yüzey sıcaklığı artışını sanayi öncesi seviyelerin 2 °C üzerinde tutmak ve bunu 1,5 °C ile sınırlamak için çaba sarf etmek için, yenilenebilir enerji çözümlerini kararlı bir şekilde artırarak sera gazı emisyonlarında acil ve köklü kesintiler yapmalıyız.

COP28'de yeniden teyit edilen kilometre taşları ve 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasitesini üç katına çıkarma ve enerji verimliliğini iki katına çıkarma yönündeki küresel çağrı, teknolojik yenilik, politika uyumu ve iklime duyarlı stratejilerle desteklenen düşük karbonlu, iklime dayanıklı bir ekonomiye ulaşmanın aciliyetini ve uygulanabilirliğini vurgulamaktadır.

Yıllık Yılın İncelemesi: İklim Odaklı Küresel Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Kaynakları ve Enerji Talebi'nin bu ikinci baskısı, iklim değişkenliği/değişikliği ile yenilenebilir enerji arasındaki ayrılmaz bağa genel bir bakış sunuyor. İster ortalamadan daha kurak koşullarda güneş enerjisi üretimi, ister La Niña'dan El Niño koşullarına geçiş yaşayan bölgelerde rüzgar enerjisi üretimi veya dalgalanan yağış desenleri karşısında hidroelektrik üretimi olsun, iklimin hem enerji arzı hem de talebi üzerinde doğrudan etkisi vardır. Bu tür zorluklar aynı zamanda benzeri görülmemiş fırsatlar da sunar: İklim içgörülerinin enerji planlamasına entegre edilmesi daha güvenilir enerji üretimi sağlar, talepteki mevsimsel zirveleri tahmin etmeye yardımcı olur ve gelecekteki altyapı geliştirmelerinin uyarlanabilirliğini güçlendirir.

Burada sunulan güncellenmiş analiz, iklim bilimi ve enerji inovasyonu arasında köprü kurmak için araçların, bilginin ve politikaların geliştirilmesini talep ediyor. Ayrıca, enerji güvenliği ve dayanıklılığını sağlamak için çeşitlendirilmiş enerji portföylerine geçişi ve yeni ve temiz enerji sistemlerinin esnekliğini hesaba katmak için yeni piyasa yapıları oluşturulmasını öneriyor.

Sınırlar ve sektörler arası iş birliği esastır. Raporun bulguları ayrıca, enerji planlamacılarına, politika yapıcılara ve paydaşlara kaynak tahsisini optimize etme, enerji güvenliğini iyileştirme ve özellikle küresel enerji geçişi hızlanırken aşırı olaylara karşı dayanıklılığı güçlendirme konusunda rehberlik etmek için daha ayrıntılı analizler sağlayan sağlam veri toplama ve paylaşımının kritik önemini göstermektedir.

Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) tarafından ortaklaşa hazırlanan ve Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF), Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından işletilen bu rapor, iklim değişikliği zorluğuna yanıt vermek için bir araya gelen uzmanlaşmış uluslararası kurumlar arasındaki iş birliğinin gücüne örnek teşkil ediyor. Bu, entegre iklim hizmetleri ve ileri görüşlü enerji politikalarının daha dayanıklı, kapsayıcı ve müreffeh bir küresel topluluk oluşturduğu yeni bir sürdürülebilir büyüme çağını başlatmanın zamanıdır.



Prof. Celeste Saulo  
Genel Sekreter  
Dünya Meteorolojisi  
Kuruluş (WMO)



Francesco La Kamera  
Genel Müdür  
Uluslararası Yenilenebilir Enerji  
Ajansı (IRENA)



Dr. Carlo Buontempo  
Copernicus İklim Değişikliği  
Servisi Direktörü  
ECMWF'de

## Yönetici Özeti

### Net sıfır gelecek için yenilenebilir enerjinin ölçeklendirilmesi

Küresel enerji manzarası, 2015 Paris Anlaşması'nda özetlenen ve 2023'te COP28'de güçlendirilen iklim hedeflerine ulaşmak için acil eylem talep eden kritik bir anda duruyor. BAE Mutabakatı, küresel yenilenebilir enerji (YE) kapasitesini üç katına çıkarma ve enerji verimliliğini 2030 yılına kadar iki katına çıkarma konusundaki kritik ihtiyacı vurguladı. Bu hedeflere ulaşmak, küresel sıcaklık artışını 1,5 °C ile sınırlamak ve 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşmak için elzemdir. YE kaynakları - güneş, rüzgar ve hidroelektrik - enerji sistemlerini karbondan arındırmak, enerji güvenliğini sağlamak ve iklim dayanıklılığını oluşturmak için kritik öneme sahiptir ve tüm bunlar artan küresel enerji talebinin zorluklarını ele alır.

### Yenilenebilir enerjide iklimin rolü

Son yirmi yılda rüzgar ve güneş enerjisi kapasitesinde ve dünya çapındaki elektrik şebekelerindeki paylarında istikrarlı bir büyüme görüldü. Bu enerji kaynakları, hidroelektrikle birlikte, iklimsel ve fizyografik koşullara oldukça bağımlıdır ve bu da üretimi optimize etmek ve enerji sistemi istikrarını sağlamak için iklim değişkenliği ve değişiminin anlaşılmasını önemli hale getirir. İklim ayrıca, özellikle ısıtma ve soğutma için enerji talebini şekillendirmede önemli bir rol oynar ve coğrafi alanlarda enerji arzı ve tüketim modellerinin entegre analizine olan ihtiyacı vurgular.

### 2023'teki iklim bağlamı

İklim değişkenliği, yenilenebilir enerji üretimini ve enerji talebini etkileyen kritik bir faktör olarak ortaya çıkmıştır. 2023 yılı, La Niña'dan olgun bir El Niño evresine geçişi işaret ederek rüzgar hızı, güneş radyasyonu, yağış ve sıcaklık gibi temel iklim değişkenlerini etkilemiştir. Bu değişiklikler küresel ısınmanın zemininde meydana gelmiştir. 2023 yılında, küresel ortalama yüzeye yakın sıcaklık 1850-1900 ortalamasının 1,45 °C ± 0,12 °C üzerine çıkarak o dönemde kaydedilen en sıcak yıl olmuş ve hem 2016'yu hem de 2020'yi geride bırakmıştır. Bu dinamikleri anlamak ve yönetmek, yenilenebilir enerji dağıtımını ve üretimini optimize etmek ve artan enerji taleplerini sürdürülebilir bir şekilde karşılamak için çok önemlidir.

### Enerji göstergelerinde coğrafi değişkenlik

Temel enerji göstergeleri - rüzgar, güneş, hidroelektrik ve enerji talebi - 1991-2020 iklim referans döneminden yüzdelerle sapmalarla gösterildiği gibi 2023'te önemli coğrafi değişkenlik gösterdi (bkz. Şekil A). Hidroelektrik ve enerji talebi göstergeleri sırasıyla yağış ve ısıtma/soğutma gereksinimlerine dayalı vekil olarak ifade edilir ve rüzgar ve güneş kapasite faktörü (CF) sapmalarıyla doğrudan karşılaştırılmaz.

Daha kuru ve sıcak El Niño koşullarının etkisiyle Güney Amerika, güneş fotovoltaik (PV) CF'de %3,9'luk bir artış yaşadı ve bu da bölgenin 50 GW kurulu kapasitesinden tahmini 3,5 TWh/yıl ek üretime yol açtı. Benzer şekilde, Doğu Asya rüzgar enerjisinde %4,1'lik bir pozitif anormallik gördü ve 420 GW kurulu kara kapasitesinden tahmini 45 TWh üretti ve bunun %95'i Çin'deydi. Bu örnekler, iklim faktörlerinin RE üretimini şekillendirmedeki rolünü ve uyarlanabilir enerji planlama stratejilerine olan ihtiyacı vurguluyor.

### İklime duyarlı enerji planlamasını ilerletmek

İklim değişkenliğinin zorluklarıyla başa çıkmak için iklim bilgilerini enerji planlamasına entegre etmek giderek daha kritik hale geliyor. Bu raporda tanıtıldığı gibi, iklim modellemesindeki gelişmelerle desteklenen mevsimsel iklim tahminleri, bu raporda Güney Amerika'dan örneklerle gösterildiği gibi kaynak değişkenliği ve enerji talebi kalıplarına ilişkin olasılıksal içgörüler sunar. Bu tür bilgiler ve araçlar, paydaşların arz-talep dalgalanmalarını öngörmelerini, şebeke operasyonlarını optimize etmelerini ve enerji sistemi dayanıklılığını artırmalarını sağlar.

Hidroelektrik rezervuar yönetimi, rüzgar çiftliği yerleşimi ve güneş enerjisi optimizasyonu, iklime duyarlı karar alma sürecinden önemli ölçüde faydalanabilir. Mevsimsel tahminler ayrıca aşırı hava olaylarına karşı daha iyi hazırlık yapılmasını sağlayarak enerji güvenliğini sağlar ve kesintileri en aza indirir.

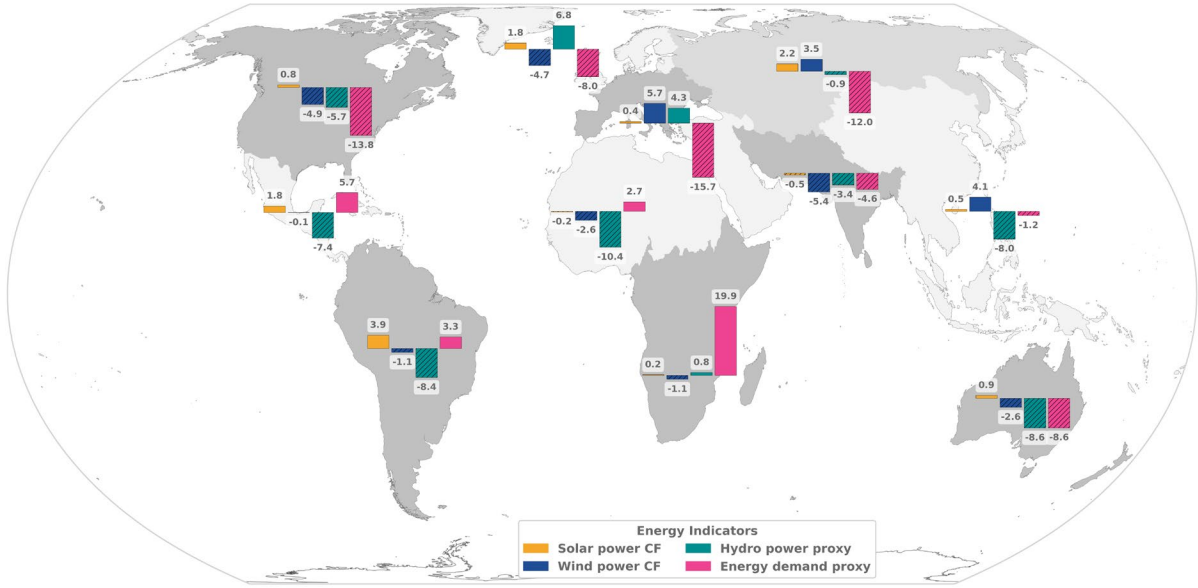
### 2030 hedeflerine ulaşmak için politika çıkarımları

Rüzgar, güneş ve hidroelektrik enerjiyi jeotermal ve depolama gibi yeni teknolojilerle birleştiren çeşitlendirilmiş enerji portföyleri, yenilenebilir enerji üretimi ve yönetimi üzerindeki iklim değişikliği ve değişiminin etkisini azaltmak için olmazsa olmazdır. Bölgesel iş birliği ve yerelleştirilmiş çözümler ayrıca arz-talep dinamiklerini dengelemede, sınır ötesi enerji akışlarını optimize etmede ve dayanıklı enerji altyapıları oluşturmada önemli bir rol oynayacaktır. İklimde duyarlı, iş birlikçi bir yaklaşım benimsemek, sürdürülebilir, net sıfır geleceğe doğru ilerlemeyi hızlandıracaktır.

İddialı 2030 RE hedeflerine ulaşmak, teknolojik yenilik, politika uyumu ve iklime duyarlı stratejileri içeren çok yönlü bir yaklaşım gerektirir. Politika yapıcılar, özellikle tropikal alanlar gibi daha yüksek tahmin doğruluğuna sahip bölgelerde RE sistem güvenilirliğini artırmak için mevsimsel tahminler ve diğer hava ve iklim hizmetleri gibi araçlardan yararlanmalıdır. Bu, RE tanıtımı, daha geniş enerji geçişi ve iklim istikrar çabalarıyla ilgili olarak politika yapımına yönelik genel kapsamlı ve bütünsel bir yaklaşımla uyumludur. Bu çabalar, yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarının dağıtımını destekleyen önlemleri, enerji sistemlerine dikkatli bir şekilde entegre etme ve yalnızca belirli bir ülke içinde değil, aynı zamanda bölgeler içinde de elektrik şebekelerini yükseltme ve dengeleme paralel politikalarıyla birleştirirlerse başarılı olabilirler.

### Renewable Energy Generation & Demand in 2023

Expressed as a percentage change from the 1991-2020 baseline



**Şekil A.** Bu raporda sunulan dört enerji göstergesinin (rüzgar, güneş, hidroelektrik ve enerji talebi) küresel yıllık sapmaları. Sapmalar, 1991-2020 referans dönemi ortalamasına göre 2023 için yüzdeler olarak ifade edilir ve bölgeye göre toplanır. Daha kolay tanımlama için negatif değerleri vurgulamak için tarama kullanılır.

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

## Ana mesajlar

**(1) İklim değişikliği ve değişimi enerji göstergelerini önemli ölçüde etkilemektedir.** 2023'te değerlendirilen enerji göstergeleri - rüzgar gücü kapasite faktörü (CF), güneş fotovoltaik (PV) CF, bir hidroelektrik vekili ve enerji derecesi günleri (EDD'ler) - iklim değişikliği ve değişimi tarafından yönlendirilen belirgin değişiklikler göstermektedir. Bu etkiler teknolojiye ve ülkeye göre değişmekte olup, hem yıllık hem de aylık ortalamalarda belirgin yüzdelerle gözlemlenmektedir. Güneş PV CF, nispeten sınırlı yıllık anomaliler gösterirken (1991-2020 ile karşılaştırıldığında %10'un altında)

(iklim referans dönemi), rüzgar enerjisi CF, birçok bölgede yıllık %15'i aşan belirgin bir değişkenlik sergiliyor. Bu, enerji sistemi planlaması ve operasyonlarında iklim değişkenliği ve değişiminin hesaba katılmasının önemini vurguluyor.

**(2) İklim etkenlerini anlamak enerji dayanıklılığı açısından hayati önem taşımaktadır.** El Niño-Güney Salınımı'nın (ENSO) iki zıt aşaması olan La Niña'dan El Niño'ya 2023 geçişi, enerji sistemlerini şekillendirmede ENSO gibi büyük ölçekli iklim etkenlerinin kritik rolünü vurgulamaktadır. El Niño'nun daha kuru ve daha sıcak koşulları enerji göstergelerini önemli ölçüde etkilemiştir ve Güney Amerika'da artan güneş PV üretimi ve Doğu Asya'da gelişmiş rüzgar gücü gibi sonuçlar elde edilmiştir. Önemli iklim değişkenliğine neden olan bu etkenlerin daha iyi anlaşılması ve doğru bir şekilde tahmin edilmesi, paydaşların enerji kaynaklarını daha etkili bir şekilde yönetmelerine, üretimi optimize etmelerine ve talep dalgalanmalarını öngörmelerine olanak tanır ve daha dayanıklı ve verimli bir enerji geçişini teşvik eder.

**(3) İklim değişkenliği bilgisinin planlama ve yönetim için enerji sistemlerine entegre edilmesi gerekiyor.** 2023'teki rekor kıran sıcaklıklar ve iklim kaynaklı enerji değişkenliği, iklim değişkenliğini enerji planlamasına entegre etme ihtiyacını vurguluyor. Bu entegrasyon, enerji yükü yönetimini, kaynak optimizasyonunu ve bakım planlamasını iyileştirmek için erken uyarı sistemlerinin kurulmasını destekleyebilir. Ayrıca, değişken bir iklimde dayanıklılığı sağlamak için teknolojiler, pazarlar ve politikalar genelinde inovasyonu teşvik ederek enerji altyapısının modernizasyonuna ve genişlemesine rehberlik edebilir.

**(4) Esnek piyasa yapıları enerji dönüşümü için hayati önem taşımaktadır.** Merkezi güç sistemlerinden merkezi olmayan güç sistemlerine geçiş sırasında esnekliği sağlamak için elektrik piyasası yapılarını uyarlamak esastır. Esnek piyasa tasarımları, esnek çözümlere yer verirken en yüksek değere sahip yenilenebilir kaynakların tedarikini kolaylaştırmalıdır. Hem yenilenebilir kaynak optimizasyonunu hem de esnek kaynakların dağıtımını destekleyen bir "çift tedarik" sistemi, bu hedefe ulaşmak için umut verici bir yaklaşım sunar.

**(5) Dayanıklılık, çeşitlendirme ve bölgesel iş birliğinin teşvik edilmesi yoluyla artırılmalıdır.** Güneş, rüzgar, hidroelektrik ve yeni teknolojileri birleştiren çeşitlendirilmiş enerji portföyleri, iklim değişkenliğinin etkilerini yönetmek ve enerji güvenliğini sağlamak için olmazsa olmazdır. Bölgesel iş birliği, sınırlar arasında enerji arzı ve talebini dengelemek için hayati önem taşır. İş birliği çabaları, yenilenebilir enerji potansiyelini en üst düzeye çıkarabilir, şebeke istikrarını artırabilir ve dayanıklı enerji sistemleri inşa edebilir.

**(6) Gelişmekte olan ülkeler için büyük fırsatlar var.** Gelişmekte olan ülkeler, iklim değişkenliği bilgisinden yararlanırken enerji erişim zorluklarını ele almak için yenilenebilir enerji potansiyellerini kullanabilirler. Örneğin, bol miktarda yenilenebilir enerji kaynağına rağmen, Afrika küresel kurulu kapasitenin yalnızca %2'sini oluşturmaktadır. Kaynak potansiyelini iklim bilgisiyle bütünleştirerek, ülkeler sanayileşmeyi ve ekonomik büyümeyi desteklemek için yenilenebilir enerji altyapısını etkili bir şekilde geliştirebilir ve kıta genelinde sürdürülebilir kalkınmayı hızlandırabilir.

**(7) Kapsamlı enerji verisi toplanması ve paylaşımı kritik öneme sahiptir.** Sistemik ve ayrıntılı enerji verisi toplama ve paylaşımı, iklim değişkenliğinin enerji arzı ve talebi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasını ilerletmek için hayati öneme sahiptir. Burada sunulan enerji göstergeleri basitleştirilmiş bir bakış açısı sunarken, daha temsili ölçütler, kurulu kapasite ve gerçek üretim hakkında ayrıntılı bilgiler de dahil olmak üzere sağlam veri kümelerine erişim gerektirir. Şeffaf ve uyumlu veri paylaşımı uygulamaları, enerji sektöründe daha doğru modelleme ve bilinçli karar alma sağlayacaktır.

# 1 2023'te yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin küresel bakış açısı

## 1.1 giriş

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) Taraflar Konferansı'nın (COP28) ve ortaya çıkan BAE Mutabakatı'nın yirmi sekizinci konferansının temel mesajı, özellikle 2015 Paris Anlaşması olmak üzere uluslararası anlaşmalar aracılığıyla belirlenen karbon azaltma hedeflerinin güçlendirilmesidir. Özellikle, BAE Mutabakatı, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasitesini üç katına çıkarmak ve enerji verimliliğini iki katına çıkarmak için iddialı bir küresel hedef belirlemiştir (IRENA, 2023). Yenilenebilir enerjiye (YE) doğru bu önemli geçiş, 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşmak için hayati önem taşımaktadır. Güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve deniz enerjisi de dahil olmak üzere temiz enerji kaynaklarını artırarak enerji sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik sürdürülebilir bir bağlılığı temsil etmektedir.

RE kaynaklarından (burada özellikle rüzgar, güneş ve hidroelektrik) güç üretimi, net sıfır emisyon yollarıyla uyumlu küresel geçişte önemli bir rol oynar (IRENA, 2022). Bu kaynakların iklim faktörlerinden güçlü bir şekilde etkilendiği göz önüne alındığında, iklim faktörlerinin RE üretimini nasıl etkilediğini anlamak önemlidir. İklim ayrıca enerji talebini, özellikle ısıtma ve soğutmada etkiler, bu nedenle enerji tüketim kalıpları burada da dikkate alınır.

2023 tarihli ilk ortak WMO-IRENA raporunda olduğu gibi ([2022 Yılı İncelemesi: İklim odaklı Küresel Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Kaynakları ve Enerji Talebi](#)) 2022 yılında iklim koşullarını inceleyen 2021 İklim Değişikliği Raporu'nda, rüzgar ve güneş enerjisinin küresel toplam kurulu kapasitesinin ve elektrik şebekesindeki payının son yirmi yılda istikrarlı bir şekilde artmasıyla birlikte iklim değişkenliğini ve değişimini izlemek ve anlamak giderek daha da önemli hale geldi.

Rüzgar enerjisi kurulu gücü 2023 yılında 1.000 GW'ı aşarak 2022'ye kıyasla %13 arttı (on yıl öncesine (2014) kıyasla %190). Güneş enerjisi rüzgar enerjisinden önemli ölçüde daha hızlı büyüyor ve kurulu gücü 2023 yılında 1.420 GW'a ulaşarak 2022'ye kıyasla %32 arttı (2014'e kıyasla %680) (IRENA, 2024a). 2023 güneş enerjisi kurulu gücü, yenilenebilir enerjiler arasında bugüne kadar en büyük kurulu güce sahip olan hidroelektriği geride bıraktı. Özellikle hidroelektriğin kurulu gücü 2023 yılında yaklaşık 1.410 GW'a ulaşarak 2022'ye kıyasla %1 arttı (2014'e kıyasla %20).

1,5 °C iklim hedefine ulaşmak için 2030 ve 2050'ye kadar yenilenebilir enerji kapasitelerinde önemli artışlar gerekiyor. Özellikle, rüzgar enerjisi kapasitesinin 2030'a kadar yaklaşık 3.000 GW'a ve 2050'ye kadar 8.000 GW'a ulaşması, güneş enerjisi kapasitesinin 2030'a kadar yaklaşık 5.400 GW'a ve 2050'ye kadar 18.000 GW'a çıkması ve hidroelektrik kapasitesinin 2030'a kadar 1.500 GW'a ve 2050'ye kadar 2.500 GW'a çıkması öngörülüyor (IRENA, 2023) (bkz. Tablo 1). Bu rakamlar, 2023 yılında COP28 sırasında BAE Mutabakatında belirlenen hedeflerle tutarlıdır; bu mutabakatta 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasitesinin üç katına çıkarılması gerektiği vurgulanmıştır. Ek olarak, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), 2010 ile 2023 yılları arasında yenilenebilir enerji teknolojilerinde önemli maliyet düşüşleri olduğunu, güneş enerjisi maliyetlerinin yaklaşık %90, rüzgar enerjisi maliyetlerinin ise yaklaşık %68 oranında azaldığını bildirmiştir (IRENA, 2024c).

Gerçek güç üretimi, kapasite faktörlerine (CF) bağlıdır - yani bir güç sistemi tarafından üretilen ortalama elektrik ile nominal anma (veya maksimum) gücü arasındaki oran. Bu nedenle, üretilen güç açısından ve 2021 ile karşılaştırıldığında, 2022'de (mevcut en son rakamlar) hidroelektrik 4.470 TWh (yüzde 1 artış), rüzgar enerjisi 1.840 TWh (yüzde 13 artış) ve güneş enerjisi 1.030 TWh (yüzde 25 artış) üretti (IRENA, 2024b).



2023 yılında, yenilenebilir kaynaklar da dahil olmak üzere tüm kaynaklardan elde edilen toplam küresel elektrik tüketimi 29.500 TWh'ye ulaştı ve bu, 2022 ile karşılaştırıldığında %3,3'lük ve 2014'teki on yıl öncesine göre önemli ölçüde %26'lık bir artışı temsil ediyor (Ember, 2024). Bu, 2021 ile 2022 arasındaki talepteki %2,5'lik artıştan daha fazla bir artışı işaret ediyor. IRENA'ya (2023) göre, 2022'de toplam yenilenebilir elektrik üretimi, 2021'deki 7.860 TWh'den 8.440 TWh'ye yükseldi; bu da yenilenebilir kaynakların 2022'de küresel elektrik tüketiminin %29,6'sını karşıladığı, 2021'deki %28,2'ye kıyasla daha yüksek olduğu anlamına geliyor.

Dünya nüfusunun yaklaşık %85'ini oluşturan yükselen piyasalarda ve gelişmekte olan ekonomilerde enerji talebi son on yılda yılda ortalama %2,6 oranında artmıştır. Bu artış, 720 milyondan fazla insanın nüfus artışı, ekonomik çıktıda %50'lik bir genişleme ve endüstriyel üretimde %40'lık bir artışla yönlendirilmiştir. 2010'dan bu yana, elektrik talebi yıllık ortalama %2,7 oranında artarak, genel enerji talebindeki yıllık %1,4'lük büyümeyi geride bırakmıştır. Elektrik, ısıtma, mobilite ve endüstriyel enerji ihtiyaçlarını karşılamada giderek fosil yakıtların yerini almaktadır. Mevcut politika ayarlarına göre, küresel elektrik talebinin 2050 yılına kadar neredeyse iki katına çıkması ve 2023'teki 26.000 TWh'den yaklaşık 50.000 TWh'ye çıkması öngörülmektedir. Bu büyüme öncelikle hafif endüstriyel tüketim, elektrikli mobilite, soğutma, veri merkezleri ve yapay zeka teknolojilerinin artan benimsenmesiyle yönlendirilmektedir (IEA, 2024).

