



**TÜREB
TWEA**

TURKISH WIND ENERGY ASSOCIATION

**TÜRKİYE
RÜZGAR
ENERJİSİ
BİRLİĞİ**

28 NİSAN 2025 TARİHLİ İBERYA YARIMADASI
ELEKTRİK KESİNTİSİNE İLİŞKİN

**TÜREB TEKNİK
GÖZLEM RAPORU**

GİRİŞ

28 Nisan 2025 tarihinde İspanya ve Portekiz'i kapsayan İberya Yarımadası'nda yaşanan elektrik kesintisi, Avrupa elektrik sistemi açısından tarihi bir vaka olarak değerlendirilmektedir. Saat 12:33 civarında başlayan kesinti, yalnızca birkaç saniye içinde gerçekleşmiş, yaklaşık 60 milyonluk bir nüfusun bulunduğu bölgenin önemli kısmını etkileyerek ciddi ekonomik ve sosyal sonuçlar doğurmuştur. Bu olay, yüksek yenilenebilir entegrasyonu, düşük sistem ataleti, inverter bazlı üretim yapısının zafiyetleri, hibrit HVDC (Yüksek Gerilimli Doğru Akım Sistemi) / AC (Alternatif Akım) bağlantılar ve operatör kararları gibi birçok teknik unsurun bir araya gelmesiyle oluşmuştur.



OLAY GÜNÜ ÖZETİ – NE OLDU?

I. Kesintiden Önceki Süreç:

- İspanya elektrik sisteminde üretim 31.7 GW düzeyindeydi.
- 25 GW iç tüketim, 2.6 GW Portekiz'e, 870 MW Fransa'ya ihraç ediliyordu.
- Sistem oldukça yüksek oranda yenilenebilir üretime dayalıydı (%78), bunun %60'ı fotovoltaik kaynaklıydı.
- Bölgesel olarak nominal üzerinde fakat RED Electrica açıklamasına göre kabul edilebilir sınırlar içinde gerilim değerleri gözlenmekteydi.
- Sistemde bölgeler arası salınımlar tespit edildi.
- Bu dönemde HVDC ve AC bağlantılar üzerinden ihracat devam ediyordu.

II. 12:32:57 CET:

İspanya'nın güneyinde toplam yaklaşık 2.200 MW üretim devre dışı kaldı. Bu ilk tetikleyici olay, sistemin kararlılığını kırmaya başladı.

III. 12:33:18 – 12:33:21:

Frekans 48 Hz'e kadar düştü, yük atma devreye girdi.

IV. 12:33:21:

Senkronizasyon kaybı nedeniyle koruma sistemleri vasıtasıyla Fransa ile İspanya arasındaki enterkonneksiyon hatları devre dışı bırakıldı.

V. 12:33:24:

Tüm İberya yarımadası sistemi çöktü.

VI. Restorasyon:

Portekiz'de 00:22, İspanya'da 04:00 CET itibarıyla tamamlandı.

**TEKNİK BULGULAR VE TESPİTLER**

28 Nisan 2025'te İspanya ve Portekiz'de yaşanan geniş çaplı elektrik kesintisi, Avrupa kıta şebekesinde meydana gelen iki ardışık bölgeler arası salınım ve ardından İspanya'nın güneyinde gerçekleşen 2.200 MW'lık ani üretim kaybı ile başlamış; İberya sisteminde geçici bir çöküşe yol açmıştır. Bu kapsamda, İspanya genelinde yaklaşık 15,5 saat, Portekiz genelinde ise yaklaşık 11 saat 50 dakika süreyle elektrik kesintisi yaşanmıştır. Söz konusu gelişmeler, 9 Mayıs 2025 tarihinde yayımlanan ENTSO-E (Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşleticileri Ağı) ön raporunda açıkça ortaya konmuştur.

Olayın ardından, sistem ayrılması öncesinde gözlemlenen bölgeler arası salınım konusunda; salınımları bastırarak nitelikte donanım ve yazılım altyapısının yeterli düzeyde olmadığı; salınım algılama ve kontrol sistemlerinin gecikmeli veya yetersiz tepkiler verdiği değerlendirilmektedir. Bu

eksiklik doğrudan bahse konu kesintiyi etkilememekle birlikte ileride yaşanabilecek daha büyük kesintileri tetikleyebilecek bir faktördür.