**Tablo 1. Rüzgar gücü (WP), güneş fotovoltaik (PV) ve hidroelektrik (HP) için küresel kurulu kapasitenin özeti. İlgili güç üretimi ayrıca 2022 için de gösterilmiştir (yazım sırasında verilerin mevcut olduğu en son yıl).**

**Son satırda toplam küresel enerji tüketimi yer almaktadır.**

*Kaynaklar:IRENA, 2024a, 2024c; IPCC, 2022b; Ember 2024*

	2014		2022		2023		2030	2050
	Kapasite (GÇ)	Nesil (TWh)	Kapasite (GÇ)	Nesil (TWh)	Kapasite (GÇ)	yenilenme (TWh)	Kapasite (GÇ)	Nesil (GÇ)
<b>B P</b>	350	712	903	2 100	1 020		3 000	8 000
<b>S</b> güneş fotovoltaik	180	193	1 070	1 390	1 420		5 400	18 000
<b>HP</b>	1 180	3 990	1 360	4 470	1 410		1 500	2 500
<b>T toplam enerji Cvarsayım N</b>		23 400		28 500		29 500		

Bu raporda, RE üretim potansiyeli ve enerji talebi, dünya genelinde ülke düzeyinde sunulan nispeten basit ve sağlam göstergelerle temsil edilmektedir. Bu göstergelerin tanımları, kara rüzgar gücünü (sadece rüzgar gücü olarak anılır) kapsayan aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir. Güneş fotovoltaik (PV) gücü (güneş enerjisi olarak da bilinir), hidroelektrik ve enerji talebi. Ülkeleri karşılaştırmanın, özellikle çok büyük ve çok küçük ülkeler arasındaki önemli boyut farklılıkları nedeniyle zor olabileceğini belirtmek önemlidir. Dahası, büyük ülkeler için bu ortalamalar, enerji üretim sistemleri için uygun yerler ile daha uzak bölgeler arasındaki gibi bölgesel farklılıkları yakalayamayabilir. Burada bildirilen enerji göstergelerindeki değişiklikler ülkeye göre ortalama alındığından, ayrıntılı içgörüler için ilçe veya tesis düzeyinde daha spesifik değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu raporda sağlanan bilgiler, daha yerelleştirilmiş değerlendirmeler için genel bir kılavuz görevi görür.

Bu yayının temel odak noktası, uzun vadeli iklim değişikliğinden ziyade iklim değişkenliğinin RE potansiyeli ve enerji talebi üzerindeki rolünü değerlendirmektir. Ancak analiz ayrıca 2023'ün uzun vadeli iklim referans dönemiyle nasıl karşılaştırıldığını inceler ve 1991-2020 arasındaki 30 yıllık süreyi temel alır. Standart iklimsel referans dönemi olarak önerilen bu temel dönem, gözlemlenen sapmaları veya anomalileri anlamak için bağlam sağlamaya yardımcı olur.

<sup>1</sup>Sonuçlar ulusal kara düzeyinde toplandığından, odak noktası kara rüzgar gücüdür. Çoğu ülke için - Çin veya Amerika Birleşik Devletleri gibi büyük olanlar hariç - kara ve açık deniz rüzgar gücü sinyallerinin makul bir şekilde benzer olduğu varsayılabilir.

<sup>2</sup>Enerji göstergelerinin hesaplanmasına ilişkin daha detaylı bilgi Metodoloji bölümünde yer almaktadır.

2023. Yıl boyunca KF'deki önemli mevsimsel değişimler göz önüne alındığında, seçili aylık sapmalar da değerlendirilerek 2023'teki her ay, 30 yıllık referans dönemindeki (aynı zamanda "iklim bilimi" olarak da bilinir) karşılık gelen ay ile karşılaştırılır.

Genel olarak, bu sapmalar kaynak ve talep değişimlerinin büyüklüğünü ve modellerini göstererek RE planlaması, kaynak yönetimi ve şebeke operasyonları hakkında değerli içgörüler sağlar. Bu değerlendirme yalnızca geriye dönük bir analiz olarak değil, aynı zamanda enerji sektöründe gelecekteki karar alma süreçlerini desteklemek için de tasarlanmıştır.

Aşağıdaki bölümlerde, RE kaynakları ve talebi ilk olarak küresel düzeyde ayrı ayrı değerlendirilir ve ardından etkileşimleri için çıkarımlar tartışılır; bu, bölgesel (kıtaya altı) düzeyde daha etkili bir şekilde gerçekleştirilir. Ayrıca, göstergeler yüzdelik anomaliler olarak sunulur (2023 için 1991-2020 temel dönemiyle karşılaştırıldığında), ancak bağlama bağlı olarak, "varyasyon", "sinyal", "değişim" veya basitçe "anomali" gibi diğer terimler de "yüzdelik anomali"yi belirtmek için kullanılır.

## 1.2 2023 için önemli iklim gözlemleri

2023 yılında, küresel ortalama yüzeye yakın sıcaklık 1850-1900 ortalamasının  $1,45 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,12 \text{ }^{\circ}\text{C}$  üzerindeydi ve bu da o zamana kadar kaydedilen en sıcak yıl oldu ve önceki rekor yılları olan 2016 ve 2020'yi geride bıraktı. Aylık küresel sıcaklık kayıtları, Nisan'dan Aralık'a kadar sürekli yüksek kalan okyanus sıcaklıkları ve Temmuz'dan Kasım'a kadar yüksek olan kara sıcaklıkları için özellikle dikkat çekiciydi (*Küresel İklim Durumu 2023* (WMO-No. 1347)). 2023 yılında çeşitli bölgelerin küresel sıcaklık anomalisine katkılarındaki aylık değişimler, tropikal okyanuslar üzerindeki sıcak sıcaklıklardan ve özellikle 2023'ün son aylarında kuzey yarımküredeki tropikal olmayan kara alanlarından (C3S, 2024a, 2024b) belirgin şekilde büyük bir etki gösterdi.

El Niño-Güney Salınımı (ENSO), rüzgar hızı, güneş radyasyonu, yağış ve sıcaklık gibi değişkenleri etkileyerek dünya çapında bölgesel iklim desenlerini etkiler. El Niño ve La Niña olaylarıyla ilişkili tipik bölgesel desenler olsa da, iklim tepkisi bireysel olaylar arasında önemli ölçüde değişebilir.<sup>3</sup>

Uzun bir La Niña evresinden (2020-2023) Eylül 2023'e kadar tam gelişmiş bir El Niño'ya geçiş muhtemelen küresel sıcaklık artışına katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte, özellikle Kuzeydoğu Atlantik'te alışılmadık ısınma, tipik El Niño kalıplarıyla uyumsuzdur ve bu da ek faktörlerin rol oynadığını düşündürmektedir. Bu olağanüstü ısınmanın kesin nedenleri hala araştırılmaktadır, çünkü iç iklim değişkenliği ve insan kaynaklı zorlama, gözlemlenen artışı tam olarak açıklamıyor gibi görünmektedir (Schmidt, 2024). 2023'ün sonunda güçlü bir El Niño gelişmiş ve Okyanus Niño Endeksi Kasım-Ocak döneminde  $2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmıştır - 2015/2016 El Niño'dan bu yana en yüksek değer.<sup>4</sup>

ENSO'ya ek olarak, Hint Okyanusu Dipolü (IOD) ve Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) gibi diğer iklim desenleri küresel havayı önemli ölçüde etkiledi. 2023'te ortaya çıkan pozitif bir IOD, Avustralya'daki kurak koşulları kötüleştirirken, 2020'den 2023'ün başına kadar bu bölgede yaşanan uzun süreli kuraklığın ardından Afrika Boynuzu'nda yoğun yağış ve su baskınlarına katkıda bulundu. Bu iklim olayları enerji sistemleri ve kaynak planlaması için önemli sonuçlar taşır.

<sup>3</sup>Bu desenlere teknik olarak telebağlantılar denir. Daha fazla bilgi şu adreste mevcuttur:

<https://www.weather.gov/fwd/teleconnections>.

<sup>4</sup>Örneğin, ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ENSO izleme portalına bakın: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ens0>.

### 1.3 Rüzgar enerjisi kapasite faktörü

Enerji sektörüyle ilgili iklim değişkenliğini anlamak için yararlı bir gösterge, belirli bir yıl için referans dönemiyle karşılaştırıldığında CF'deki (yüzdelerle anomaliler olarak ifade edilir) göreceli değişimdir. Küresel aylık rüzgar gücü CF, **Enerji için Hava Durumu (WfE)** IEA portalı,  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  mekansal çözünürlükte tek bir 100 m göbek yüksekliğindeki rüzgar türbini ve 100 m rüzgar hızı göz önünde bulundurularak hesaplanır (IEA; CMCC, 2023).<sup>5</sup>Daha sonra 2023 yılına ait aylık rüzgar enerjisi CF anomalileri, 1991–2020 referans döneminin aylık ortalamasına göre hesaplanır.

Tüm 2023 yılı boyunca ortalaması alındığında, yıllık rüzgar gücü CF anomalileri üretim potansiyelini etkileyen nispeten büyük değerler ve belirgin desenler ortaya koymaktadır (Şekil 1, üst). Örneğin, Güney Afrika, Doğu Asya (Çin dahil), Meksika ve Orta-Doğu Avrupa'da dikkate değer pozitif değişimler görülmektedir.<sup>6</sup>%4 ile %12 arasında değerlerle. Özellikle, 400 GW'ın üzerinde kurulu kara rüzgar gücü kapasitesine sahip Çin için CF'deki %4-%8'lik artış (küresel kapasitenin yaklaşık %40'ını temsil eder (IRENA, 2024a)), yaklaşık 65 TWh ek bir güç çıkışına dönüşen önemli bir güç çıkışı anlamına gelebilir<sup>7</sup>yıl boyunca (veya kişi başına günlük 130 Wh).

8

Öte yandan, birçok ülke rüzgar kaynaklarında azalmalar veya olumsuz değişimler gördü. Bu durum Güney Asya, Orta Doğu, Afrika Boynuzu ve Batı Afrika, Kuzey Amerika ve Kuzey Avrupa'daki birkaç ülke için geçerlidir. Özellikle, 40 GW'tan fazla kurulu kapasiteye sahip olan Hindistan için CF'deki %4-%8'lik azalma (ki bu Çin'in kurulu kapasitesinden çok daha küçüktür) yine de güç üretimi üzerinde önemli bir etkiye yol açabilir ve çıktıyı yaklaşık 7 TWh azaltabilir.

Ayrıca, anomalilerin 2023'te 2022'ye kıyasla nasıl evrimleştiğini karşılaştırmak da ilginçtir (Şekil 1, sırasıyla üst ve alt). Birçok durumda, anomalinin işareti iki yıl arasında tersine döndü. Bu değişim muhtemelen 2022'de La Niña'nın baskın olmasından ve 2023'te El Niño'ya geçişten kaynaklanmaktadır. Bu, Avustralya ve Somali, Etiyopya ve Kenya gibi Doğu Afrika ülkeleri gibi tipik olarak ENSO'dan etkilenen ülkelerde özellikle belirgindir. Ancak, bu değerler yıllık bir ortalamayı temsil ettiğinden ve her iki faz da 2023'te mevcut olduğundan, bu değişikliklerin daha yakından incelenmesi gerekir.

Bu nedenle, Haziran ve Kasım ayları dört göstergenin tümünü değerlendirmek için ayrı aylar olarak seçilmiştir. Ayrı aylara odaklanmanın bir diğer önemli nedeni, şebeke yönetimi, enerji depolama entegrasyonu, talep yanıt stratejileri ve bakımın genellikle yıllık dönemler yerine aylık dönemlerle uyumlu zamansal ölçeklerde gerçekleşmesidir. Dahası, aylık değişimler daha kısa dönemlerdeki daha büyük iklim değişkenliği nedeniyle yıllık ortalamalardan daha büyük olma eğilimindedir (yani, daha uzun ortalama dönemleri sinyali yumuşatma eğilimindedir). Aylık grafiklerde kullanılan değer aralığının yıllık grafiklerdeki aralığın iki katı olduğunu unutmayın.

Haziran 2023, 2022/2023 La Niña'dan 2023/2024 El Niño'ya geçişi işaret ediyor ve - bu tür geçişler için tipik olduğu üzere - ENSO'dan gelen iklim sinyali bu dönemde çok güçlü değil. 1991-2020 Haziran ortalamasına kıyasla değişiklikleri temsil eden Haziran 2023 rüzgar enerjisi CF anomalileri, belirgin negatif anomalilerle net bir mekansal dağılım gösteriyor

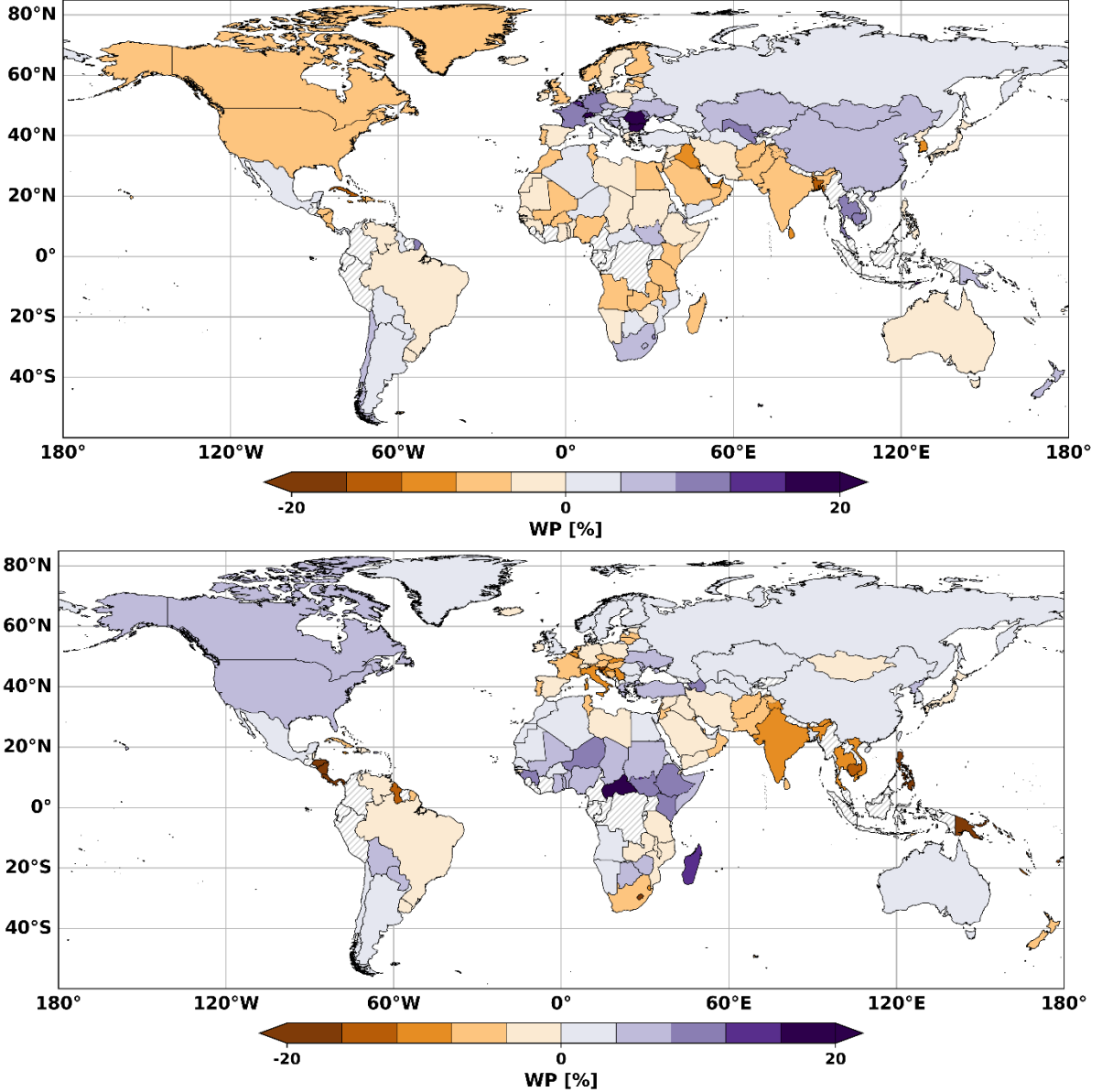
<sup>5</sup>Kullanılan rüzgar gücü dönüşüm modeli, çok çeşitli göbek yüksekliklerine sahip birçok farklı rüzgar türbini türü bulunduğu için oldukça basitleştirilmiştir. Buradaki basitleştirilmiş model, 2023 yılını 1991–2020 iklimsel dönemiyle karşılaştırmak ve belirli bir yıl için gerçek değerleri hesaplamak için tasarlanmamıştır. CF'si 0,1'den düşük olan şebeke noktalarının ülke ortalamalarında dikkate alınmadığını belirtmekte fayda vardır (ek ayrıntılar için Metodoloji bölümüne bakın).

<sup>6</sup>2023'te Avrupalıların anomalileri hakkında bir tartışma için ayrıca Avrupa İklim Durumu 2023'e bakınız: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2023/renewable-energy-resources>.

<sup>7</sup>Ortalama 0,3 CF ve %6'lık bir artış (4%-8% aralığının ortalaması) varsayıldığında.

<sup>8</sup>Çin'in nüfusunun 1,4 milyar olduğunu varsayarsak.

birçok bölge (Şekil 2, sol). Bu alanlar, Doğu ve Güney Afrika'nın çoğunu (Güney Afrika dikkate değer bir istisnadır), Orta Doğu'yu, Güney Amerika'nın çoğunu, Kuzey Amerika'yı, Güneydoğu Asya'yı, Avustralya'yı ve Avrupa'nın çoğunu içerir. Güney Afrika dışında, özellikle Batı Afrika'daki birkaç ülke dikkate değer bir pozitif anomali sergiler.



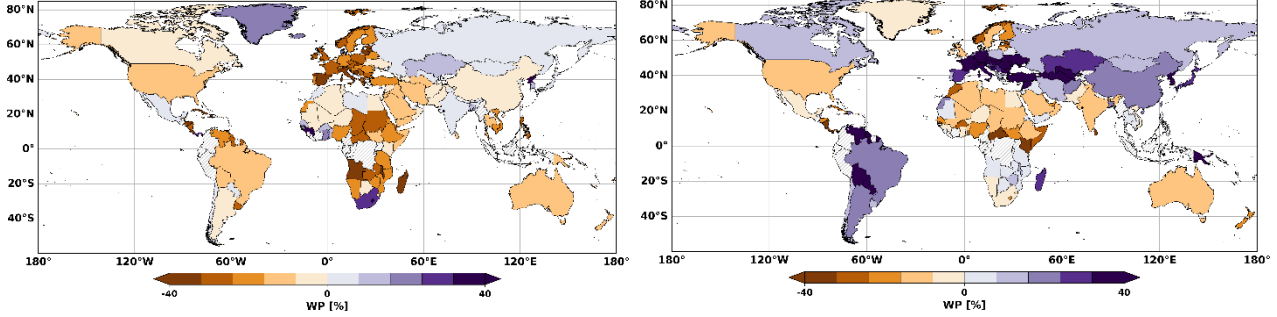
**Şekil 1. 2023 (üst) ve 2022 (alt) için rüzgar gücü (WP) kapasite faktörü yıllık ortalamasının (%) küresel anomalileri, 1991–2020 referans döneminin ortalamasına göre. Tarama, rüzgar gücü kapasite faktörlerinin hesaplanmasında yapılan varsayımlar nedeniyle veri bulunmayan ülkeleri göstermektedir (bkz. Metodoloji bölümü).**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

2023 yıllık ortalama anomalileri ile Haziran 2023'te gözlemlenen anomaliler arasındaki desende bazı benzerlikler olmasına rağmen, özellikle Doğu Afrika, Brezilya ve Avustralya'da, Haziran anomalilerinin büyüklüğünün belirgin şekilde daha belirgin olduğunu belirtmekte fayda var. Örneğin, Brezilya'da anomali yıllık ortalama negatif %0-%4 aralığından Haziran 2023'te negatif %8-%16 aralığına geçiyor.

Kasım 2023, özellikle Güney Amerika, Güney Afrika, Asya'nın büyük kısmı ve Avrupa'nın büyük bölümlerinde Haziran 2023'te gözlemlenen birçok anormalliğin tersine dönmesine tanıklık ediyor. Güney hariç

Afrika, bu bölgeler artık güçlü pozitif anomaliler sergiliyor, Brezilya ve Arjantin %16-%24 artışlar gösterirken Paraguay %32'yi aşıyor. Özellikle Çin ve Orta Asya'nın çoğu da güçlü pozitif anomaliler sergilerken Hindistan ve Pakistan negatif anomaliler sergiliyor. Özellikle komşu ülkeler arasındaki bu değişimler, Çin ve Orta Asya'daki "fazlalığın" Güney Asya'daki açıkları telafi etme potansiyeline sahip olduğu potansiyel güç dengelemesini gösteriyor.



**Şekil 2. Haziran (sol) ve Kasım (sağ) 2023'te rüzgar gücü (WP) kapasite faktörü yıllık ortalamasının (%) küresel anomalileri, 1991-2020 dönemindeki ilgili ayların ortalamasına göre. Değer aralığının yıllık ortalama aralığının iki katı olduğuna dikkat edin.**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

## 1.4 Güneş enerjisi kapasite faktörü

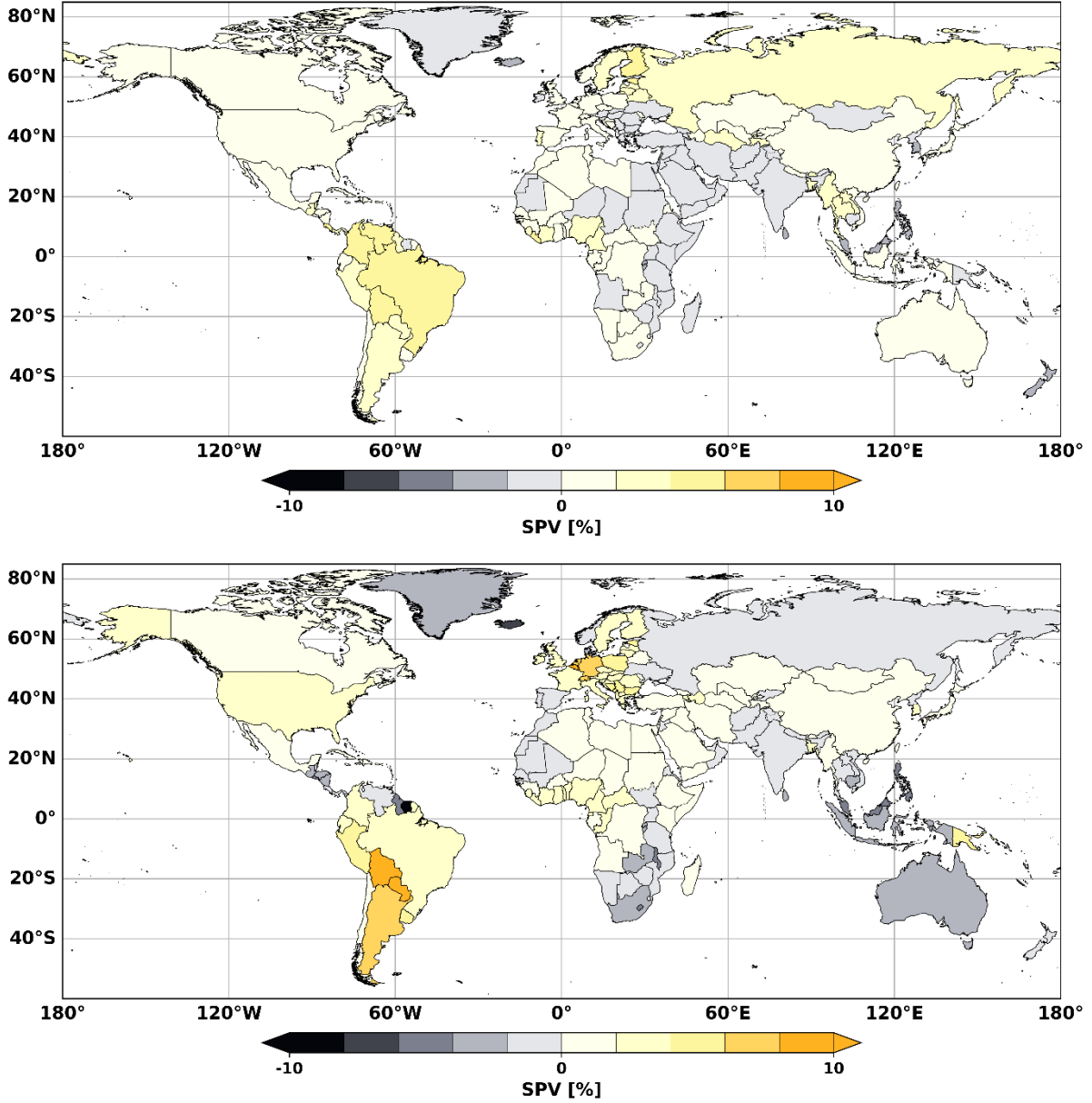
Güneş PV gücü CF, aynı zamanda güneş PV CF olarak da adlandırılır, küresel güneş ışınımının yanı sıra yüzeye yakın hava sıcaklığı ve 10 m rüzgar hızı nedeniyle oluşan verimlilik ayarlamalarını da hesaba katan basit bir formülasyon kullanılarak hesaplanır.<sup>9</sup>Bu yaklaşımın temel sınırlaması, coğrafi konumlar genelinde PV panelleri için sabit bir eğim açısı varsaymasıdır. Ancak, bu basitleştirme aşırı etkili değildir, çünkü burada odak noktamız mutlak CF değerlerinden ziyade göreceli varyasyonlardır.

2023'te 1991–2020 baz çizgisine göre güneş PV CF'deki küresel yıllık anomaliler Şekil 3'te (üst panel) gösterilmiştir. Özellikle, bu anomaliler rüzgar gücü CF'dekilerden daha küçük bir aralık göstermektedir (güneş PV CF için  $\pm\%10$ 'a karşı WP CF için  $\pm\%20$ ). Yıllık bazda, güneş PV CF değişimleri genellikle çoğu ülkede sifıra yakın,  $\pm\%2$  aralığında seyrederken, en önemli değişiklikler Güney Amerika'nın bazı bölgelerinde, Bolivya Çokuluslu Devleti, Kolombiya, Bolivarian Venezuela Cumhuriyeti ve Brezilya dahil olmak üzere gözlemlenen pozitif %4–%6 anomalidir. Özellikle 2023'te 37 GW kurulu kapasiteye sahip olan Brezilya için (IRENA, 2024a), bu artış ek 3 TWh'ye dönüşecektir<sup>10</sup>Yıllık enerji üretimi veya kişi başına günlük 37 Wh.<sup>11</sup>

<sup>9</sup>CF'si 0,1'den küçük olan grid noktalarının ülke ortalamalarında dikkate alınmadığını belirtmekte fayda var (ek ayrıntılar için Metodoloji bölümüne bakınız).

<sup>10</sup>Ortalama 0,18 CF ve %5 artış (4%-6% aralığının ortalaması) varsayıldığında.

<sup>11</sup>Brezilya'nın nüfusunun 215 milyon olduğu varsayıldığında.



**Şekil 3. 2023 (üst) ve 2022 (alt) için güneş fotovoltaik (SPV) güç kapasitesi faktörü yıllık ortalamasının küresel anomalileri (% olarak ifade edilmiştir), 1991-2020 referans döneminin ortalamasına göre.**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

Büyük ölçekli mekansal örüntüler güneş PV CF anomalilerinde de belirgindir. Örneğin, Güney Amerika'nın büyük bölümünde, Çin de dahil olmak üzere birkaç Güneydoğu Asya ülkesinde ve Batı Afrika'nın bazı bölgelerinde pozitif değişimler gözlemlenmektedir. Buna karşılık, negatif güneş PV CF anomalilerine sahip geniş bölgeler Doğu Afrika'dan Orta Doğu'ya ve Hindistan'a kadar uzanmaktadır. Negatif CF değişimleri Avrupa'nın çoğunda da görülmektedir. Doğu Afrika'da, özellikle Birleşik Tanzania Cumhuriyeti'nin kuzeyinde, güneş PV CF'deki azalmalar WP CF'deki benzer azalmalarla uyumludur (Şekil 1, üst). Bu, muhtemelen ENSO tarafından tetiklenen, hem güneş ışınımını hem de yüzeye yakın rüzgarları etkileyen artan kapalı koşullarla karakterize bir iklim örüntüsünü göstermektedir.

Elektrik üretimi açısından, hem rüzgar hem de güneş kaynakları için CF'de böylesine geniş, ancak mütevazı bölgesel düşüşler, kaynak sağlama gibi telafi edici stratejileri gerekli kılabilir.

alternatif üretim kaynaklarından elektrik üretilmesi veya komşu ülkelerden ithal edilmesi.<sup>12</sup>Örneğin, Doğu Afrika Güney Sudan'dan (hem rüzgar hem de güneş için) veya Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nden (DRC) ve Zambiya'dan güneş için elektrik ithal etmeyi düşünebilir; negatif CF değişimlerinin olduğu Asya bölgeleri ise Orta Asya'dan (örneğin Türkmenistan ve Özbekistan) veya komşu Pakistan'dan ithalat yapmayı değerlendirebilir; bunların hepsi CF değişimlerinin pozitif olduğu ülkelerdir.

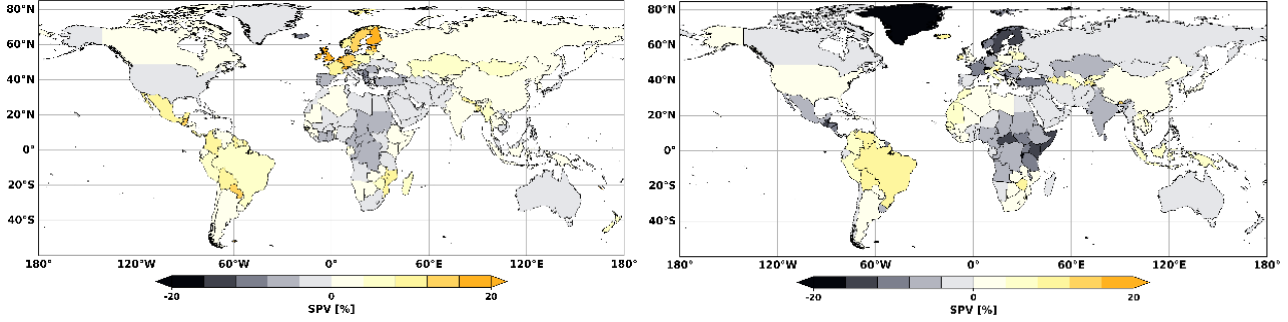
Bu değerlendirmelerin örnek niteliğinde olduğunu ve şunları tam olarak hesaba katmadığını belirtmek önemlidir: (i) kurulu kapasite veya iletim hattı kullanılabilirliği; (ii) gerçek CF (sağlanan rakamlar yalnızca göreceli değişiklikleri göstermektedir); (iii) alternatif kaynakların kullanılabilirliği (ayrıca Hidroelektrik vekil gösterge bölümüne bakın); ve (iv) özellikle günlük olmayan zaman ölçeklerinde yük dengeleme için kritik meteorolojik koşullar. Bununla birlikte, bu gözlemler, şebeke dayanıklılığını artırmak ve değişen koşullar arasında sınır ötesi güç akışlarını optimize etmek için iklim kaynaklı değişkenliği enerji politikasına ve planlamasına entegre etmenin önemini vurgulamaktadır.

2023 ve 2022'deki güneş PV CF desenleri arasında birkaç fark dikkat çekicidir (Şekil 3, sırasıyla üst ve alt). Bazı bölgelerde, CF değişimlerinin işaretleri, Kuzey Amerika, Rusya Federasyonu, Avustralya, Avrupa'nın çoğu ve Güneydoğu Asya gibi rüzgar CF'de olduğu gibi, iki yıl arasında tersine dönmüştür. Güney Amerika (örneğin, yıllık artışların %6'yı aştığı Çokuluslu Bolivya, Paraguay ve Arjantin Devletleri) ve Güney Afrika (Zambiya, Mozambik, Botsvana ve Güney Afrika'nın %2-4 oranında düşüş gösterdiği) gibi diğer bölgelerde, işaret aynı kalmıştır, ancak değişimin büyüklüğü 2022'de daha büyüktür. Bu farkın yine 2023'ün, iklim sinyallerinin birbirini dengeleme eğiliminde olduğu La Niña ve El Niño arasında bir geçiş yılı olmasından kaynaklanması muhtemeldir; 2022 ise La Niña'dan etkilenmiştir. Bu bölgeler, değişimin işaretinin değiştiği Avustralya, Doğu Afrika ve Güneydoğu Asya ile birlikte ENSO'dan en çok etkilenen bölgeler arasında yer alıyor.

Haziran 2023'te Orta ve Güney Amerika, Asya ve Avrupa'daki birçok ülke, 1991-2020 yılları arasındaki Haziran ortalamalarına kıyasla güneş PV CF'sinde pozitif bir anormallik yaşadı. Avrupa'daki bulgular, *Avrupa İklim Durumu 2023*, daha güneşli Güney Avrupa ülkeleri arasında CF'de göreceli bir düşüş gördü. Tersine, Afrika, Orta Doğu, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avustralya'daki geniş bölgeler aynı ay için negatif bir anormallik gösterdi ve birkaç Sahra Altı Afrika ülkesi %4-%8'lik düşümlere ulaştı. Rüzgar ve güneş enerjisi CF arasındaki dengeyi tekrar ele aldığımızda, dikkate değer bölgesel karşıtlıklar var. Örneğin, hem rüzgar hem de güneş CF'lerinin negatif olduğu Sahra Altı Afrika'nın geniş kesimlerinde elektrik üretiminde bir açık olması muhtemeldir. Böyle bir açık, zaten önemli güç kesintileriyle ve sınırlı veya hiç yedek kapasite olmadan karşı karşıya olan bir bölgede özellikle endişe verici olacaktır. Bunun aksine, Güney Amerika, negatif bir rüzgar enerjisi CF değişimini telafi eden güneş PV CF'sinde genel olarak pozitif bir değişimle telafi edici bir model göstermektedir.

Kasım ayında Mayıs ayına kıyasla güneş PV CF'de genel olarak daha güçlü değişimler gözlemleniyor, ancak bu değişimler iki ay arasında tutarlı bir işarete sahip olmuyor. Örneğin, Meksika, ABD, Kanada, Hindistan ve Rusya Federasyonu gibi büyük ülkeler anomalilerinin işaretlerinde tersine dönme sergiliyor. En çarpıcı değişimler, büyük ölçüde El Niño'nun etkisi nedeniyle Orta ve Doğu Afrika'da görülüyor ve IOD'nin eş zamanlı pozitif fazıyla daha da yoğunlaşıyor. Bu koşullar genellikle normalden daha yüksek yağış getirdikleri için su kaynakları için faydalı olsa da doğal olarak artan bulut örtüsüne de yol açıyor. Bu, güneş PV CF'de Somali, Kenya, Orta Afrika Cumhuriyeti ve Burundi'de %12 ila %16 ve Güney Sudan, Uganda ve Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti'nde %8 ila %12 arasında değişen önemli düşümlere neden oluyor.

<sup>12</sup>Sınır ötesi elektrik alışverişinin gerçek uygulanabilirliğinin ülke büyüklüğündeki farklılıklar, ülke içi farklılıklar ve iletim altyapısının mevcudiyeti gibi faktörlere bağlı olduğunu tekrar vurgulamak önemlidir.



**Şekil 4. Haziran (sol) ve Kasım (sağ) 2023'te güneş fotovoltaik (SPV) güç kapasitesi faktörü yıllık ortalamasının (%) küresel anomalileri, 1991-2020 dönemindeki aynı ayların ortalamasına göre. Değer aralığının yıllık ortalama aralığının iki katı olduğuna dikkat edin.**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

## 1.5 Hidroelektrik vekil göstergesi

Hidroelektrik göstergesi, belirli bir konumdaki yağış ve hidroelektrik santrallerinin kurulu kapasitesinin birleşimine dayalı bir vekil ile temsil edilir. Aylık yağış verileri yalnızca santrallerin bulunduğu alt ülke bölgeleri için dikkate alınır ve her santralin kurulu kapasitesi yağış verilerinin buna göre ağırlıklandırılmasında kullanılır. Kurulu kapasite ağırlıklı toplam yağış (IWP) olarak adlandırılan bu hidroelektrik göstergesi, aylık ölçekte kapasite ağırlıklı bir ülke ortalaması olarak hesaplanır. Gösterge, hedef aydan önceki iki ayı içeren üç aylık bir ortalamaya dayanır.<sup>13</sup> Şekil 5 (üstte), 1991–2020 dönemine göre 2023'te ortalama alınan IWP'yi göstermektedir. Büyük hidroelektrik santrali olmayan ülkeler, tarama ile işaretlendiği gibi göstergeden hariç tutulmuştur.

Yıllık ortalama bazda, IWP, özellikle Güney Amerika, Kuzey Amerika, Çin, Rusya Federasyonu, Güney Asya ve Avustralya'da, 1991-2020 dönemine kıyasla 2023'te yaygın azalmalar göstermektedir. Özellikle Sudan ve Namibya, %50'yi aşan azalmalar yaşamıştır, ancak bu rakamlar tipik olarak düşük yıllık yağış miktarları nedeniyle daha da yükselmiştir. Örneğin, Sudan, yaklaşık 250 mm'lik uzun vadeli bir ortalamaya kıyasla 2023'te sadece 100 mm'nin biraz üzerinde yağış alırken (ERA5 yeniden analiz verilerine göre (Hersbach vd., 2020)) Namibya, yaklaşık 350 mm'lik uzun vadeli bir ortalamaya kıyasla yaklaşık 200 mm yağış almıştır. Bu azalmaların önemli etkileri olabilir. Yaklaşık 1.500 MW kurulu hidroelektrik kapasitesine sahip olan Sudan, elektriğinin yaklaşık %70'ini hidroelektriğe dayandırmaktadır, ancak elektrik toplam enerji tüketiminin %10'undan daha azını oluşturmaktadır.<sup>14</sup> Bu enerji, 2023 yılında 48 milyona ulaşacağı tahmin edilen büyük ve hızla büyüyen bir nüfusu desteklemektedir. Buna karşılık, yaklaşık 350 MW'lık daha küçük bir hidroelektrik kapasitesine sahip olan Namibya, elektriğinin yaklaşık %60'ını hidroelektrikten üretmektedir ve bu da toplam enerji tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır.<sup>15</sup> Yaklaşık 2,5 milyonluk çok daha küçük bir nüfusa hizmet ediyor. Bu arada, Güney Afrika ülkeleri, Şili, Hindistan, Tacikistan, Özbekistan ve Avrupa ülkelerinin çoğu da dahil olmak üzere birkaç ülke pozitif IWP varyasyonları sergiliyor.

2023 ile 2022'nin karşılaştırılması, Avustralya, Güney ve Doğu Afrika, Orta ve Güney Amerika ve Orta Avrupa gibi bölgelerde, değişen ENSO'yu yansıtan önemli değişiklikleri ortaya koyuyor

<sup>13</sup>Bu vekil göstergenin seçimi, kapsanan dönem (1991–2023) için güç üretimine ilişkin homojen veri kümelerinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır; bu da örneğin şu şekilde yapıldığı gibi bir güç - veya hatta su girişi - veri modelinin (genellikle istatistiksel bir model) uygulanmasını engellemektedir:

<https://doi.org/10.3390/en13071786>. Metodoloji bölümünde daha fazla ayrıntı mevcuttur. İklim değişkenlerinden türetilen herhangi bir hidroelektrik göstergesinin, hidroelektrik üretiminin rezervuar yönetimi uygulamaları, operasyonel kısıtlamalar, altyapı kapasitesi ve sedimentasyon gibi çok sayıda başka faktörden etkilenmesi nedeniyle içsel sınırlamalara sahip olduğunu belirtmekte fayda vardır.

<sup>14</sup><https://www.iea.org/countries/sudan>

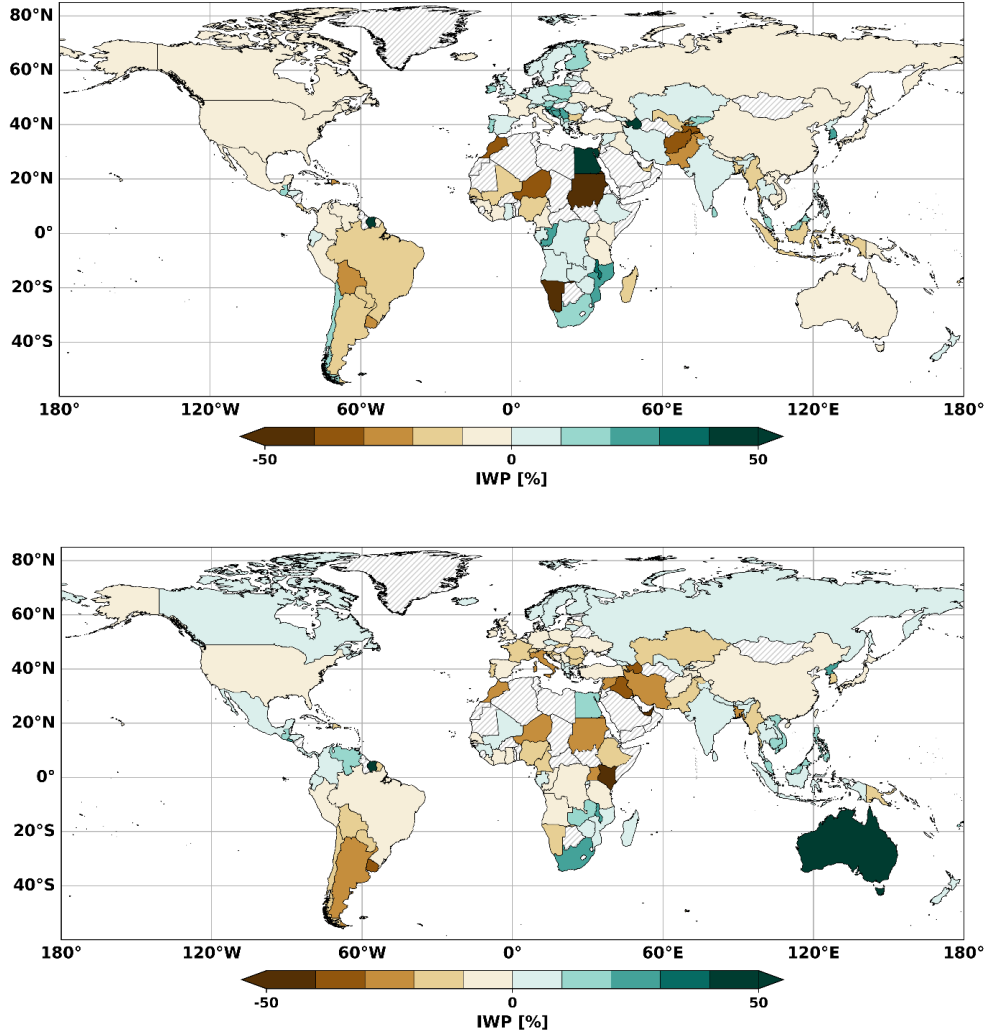
<sup>15</sup><https://www.iea.org/countries/namibia>



desen (Şekil 5). Bu nedenle, güneş PV CF'ye benzer şekilde, küresel ENSO etkisi IWP'de de belirgindir. Bu ENSO deseni, Haziran ve Kasım 2023 gibi ayrı aylar incelendiğinde özellikle belirgindir (sırasıyla Şekil 6, solda ve sağda). Özellikle, Haziran 2023'te Avustralya ve Güney Afrika'da pozitif bir IWP değişimi gözlemlenmiştir (bunun yalnızca o belirli ayın yağışını değil, önceki üç ayın ortalamasını temsil ettiğini hatırlayın), bu bir La Niña deseninin tipik bir örneğidir, ancak bu Kasım 2023'te negatif bir anomalije dönüşür. Tersine, birçok ülke Haziran'daki negatif anomalilerden Kasım'daki pozitif anomalilere, özellikle Güneydoğu Afrika'daki ülkeler ve Güney ve Batı Güney Amerika dahil olmak üzere El Niño'dan etkilenen tropikal bölgelerde bir kayma göstermektedir. Ayrıca, Kazakistan, Rusya Federasyonu, Çin ve Avrupa'nın birçok ülkesi gibi tropikal olmayan ülkeler negatiften pozitive değişmektedir.

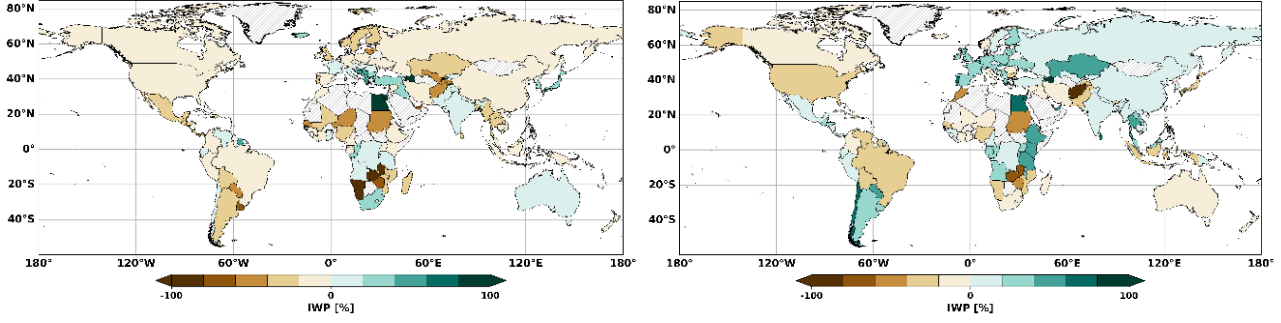
Özellikle, kurulu hidroelektrik kapasitesi 7,5 GW olan Şili'de %60-80, Etiyopya'da (kurulu 5 GW), Kenya'da (kurulu 850 MW) ve Birleşik Tanzania Cumhuriyeti'nde (kurulu 600 MW olduğu bildirilmiş ancak yakın zamanda kapasitesi 2 GW'ı aşan büyük Julius Nyerere Hidroelektrik Santrali eklenmiştir) %40-60 oranında önemli artışlar görülmektedir.

Küresel Su İzleme Raporu 2023 özet raporu (Van Dijk ve diğerleri, 2024) ve Küresel Kuraklık Görüntüsü 2023 (UNCCD, 2024), sırasıyla su kaynaklarının mevcudiyeti ve kuraklıklar hakkında ek yararlı referanslar sunmaktadır.



**Şekil 5. 2023 (üst) ve 2022 (alt) için hidroelektrik vekil yıllık ortalamasının küresel anomalileri (% olarak ifade edilmiştir) 1991-2020 referans döneminin ortalamasına göre. Tarama, bu vekilin hesaplanmasında yapılan varsayımlar nedeniyle veri bulunmayan ülkeleri göstermektedir (bkz. Metodoloji bölümü).**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*



**Şekil 6. Haziran (sol) ve Kasım (sağ) 2023'teki hidroelektrik vekil yıllık ortalamasının küresel anomalileri (% olarak ifade edilmiştir) 1991-2020 dönemindeki ilgili ayların ortalamasına göre. Değer aralığının yıllık ortalama aralığının iki katı olduğuna dikkat edin.**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

## 1.6 Enerji talebi vekil göstergesi

Enerji talebi göstergesi, yaygın olarak kullanılan iki göstergeye dayalı bir vekil ile temsil edilir: soğutma derece günleri (CDD'ler) ve ısıtma derece günleri (HDD'ler).<sup>16</sup> Genellikle, bu göstergeler farklı gereksinimleri, yani sırasıyla soğutma ve ısıtma ihtiyacını ele aldıklarından ayrı ayrı kullanılır. Ancak, enerji talebi göstergesinin sunumunu kolaylaştırmak için enerji derecesi günlerini (EDD'ler) CDD'ler ve HDD'lerin toplamı olarak tanımlamak da mümkündür.<sup>17</sup> (IPCC, 2021, 2022a; Spinoni ve diğerleri, 2018). Doğal olarak, CDD'ler ve HDD'ler (ve dolayısıyla EDD'ler) elektriğin tüm kullanımlarını (örneğin, sanayi, tarım ve ulaşım) kapsamaz çünkü bunlar insan konforuna daha uygundur (konut veya ticari binalarda ısıtma/soğutma). Dahası, elektrik talebini daha genel enerji talebinden (örneğin, gaz dahil) ayırmazlar. Ancak, enerji gereksinimleri hakkında bir gösterge sağlarlar ve hesaplanması da kolaydır; bu nedenle IEA tarafından da dahil olmak üzere yaygın olarak kullanılırlar [WfE verileri](#).

2023 EDD değişimleri, enerji talebinde önemli azalmalar olan önemli bölgesel kümeleri ortaya koyuyor. Örneğin, Avrupa, Kanada ve Yeni Zelanda'nın büyük bir kısmı en az %12'lik azalmalar yaşadı (Şekil 7, üst). Özellikle, Kanada 2023'te yaklaşık 310 EDD kaydetti; bu, yaklaşık 360 olan 30 yıllık 1991-2020 ortalamasına kıyasla. Bu durumda, HDD'ler (2023'te daha ılıman sıcaklıklarla birlikte bir azalma gördü) EDD'lerin çoğunu oluştururken, CDD'ler yalnızca yaklaşık 2'sini oluşturuyor. Ek olarak, Rusya Federasyonu (%8'den %12'ye) ve ABD (%12'den %16'ya) gibi diğer ekstrapotikal ülkeler (30° enleminin kutuplarına doğru) de önemli azalmalar gösteriyor. Bu önemli değişimler yine büyük ölçüde HDD bileşenindeki azalmalara atfediliyor; çünkü özellikle antropojenik küresel ısınmanın yönlendirdiği 2023'teki daha ılıman sıcaklıklar, daha soğuk aylarda ısıtma gereksinimlerini azalttı. Çin, Meksika, Güney Afrika ve Avustralya gibi ülkelerde daha ılımlı düşüşler görülüyor.

<sup>16</sup>HDD'ler, ısıtma ihtiyacını çıkarmak için dış ortam sıcaklığını ve ortalama oda sıcaklığını dikkate alarak genellikle bir ay olmak üzere belirli bir zaman dilimindeki soğukluk seviyesini değerlendirir (tersine, CDD'ler soğutma ihtiyacını çıkarmak için ısı seviyesini değerlendirir). Hidroelektrik göstergesine benzer şekilde, HDD ve CDD, 1991–2020 baz dönemini kapsayan çoğu ülke için aylık çözünürlükte enerji talebi verilerinin seyrekliği ve farklılığı nedeniyle kullanılır. CDD ve HDD'nin çeşitli sürümleri mevcuttur. Daha fazla ayrıntı Metodoloji bölümünde mevcuttur. Bireysel küresel ızgaralı CDD ve HDD verileri ERA5 yeniden analizine dayanmaktadır.

<sup>17</sup>EDD'lerle ilgili temel zorluk, soğutmanın ısıtmadan kaynaklanan etkisini ayırmanın zor olabilmesidir; her ne kadar genel olarak soğutma düşük-orta enlemlerde (ve yaz aylarında) ve ısıtma orta-yüksek enlemlerde (ve kış aylarında) daha belirgin olsa da.