İlk üretim kaybının nedeni henüz kesinleşmemiş olmakla birlikte, İspanya'da gözlenen nominal üstü (fakat limitler içindeki) yüksek gerilimlere bağlı olarak ve İspanya'da merkezi olmayan çok sayıda üretim tesisinin anlık olarak devre dışı kalmış olması ihtimali üzerinde durulmaktadır. Kabul edilebilir sınırın üst limitine yakın seyreden gerilimler, şebekede meydana gelen küçük bir değişim ile limitleri aşmış olabilir. Özellikle dağıtık ve küçük üretimlerde voltage through gibi özellikleri zorunlu olmaması aşırı gerilimlere bağlı olarak yüksek sayıda küçük ölçekli santralin trip etmesine neden olmuş olabileceği değerlendirilmektedir.

Bu üretim kayıplarının ardından başlayan frekans düşüşü otomatik koruma sistemlerini tetiklemiş ve bu sistemler yük atmalarla yanıt vermiştir. Ancak sistem kararlılığı bu yük atmayla da sağlanamayınca, Fransa-İspanya arasındaki AC bağlantılar senkronizasyon kaybı nedeniyle otomatik olarak açılmış ve nihayetinde tüm İberya Yarımadası şebekesi çökmüştür. Bu üretim kaybı ve Fransa ile olan AC hatların kopmasına ilave olarak, Fransa ile olan HVDC bağlantı senkron bir bağlantı şekli olmadığı için oluşan dengesizliğe rağmen ihracat yönünde enerji akışına devam etmiştir. Her ne kadar, bahse konu HVDC sistemi AC hat davranışını gösterebilecek bir emülatör kontrolcüye sahip olsa da, bu yapının şebekede gerçekleştirebilecek N-1 durumlarında aşırı tepki vermemek için yavaş (dakika mertebesinde) tepki veren bir kontrolcüye sahip olduğu, bu nedenle kısa sürede değişen frekans ve gerilim açısını değişimine bağlı olarak aktif güç akışını değiştiremediği değerlendirilmektedir.

Kesintiden yaklaşık 10 dakika önce Avrupa kıtasal şebekesi ile İspanya sistemi arasında bölgeler arası güç gerilim ve frekans salınımları gözlemlenmiştir. Bu frekans salınımları, Avrupa şebekesinde aktif güç salınımlarına da sebep olmaktadır. Bu salınımlar GW seviyelerine erişebilmekte ve özellikle mesafe koruma rölelerinde trip'e sebep olabilmektedir. Bu trip geride kalan hatlardaki akışları arttırmakta ve birbirini takip eden tripler yaşanarak sistem bölünmeleri gözlemlenmektedir. Dolayısıyla bu salınımların sönümlenmesi mümkün olmaz ise, ülkeler arasındaki enterkoneksiyon hatlarının koruma sistemlerini tetikleyebilir ve geniş çaplı kesintilere sebep olabilir.

Yüksek yenilenebilir enerji üretimi (özellikle güneş), bahar dönemi nedeniyle düşük elektrik talebi ve sistemdeki düşük atalet seviyeleri birleşmiş, bu da sistemi daha kırılgan hale getirmiştir. Arıza öncesi inverter tabanlı rüzgar ve güneş üretimi toplamı, tüketimin %60'ından fazlasını karşılamaktadır. Özellikle İspanya'nın güneybatısında yer alan geniş ölçekli güneş santrallerinin bu kırılgan yapının



merkezinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu sebeple sistemdeki salınımlara cevap verilememiş ve küçük üretim tesislerinin gerilim kontrol yükümlülüğü yok ise veya kısıtlı ise gerilim problemini daha da arttırmış olabilir.