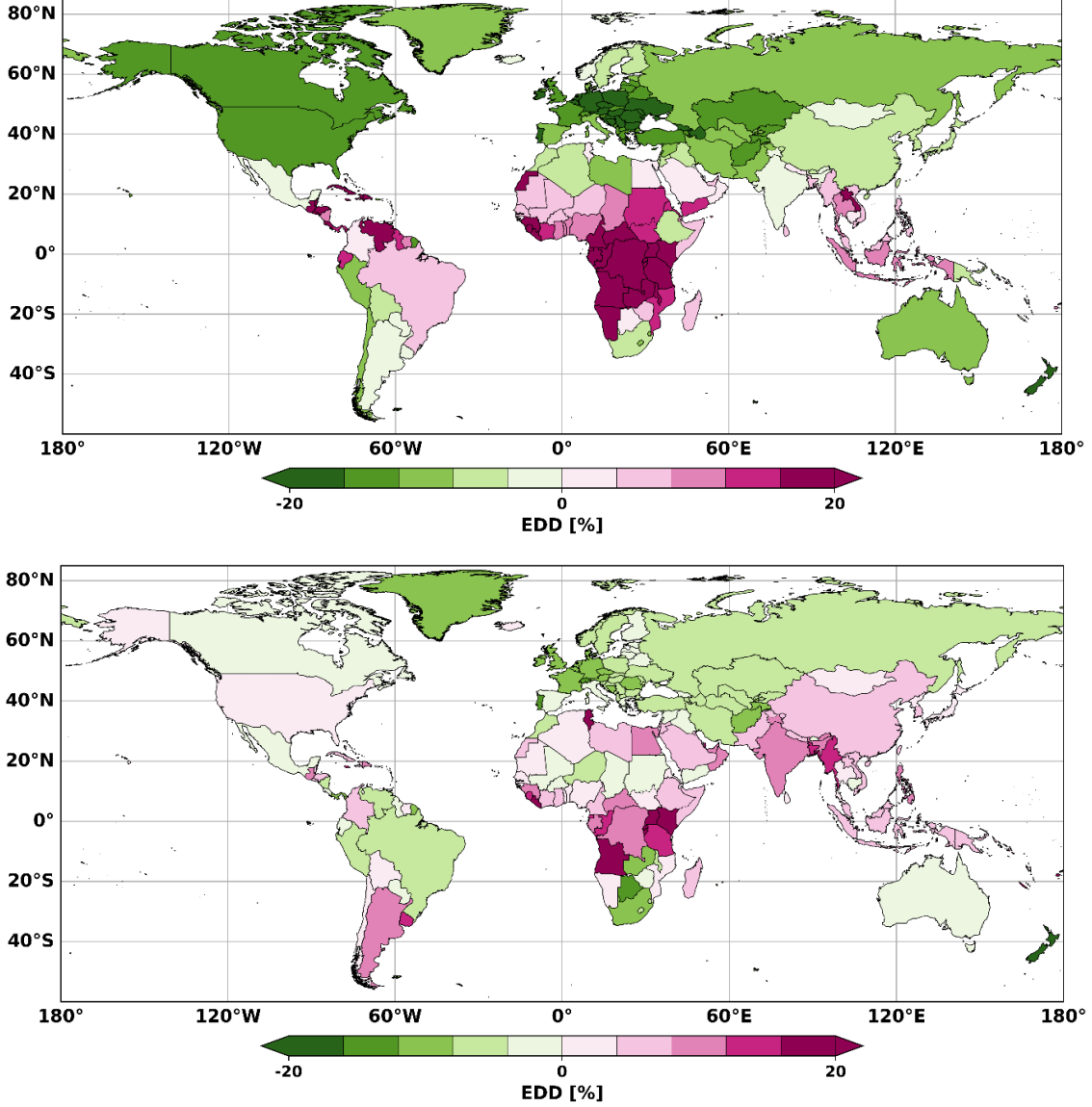
EDD'lerde, özellikle Sahra Altı Afrika ve Orta Amerika'nın büyük bir bölümünde ve daha genel olarak tropikal bölgenin çoğunda kayda değer olumlu değişimler de var. Örneğin, DRC'de EDD'lerde yaklaşık %24'lük bir artış var, bu da 30 yıllık 67'lik ortalamaya göre 16'lık bir artışa denk geliyor. Bu artış, HDD'ler DRC için sifıra yakın kaldığından, esas olarak yalnızca CDD'ler tarafından yönlendiriliyor. Bu değişimler yine 2023'te yaşanan olağanüstü yüksek küresel sıcaklıkları yansıtıyor.

2022'deki EDD'ler, yukarıda vurgulanan nedenlerden dolayı yüksek enlemlerde azalmalar ve düşük enlemlerde artışlar ile 2023'tekine benzer bir örüntü gösterdi (Şekil 7, alt). Ancak, 2023'teki daha yüksek sıcaklıklar bu EDD değişikliklerini önemli ölçüde artırdı. Bu değişikliklerin enerji tüketimi üzerinde doğrudan etkileri vardır ve daha yüksek enlemlerde daha soğuk aylarda ısıtma için gaza ve bazı durumlarda elektrığe (Fransa'daki gibi) olan talebin azalmasına ve orta ila düşük enlem bölgelerinde soğutma için elektrik talebinin artmasına neden olur. Bu değişiklikleri karşılık gelen bir enerji tedarikiyle dengelemek, özellikle büyük yıllık dalgalanmalar ve uzun vadeli değişiklikler koşulları altında zor olabilir.

HDD'lerdeki azalma, Haziran 2023'te daha yüksek enlemlerde EDD'lerde bir azalma olarak da görülüyor (Şekil 8, sol). Örneğin, Zimbabve ve Botsvana'da, sırasıyla 50 ve 90 EDD'lik uzun vadeli ortalamalarından yaklaşık 40 EDD'lik azalmalar var. Her iki durumda da, bu farklılıklar neredeyse tamamen HDD'lerdeki azalmalardan kaynaklanıyor ve bu da bu güney yarımküre ülkelerindeki daha ılıman kış mevsimini yansıtıyor. Kuzey yarımkürede bile, EDD'lerdeki azalma benzer şekilde daha düşük HDD'lerden kaynaklanıyor. Örneğin Fransa'da, HDD'lerde ortalama 30'un üzerinde EDD'den sadece 3'e önemli bir düşüş yaşandı. Tersine, Çin'de ve daha da büyük ölçüde Meksika'da gözlemlenen EDD'lerdeki artışlar, öncelikle CDD'lerdeki belirgin artışlardan kaynaklanmaktadır. Çin'de 110'luk bazdan yaklaşık 20 CDD'lik bir artış görülürken, Meksika'da yaklaşık 80'lik bazdan yaklaşık 35 CDD'lik bir artış yaşandı.

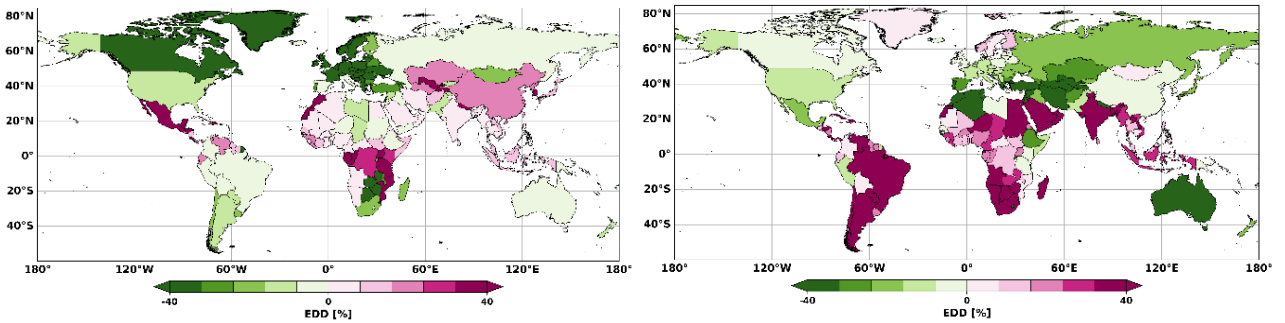
Kasım 2023 değişimleri Haziran 2023'te gözlemlenenlerden önemli ölçüde daha güçlü ve yıllık 2023 örüntüsüyle uyumludur (Şekil 8, sağ). Çoğu tropikal olmayan kuzey yarımküre ülkesi, daha ılıman sonbahar sıcaklıklarının neden olduğu HDD'lerdeki düşüş nedeniyle EDD'lerde bir azalma yaşadı. İskandinavya bir istisnayı ve normalden biraz daha soğuk sıcaklıklar EDD'lerde bir artışa yol açtı. Örneğin Finlandiya, EDD'lerinin (bu durumda HDD'lere eşdeğer) yaklaşık 530 EDD'lik bir temel değerden yaklaşık 575'e sadece %8'in biraz üzerinde arttığını gördü.

Güney yarımkürede, yaygın sıcak koşullar, esas olarak daha sıcak bir yaz mevsimi nedeniyle daha yüksek CDD'lerden kaynaklanan EDD'lerin artmasına neden oldu. Örneğin, Brezilya'nın EDD'leri, neredeyse tamamen CDD'lerdeki artıştan kaynaklanan 90'dan 130'a yaklaşık %45 arttı (HDD'ler Kasım ayında minimumdur, yaklaşık 1 veya daha azdır). Bu eğilimin istisnaları, olgunlaşan bir El Niño evresinin etkilediği daha yüksek bulutlu koşulların EDD'lerde bir azalmaya yol açtığı Doğu Afrika ve Avustralya'da görüldü. Avustralya'da, EDD sayısı, önceki örneklerden daha karmaşık bir değişimi yansıtarak, uzun vadeli 50 ortalamadan 33'e düşerek %34 oranında azaldı. Bu azalma, HDD'lerde (yaklaşık 30'dan 17'ye) ve CDD'lerde (20'den 16'ya) bir azalmanın birleşimini yansıtarak, bu büyük ülke genelindeki çeşitli iklim tepkilerini vurgulamaktadır.



Şekil 7. 2023 (üst) ve 2022 (alt) için enerji talebi vekilinin (enerji derecesi günleri (EDD)) yıllık ortalamasının (%) 1991–2020 referans döneminin ortalamasına göre küresel anomalileri.

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



Şekil 8. Enerji talebi vekilinin küresel anomalileri (enerji derecesi günleri (EDD'ler)) Haziran (sol), Kasım (sağ) 2023'teki yıllık ortalama (% olarak ifade edilmiştir) değerlerinin 1991-2020 dönemindeki ortalama karşılık gelen aylarına göre dağılımı. Değer aralığının yıllık ortalama aralığının iki katı olduğuna dikkat edin.

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

## 2 Bölgesel bakış açısı

Dört enerji göstergesindeki değişkenlik ve değişimlerin daha ayrıntılı bir değerlendirmesi, üç kıtanın seçilmiş kısımları için bölgesel düzeyde yürütülmektedir: Afrika, Asya ve Güney Amerika. Her bölgede, sunumda netlik sağlamak için seçimler sınırlı tutularak dört komşu ülke seçilmiştir. Her enerji göstergesi için 1991–2020 iklim bilimi dönemindeki ilgili ayla karşılaştırıldığında 2023'teki aylık değişimler çizilmiştir. Bu yaklaşım görsel olarak şunları vurgular:

- (1) Aylık değişkenlik, yıl içerisinde özellikle anormal veya normale yakın dönemler gibi özelliklere dikkat çekiyor;
- (2) Referans dönemindeki 30 yılın her birine kıyasla 2023 değişiklikleri, keman grafikleri aracılığıyla gösterilmektedir;
- (3) Enerji talebiyle ilişkili olarak, bitişik istiflenmiş parsellerde dört enerji göstergesinin karşılaştırılmasıyla gözlemlenebilecek enerji arzındaki potansiyel fazlalıklar, açıklar veya telafiler.

Bu yıllık içi aylık değişimlerin, önceki bölümlerde ele alınan enerji göstergelerinin yıllık ortalamalarıyla doğrudan örtüşmeyebileceğini belirtmek önemlidir. Bu fark, şunlardan kaynaklanır: (i) keman grafiklerindeki aylık değerler, önceki bölümde gösterilen ortalamalar yerine medyanı yansıtır ve (ii) ortalama yıllık değişimler, bireysel aylık değişimlerin hesaplanan ortalamalarından görsel olarak farklıdır.

Ülkeler, farklı enerji üretim türleri arasında güç dengeleme hususları için önemli olan güç iletim hatları üzerinden potansiyel veya gerçek bağlantıyı kolaylaştırmak amacıyla birbirlerine yakınlıklarına göre seçildi. Bu tür hususlar, bu analizde aylık bazda talebi tutarlı bir şekilde karşılamak için üretim türleri ve ülkeler arasında enerji planlaması için bir temel sağlar. Bu nedenle, enerji yönetimini optimize etmek için enerji göstergelerinin, zamanın (ay) ve ülkenin üç boyutlu alanını dikkate almak önemlidir. Ancak, burada sunulan enerji sisteminin basitleştirilmiş temsilini bir kenara bırakarak, potansiyel enerji kaynağı dengelemesinin ayrıntılı bir değerlendirmesi, gerçek talep, üretim veya kurulu yenilenebilir enerji (YE) kapasitesi yerine kapasite faktörlerindeki (CF) veya vekil göstergelerdeki göreceli değişikliklere odaklandığı için bu yayının kapsamı dışındadır. Bu nedenle, güç dengeleme tartışması büyük ölçüde nitel kalır ve daha fazla analiz için bir teşvik görevi görür.

### 2.1 Afrika

Afrika için, Güney Afrika Kalkınma Topluluğu'ndaki (SADC) dört ülke daha derinlemesine analiz için seçildi (Şekil 9): Mozambik (yeşil), Birleşik Tanzania Cumhuriyeti (sarı), Malavi (kırmızı) ve Zambiya (mavi). Bu ülkeler ayrıca Güney Afrika Güç Havuzu'nun (SAPP) bir parçasıdır ve Birleşik Tanzania Cumhuriyeti de Doğu Afrika Güç Havuzu'nun bir parçasıdır.

Şekil 9, çok sayıda yorum katmanının söz konusu olması nedeniyle pratik uygulamalara ilişkin yalnızca genel göstergeler verilebileceğini belirterek, kısaca tartışacağımız kapsamlı bilgileri özetlemektedir. Esasen, Şekil 9, bu ülkeler için 2023 yılında aylara göre dört enerji göstergesini sunmaktadır. 2023 yıllık ortalama değişimlerine geri dönersek, bu dört ülke şu davranışı sergilemektedir: rüzgar gücü CF değişimi, Mozambik hariç, ortalama olarak negatiftir (Şekil 1, üst); güneş fotovoltaik (PV) CF değişimi, Zambiya'da hafif pozitif bir değişimle marjinal olarak negatiftir (Şekil 3, üst); hidroelektrik vekilinin değişimi, Tanzania Birleşik Cumhuriyeti hariç, pozitifdir (Şekil 5, üst); ve enerji talebi sapması, Malavi ve Tanzania Birleşik Cumhuriyeti için özellikle güçlü pozitif değerlerle pozitifdir (Şekil 7, üst).

### Aylık değişimler ve desenler

Aylık değişimler, yıllık ortalamalarda veya daha önce incelenen belirli aylarda (Haziran ve Kasım) belirgin olmayan kalıpları ortaya koymaktadır. Örneğin, Zambiya'nın Ocak 2023'teki güneş PV CF'si, dağılımın maksimum değerinin negatif olması (tüm keman grafiğinin sıfırın altında olmasıyla gösterilmiştir) ve 30 referans yılından herhangi biriyle karşılaştırıldığında %30'u aşan azalmalarla belirgin şekilde düşüktü. Bu arada, Mozambik ve Birleşik Tanzania Cumhuriyeti, aynı ay için yalnızca birkaç yüzde oranında da olsa pozitif olan medyan değerler gösterdi. Ocak 2023, bu bölgede tipik olarak belirgin bir telebağlantı kalıbı üreten La Niña koşullarıyla çakıştı. Bu kalıp, güney Birleşik Tanzania Cumhuriyeti ve kuzey Malavi etrafında bir geçiş bölgesi olan iki kutuplu bir şekil ile karakterize edilir. Genellikle Birleşik Tanzania Cumhuriyeti ve Zambiya için zıt sinyallerle sonuçlanırken, daha küçük ve geçiş bölgesinde yer alan Malavi daha yüksek değişkenlik gösterir. Benzer bir örüntü Kasım ve Aralık aylarında El Niño evresinde gözlemlenir, burada Birleşik Tanzania Cumhuriyeti ve Zambiya'dan gelen sinyaller Ocak ayına kıyasla tersine döner. Ancak Şubat ayı beklenen La Niña etkisinden biraz farklıdır.

### Kasım ve Aralık aylarında enerji göstergelerinin dengelenmesi

El Niño'dan etkilenen iki ay olan Kasım ve Aralık aylarına odaklanmak, tüm göstergeler arasında ülkeler arası dengeye dair fikir verir. Tanzania Birleşik Cumhuriyeti için, rüzgar enerjisi CF'si Kasım ayında normale yakındı ancak Aralık ayında normalden önemli ölçüde düşüktü ve bu da güneş PV CF'sindeki azalmaları telafi etmek için yetersizdi. Ancak, hidroelektrik göstergesi El Niño sırasında artan yağışla tutarlı olarak normalden yüksekti. Tanzania Birleşik Cumhuriyeti'nin yaklaşık 2.600 MW'lık (Julius Nyerere Hidroelektrik Santrali dahil) büyük kurulu hidroelektrik kapasitesiyle, bu kaynaktan üretim, rüzgar ve güneş enerjisinin katkılarını telafi edebilir (sırasıyla 2 MW ve 20 MW ile şu anda asgari düzeyde olsalar da (IRENA, 2024a)). Bu, Kasım ayında normalden biraz daha düşük talep (EDD) ve Aralık ayında normalden biraz daha yüksek talep zemininde meydana geliyor.

### Bölgesel dinamikler ve güç dengesi

Kasım ayında talep normale yakındı ancak Aralık ayında Malavi ve Zambiya için istisnai olarak yüksekti ve 2023 değerleri Zambiya için referans dönemindeki herhangi bir yılın değerlerini aştı. Malavi'nin hidroelektrik göstergesi Kasım ayında pozitif anomaliler gösterirken, Zambiya ve Malavi'de hidroelektrik göstergesi Aralık ayında önemli ölçüde negatifti ve bu da talebi karşılama zorluğunu daha da kötüleştirdi. Artan talebi karşılamak için elektrik şu kaynaklardan sağlanabilirdi:

- **Güneş enerjisi:** Zambiya'da hem Kasım hem de Aralık aylarında normalden yüksek güneş PV CF değerleri görülürken, Malavi'de güneş PV CF değeri Aralık ayında normalden yüksekti.
- **Rüzgar enerjisi:** Genel olarak her üç ülke de her iki ayda da normalin üzerinde rüzgar enerjisi santralleri yaşadı.
- **Hidroelektrik:** Birleşik Tanzania Cumhuriyeti'nin olumlu hidroelektrik anomalisi, iletim bağlantısı izin verirse, komşu ülkelerdeki açıkları telafi edebilir.

Bu aylık değişimler, enerji arz göstergeleri ile talep arasındaki karmaşık etkileşimi vurgular. Büyük ölçüde nitel nitelikte olsa da, bu analiz bölgesel enerji planlamasının, özellikle sınırlar arasında RE kaynaklarını dengeleme ve değişen iklim koşulları altında arz-talep dinamiklerini yönetmedeki önemini vurgular.

## 2.2 Asya

Asya için Orta Doğu'daki dört komşu ülke seçildi (Şekil 10): Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) (yeşil), Katar (sarı), Umman (kırmızı) ve Yemen (mavi). 2023 yıllık ortalama değişimlerine göre, rüzgar gücü CF anomalisi Yemen hariç bölge genelinde genel olarak negatifti (Şekil 1, üst). Güneş PV CF anomalisi tüm ülkeler için marjinal olarak negatifti (Şekil 3, üst), sadece BAE için mevcut olan hidroelektrik vekil anomalisi ise negatifti (Şekil 5, üst). EDD sapması tüm ülkeler için pozitif, Yemen özellikle yüksek değerler gösteriyordu (Şekil 7, üst).

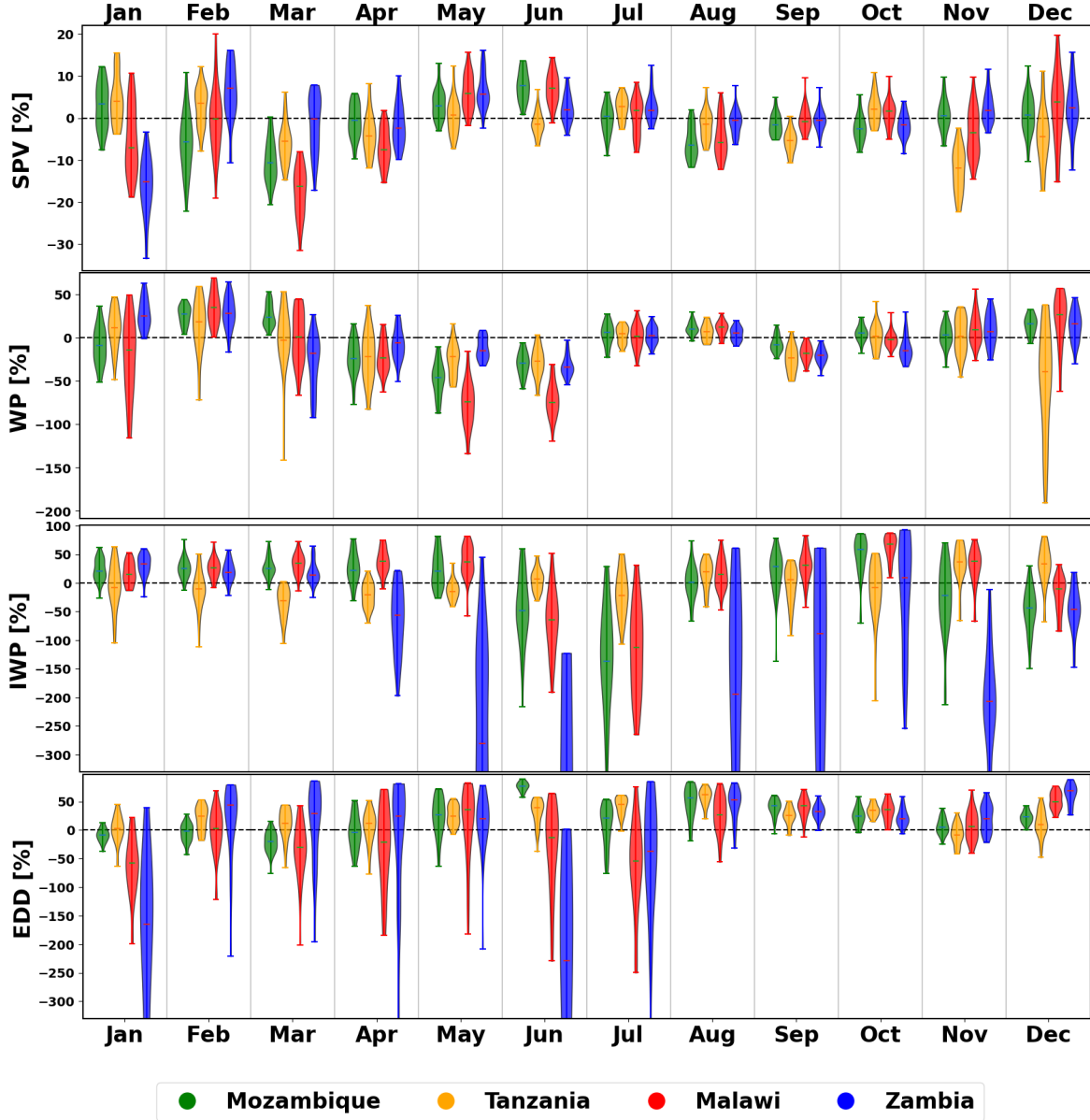
### Yıllık değişkenlik ve iklimsel etkiler

Ocak ayında önemli talep değişkenliği gözlemlendi ve Umman hariç tüm ülkeler referans dönemine kıyasla büyük dalgalanmalar gösterdi (Şekil 10, alt). Bazı durumlarda çizilen alanın ötesine uzanan keman grafiklerinin oldukça dikdörtgen şekilleri bu değişkenliği vurgulamaktadır. Bu değişiklikler öncelikle Ocak 2023 için alışılmadık derecede düşük EDD değerlerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, Katar'ın EDD'leri ortalama 25'ten neredeyse sıfıra düştü ve BAE de ortalama 8,5'ten neredeyse sıfıra benzer bir düşüş yaşadı. Buna karşılık Umman, 8,5'ten 4'e daha mütevazı bir düşüş gösterdi. Bu düşüşler, nominal HDD'leri önemli ölçüde azaltan ortalamadan daha yüksek sıcaklıklara atfedilebilir. Küresel olarak standartlaştırılmış HDD eşikleri, yerel iklim koşullarını tam olarak hesaba katmayabilir ve bu da bölgeye özgü analizlerin önemini vurgular. Bu yüzdelerik değişiklikler dikkate değer olsa da, altta yatan itici güçleri ve etkilerini daha iyi anlamak için daha derin bir inceleme gerekmektedir.

### Talep ve yenilenebilir enerji göstergeleri arasındaki ilişkiler

Kasım ve Aralık ayları, bu bölge için bile enerji talebi ile yenilenebilir enerji üretimi arasında kayda değer bağlantılar olduğunu, yükselen talebin tarihsel ortalamalardan saptığını vurguladı. Katar'da, Aralık ayına ait EDD'ler ortalama 8'den sıfıra düştü ve Şekil 10'daki karşılık gelen keman grafiğinin yokluğuyla gösterildiği gibi, oran tabanlı analizleri belirsiz hale getirdi.

Artan talebe karşı, analiz edilen dört ülke genelinde rüzgar ve güneş enerjisi göstergeleri büyük ölçüde negatifti. Ancak, Yemen Aralık ayında güneş PV çıktısında hafif bir pozitif değişim yaşadı, bu da artan yerel talebi kısmen karşılayabilirdi ancak muhtemelen ihracat potansiyelini desteklemede yetersiz kalacaktır.

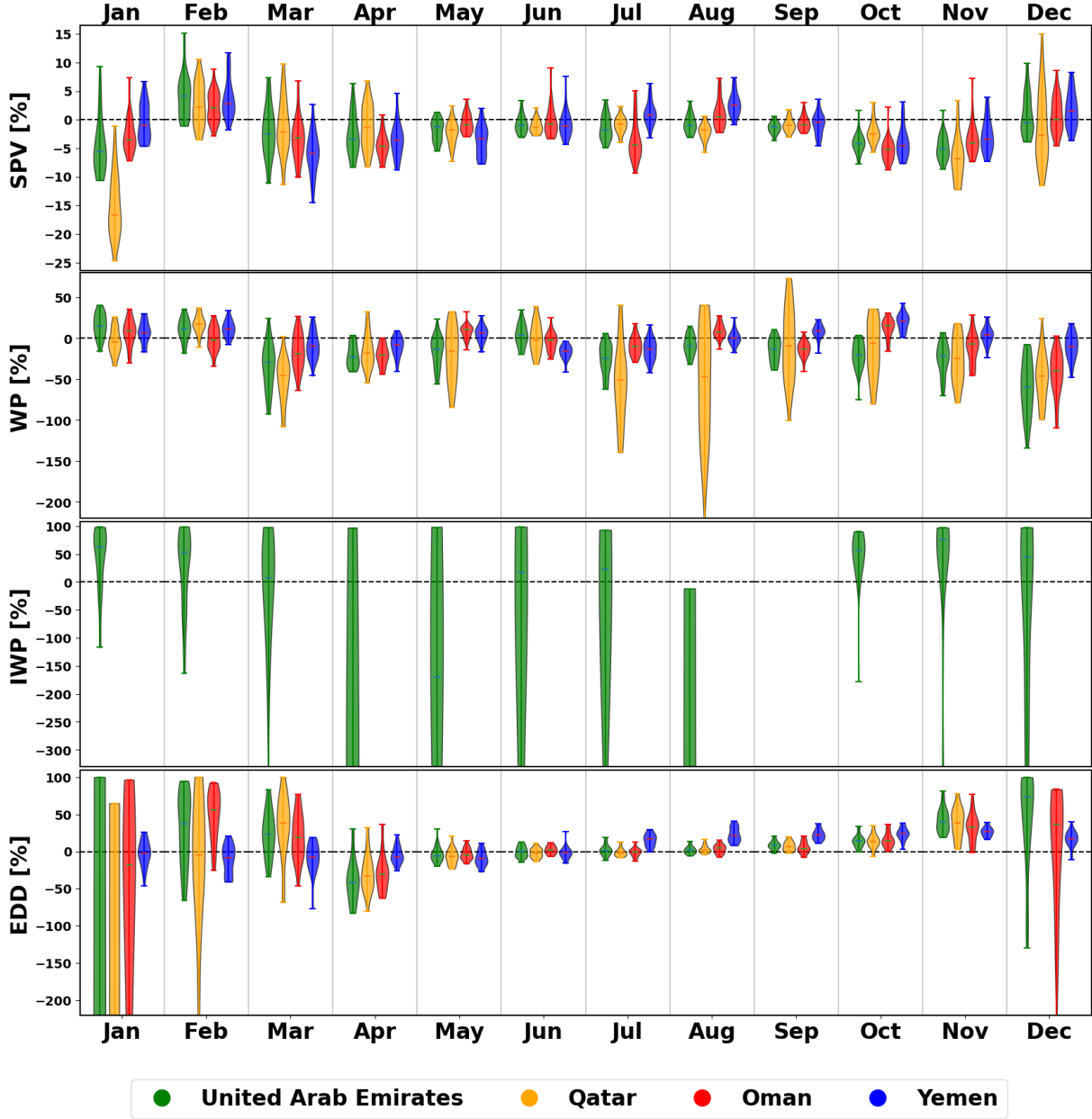


Şekil 9. Dört enerji göstergesi - güneş PV kapasite faktörü (SPV), rüzgar gücü (WP) kapasite faktörü, kurulu kapasite ağırlıklı toplam yağış (IWP) (hidroelektrik vekili) ve enerji derece günleri (EDD) (enerji talebi vekili) - 2023 yılı için Afrika'daki dört ülkede ay bazında gösterilmektedir. Viyolonsel grafikleri, 2023 yılında her ay için yüzdelik değişim aralığını, 1991-2020 referans dönemindeki ilgili aya kıyasla göstermektedir (her viyolonsel 30 değerden oluşmaktadır). 30 yıllık dağılımı medyanı, viyolonsel içinde kısa bir yatay çizgi ile vurgulanmıştır. Bazı viyolonseller, genişletilmiş aralıklar nedeniyle okunabilirliği artırmak için kırılmıştır. Bu gösterim, ülkeler içinde ve arasında enerji yönetimini kolaylaştırmak için her ay için talep değişimlerini arz değişimleriyle kolayca karşılaştırmayı mümkün kılar. Paydalar küçük olduğunda büyük yüzdelik değişimlerin meydana gelebileceğini unutmayın.

Buna karşılık, BAE düşük bir baz çizgisinden olsa da önemli ölçüde pozitif bir hidroelektrik vekili gösterdi. Özellikle, dört ülke arasında BAE, Hatta pompalı depolama hidroelektrik santralının yakın zamanda inşa edilmesiyle desteklenen hidroelektrik potansiyeline sahip tek ülkedir. 2024'te hala inşası devam eden bu projenin planlanan kapasitesi 250 MW'tır.<sup>18</sup> Gelecekte enerji dayanıklılığını artırma vaadinde bulunurken, rüzgar, güneş ve hidroelektrik enerjiye ilişkin gerçek üretim verileri, yenilenebilir enerjinin talebi karşılama kapasitesinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi için önemli olacaktır.

<sup>18</sup><https://www.dewa.gov.ae/en/about-us/strategic-initiatives/hatta-project>





Şekil 10. Dört enerji göstergesi - güneş PV kapasite faktörü (SPV), rüzgar gücü (WP) kapasite faktörü, kurulu kapasite ağırlıklı toplam yağış (IWP) (hidroelektrik vekili) ve enerji derece günleri (EDD) (enerji talebi vekili) - 2023 yılı için Asya'daki dört ülkede ay bazında gösterilmektedir. Katar, Bahreyn ve Yemen'in hidroelektrik göstergesinin olmadığını unutmayın (ayrıntılar için Metodoloji'ye bakın).

Orta Doğu'da iklim değişkenliği ve enerji sistemleri arasındaki etkileşimler karmaşık ve bölgeye özgü olmaya devam ediyor. Ocak ayında ortalamanın üzerinde sıcaklıklar ısıtma talebini azaltırken, Kasım ve Aralık aylarında artan talebi karşılamak yenilenebilir enerji üretimi için önemli zorluklar oluşturdu. Yemen'in mütevazı güneş PV kazanımları bölgedeki dayanıklılık zorluklarının altını çizerken, BAE'nin hidroelektrik potansiyeli talep oynaklığını etkili bir şekilde yönetmek için enerji kaynaklarını çeşitlendirmenin değerini gösteriyor. Bu bulgular, iklim değişkeni eşiklerini iyileştirmek, yıllık değişkenliğin tahminini iyileştirmek ve gelecekteki iklim senaryoları altında enerji sistemlerini optimize etmek için daha fazla bölgesel analize ihtiyaç olduğunu vurguluyor. Bu dinamiklerin daha derin bir şekilde anlaşılması, bölgenin benzersiz enerji ve iklim zorluklarını etkili bir şekilde ele almak için hayati önem taşıyor.

## 2.3 Güney Amerika

Güney Amerika için seçilen komşu ülkeler (Şekil 11) Şili (yeşil), Kolombiya (sarı), Peru (kırmızı) ve Brezilya'dır (mavi). 2023'teki yıllık ortalama değişimler çeşitli yenilenebilir enerji eğilimlerini ortaya koydu. Sadece Brezilya ve Şili için mevcut olan rüzgar enerjisi CF'leri Şili için pozitif (%4-8) ancak Brezilya için hafif negatif (%0-4) idi (Şekil 1, üst). Güneş PV CF dört ülkede de sürekli olarak pozitif (Şekil 3, üst), hidroelektrik vekili ise değişkenlik gösterdi - Brezilya için negatif (%10-20) ancak Şili için belirgin şekilde pozitif (%10-20) (Şekil 5, üst). EDD sapmaları benzer bölgesel karşıtlıkları izledi, Brezilya %7 artış, Kolombiya için marjinal olarak pozitif sapmalar ve Peru ve Şili için önemli ölçüde negatif değerler (%8-12) gösterdi (Şekil 7, üst). Brezilya'da EDD'lerdeki artış daha yüksek CDD'ler (+8) tarafından yönlendirilirken, HDD'ler hafif bir düşüş gösterdi (-2). Buna karşılık, Şili ve Peru'daki EDD düşüşleri öncelikle HDD'lerin azalmasından kaynaklandı. Ancak Peru, CDD'lerdeki artıştan (ortalama 18'den 26'ya) kısmen bir denge gördü.

### El Niño'ya yenilenebilir enerji tepkileri

Kasım ve Aralık aylarına tekrar bakıldığında, El Niño zirvesi sırasında, EDD'ler Peru hariç tüm ülkelerde artarken, Kolombiya'da yalnızca marjinal bir artış görüldü. Bu iki ay boyunca, Brezilya 2023'te en yüksek EDD sayısını (keman grafiği tamamen pozitif) kaydetti ve %20-%30'luk bir medyan artış oldu. Buna karşılık, Peru 2023'te en düşük EDD sayısını (keman grafiği tamamen negatif) bu aylarda yaşadı ve yaklaşık %20'lik bir medyan azalma oldu. Brezilya'nın 220 milyonluk nüfusu (Peru'nun 34 milyonuna, Şili'nin 20 milyonuna ve Kolombiya'nın 52 milyonuna kıyasla) bölgenin genel enerji talebindeki ağırlığını önemli ölçüde artırdı ve muhtemelen ilgili dinamikleri etkiledi.

Brezilya'nın daha yüksek talebini karşılamak için RE kritik bir rol oynamış olurdu. Güneş PV CF, ortalamanın önemli ölçüde üzerindeydi (Keman grafiği Kasım ayında tamamen pozitif ve Aralık ayında çoğunlukla pozitif), özellikle Kasım ayında medyan artışı %10'a yaklaşıyordu. Rüzgar gücü CF de birkaç yüzde puanı arttı. Ancak, Brezilya için hidroelektrik vekili %30-%40 düştü ve hidroelektrik elektriğinin elektriğinin yaklaşık %60'ını sağladığı düşünüldüğünde zorluklar ortaya çıktı.<sup>19</sup>

Bu düşüşe rağmen, Brezilya'nın rüzgar (%13,5) ve güneş (%7,2) enerjisinden sağladığı katkılar, hidroelektrik açığını kısmen telafi edebiliyordu.

### Enerji trendlerindeki bölgesel farklılıklar

Kolombiya'nın Kasım ayındaki ortalamadan biraz daha yüksek talebi muhtemelen küçük hidroelektrik kesintilerini telafi eden artan güneş PV ile karşılandı. Aralık ayında güneş PV CF hafifçe azaldı (%1-2), hidroelektrik vekili ise ortalamaya yakın seviyelere geri döndü ve bu da enerji sistemi için yalnızca mütevazı zorluklarla sonuçlandı.

Şili'nin Kasım ayındaki önemli ölçüde yüksek talebi -normalin yaklaşık %40 üzerinde- hidroelektrik santrallerindeki önemli bir artışla karşılandı (yaklaşık %50, hidroelektrik santralleri ülkenin elektriğinin yaklaşık %27'sini sağlıyor)<sup>20</sup>ve rüzgar gücü CF'de %8'lik bir artış (ki bu da yaklaşık %11'lik bir katkı sağlıyor). Bu kazanımlar, Şili'nin elektrik üretiminin önemli bir %20'sini oluşturan güneş PV CF'deki küçük bir azalmayı telafi ediyor.

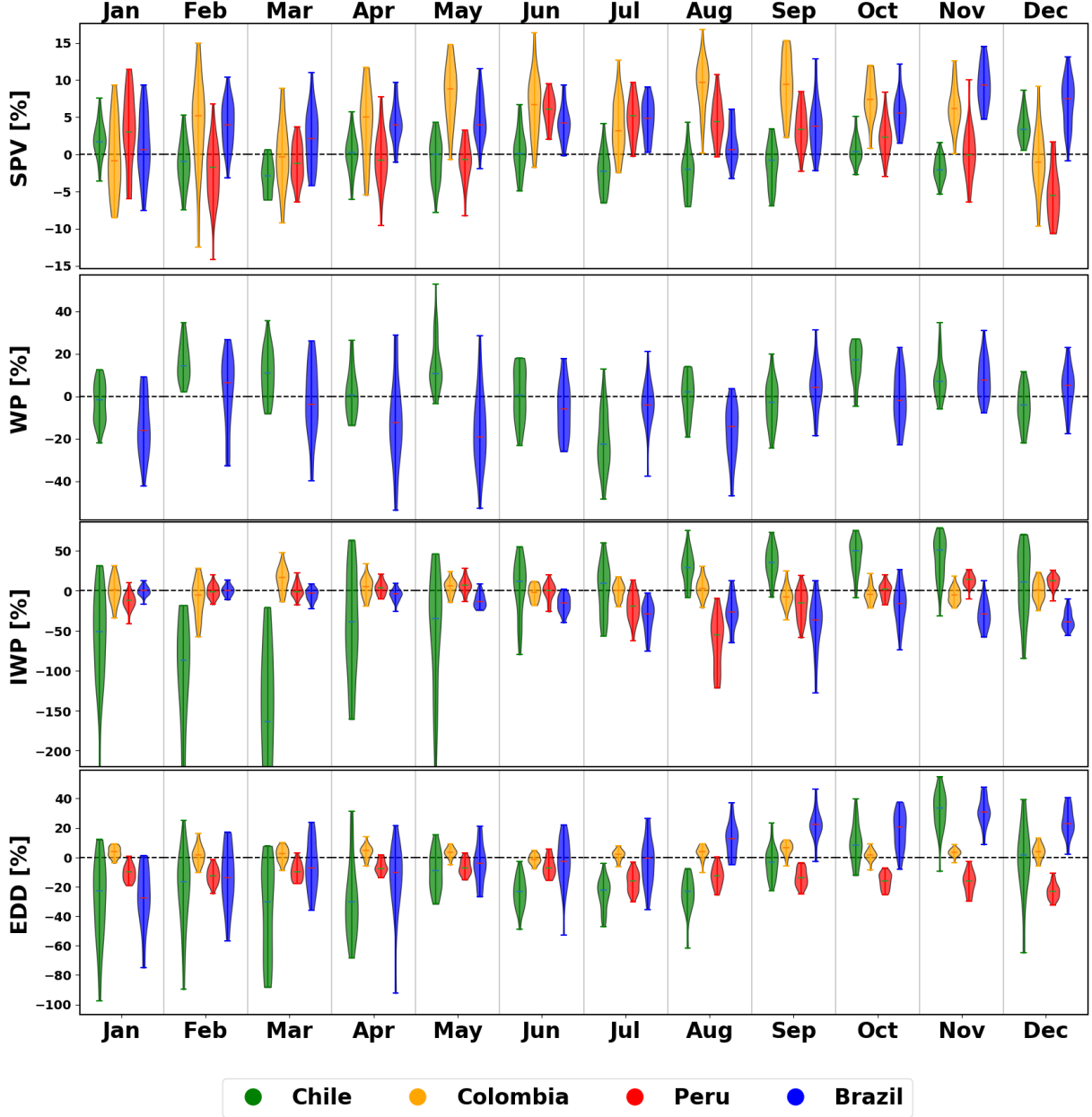
Peru'da normalden düşük talep (ortalamanın yaklaşık %20 altında) muhtemelen bir üretim fazlası yarattı. Bu fazlalık, Peru'nun elektrik karışımına %50 oranında hakim olan hidroelektrik vekilindeki %10'luk bir artışla desteklendi.<sup>21</sup>Aralık ayında güneş fotovoltaik santrallerindeki yaklaşık %5'lik düşüşün, güneş fotovoltaik santrallerinin Peru'nun toplam enerji arzına asgari düzeyde katkıda bulunması nedeniyle ihmal edilebilir bir etki oldu.

<sup>19</sup><https://www.iea.org/countries/brazil>Bunların 2022 rakamları olduğunu unutmayın.

<sup>20</sup><https://www.iea.org/countries/chile>Bunların 2022 rakamları olduğunu unutmayın.

<sup>21</sup><https://www.iea.org/countries/peru>Bunların 2022 rakamları olduğunu unutmayın.

Bu gözlemler, El Niño'nun bölge genelinde enerji talebini ve yenilenebilir enerji üretimini şekillendirmedeki temel rolünü vurgulamaktadır. Güneş ve rüzgar, bazı ülkelerdeki en yüksek talep sırasında önemli tamponlar sağlarken, hidroelektrikteki değişkenlik, bu kaynağa büyük ölçüde bağımlı olan enerji sistemlerinin kırılganlığını vurgulamaktadır. Bölgesel iş birliğiyle birleştirilmiş çeşitlendirilmiş bir enerji portföyü, dayanıklılığı artırabilir ve gelecekteki iklim kaynaklı olaylar sırasında istikrarı sağlayabilir.



Şekil 11. Dört enerji göstergesi - güneş PV kapasite faktörü (SPV), rüzgar gücü (WP) kapasite faktörü, kurulu kapasite ağırlıklı toplam yağış (IWP) (hidroelektrik vekili) ve enerji derecesi günleri (EDD) (enerji talebi vekili) - 2023 yılı için Güney Amerika'daki dört ülkede ay bazında gösterilmektedir. Kolombiya ve Peru'nun rüzgar gücü göstergesinin olmadığını unutmayın (ayrıntılar için Metodoloji'ye bakın).

### 3 Mevsimsel iklim tahminleriyle iklim değişkenliğine uyum

Mevsimsel iklim tahminleri, paydaşların aylardan mevsimlere kadar değişen zaman ölçeklerinde iklim değişkenliğini tahmin etmelerini ve buna uyum sağlamalarını sağlayarak enerji sektörü için kritik bir araç olarak ortaya çıkmıştır (örneğin bkz. White vd., 2022). Küresel enerji dönüşümü hızlanırken, mevsimsel iklim koşullarını tahmin etme yeteneğinin enerji güvenliğini sağlama, yenilenebilir enerji (YE) üretimini optimize etme ve aşırı hava olaylarına karşı dayanıklılığı artırma açısından derin etkileri vardır. Örneğin, olasılıkları ve belirsizlikleri de dahil olmak üzere öngörülen yağış modellerini anlamak, hidroelektrik rezervuar yönetimini bilgilendirebilirken, sıcaklık tahminleri şebeke operatörlerine soğutma veya ısıtma talebindeki ani artışlara hazırlanma konusunda rehberlik edebilir. Mevsimsel tahminleri enerji planlamasına entegre ederek, politika yapıcılar ve endüstri liderleri daha bilinçli kararlar alabilir ve nihayetinde enerji sistemlerinin güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini destekleyebilir.

Bu bölüm, mevsimsel tahminlerin enerji planlaması ve yönetimi için değerli bir araç olarak potansiyel uygulamalarını göstermeyi amaçlamaktadır. Bunu, 2023 ile ilgili mevsimsel tahmin örnekleri sunarak ve bu tahminleri üretmek için kullanılan modelin performansını değerlendirerek yapmaktadır.

Mevsimsel tahminlerin önemi, kısa vadeli hava durumu tahminleri ile uzun vadeli iklim projeksiyonları arasındaki boşluğu kapatma potansiyelinde yatar. Sıcaklık, yağış, güneş radyasyonu ve rüzgar desenleri gibi doğrudan yenilenebilir enerji kaynaklarını etkileyen temel iklim değişkenlerine ilişkin olasılıksal içgörüler sağlarlar. Örneğin rüzgar ve güneş enerjisi üretimi atmosfer koşullarına karşı oldukça hassastır, hidroelektrik üretimi ise mevsimsel yağıştan etkilenen akış seviyelerine bağlıdır. Bu tahminleri operasyonel ve yönetim planlamasına dahil etmek riskleri en aza indirmeye, maliyetleri düşürmeye ve enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olabilir. İklim modellemesindeki son gelişmeler ve Copernicus İklim Değişikliği Hizmeti gibi özelleştirilmiş tahmin ürünlerinin artan kullanılabilirliği,<sup>22</sup>Bu yaklaşımı her zamankinden daha erişilebilir hale getirin. Mevsimsel tahminlerin entegrasyonu, beklenmeyen kesintileri azaltarak ve kaynak tahsisini optimize ederek yılda milyonlarca dolar tasarruf sağlayabilir (Troccoli, 2010; Troccoli ve diğerleri, 2018; IRENA, 2023).

Mevsimsel iklim tahmini, sezgisel olmayan birçok karmaşık yönü olan özel bir alandır.<sup>23</sup>Tahmin oluşturma ve sunma konusunda farklı tahmin modelleri, teslim süreleri, doğrulama ölçümleri, bölgeler, mevsimler ve ayları kapsayan geniş yelpazedeki seçenekler göz önüne alındığında, bu bölüm belirli bir modele (ECMWF Sistemi 5) odaklanmaktadır.<sup>24</sup>metrik (sürekli sıralı olasılık beceri puanı (CRPSS), ayrıntılar için Metodolojiye bakın), bölge (Güney Amerika) ve hedef ay (Kasım 2023).

Mevsimsel bir tahminden gelen sinyalleri daha iyi göstermek için, enerji göstergeleri yerine iklim değişkenleri kullanılır. İklim verileri küresel olarak düzenli bir 1° şebekesinde mevcut olsa da,<sup>25</sup>enerji göstergeleri genellikle ülkeler üzerinden ortalama alınır. Ancak, rüzgar ve güneş enerjisi kapasite faktörleri (CF'ler) prensipte iklim verileriyle aynı düzenli şebekede de sunulabilir.

<sup>22</sup><https://climate.copernicus.eu/seasonal-forecasts>

<sup>23</sup>Başlangıç koşulları, topluluk üyeleri ve bunların üretimi, model önyargısı, olasılıklı tahmin ve öncül süreler gibi kavramlar bu alanın karmaşıklığına katkıda bulunur. Bu bölüm sunulan materyali anlamaya yardımcı olmak için birkaç temel kavrama değinir.

<sup>24</sup>ECMWF'nin en son mevsimsel tahmin sistemi olan ECMWF System 5, dünyadaki en iyi modellerden biri olarak kabul edilir. Ancak, düzinelerce küresel mevsimsel tahmin sistemi vardır ve bazıları belirli bölgelerde veya belirli aylarda ECMWF'nin sisteminden daha iyi performans gösterir. Önemlisi, birden fazla modelden gelen çıktıları birleştirmenin genellikle tek bir modele güvenmekten daha iyi sonuçlar verdiğinin deneysel olarak kanıtlanmasıdır.

<sup>25</sup>Bu, C3S tarafından İklim Veri Deposu aracılığıyla şu anda mevcut olan sekiz modelin tümü için kullanılan ortak ızgaradır:<https://cds.climate.copernicus.eu>.

Mevsimsel tahmin haritalarını ülke ortalamalarına göre analiz etmek mümkün olduğundan, ızgaralı haritaları incelemek, tahminlerin mekansal kalıplarını ve dinamiklerini anlamak için daha pedagojik ve içgörülü bir yaklaşım sunar. Buna göre, karşılık gelen enerji göstergeleriyle uyumlu dört iklim değişkenini değerlendiriyoruz: rüzgar gücü için rüzgar hızı, güneş gücü için güneş radyasyonu, hidroelektrik için yağış ve enerji derecesi günleri (EDD'ler) için sıcaklık.