Konuyu inceleyen ve halen incelemeye devam etmekte olan ilgili kurum ve kuruluşların değerlendirmeleri incelenerek özetlenen teknik değerlendirme sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

- **Düşük Atalet ve ROCOF (Frekans Değişim Oranı) Etkisi:** Olayın sonunda, geri dönüş olmayan noktadan sonra sistem ataletinin yetersiz olması, frekanstaki değişim oranını artırarak ROCOF korumalarının tetiklenmesine yol açmış olabilir.
- **Inverter Tabanlı Üretimin Rolü:** Fotovoltaik ve rüzgar santrallerinin çoğunlukla Grid-Following (Şebeke Takipli) inverterlerle bağlı olması, senkron makinaların sunduğu doğal ataletin yokluğunu artırdı. Ayrıca küçük santrallerin gerilim kontrolü zorunluluğunun olmaması veya kısıtlı olması yüksek gerilim problemini arttırmış olabilir.
- **HVDC ve AC Hatlar Arasındaki Etkileşim:** AC sistem üzerinden destek akarken HVDC hattının ihracat yönünde zorlanmaya devam etmesi (yavaş çalışan AC hat emülatör kontrolü), asimetrik güç dağılımına ve gerilim kararsızlığına neden oldu.

KARŞILAŞTIRMALI ÖRNEKLER

- **2003 İtalya Kesintisi:** İthalata bağlı aşırı yüklenme sonucu zincirleme hat kayıpları yaşandı.
- **2006 Avrupa Kesintisi:** Almanya'da hat kapatılması sonrası aşırı yüklenmelerle Avrupa şebekesi 3 parçaya ayrıldı.
- **2021 Teksas Vakası:** Soğuk hava dalgası sırasında izole şebeke ve yetersiz depolama sistemleri, ciddi kesintilere neden oldu.
- **2015 Türkiye Kesintisi:** İberya vakası Türkiye'de yaşanan kesinti ile kısmi benzerlikleri olan bir kesintidir. Kesinti, Türkiye'de hat kaybı, İspanya'da ise üretim kaybı ile başlamıştır fakat sistem ayrılımlarının sebebi benzerdir.

Bu örnekler, İberya vakasının çok daha kısa sürede gerçekleşmesiyle inverter tabanlı sistemlerin stabilite üzerindeki etkisini gözler önüne sermektedir.

SONUÇ

İletim Sistem Güvenliği: Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu, Şebeke Yatırımları, Baz Yük Santralleri ve Elektrik Depolama Sistemleri

İspanya ve Portekiz'de yaşanan kesinti, enerji dönüşüm sürecinde elektrik sistemlerinde şebeke yatırımları, dijitalleşme, baz yük santralleri, esneklik ve şebeke ölçekli elektrik depolama sistemlerinin ne kadar kritik olduğunu bir kez daha göstermiştir. Öyle ki, İberya kesintisini takiben enerji piyasalarında daha yoğun şekilde tartışılan politika önerileri arasında öne çıkan kavramlar esneklik ve sistem ataleti olmuştur.

Bu politika önerileri altında, depolama ve esneklik alanlarında; (i) Pompaj ve batarya sistemlerinin frekans destekleme rolleri için kullanımı ve (ii) Talep tarafı esnekliği için piyasa içerikli mekanizmaların geliştirilmesi öne çıkmaktadır.

Ataletin arttırılması başlığında ise (i) senkron kompensatörlerin şebekeye entegrasyonu ve (ii) sanal atalet sağlayan grid-forming inverter teknolojilerinin yaygınlaştırılması önceliklendirilmektedir.

Atalet ve frekans salınımı sönümleme gibi 2 yeni yan hizmete ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

Ayrıca ROCOF veya Aktif Inertia (Atalet) miktarının artık N-1 gibi bir işletme kriteri olması gerektiği de önerilmektedir.

Depolama kapasitesinin geliştirilmesi politika önerisi ele alındığında Türkiye, bu konuda Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) öncülüğünde vizyoner ve proaktif bir strateji benimseyerek, son yıllarda verilen tüm yeni rüzgar enerjisi santrali (RES) ve güneş enerjisi santrali (GES) ön lisanslarını elektrik depolama şartı ile düzenlemiş ve enerji dönüşüm sürecini sistemsel esnekliğini ve arz güvenliğini merkeze alan bir şekilde destekleyerek hızlandırmıştır.