### 3.1 Rüzgar hızının mevsimsel tahmini

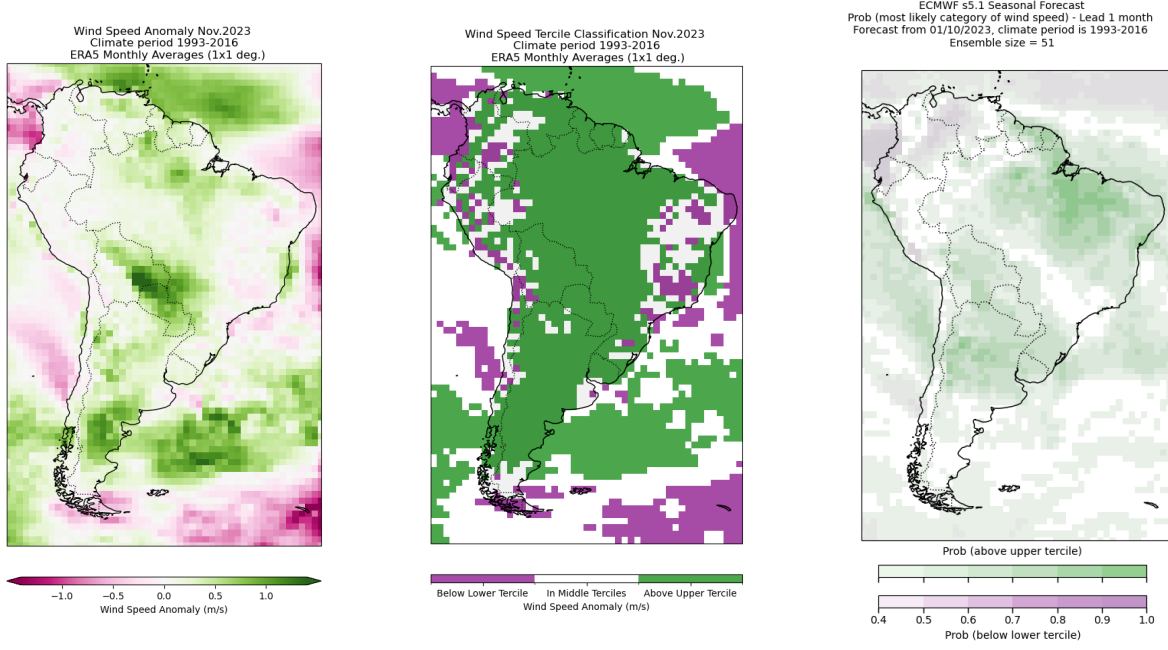
Güney Amerika, El Niño-Güney Salınımı'ndan (ENSO) güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Aktif ENSO evreleri sırasında, pozitif (El Niño) veya negatif (La Niña) olsun, mevsimsel tahminler genellikle daha beceriklidir. Şekil 12 (sağ), 1 Ekim 2023'te başlatılan tahminlere dayalı olarak Kasım 2023 için 10 m yükseklikteki rüzgar hızı için mevsimsel tahminin bir haritasını sunmaktadır. Tahmin, 51 üyeli bir topluluktan oluşmaktadır ve olasılıksal bilgileri korurken tek bir haritayı görüntülemek için yaygın bir yaklaşım, en olası kategoriyi göstermektir. Bu yöntem, topluluğu tek bir değere (ortalama veya medyan gibi) daraltmaktan kaçınır. Bunun yerine, ayrı renk paletleriyle gösterilen üst veya alt tersillere düşen rüzgar hızlarının olasılıklarını vurgular. Güney Amerika'nın büyük bir kısmı için tahminler, rüzgar hızlarının alt tersilden ziyade üst tersilde (yeşil tonlarla gösterilen daha kuvvetli rüzgarlar) olma olasılığının daha yüksek olduğunu gösteriyor.

Tahmini, ERA5 yeniden analiziyle temsil edilen gözlemlenen olayla karşılaştırmak için, diğer iki harita Kasım 2023'e ait ERA5 sonuçlarını göstermektedir. İlk harita (Şekil 12, sol) Kasım 2023 rüzgar hızları ile referans döneminin (1993-2016) ortalaması arasındaki fark olarak hesaplanan anomaliyi göstermektedir.<sup>26</sup>Harita, rüzgar hızlarının kıtanın çoğunda gerçekten ortalamanın üzerinde olduğunu gösteriyor. "En olası kategori" tahminiyle daha adil bir karşılaştırmayı kolaylaştırmak için, ortadaki harita (Şekil 12, ortada) gözlemlenen anomalileri üç tersil (üst, orta veya alt) olarak kategorize ediyor. Harita, Güney Amerika'nın çoğunun normalden daha güçlü koşullarla tutarlı olarak üst tersilde rüzgar hızları yaşadığını doğruluyor. Bu, rüzgar gücü CF'sinin gösterdiği sapmayla uyumludur<sup>27</sup>(Şekil 2, sağ), Bett ve diğerlerinin (2022) bulgularıyla uyumlu olarak,<sup>28</sup>Bununla birlikte, referans dönemlerinde küçük bir fark olduğu belirtilmelidir: rüzgar gücü CF için 1991–2020 ve mevsimsel tahmin retrospektif verileri için biraz daha kısa bir dönem, 1993–2016, C3S İklim Veri Deposu aracılığıyla sağlanmıştır. Seçilen olay için mevsimsel tahmin modelinin bir değerlendirmesi için lütfen Bölüm 6.6'ya bakın.

<sup>26</sup>Bu referans dönemi, C3S İklim Veri Deposu'ndan mevsimsel geriye dönük tahmin verilerinin kullanılabilirliğine göre belirlenir.

<sup>27</sup>Rüzgar enerjisi CF, standart güç eğrisi dönüşümü yoluyla rüzgar hızıyla (genellikle 100 m yükseklikte) ilişkilidir (ayrıca Metodoloji bölümüne bakın).

<sup>28</sup>Bett ve diğerleri (2022), mevsimsel ve bölgesel ortalamalar (örneğin, bir ülke genelinde) için rüzgar ve güneş fotovoltaik (PV) güç üretiminin sırasıyla ortalama rüzgar hızı ve güneş ışınımı ile çok yüksek oranda ilişkili olduğunu bulmuştur.



**Şekil 12. Kasım 2023 için Güney Amerika'ya odaklanan rüzgar hızı haritaları (küresel bir modelden). Paneller (solda) ERA5 yeniden analizine dayalı gözlenen anomaliyi, (ortada) ERA5'ten türetilen tersil sınıflandırmasını ve (sağda) bir aylık bir ön sürede mevsimsel tahminden en olası tersil kategorisini (tahmin 1 Ekim 2023'te başlatıldı) göstermektedir.**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*

### 3.2 Güneş radyasyonu için mevsimsel tahmin

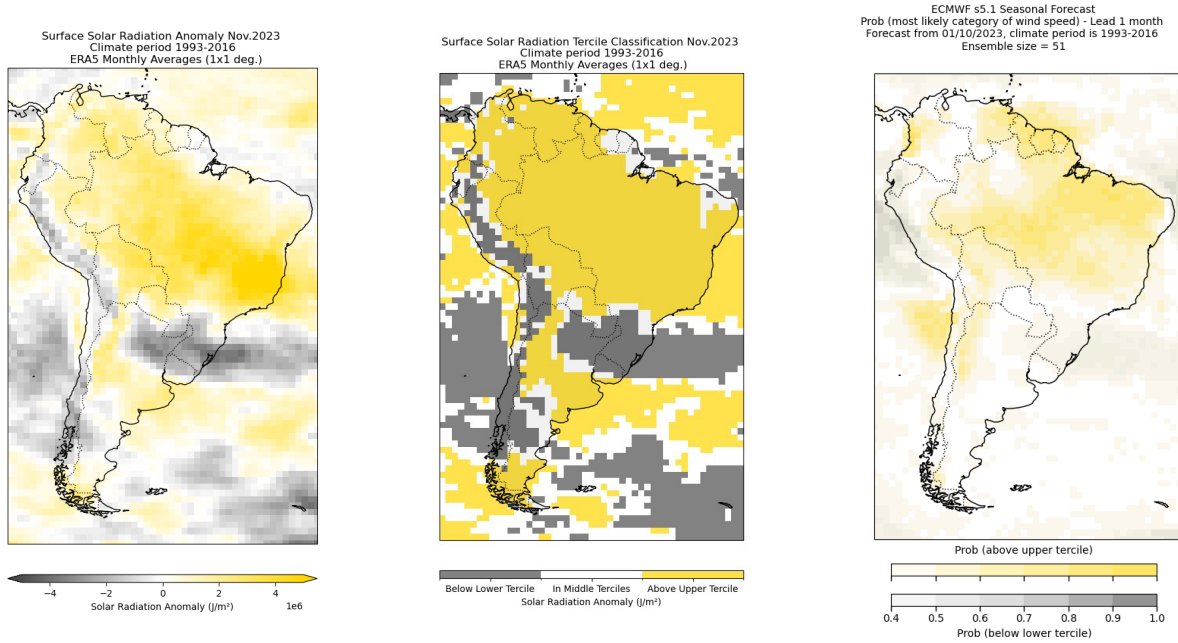
Şekil 13'te görüldüğü gibi, güneş enerjisiyle yakından bağlantılı olan güneş radyasyonu, özellikle Brezilya'nın büyük bir bölümünde, üst tersil için mevsimsel tahminde güçlü bir sinyal gösteriyor. Buna karşılık, Peru, güney Brezilya ve Uruguay üzerinde daha belirgin bir alt tersil sinyali var (Şekil 13, sağ). Bu örüntü, ERA5 anomalisinde (Şekil 13, sol) geniş bir şekilde yansıtılmış olup, bu durum orta paneldeki ERA5 tersil sınıflandırmasıyla daha da destekleniyor (Şekil 13, orta). Gözlemlenen bu örüntü, Şekil 4'te sağda gösterilen güneş fotovoltaik (PV) CF varyasyonu ile örtüşüyor. Yine, kıtanın doğu bölgesinin çoğundaki güçlü pozitif sinyal, batıdaki negatif sinyalle birleştiğinde, El Niño'nun olgun evresine yakın olmasına bağlanabilir.

### 3.3 Yağış için mevsimsel tahmin

Hidroelektrik vekiline yakın ilişkili olan yağış için, mevsimsel tahmin sinyali güneş radyasyonunun sinyaline yakın bir şekilde yansır ancak ters işaretlidir (Şekil 14, sağ). Buna göre, kıtanın çoğu için en olası kategori alt tersildir (kuru koşulları gösterir) ve üst tersildir (daha fazla yağışı gösterir) Peru, güney Brezilya ve Uruguay üzerinde gözlemlenir. Bu desen ERA5 anomalisi (Şekil 14, sol) ve ERA5 tersil sınıflandırması (Şekil 14, orta) ile uyumludur. Ayrıca hidroelektrik vekili ile de genel olarak tutarlıdır (Şekil 6, sağ), ancak vekilin yağış için üç aylık bir ortalamayı (bu durumda Eylül, Ekim ve Kasım) temsil ettiğini ve bunun burada gösterilen tek başına Kasım ayı değeriyle doğrudan karşılaştırılabilir olmadığını belirtmek önemlidir.

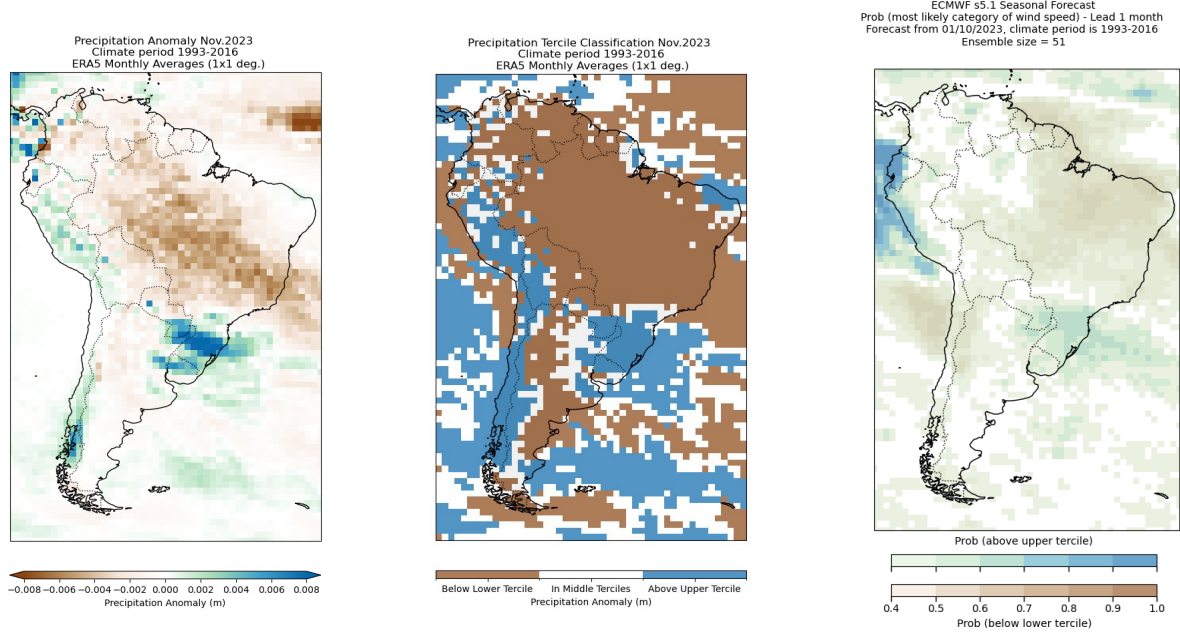
### 3.4 Sıcaklık için mevsimsel tahmin

Sıcaklık için mevsimsel tahminler genellikle diğer değişkenler için olanlardan daha beceriklidir. Bunun nedeni, rüzgar hızı gibi diğer iklim değişkenlerine kıyasla genel olarak daha düşük yüksek frekanslı değişkenlik ve küresel ısınma eğiliminin etkisidir. Güney Amerika için Kasım 2023 tahmini (Şekil 15, sağ), küresel ısınmayla tutarlı olarak en olası kategori olarak üst tersil'in güçlü bir baskınlığını göstermektedir. Ancak, alt tersil alanları kıtanın güney kesiminde gözlemlenmektedir. Bu desen, ERA5 anomalisi (Şekil 15, sol) ve ERA5 tersil sınıflandırmasıyla (Şekil 15, orta) uyumludur. Ancak, sıcaklık ve EDD tanımı arasındaki doğrusal olmayan ilişki nedeniyle, karşılık gelen EDD varyasyonu (Şekil 8, sol) hizalama daha az belirgindir. Brezilya ve kıtanın merkezinde ve kuzeybatısındaki diğer ülkeler için hem EDD'lerde hem de mevsimsel tahminde (ve ayrıca ERA5'te) güçlü bir pozitif varyasyon olsa da, varyasyonun işareti bazı bölgelerde EDD'ler için mevsimsel tahmine (ve ERA5'e) göre farklılık göstermektedir. Örneğin, ERA5 Peru için pozitif varyasyonlar gösterirken, EDD'ler negatif varyasyonlar gösterirken, Şili ve Arjantin için bunun tersi geçerlidir. Bu uyumsuzluk muhtemelen EDD tanımında bulunan doğrusal olmayanlıklardan kaynaklanmaktadır.



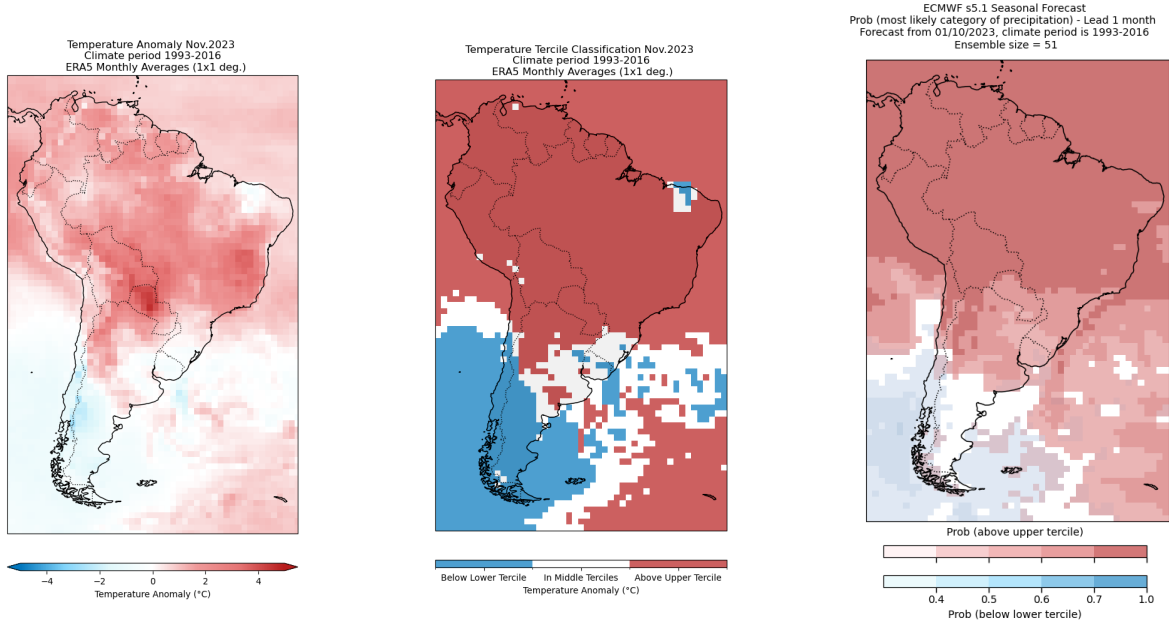
**Şekil 13. Kasım 2023 için Güney Amerika'ya odaklanan güneş radyasyonu haritaları (küresel bir modelden). Paneller (solda) ERA5 yeniden analizine dayalı gözlenen anomaliyi, (ortada) ERA5'ten türetilen tersil sınıflandırmasını ve (sağda) bir aylık bir ön sürede mevsimsel tahminden en olası tersil kategorisini göstermektedir (tahmin 1 Ekim 2023'te başlatılmıştır).**

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*



**Şekil 14.** Kasım 2023 için Güney Amerika'ya odaklanan yağış haritaları (küresel bir modelden). Paneller (solda) ERA5 yeniden analizine dayalı gözlenen anomaliyi, (ortada) ERA5'ten türetilen tersil sınıflandırmasını ve (sağda) bir aylık bir ön sürede mevsimsel tahminden en olası tersil kategorisini göstermektedir (tahmin 1 Ekim 2023'te başlatılmıştır).

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*



**Şekil 15.** Kasım 2023 için Güney Amerika'ya odaklanan hava sıcaklığı haritaları (küresel bir modelden). Paneller (solda) ERA5 yeniden analizine dayalı gözlenen anomaliyi, (ortada) ERA5'ten türetilen tersil sınıflandırmasını ve (sağda) bir aylık bir ön sürede mevsimsel tahminden en olası tersil kategorisini (tahmin 1 Ekim 2023'te başlatıldı) göstermektedir.

*Not: Bu haritada gösterilen sınırlar, isimler ve kullanılan tanımlamalar, WMO, Birleşmiş Milletler, IRENA veya Avrupa Birliği tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.*



## 4 Sonuçlar

### İklim değişikliğinin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisi

El Niño ve La Niña gibi fenomenlerin yönlendirdiği iklim değişikliği, yenilenebilir enerji (YE) üretimi ve talebi üzerinde derin bir etkiye sahiptir. 2023'te olgun El Niño evresi, iklimsel sürücülerin enerji sistemleri üzerindeki ikili etkisini gösterdi. Artan güneş radyasyonu, Güney Amerika'nın bazı bölgelerinde güneş fotovoltaik (PV) kapasite faktörlerini (CF'ler) iyileştirirken, azalan yağış kritik bölgelerde hidroelektrik üretimini engelledi. Küresel iklim değişikliği ve ısınma zemininde ortaya çıkan bu etkiler, iklim kaynaklı riskleri azaltabilen sağlam, uyarlanabilir enerji sistemlerine acil ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

Rüzgar, güneş ve hidroelektrik potansiyelindeki değişiklik ve değişimler, iklim hususlarının enerji planlamasına entegre edilmesinin gerekliliğini vurgular. Hidroelektrik gibi tek bir enerji kaynağına yoğun şekilde bağımlı olan ülkeler, bu etkilere karşı özellikle savunmasızdır. Bölgesel iş birliğiyle birleştirilen enerji planlamasına yönelik çeşitlendirilmiş bir yaklaşım, bu riskleri azaltabilir, enerji tedariklerini dengeleyebilir ve dayanıklılığı güçlendirebilir.

### Mevsimsel iklim tahminlerinin değeri

Mevsimsel iklim tahminleri, enerji planlamasını ve yönetimini iyileştirmek için önemli bir potansiyele sahiptir. Sıcaklık, yağış, rüzgar hızı ve güneş radyasyonu gibi temel değişkenlere ilişkin olasılıksal içgörüler sağlayarak, bu araçlar paydaşların kaynak değişikliğini tahmin etmelerini ve enerji sistemi operasyonlarını optimize etmelerini sağlar. Örneğin, hidroelektrik rezervuar yönetimi doğru yağış tahminlerinden yararlanırken, rüzgar ve güneş çiftliği operatörleri operasyonları tahmin edilen rüzgar hızı ve güneş radyasyonu modellerine göre ayarlayabilir.

Faydalı olmalarına rağmen, mevsimsel tahminlerin enerji sektöründe benimsenmesi sınırlı kalmaya devam ediyor. Değerlerini tam olarak gerçekleştirmek için yetersiz farkındalık, teknik kapasite eksikliği ve entegrasyon zorlukları gibi engellerin üstesinden gelinmesi gerekiyor. Kapasite oluşturma girişimleri, işbirlikli araştırmalar ve özel araçlar, bu boşlukları kapatmak ve iklime duyarlı enerji planlamasının daha geniş ve daha kapsayıcı bir şekilde benimsenmesini teşvik etmek için olmazsa olmazdır.

### Tespit, gözlem, izleme, analiz ve tahmin

Mevcut veri kümeleri ve modeller etkili enerji hizmetleri ve tahminleri oluşturmak için güçlü bir temel sağlarken, veri kalitesi ve kapsamındaki boşluklar devam etmektedir. İyileştirmeler, rüzgar ve güneş enerjisiyle ilgili fiziksel süreçleri daha iyi temsil etmeye odaklanabilir. Örneğin, geliştirilmiş model çözümlüğü, tahmin topluluklarının iyileştirilmiş kullanımı ve artan gözlem kapsamı, El Niño gibi iklim anomalileri ve bunların dinamikleri hakkındaki anlayışımızı derinleştirebilir (*Net Sıfır Enerji Geçişini Destekleyen Entegre Hava ve İklim Hizmetleri* (WMO-No. 1312)). Ana iklim etkenlerini ve ilişkili atmosferik kalıpları doğru bir şekilde değerlendirmek ve anlamak, gelişmiş uyarılar sağlamak ve proaktif enerji yönetimini mümkün kılmak (ve diğer sektörel uygulamaları desteklemek) için kritik öneme sahiptir.

Veri paylaşımı ayrıca tahmin doğruluğunu ve enerji sistemi modellemesini iyileştirmede önemli bir rol oynar. Gözlemler, sayısal hava tahminlerini başlatmak, iklim modellerini değerlendirmek ve son işlem tekniklerini kalibre etmek için temeldir. Ancak, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki birçok bölge, çeşitli yüksekliklerde rüzgar hızı ve güneş radyasyonu gibi kritik değişkenler açısından yeterince gözlemlenmemektedir.

Enerji alanında, üretim ve kurulu kapasiteye ilişkin veri paylaşımı da aynı derecede önemlidir. Yüksek kaliteli ve tutarlı enerji verileri, güç üretimi ve kapasite faktörlerinin doğru bir şekilde modellenmesi için esastır. Yine de, ticari hassasiyetler ve düzensiz raporlama uygulamaları nedeniyle boşluklar ve tutarsızlıklar devam etmektedir. Güçlü veri paylaşım çerçevelerine sahip bölgelerde bile, örneğin *Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri Ağı* (ENTSO-E) *Şeffaflık Portalı*, bildirilen kapasitelerdeki tutarsızlıklar daha sık ve doğru güncellemelere olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu boşlukların giderilmesi, RE sistemlerinin küresel olarak ilerlemesi için önemlidir.

### **Dayanıklı bir enerji geleceği için politika önerileri**

Güneş, rüzgar, hidroelektrik, yeni teknolojiler ve depolama gibi enerji portföylerini çeşitlendirmek, iklim değişikliğini yönetmek ve enerji güvenliğini sağlamak için çok önemli olacaktır. 2030 yılına kadar RE kapasitesini üç katına çıkarma ve 2050 yılına kadar net sıfır emisyonu ulaşma gibi iddialı hedeflere ulaşmak çok yönlü bir yaklaşım gerektirir. Politika yapımcılar, mevsimsel tahminler gibi araçların dayanıklılığı ve güvenilirliği artırmak için etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayarak iklim bilgilerini ulusal enerji stratejilerine entegre etmelidir.

Bu, yenilenebilir enerji teşviki, daha geniş enerji geçişi ve iklim istikrarı çabalarıyla ilgili olarak politika yapımına yönelik genel kapsamlı ve bütünsel bir yaklaşımla uyumludur. Bu çabalar, yalnızca yenilenebilir enerjinin dağıtımını destekleyen önlemleri enerji sistemlerine dikkatli bir şekilde entegre etme ve yalnızca belirli bir ülke içinde değil, aynı zamanda bölgeler içinde de elektrik şebekelerini yükseltme ve dengelemeye yönelik paralel politikalarla birleştirirlerse başarılı olabilirler. Teknik önlemlere, sürdürülebilir tedarik zincirlerini sağlamak için politikalar eşlik etmelidir. Enerji kaynaklarının güvenliği ve istikrarı gibi hususlar, toplulukların ve ülkelerin enerji geçişinin sosyoekonomik faydalarından pay almasını sağlamak için politikalarla eşleştirilmelidir. Ve geçiş, insan ve çevresel refahın içsel olarak bağlantılı olduğu anlayışına dayanmalıdır. Enerji sistemi yalnızca genel ekonominin işlevi için merkezi olmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomi gezegenin iklimi ve ekosistemlerine ayrılmaz bir şekilde gömülüdür.

Bölgesel iş birliği, arz-talep dinamiklerini dengelemek, sınır ötesi enerji akışlarını optimize etmek ve iklim risklerine karşı paylaşılan dayanıklılığı teşvik etmek için eşit derecede kritiktir. Uluslararası toplum, paylaşılan bilgi ve kaynaklardan yararlanan ortaklıklardan yararlanarak iklime dayanıklı enerji altyapısına yatırım yapmaya öncelik vermelidir. Ülkeler bu stratejileri benimseyerek sürdürülebilir, düşük karbonlu enerji sistemlerine geçişi hızlandırabilir ve dayanıklı ve adil bir enerji geleceği sağlayabilir.

## **4.1 Ana mesajlar**

**(1) İklim değişikliği ve değişimi enerji göstergelerini önemli ölçüde etkilemektedir.**2023 yılında değerlendirilen enerji göstergeleri - rüzgar gücü kapasite faktörü (CF), güneş fotovoltaik (PV) CF, bir hidroelektrik vekili ve enerji derecesi günleri (EDD'ler) - iklim değişikliği ve değişiminden kaynaklanan belirgin değişiklikler göstermektedir. Bu etkiler teknolojiye ve ülkeye göre değişmekte olup, hem yıllık hem de aylık ortalamalarda belirgin yüzdelerle anomali gözlemlenmektedir. Güneş PV CF nispeten sınırlı yıllık anomali gösterirken (%10'un altında, 1991-2020 iklim referans dönemine kıyasla), rüzgar gücü CF belirgin değişiklik göstermekte olup birçok bölgede yıllık %15'i aşmaktadır. Bu, enerji sistemi planlaması ve operasyonlarında iklim değişikliği ve değişiminin hesaba katılmasının önemini vurgulamaktadır.

**(2) İklim etkenlerini anlamak enerji dayanıklılığı açısından hayati önem taşımaktadır.**El Niño-Güney Salınımı'nın (ENSO) iki zıt aşaması olan La Niña'dan El Niño'ya 2023 geçişi, enerji sistemlerini şekillendirmede ENSO gibi büyük ölçekli iklim etkenlerinin kritik rolünü vurgulamaktadır. El Niño'nun daha kuru ve daha sıcak koşulları enerji göstergelerini önemli ölçüde etkilemiştir ve Güney Amerika'da artan güneş PV üretimi ve Doğu Asya'da gelişmiş rüzgar gücü gibi sonuçlar elde edilmiştir. Önemli iklim değişikliğine neden olan bu etkenlerin daha iyi anlaşılması ve doğru bir şekilde tahmin edilmesi, paydaşların enerji kaynaklarını daha etkili bir şekilde yönetmelerine, üretimi optimize etmelerine ve talep dalgalanmalarını öngörmelerine olanak tanır ve daha dayanıklı ve verimli bir enerji geçişini teşvik eder.

**(3) İklim değişikliği bilgisinin planlama ve yönetim için enerji sistemlerine entegre edilmesi gerekiyor.**2023'teki rekor kırıcı sıcaklıklar ve iklim kaynaklı enerji değişikliği, iklim değişikliğini enerji planlamasına entegre etme ihtiyacını vurguluyor. Bu entegrasyon, enerji yükü yönetimini, kaynak optimizasyonunu ve bakım planlamasını iyileştirmek için erken uyarı sistemlerinin kurulmasını destekleyebilir. Ayrıca,

Enerji altyapısının modernizasyonu ve genişletilmesi, değişken bir iklimde dayanıklılığın sağlanması için teknolojiler, pazarlar ve politikalar genelinde inovasyonun teşvik edilmesi.

**(4) Esnek piyasa yapıları enerji dönüşümü için hayati önem taşımaktadır.**Merkezi güç sistemlerinden merkezi olmayan güç sistemlerine geçiş sırasında esnekliği sağlamak için elektrik piyasası yapılarını uyarlamak esastır. Esnek piyasa tasarımları, esnek çözümlere yer verirken en yüksek değere sahip yenilenebilir kaynakların tedarikini kolaylaştırmalıdır. Hem yenilenebilir kaynak optimizasyonunu hem de esnek kaynakların dağıtımını destekleyen bir "çift tedarik" sistemi, bu hedefe ulaşmak için umut verici bir yaklaşım sunar.

**(5) Dayanıklılık, çeşitlendirme ve bölgesel iş birliğinin teşvik edilmesi yoluyla artırılmalıdır.**Güneş, rüzgar, hidroelektrik ve yeni teknolojileri birleştiren çeşitlendirilmiş enerji portföyleri, iklim değişikliğinin etkilerini yönetmek ve enerji güvenliğini sağlamak için olmazsa olmazdır. Bölgesel iş birliği, sınırlar arasında enerji arzı ve talebini dengelemek için hayati önem taşır. İş birliği çabaları, yenilenebilir enerji potansiyelini en üst düzeye çıkarabilir, şebeke istikrarını artırabilir ve dayanıklı enerji sistemleri inşa edebilir.

**(6) Gelişmekte olan ülkeler için büyük fırsatlar var.**Gelişmekte olan ülkeler, iklim değişikliği bilgisinden yararlanırken enerji erişim zorluklarını ele almak için yenilenebilir enerji potansiyellerini kullanabilirler. Örneğin, bol miktarda yenilenebilir enerji kaynağına rağmen, Afrika küresel kurulu kapasitenin yalnızca %2'sini oluşturmaktadır. Kaynak potansiyelini iklim bilgisiyle bütünleştirerek, ülkeler sanayileşmeyi ve ekonomik büyümeyi desteklemek için yenilenebilir enerji altyapısını etkili bir şekilde geliştirebilir ve kıta genelinde sürdürülebilir kalkınmayı hızlandırabilir.

**(7) Kapsamlı enerji verisi toplanması ve paylaşımı kritik öneme sahiptir.**Sistematik ve ayrıntılı enerji verisi toplama ve paylaşımı, iklim değişikliğinin enerji arzı ve talebi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasını ilerletmek için hayati öneme sahiptir. Burada sunulan enerji göstergeleri basitleştirilmiş bir bakış açısı sunarken, daha temsili ölçütler, kurulu kapasite ve gerçek üretim hakkında ayrıntılı bilgiler de dahil olmak üzere sağlam veri kümelerine erişim gerektirir. Şeffaf ve uyumlu veri paylaşımı uygulamaları, enerji sektöründe daha doğru modelleme ve bilinçli karar alma sağlayacaktır.

## 5 Metodoloji

2023 güç potansiyeli anomalilerinin modellerini anlamak için, tüm durumlarda 1991–2020 dönemi temel olarak kullanılır. Bu dönem resmi olarak yeni **iklimsel normal** (*2022 İklim Hizmetleri Durumu: Enerji* (WMO-No. 1301)).

Rüzgar, güneş ve hidroelektrik (veya bunların vekilleri) için tüm hesaplamalar 0,25° çözünürlüğe sahip küresel aylık verilere dayanmaktadır. Rüzgar ve güneş anomalileri güç kapasite faktörleri kullanılarak tahmin edilmektedir. Yağış, hidroelektrik için bir vekil olarak kullanılır, ancak belirli bir alandaki hidroelektrik santrallerinin sayısına ve boyutlarına göre ağırlıklandırılır.

Üç yenilenebilir enerji kaynağının her biri için güç üretimi (veya vekili) hesaplandıktan sonra, bunların eşdeğişkenliği ve enerji karışımındaki rolleri nitel bir şekilde araştırılır. Üretim göstergeleri ayrıca enerji talebi vekili ile karşılaştırılır.

Aşağıdaki bölümlerde, dört enerji göstergesinin her birinin (üçü üretim için ve biri talep için) hesaplanmasında benimsenen yöntemler açıklanmaktadır.

### İklim verilerinin sınırlamaları

Tüm enerji göstergeleri ERA5 yeniden analizinden (Hersbach ve diğerleri, 2020; IPCC, 2021) elde edilen iklim verilerine dayanmaktadır. ERA5 mükemmel bir küresel yeniden analiz olarak kabul edilirken, tüm yeniden analizlerde olduğu gibi, gözlemlerin ve sayısal hava modeli süreçlerinin bir kombinasyonu olması,

genel olarak doğrudan gözlemler kadar doğru olmadığı anlamına gelir. Yeniden analizler, hem zamansal (gerekli dönem boyunca, 1991–2023) hem de mekansal (tüm dünya üzerinde  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ) olarak tam veri kümeleri sağladıkları için kullanılır, ki bu normalde gözlemlerde böyle değildir.

#### Maskeler

Her enerji kaynağı için, genel bir kara-deniz maskesine ek olarak uygun bir maske kullanılır. Her maskenin ayrıntıları aşağıda uygun bölümde verilmiştir, ancak genel olarak, santral inşası için uygun olmayan veya kısıtlamaları olan alanlar (doğal rezervler, dik yamaçlar gibi) hariç tutulmuştur.

#### Görüntülemek

Küresel düzeydeki haritalar ülke ortalamalı veriler olarak sunulmaktadır. Ayrıca, seçili ülkeler için 2023 yılı için aylık ortalamaların zaman serileri de gösterilmektedir.

## 5.1 Rüzgar enerjisi kapasite faktörü hesaplaması

Kullanılan rüzgar gücü kapasite faktörü verileri, [Enerji için Hava Durumu \(WfE\)](#) portalı, IEA/Avrupa-Akdeniz İklim Değişikliği Merkezi (CMCC) tarafından 1991–2020 ve 2023 yılları için hesaplanmıştır. Belirli bir zaman diliminde şebekenin belirli bir noktasındaki bir rüzgar türbininden beklenen nominal güce göre güç çıkışının yüzdesini temsil eder.

#### Temel veriler

WfE'den 100 m mesafedeki rüzgar kapasite faktörü:

- Mekansal çözünürlük:  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Aylık
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

#### Rüzgar maskesi

- Bu ürün C3S Enerji projesi kapsamında üretilmektedir.<sup>29</sup>ve zamana bağlı olmayan olarak kabul edilir
- Mekansal çözünürlük:  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- İkili katmanlar şunları hesaba katar:
  - Korunan alanlar
  - Yüksek rakımlı ve yüksek eğimli topoğrafik koşullar
  - Kentsel kapsam alanları
  - Kutup bölgeleri

#### Kara-deniz maskesi

$0,25^\circ$ 'de karayı ve okyanusları tanımlayan basit bir maske (ERA5'ten); aynı maske güneş için de kullanılıyor.

<sup>29</sup><https://climate.copernicus.eu/operational-service-energy-sector>

#### WfE tarafından kullanılan formül

$$CF_{t,i,j} = \frac{1}{n} \sum_{t \in T} \frac{P_{output}^{t,i,j}(W_{100}^{t,i,j})}{P_{nominal}}$$

Neresi:

100 ÖĞLE, ÖĞLE, ÖĞLE: yüzeyden 100 m yükseklikteki rüzgar hızı  $T$ , enlem  $Ben$  ve boylam  $J$  (erkek/erkek)  
ÖĞLE, ÖĞLE, ÖĞLE: zamanında net elektrik gücü çıkışı  $T$ , enlem  $Ben$  ve boylam  $J$  (M.Ö.) : rüzgar türbininin  
nominal çıkışı (MW)  $T$ : zaman dikkate alındığında, örneğin, gün  $T$ : aralıktaki saatler  $T$   $n$ : saat sayısı  $T$

$Ben, J$ : enlem  $Ben$  ve boylam  $J$  ızgara noktasının

ÖĞLE, ÖĞLE, ÖĞLE = ( 100 ÖĞLE, ÖĞLE, ÖĞLE) seçilen rüzgar türbininin güç eğrisidir, bu durumda Vestas  
V110-2 MW<sup>30</sup>

#### İş akışı

Rüzgar gücü kapasite faktörü (CF), hesaplamalardan önce maskelenir. Bu verilerle aşağıdakiler hesaplanır: (i) 1991–2020 ve 2023 dönemi için "kısıtlanmamış" şebeke noktaları için kapasite faktörleri; (ii) ülkeler üzerinden ortalama alınan kapasite faktörleri (Doğal Dünya Admin 0 bölgeleri (ADM0)), kısıtlanmamış alanlar dikkate alınarak.

(1) Rüzgar maskesini (açıklama için aşağıya bakın) kara-deniz maskesine (tüm okyanusları maskeleyen) ek olarak kullanarak rüzgar kapasitesi faktörü verilerini maskeleyin.

(a) Her ülke için ızgara noktalarını göz önünde bulundurun (maskeleme uygulandıktan sonra) ve yalnızca iklimsel CF'nin 0,1 eşiğinin üzerinde olduğu noktaları saklayın; böylece rüzgar enerjisinin geliştirilmesinin muhtemel olmadığı alanları dahil etmekten kaçınin.

(b) Eşiğin üzerindeki grid noktalarının sayısı o ülke için tüm grid noktalarının %20'sinden fazlaysa ve en az iki grid noktası varsa ülkeyi koruyun, aksi takdirde ülke dikkate alınmaz (yani NA olarak ayarlanır).

(2) 1991–2020'yi temel alarak (aylık ortalamalar) 2023'e ilişkin anomalileri hesaplayın.

(3) Anomali = 2023 yılı aylık ortalaması – 1991-2020 dönemi aylık ortalaması.

(4) Sadece CF eşiğinin üzerindeki ızgara noktalarını alarak ülkeye göre toplam.

(5) Ülkeye göre toplanan küresel anomali haritalarını oluşturun (şekil dosyası).

(6) Maskeli alanları açıkça gösteren ızgaralı veriler kullanarak bölgesel anomali haritaları (seçilen WMO bölgeleri) oluşturun (bu aynı zamanda kullanıcı için de yararlı bir bilgidir).

## 5.2 Güneş fotovoltaik güç kapasite faktörü hesaplaması

Güneş fotovoltaik (PV) güç potansiyel kapasite faktörü, aşağı doğru güneş ışınımı, 2 m'deki hava sıcaklığı ve 10 m rüzgar hızının aylık ortalamalarına dayanmaktadır. PV kapasite faktörü esas olarak güneş ışınımı kaynağını hesaba katar, ancak aynı zamanda diğer atmosferik değişkenlerin PV hücrelerinin verimliliği üzerindeki etkisini de hesaba katar; bu, sıcaklıkları arttıkça azalır (Jerez ve diğerleri, 2015). Bu nedenle, sıcaklık ve rüzgar hızının etkisi de dikkate alınır.

<sup>30</sup>Vestas V110-2 MW, 3 m/s'lik düşük rüzgar hızında üretime başlayabilen, düşük ve orta rüzgarlı bölgelerde iyi kapasite ve verim üretebilen 110 m yüksekliğinde bir türbindir.

PV kapasite faktörünün hesaplanması Jerez ve diğerleri (2015) tarafından kullanılan yöntemi takip eder. Sadece kara üzerindeki güç kapasitesi değerlendirilir ve bu durumda, kentsel alanlar maskelenmez, çünkü PV oraya kurulabilir. Tüm maskelenmemiş alanlarda PV panellerinin eşit bir şekilde dağıtıldığı varsayılır. Rüzgara benzer şekilde, 2023 için anomaliler hesaplanır ve veriler her bölgenin enerji karışımı tamamlayıcılığını keşfetmek için ülkeye göre toplanır.

#### Temel veriler

ERA5'ten aşağı doğru güneş ışınımı (0,2–4,0 µm dalga boyu aralığındaki radyasyon):

- Mekansal çözünürlük: 0,25° × 0,25° enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Aylık
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

ERA5 yeniden analiz verilerinden 2 m mesafedeki hava sıcaklığı:

- Mekansal çözünürlük: 0,25° × 0,25° enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Aylık
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

ERA5 yeniden analiz verilerinden 10 m yükseklikteki rüzgar hızı:

- Mekansal çözünürlük: 0,25° × 0,25° enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Aylık
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

#### Güneş maskesi

- WEMC (C3S Enerji projesi) tarafından üretilen bu ürün zamana bağlı olmayan bir ürün olarak kabul edilir.
- Mekansal çözünürlük: 0,25° × 0,25° enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- İkili katmanlar şunları hesaba katar:
  - Korunan alanlar
  - Yüksek rakımlı ve yüksek eğimli topoğrafik koşullar
  - Kutup bölgeleri

#### İş akışı

(1) PV panellerinin arazi üzerinde eşit bir şekilde dağıldığını varsayarak güneş enerjisi kapasitesini hesaplayın.

(2) Kısıtlı alanlar maskesi ve kara-deniz maskesini kullanarak güneş kapasitesi faktörü verilerini maskeleyin.

- (a) Her ülke için ızgara noktalarını göz önünde bulundurun (maskeleme uygulandıktan sonra) ve yalnızca iklimsel CF'nin 0,1 eşiğinin üzerinde olduğu noktaları saklayın; böylece güneş PV enerjisinin geliştirilmesinin muhtemel olmadığı alanları dahil etmekten kaçınınız.

(b) Eşiğin üzerindeki grid noktalarının sayısı o ülke için tüm grid noktalarının %20'sinden fazlaysa ve en az iki grid noktası varsa ülkeyi koruyun, aksi takdirde ülke dikkate alınmaz (yani NA olarak ayarlanır).

(3) Rüzgar için kullanılan aynı temel çizgi ve formülleri kullanarak 2023 yılı için anomalileri hesaplayın.

(4) Sadece CF eşiğinin üzerindeki ızgara noktalarını alarak ülkeye göre toplam.

(5) Ülkeye göre toplanan küresel anomali haritalarını oluşturun (şekil dosyası).

(6) Maskeli alanları açıkça gösteren ızgaralı veriler kullanarak bölgesel anomali haritaları (seçilmiş WMO bölgeleri) oluşturun (çünkü bu da yararlı bir bilgidir).

## 5.3 Hidroelektrik vekili

Vekil hidroelektrik kapasite faktörünün hesaplanması, ERA5 yağış verilerinin aylık ortalamalarına dayanmaktadır. Bu yenilenebilir enerjinin kurulu kapasitesi zaman içinde daha istikrarlı olduğundan, diğer her şey maskelenerek küresel hidroelektrik santrali konum verileri kullanılmıştır. Ancak, referans dönemi boyunca eşit olmayan kapsama sahip sorunlardan kaçınmak ve ayrıca gelecekteki hidroelektrik kurulu kapasitesini daha iyi temsil eden sonuçlar elde etmek için yalnızca son yıllardaki kurulumlar (örneğin, 2021–2023) dikkate alınmıştır (değişikliklerin küçük olacağı varsayılarak); ancak, projeksiyon verilerinin potansiyel kullanımı göz önünde bulundurularak yeni santraller hakkında bilgi de dahil edilebilir, aksi takdirde bu şebeke hücreleri dikkate alınmazdı (örneğin, Malavi'de planlanan büyük hidroelektrik santrali).

Mevcut santrallerin kurulu kapasiteleri, tanımlanmış alt ülke alanlarındaki yağışa dayalı vekil hesaplama için ağırlık olarak kullanılmıştır. **Doğal Dünya** Admin 1 bölgeleri (ADM1). Birçok ülkenin çok düşük yağış değerleri vardır ve herhangi bir artış/azalış yüzdelik değişim hesaplamalarında yüksek değerlere neden olur. Bu nedenle, veriler üç aylık bir süre boyunca toplanır, yani ay önceki iki ay ile birlikte değerlendirilir (hidroelektrik için su birikimini taklit etmek için).

### Temel veriler

ERA5'ten yağış:

- Mekansal çözünürlük:  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Aylık ortalamalar
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

### Tesis Yerleri ve Kurulu Kapasite

Global Energy Monitor'dan hidroelektrik santrali lokasyon veritabanını kullanıyoruz [Küresel Hidroelektrik Takipçisi](#) kapsamlı ve güncel bir veritabanı olan:

- Mekansal çözünürlük: enlem/boylam veri noktaları
- Kapsam: Küresel

### İş akışı

(1) Her bir ızgara hücresi veya alanı için (ADM1 şekil dosyalarında tanımlandığı şekilde), alanın toplam kurulu kapasitesine göre ağırlıklar atayın.

(2) Üç aylık bir pencere kullanarak yeni aylık hareketli ortalama değerlerini hesaplayın.

- (3) ADM1 seviyesindeki (veya üzerinde mutabık kalınan diğer toplanma alanındaki) toplam yağış verileri.
- (4) Kurulu kapasite ağırlıklarına dayalı olarak ülkenin ağırlıklı ortalama yağışını hesaplayın (normalizasyon faktörü, o ülkeye ait tüm ADM1'ler dikkate alınarak ülke ortalaması olarak alınır).
- (5) Diğer enerji göstergeleri için kullanılan aynı temel değer ve formülleri kullanarak 2023 yılı için anomalileri hesaplayın.
- (6) Farklı WMO bölgeleri için ülkeye göre toplanan anomali haritaları oluşturun.

## 5.4 Enerji talebi vekili

Raporda, enerji karması bağlamında talep ile yenilenebilir enerji arasındaki denge veya dengesizliğin değerlendirilmesi amacıyla bir enerji talebi vekili dikkate alınmaktadır.

1991–2020 baz periyodunu kapsayan çoğu ülke için aylık çözünürlükte enerji talebi verilerinin seyrekliği ve farklılığı göz önüne alındığında, bunun yerine vekil verilerin kullanılması düşünülmeliydi. Bu amaçla, enerji derecesi günleri (EDD'ler) göstergesi - soğutma derecesi günleri (CDD'ler) ve ısıtma derecesi günleri (HDD'ler) toplamı<sup>31</sup>– enerji (elektrik) talebi için bir vekil olarak seçildi. EDD'ler Avrupa'da (Spinoni vd., 2018) ve küresel olarak (Spinoni vd., 2021) çeşitli çalışmalarda tanımlandı ve kullanıldı. İki CDD ve HDD yerine yalnızca tek bir talep göstergesi olan EDD'ler, sunumu ve tartışmayı basitleştirmeyi mümkün kılıyor.

Küresel CDD ve HDD verileri serbestçe kullanılabilir IEA/CMCC'den Enerji Takipçisi için Hava Durumu 1979'dan gerçek zamana yakın (IEA; CMCC, 2023). CDD ve HDD'nin çoklu gerçekleştirmeleri sağlanmıştır. Önceki raporun aksine (*2022 Yılı İncelemesi: İklim odaklı Küresel Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Kaynakları ve Enerji Talebi*), bu rapor, C3S Energy Service tarafından sunulan daha geniş ürün yelpazesine uyumlu olması için HDD'ler için aynı tanımı korurken CDD'ler (ve dolayısıyla EDD'ler) için farklı bir tanım benimsiyor (bkz. Tablo 2). Özellikle, burada kullanılan CDD tanımı CDDThold21'dir.

CDD, soğutma amaçlı enerji ihtiyaçlarını ve talebini tahmin etmek için kullanılan bir iklim göstergesidir. Bir referans sıcaklığı (rahat olarak algılanan) ile 2 m yükseklikteki dış hava sıcaklığının günlük ortalaması (T2M) arasındaki günlük farkların aylık toplamı olarak tanımlanır, ancak yalnızca T2M bir eşik sıcaklığını aştığında. Bu koşul, yıl boyunca "soğutma günlerini" aşağıdaki formüle göre tanımlar (tüm sıcaklıklar °C cinsindedir):

$$T2M \geq T_{\text{eşik}}: \text{CDD} = T2M - T_{\text{başvuru}}$$

$$\text{Eğer } T2M < T_{\text{eşik}}: \text{CDD} = 0$$

Bu, referans sıcaklığı 21 °C ve eşik sıcaklığı 24 °C olan CDDThold21 (IEA, 2023; Scoccimarro ve diğerleri, 2023) olarak adlandırılır. Örneğin, bu, günlük ortalama hava sıcaklığı 26 °C ise, o gün için CDD göstergesinin değerinin 5 (26 °C – 21 °C) olduğu anlamına gelir. Günlük ortalama hava sıcaklığı 22 °C ise, o gün için CDD değeri 0'dır.

CDD'ye benzer şekilde, HDD de ısıtma amaçlı enerji ihtiyaçlarını ve talebini tahmin etmek için kullanılan bir iklim göstergesidir. HDD'nin çeşitli operasyonel tanımları vardır. Bu rapor için HDD, bir referans sıcaklığı (rahat olarak algılanan) ile 2 m yükseklikteki dış hava sıcaklığının günlük ortalaması (T2M) arasındaki günlük farkların aylık toplamı olarak tanımlanır, ancak

<sup>31</sup>HDD, ısıtma ihtiyacını çıkarmak için dış ortam sıcaklığını ve ortalama oda sıcaklığını dikkate alarak belirli bir zaman dilimindeki soğukun şiddetini değerlendirir (tersine, CDD, soğutma ihtiyacını çıkarmak için ısının şiddetini değerlendirir). Daha sonra sıcaklığın önceden tanımlanmış bir eşik üstünde veya altında olduğu gün sayısı sayılır.



yalnızca T2M bir eşik sıcaklığının altına düştüğünde. Bu koşul, aşağıdaki formüle göre yıl boyunca "ısıtma günlerini" tanımlar (tüm sıcaklıklar °C cinsindedir):

$$T2M \geq T_{\text{eşik}}: \text{Sabit Disk} = 0$$

$$\text{Eğer } T2M < T_{\text{eşik}}: \text{Sabit Disk Sürücüsü} = T_{\text{başvuru}} - T2M$$

HDDThold18 (IEA, 2023; Scoccimarro ve diğerleri, 2023) HDD tanımı, referans sıcaklığı 18 °C ve eşik sıcaklığı 15 °C olarak kullanılmıştır. Örneğin, bu, günlük ortalama hava sıcaklığı 12 °C ise, o gün için HDD göstergesinin değerinin 6 (18 °C – 12 °C) olduğu, günlük ortalama hava sıcaklığı 16 °C ise, o gün için HDD değerinin 0 olduğu anlamına gelir.

IEA/CMCC veri setinde olduğu gibi, gridlenmiş veriler nüfusa göre ağırlıklandırılır, çünkü nüfusun konumu ve büyümesi enerji talebindeki değişim üzerinde etkilidir ve daha sonra ülke ortalamaları hesaplanır.

**Tablo 2. CDD ve HDD için seçilmiş endeksler**

Değişken	Kısa isim	Kısa açıklama
CDD (21 °C, 24 °C eşiği)	CDDThold21	Soğutma derecesi günleri (referans sıcaklığı 21 °C ve eşik sıcaklığı 24 °C). Örnekler: günlük ortalama hava sıcaklığı 26 °C ise, o gün için CDD göstergesinin değeri 5'tir (26 °C – 21 °C). Günlük ortalama hava sıcaklığı 22 °C ise, o gün için CDD değeri 0'dir.
HDD (18 °C, 15 °C eşiği)	HDDTut18	Isıtma derecesi günleri (referans sıcaklığı 18 °C ve eşik sıcaklığı 15 °C). Örnekler: günlük ortalama hava sıcaklığı 12 °C ise, o gün için HDD değeri 6'dır (18 °C – 12 °C). Günlük ortalama hava sıcaklığı 16 °C ise, o gün için HDD 0'dir.
<b>EDD</b>	<b>EDD</b>	<b>CDDThold21 ve HDDThold18 toplamı</b>

*Not: Ayrıca bkz. Enerji Takipçisi için Hava Durumu.*

## Nüfus verileri

CMCC tarafından sağlanmıştır:<sup>32</sup>

- Mekansal çözünürlük: 0,25° × 0,25° enlem/boylam
- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Yıllık
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

## Temel veriler

HDDThold18 ve CDDthold21 veri kümelerini kullanın (Tablo 2'ye bakın):

- Mekansal çözünürlük: 0,25° × 0,25° enlem/boylam
- Birimler: Derece günleri

<sup>32</sup>Verileri, Columbia Üniversitesi, Uluslararası Dünya Bilimi Bilgi Ağı Merkezi (CIESIN), 2018, Gridded Population of the World, Sürüm 4 ve Ortak Araştırma Merkezi'nden (IEA; CMCC, 2023) alınan GHS nüfus şebekesinden türetilmiştir. Veriler, 2000'den 2023'e kadar yıllık nüfus değerlerini tahmin etmek için interpolate edilmiştir.

- Kapsam: Küresel
- Zamansal çözünürlük: Aylık ortalamalar
- Zaman periyodu: 1991–2020 ve 2023

### İş akışı

(1) Veriler yalnızca kara-deniz maskesiyle maskelenmiştir.

(2) CDD ve HDD nüfusa göre ağırlıklandırılır.

(3) EDD değerleri, CDD ve HDD'den aşağıdaki formül kullanılarak elde edilir:

$$EDD_{h21}Thodl18 = CDD_{hum21} + HDD_{Thold18}.$$

(4) Anormallikler yukarıdaki formülle aynı şekilde hesaplanır.

(5) Veriler, üç yenilenebilir enerji kaynağından elde edilen enerji karışımıyla karşılaştırılmak üzere ülkeye göre toplanır.

## 5.5 Mevsimsel tahmin beceri ölçüsü

Mevsimsel tahminleri değerlendirmek için, deterministik metriklerden (topluluk ortalamasını kullanan) tüm topluluğu kullanan olasılıksal metriklere kadar çok çeşitli metrikler mevcuttur. Bu analiz için, mevsimsel tahminler gibi olasılıksal tahminler için daha uygun olan olasılıksal bir ölçü seçildi. Özellikle, sürekli sıralı olasılık beceri puanı (CRPSS) benimsendi. CRPSS, gerçek tahminlerin kümülatif kare olasılık hatasını (sıralı olasılık puanı (RPS) olarak bilinir) klimatoloji tabanlı tahminlerden türetilen RPS ile karşılaştırarak tahmin becerisini değerlendiren bir metriktir. RPS, tahminlerin farklı gözlemlenen sonuçlar arasında ne ölçüde başarılı bir şekilde ayırım yaptığını niceliksel olarak belirler ve konum ve güven düzeylerindeki sistematik önyargıları belirler. Olumlu bir RPSS, tahminler için RPS'nin klimatoloji tahminleri için olandan daha düşük olduğunu ve iyileştirilmiş tahmin performansını ifade ettiğini gösterir (Tablo 3). CRPSS, Brier Beceri Puanı gibi dağılımın yalnızca belirli bölümlerine (örneğin, üst tersil) odaklanan ölçümlerin aksine, tüm topluluktan gelen bilgileri tek bir değerde yoğunlaştırması nedeniyle özellikle pratiktir.

**Tablo 3. Sürekli sıralı olasılık becerisinin temel özelliklerinin özeti puan (CRPSS)**

Metrik	Cevaplar soru	Menzil	Özellikler
<b>Sürekli sıralanmış olasılık beceri puanı (ÇÖP)</b>	Göreceli iyileştirme nedir? olasılık tahmini iklim bilimi üzerine tahmin etmek kategori gözlemler düşüyor içine?	- Sonsuz 1'e; 0 hayır anlamına gelir beceri ne zaman ile karşılaştırıldığında referans tahmin etmek. <b>Tam puan:1</b>	Çok kategorili olasılıklı tahminin referans tahmine (genellikle uzun vadeli veya örnek klimatoloji) göre gelişimini ölçer; kesinlikle uygundur; klimatolojik sıklığı hesaba katar; küçük veri kümelerine uygulandığında kararsızdır; CRPSS, eşiklerin aşağıdaki gibi olduğu RPSS'nin bir genellemesidir:  ayrık olmaktan ziyade sürekli. <sup>33</sup>

<sup>33</sup>[https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/Section+12.B+Statistical+Concepts+-+Olasılıksal+Veri#Bölüm12.BİstatistikselKavramlarOlasılıksalVeri-SıralamaOlasılıkPuanları\(RPS\)](https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/Section+12.B+Statistical+Concepts+-+Olasılıksal+Veri#Bölüm12.BİstatistikselKavramlarOlasılıksalVeri-SıralamaOlasılıkPuanları(RPS))

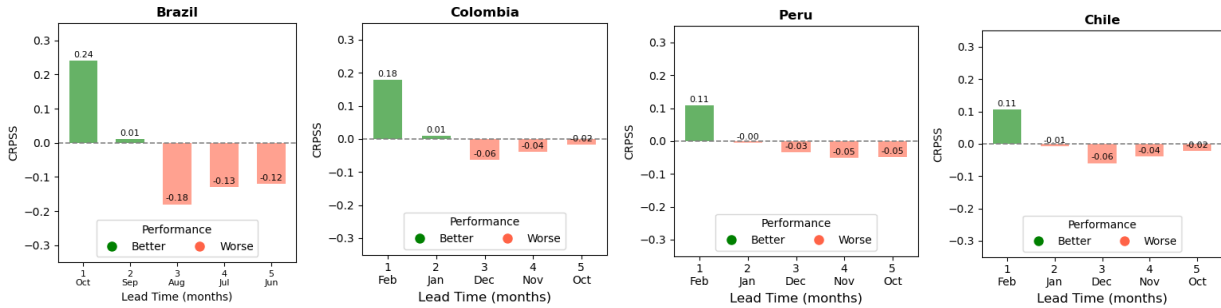
## 5.6 Mevsimsel tahmin değerlendirmesi

Mevsimsel tahminlerin doğası gereği olasılıksal olması nedeniyle, tek bir olaya dayanarak (bu durumda Kasım 2023) bir tahminin doğru olup olmadığını belirlemek mümkün değildir. Bu nedenle, modelin kalitesini önceden değerlendirmek önemlidir, çünkü bu, tahminin güvenilir olup olmadığına ve ne ölçüde güvenilir olduğuna dair bir gösterge sağlar. Bunu başarmak için, beceri ölçümleri, bu durumda 1993-2016 dönemini kapsayan geriye dönük tahminlere uygulanır.

### Rüzgar hızı

Belirtildiği gibi, sürekli sıralanmış olasılık beceri puanı (CRPSS) metrik olarak seçildi. Şekil 16, dört ülke genelinde ortalama CRPSS'yi göstermektedir: Brezilya, Kolombiya, Peru ve Şili. Şekil özellikle, modelin artan öncül zamanlarda Kasım aylarını tahmin etme becerisini göstermektedir; tahminler 1 Ekim'de (öncül zaman 1), 1 Eylül'de (öncül zaman 2) vb. başlatılmıştır. Genel olarak, mevsimsel tahmin modelinin doğruluğu veya becerisi öncül zaman arttıkça azalır. Ancak, kısmen sınırlı örneklem büyüklüğü nedeniyle istisnalar vardır (24 yıl, nispeten uzun olsa da, tamamen sağlam bir klimatoloji için yetersizdir). Daha spesifik olarak, Kasım ayına ilişkin mevsimsel tahminler, becerinin esas olarak ilk ay için pozitif olduğunu ve becerinin bundan sonra önemli ölçüde düştüğünü göstermektedir. Bu beklenen bir davranıştır, çünkü rüzgar hızı yüksek düzeyde değişkenliğe tabidir ve mevsimsel tahmini zorlaştırır.

Ayrıca bunun hem nötr ENSO fazlarını hem de aktif ENSO fazlarını kapsayan ortalama beceri olduğunu belirtmek önemlidir. Daha önce belirtildiği gibi, aktif ENSO fazları (El Niño veya La Niña) sırasında sinyal daha güçlü olma eğilimindedir ve bu da genellikle daha yüksek tahmin doğruluğuna yol açar. Ek olarak, tahmin becerisi tropiklerde ekvatropiklere kıyasla daha yüksek olma eğilimindedir ve bu da ülke bazında toplu sonuçlarda gözlemlenen heterojenliğe katkıda bulunur. Şekil 16'da gösterilen beceri, 1993-2016 dönemindeki geriye dönük tahminlerin kalitesini yansıttığından, Şekil 12'de (sağda) gösterilen Kasım 2023 için belirli tahminin doğruluğu hakkında kesin sonuçlar çıkarmak mümkün değildir. Kullanıcılar deneyim kazandıkça yaklaşan mevsimsel tahminlerin güvenilirliğini daha iyi değerlendirebilir ve yorumlayabilir. Bu nedenle, yeterliliğin tutarlı kullanım ve analiz yoluyla zamanla geliştiğini kabul ederek, mevsimsel tahminleri planlama ve karar alma için değerli bir araç olarak keşfetmeye ve benimsemeye başlamak önemlidir.

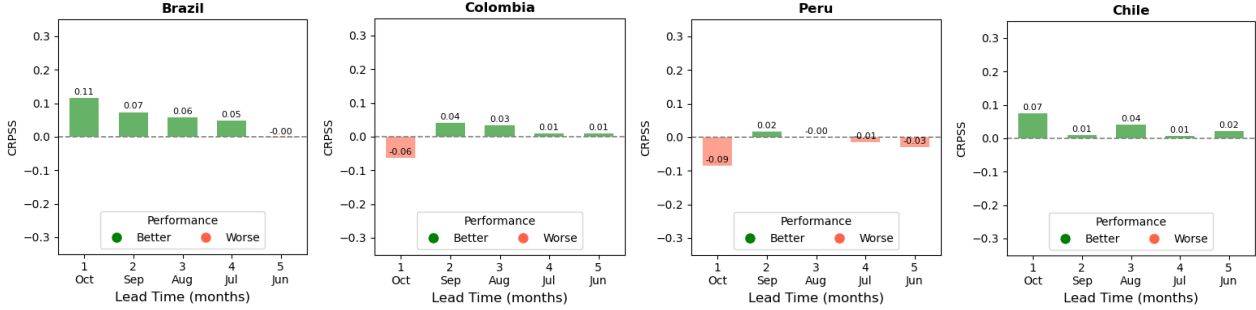


**Şekil 16. Rüzgar hızı için sürekli sıralı olasılık beceri puanı (CRPSS) kullanılarak mevsimsel tahminin değerlendirilmesi, 1993-2016 test dönemi boyunca Kasım ayını hedefleme ve bölgesel perspektifte analiz edilen aynı dört ülkeye odaklanma (Bölüm 2.3): Brezilya, Kolombiya, Peru ve Şili. Histogram çubukları, 1 Ekim'de (önceki zaman 1) (en soldaki), 1 Eylül'de (önceki zaman 2) vb. başlatılan tahminin becerisini temsil eder. Pozitif değerler, mevsimsel tahmin modelinin ortalama olarak (test dönemi boyunca) klimatolojik referanstan daha iyi performans gösterdiğini gösterirken, negatif değerler (kırmızı) klimatolojinin daha doğru bir tahmin sağlayabileceğini düşündürmektedir.**

### Güneş radyasyonu

Kasım becerisine ilişkin olarak, Brezilya, Kolombiya ve Şili için güneş radyasyonu tahminleri çoğu öncül zaman diliminde pozitif beceri sergiliyor (Şekil 17). Ancak Kolombiya için tahminler atipik

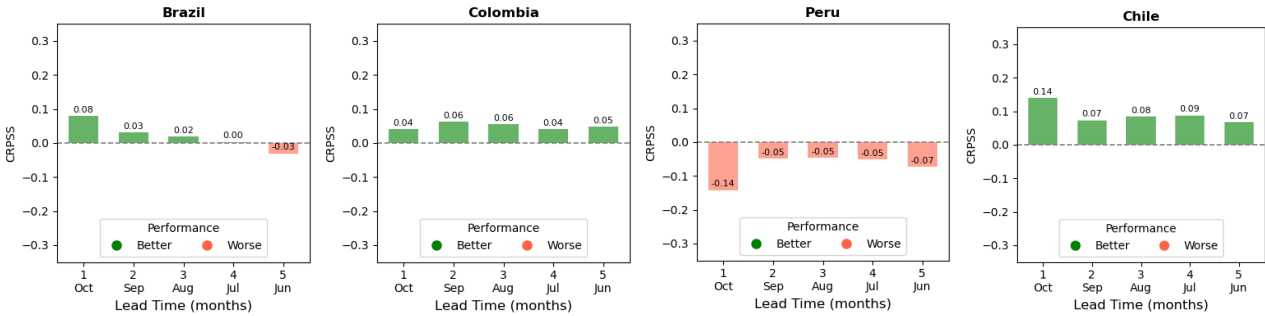
1. öncül zaman dilimindeki davranış, daha fazla araştırmayı gerektiriyor. Peru için yapılan tahminler, bir kez daha, tüm öncül zaman dilimlerinde çok az veya hiç beceri göstermiyor. Bu sınırlı becerinin nedenlerinden biri, ülkenin dik orografisi ve kıyısına yakın güçlü okyanus akıntılarının birleşimine atfedilebilir; bunlar mevsimsel tahmin modellerinin okyanus bileşeni tarafından tam olarak dikkate alınmaz.



**Şekil 17. Güneş radyasyonu için sürekli sıralı olasılık beceri puanı (CRPSS) kullanılarak mevsimsel tahminin değerlendirilmesi, 1993-2016 test dönemi boyunca Kasım ayını hedefleme ve bölgesel perspektifte analiz edilen aynı dört ülkeye odaklanma (Bölüm 2.3): Brezilya, Kolombiya, Peru ve Şili. Histogram çubukları, 1 Ekim'de (önceki zaman 1) (en soldaki), 1 Eylül'de (önceki zaman 2) vb. başlatılan tahminin becerisini temsil eder. Pozitif değerler, mevsimsel tahmin modelinin ortalama olarak (test dönemi boyunca) klimatolojik referanstan daha iyi performans gösterdiğini gösterirken, negatif değerler (kırmızı) klimatolojinin daha doğru bir tahmin sağlayabileceğini düşündürmektedir.**

## Yağış

Kasım ayında, yağış tahmin becerisi Brezilya, Kolombiya ve Şili'deki çoğu öncü zaman için pozitifdir ve bu da 4-5 ay önceden yapılan tahminlerin iklimsel değerlere güvenmekten daha doğru olduğunu göstermektedir (Şekil 18). Buna karşılık, Peru için tahminler tüm öncü zamanlarında tutarlı bir şekilde negatif beceri sergilemektedir.

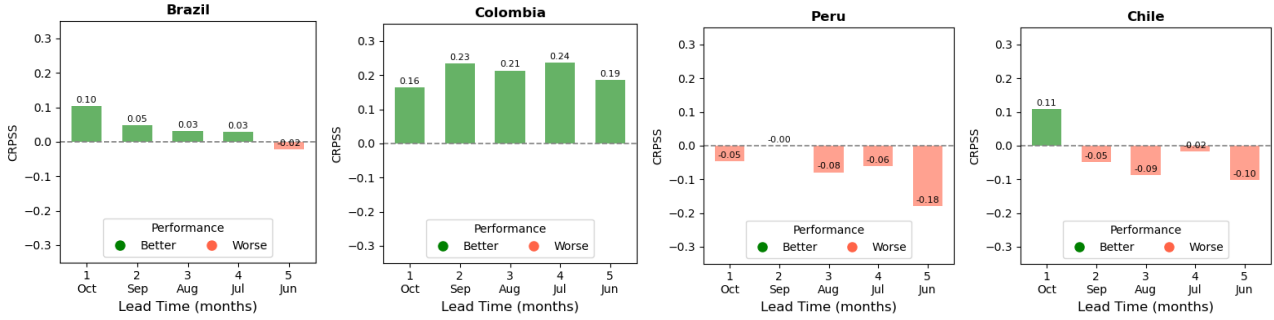


**Şekil 18. Yağış için sürekli sıralı olasılık beceri puanı (CRPSS) kullanılarak mevsimsel tahminin değerlendirilmesi, 1993-2016 test dönemi boyunca Kasım ayını hedefleme ve bölgesel perspektifte analiz edilen aynı dört ülkeye odaklanma (Bölüm 2.3): Brezilya, Kolombiya, Peru ve Şili. Histogram çubukları, 1 Ekim'de (önceki zaman 1) (en soldaki), 1 Eylül'de (önceki zaman 2) vb. başlatılan tahminin becerisini temsil eder. Pozitif değerler, mevsimsel tahmin modelinin ortalama olarak (test dönemi boyunca) klimatolojik referanstan daha iyi performans gösterdiğini gösterirken, negatif değerler (kırmızı) klimatolojinin daha doğru bir tahmin sağlayabileceğini düşündürmektedir.**

## Sıcaklık

Kasım ayındaki sıcaklık için mevsimsel tahmin modeli becerisi, Brezilya için (4. ön zamana kadar) ve özellikle tüm ön zamanlarda daha yüksek beceri değerleri ve olumlu sonuçlar gösteren Kolombiya için olumlu sonuçlar gösteriyor (Şekil 19). Ancak, Şili ve Peru için beceri daha az umut verici. Peru için tahminler, önceki analizlerde olduğu gibi, tüm ön zamanlarda negatif veya sıfır beceri gösteriyor, muhtemelen

daha önce de belirtildiği gibi, dik orografi ve karmaşık okyanus sirkülasyon desenlerinin etkilerinden etkilenmiştir. Benzer faktörler Şili için mevsimsel tahminin zayıf performansına katkıda bulunabilir. Özellikle, Şili'nin durumunda, 1. öncül zaman olumlu bir beceri göstermektedir.



**Şekil 19.** Hava sıcaklığı için sürekli sıralı olasılık beceri puanı (CRPSS) kullanılarak mevsimsel tahminin değerlendirilmesi, 1993-2016 test dönemi boyunca Kasım ayını hedefleme ve bölgesel perspektifte analiz edilen aynı dört ülkeye odaklanma (Bölüm 2.3): Brezilya, Kolombiya, Peru ve Şili. Histogram çubukları, 1 Ekim'de (önceki zaman 1) (en soldaki), 1 Eylül'de (önceki zaman 2) vb. başlatılan tahminin becerisini temsil eder. Pozitif değerler, mevsimsel tahmin modelinin ortalama olarak (test dönemi boyunca) klimatolojik referanstan daha iyi performans gösterdiğini gösterirken, negatif değerler (kırmızı) klimatolojinin daha doğru bir tahmin sağlayabileceğini düşündürmektedir.

## 6 Referanslar

- Bett, PE; Thornton, HE; Troccoli, A. ve diğerleri. Basitleştirilmiş Mevsimsel Tahmin Stratejisi, Avrupa'da Rüzgar ve Güneş Enerjisine Uygulandı. *İklim Hizmetleri* **2022**, *27*, 100318. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100318>.
- Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S). *Avrupa İklim Durumu 2023*; C3S, 2024a. <https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2023>.
- Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S). *Küresel İklim Önemli Noktaları 2023*; C3S, 2024b. <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>.
- Kor. *Küresel Elektrik İncelemesi 2024*; Kül, [enerji.org/app/uploads/2024/05/Repo2024-global-Electricity-Review-2024.pdf](https://enerji.org/app/uploads/2024/05/Repo2024-global-Electricity-Review-2024.pdf).
- Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. ve diğerleri. ERA5 Küresel Yeniden Analizi. *Üç Aylık Dergi Kraliyet Meteoroloji Derneği* **2020**, *146*(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA). *Dünya Enerji Görünümü 2024*; IEA: Paris, 2024. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA); Avrupa-Akdeniz İklim Değişikliği Merkezi (CMCC). *Enerji Tüketimi için Hava Durumu: Kullanıcı Kılavuzu*, Nisan 2023 Baskısı; IEA: Paris, 2023. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/d8558cd7-5a1a-4ef6-9c24-6d639f54be7d/IEA\\_CMCC\\_Enerji\\_İzleyicisi\\_İçin\\_Hava\\_Durumları\\_-\\_Kullanıcı\\_Kılavuzu.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/d8558cd7-5a1a-4ef6-9c24-6d639f54be7d/IEA_CMCC_Enerji_İzleyicisi_İçin_Hava_Durumları_-_Kullanıcı_Kılavuzu.pdf).
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). *İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temel Çalışma Grubu I'in Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Altıncı Değerlendirme Raporuna Katkı*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. ve arkadaşları, Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, Birleşik Krallık, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1>.

- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). *İklim Değişikliği 2022: Etkiler, Uyum ve Savunmazlık. Çalışma Grubu II'nin Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Altıncı Değerlendirme Raporuna Katkısı*; Pörtner, H.-O.; Roberts, DC; Tignor, MMB ve diğerleri, Editörler; Cambridge University Press: Cambridge, Birleşik Krallık, 2022a. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2>.
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). *İklim Değişikliği 2022: İklimin Azaltılması Değişim. Çalışma Grubu III'ün Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Altıncı Değerlendirme Raporuna Katkısı*; Shukla, PR; Skea, J.; Slade, R. ve diğerleri, Editörler; Cambridge University Press: Cambridge, Birleşik Krallık, 2022b. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3>.
- Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA). *Güç Sistemlerinin Yeniden Düzenlenmesi Geçiş*; IRENA: Abu Dabi, 2022. <https://www.irena.org/publications/2022/Jun/REorganising-Power-Systems-for-the-Transition>.
- Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA). *Dünya Enerji Dönüşümleri Görünümü 2023: 1,5°C Yo!*; Cilt 1; IRENA: Abu Dabi, 2023. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>.
- Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA). *Yenilenebilir Kapasite İstatistikleri 2024*; IRENA: Abu Dabi, 2024a. <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Renewable-capacitystatistics-2024>.
- Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA). *Yenilenebilir Enerji İstatistikleri 2024*; IRENA: Abu Dabi, 2024b. <https://www.irena.org/Publications/2024/Jul/Renewable-energystatistics-2024>.
- Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA). *2023'te Yenilenebilir Enerji Üretim Maliyetleri*; IRENA: Abu Dabi, 2024c. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>.
- Jerez, S.; Tobin, I.; Vautard, R. ve diğerleri. İklim Değişikliğinin Fotovoltaik Güç Üzerindeki Etkisi Avrupa'daki nesil. *Doğa İletişimleri* **2015**, *6*(1), 10014. <https://doi.org/10.1038/ncomms10014>.
- Schmidt, G. İklim Modelleri 2023'ün Büyük Isı Anomalisini Açıklayamıyor — Biz de Olabiliriz Keşfedilmemiş Topraklar. *Doğa* **2024**, *627*(8004), 467–467. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00816-z>.
- Spinoni, J.; Vogt, JV; Barbosa, P. ve diğerleri. Isıtma ve Soğutma Derece-Günlerindeki Değişimler 1981'den 2100'e Avrupa. *Uluslararası İklim Bilimi Dergisi* **2018**, *38*(S1), e191– e208. <https://doi.org/10.1002/joc.5362>.
- Spinoni, J.; Barbosa, P.; Füssel, H.-M. ve ark. Küresel Nüfus Ağırlıklı Derece-Gün İklim ve Sosyo-Ekonomik Senaryoların Birleşimine Yönelik Projeksiyonlar. *Uluslararası İklim Bilimi Dergisi* **2021**, *41*(11), 5447–5464. <https://doi.org/10.1002/joc.7328>.
- Troccoli, A. Mevsimsel İklim Tahmini. *Meteorolojik Uygulamalar* **2010**, *17*(3), 251–268. <https://doi.org/10.1002/met.184>.
- Troccoli, A., Ed. *Enerji Endüstrisi için Hava Durumu ve İklim Hizmetleri*; Palgrave Macmillan, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5>.
- White, CJ; Domeisen, DIV; Acharya, N. ve diğerleri. Uygulama ve Fayda Alanındaki Gelişmeler Alt Mevsimsel-Mevsimsel Tahminler. *Amerikan Meteoroloji Derneği Bülteni* **2022**, *103*(6), E1448–E1472. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0224.1>.
- Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD). *Küresel Kuraklık Anlık Görüntüsü 2023: Proaktif Eyleme İhtiyaç*; BMÇMS: Bonn, 2024. <https://reliefweb.int/report/world/global-drought-snapshot-2023-need-proactive-actionenru>.
- Van Dijk, AIJM; Beck, HE; Boergens, E. ve ark. *Küresel Su Monitörü 2023: Özet Rapor*; Küresel Su Gözlemcisi, 2024.
- Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *2022 İklim Hizmetleri Durumu: Enerji* (WMO-Hayır. 1301). Cenevre, 2022.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Entegre Hava Durumu ve İklim Hizmetleri  
Net Sıfır Enerji Geçişinin Desteği* (WMO-No. 1312). Cenevre, 2023.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO-No. 1347).  
Cenevre, 2024.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO); Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA). *2022  
Yılın İncelemesi: İklim Odaklı Küresel Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Kaynakları ve Enerji Talebi*. WMO:  
Cenevre, 2023. <https://www.irena.org/Publications/2023/Dec/2022-Year-in-Review-Climate-driven-Global-Renewable-Energy-Potential-Resources-and-Energy-Demand>.

Daha fazla bilgi için lütfen bizimle iletişime geçin:

## Dünya Meteoroloji Örgütü

7 bis, avenue de la Paix – PO Box 2300 – CH 1211 Cenevre 2 – İsviçre

### Strategic Communications Office

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14

E-posta: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

[wmo.int](http://wmo.int)

## Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı

Masdar Şehri, Abu Dabi, Posta Kutusu 236

E-posta: [publications@irena.org](mailto:publications@irena.org)

[www.irena.org](http://www.irena.org)

## Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi

Reading, İngiltere | Bologna, İtalya | Bonn, Almanya

E-posta: [copernicus-press@ecmwf.int](mailto:copernicus-press@ecmwf.int)

<https://climate.copernicus.eu/>