Bugün itibariyle Türkiye geneline yayılmış yüzlerce yatırımcının önümüzdeki dönemde hayata geçireceği yaklaşık 680 depolamalı proje, toplamda 33,5 GW kurulu güç büyüklüğüne ulaşmıştır. Bu ölçek, Türkiye'nin elektrik sistemine entegre olacak güçlü, esnek ve kapsayıcı bir yenilenebilir enerji altyapısının temelini oluşturmaktadır.

Türkiye, rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmenin yanı sıra aynı zamanda depolama entegrasyonu ile arz-talep dengesini güçlendirirken, elektrik sistemi işletmesinin güvenliğini sağlıyor ve vatandaşlarımıza daha ucuz, daha temiz ve daha sürdürülebilir elektrik sunulmasının önünü açmaktadır.



Elektrik depolama yatırımları aynı zamanda, şebekeye Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) yarışmaları ve lisanssız santral kapasitesi tahsisleri ile daha fazla ve ilave santral kapasitesinin bağlanmasını, ayrıca mevcut rüzgar ve güneş enerjisi santrallerinin de daha kolay işletilmesini de sağlayacaktır.

İspanya ve Portekiz'de yaşanan kesintiyle birlikte bir kez daha enerji dönüşüm sürecinde yeni şebeke yatırımlarının ve akıllı şebekelere geçişin ne kadar önemli olduğu görülmüştür. Akıllı dönüşüm stratejisi çerçevesinde şebekelerin geliştirilmesi kadar baz yük santrallerinin ve şebeke ölçekli elektrik depolama sistemlerinin de sistem güvenliği için ne kadar kritik önemde olduğu da görülmüştür.

Baz yük santrallerinin sistemde varlığının korunması kadar, şebeke ölçekli elektrik depolama sistemleri ile bu dönüşümün desteklenmesi ve arızalara şebeke izleyen depolama teknolojileri ile daha hızlı tepki verilerek frekans salınımlarının büyümeden sönümlenmesinin kritik öneme sahip olduğu İspanya ve Portekiz'de yaşanan kesintide çok net bir şekilde görülmüştür. Türkiye'nin şebeke ölçekli elektrik depolama sistemlerinin desteklenmesi ve hayata geçirilmesinde diğer birçok ülkeden önce aldığı kararın çok doğru bir politika tercihi ve uygulama olduğu görülmektedir.

Önümüzdeki senelerde hem ülkemizde hem de dünya genelinde daha fazla yenilenebilir enerji kaynağının elektrik sistemine entegrasyonunda yeni yatırımlarla iletim ve dağıtım şebekelerinin genişletilmesinin, akıllı şebekelerin ve elektrik depolama sistemlerinin en önemli belirleyiciler olacağı değerlendirilmekte ve dünya genelinde elektrik depolama yatırımlarında hızlı bir büyüme yaşanması öngörülmektedir.

Türkiye'nin dünyada tahsis edilen kapasite büyüklüğü açısından dünyada önde gelen ülkelerden birisi durumundadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) ve elektrik dağıtım şirketleri ülkemizin enerji dönüşümünde öncü ve kritik bir rol oynamaktadır.

Bu bağlamda yatırımcılara tahsis edilen yaklaşık 33,5 GW'lık depolamalı rüzgar ve güneş enerjisi santrali yatırımlarının, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) öncülüğü ve desteğinde hazırlanarak önümüzdeki haftalarda yasalaşması beklenen Süper İzin Düzenlemesi ile birlikte bu yatırımların hızlı bir şekilde devreye alınması Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücünün artması kadar iletim sistem güvenliğinin sağlanması açısından da önemli katkılar sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Bialek, J. (2025). Possible causes of wide-area blackouts, Imperial College London.
- World Economic Forum (2025). Resilient energy grid: Lessons from the Iberian blackout.
- Watt-Logic (2025). The Iberian blackout shows the dangers of operating power grids with low inertia.
- ENTSO-E (2025). Preliminary incident timeline and frequency data.
- Sanlı, B. (2025). Elektrik Kesintileri ve Politik Stratejiler.
- Red Eléctrica (2025). Technical and operational data on 28 April blackout.
- Avrupa basını ve REE teknik belgeleri
- TÜREB teknik çalışma ve veri analizi notları

HAZIRLAYANLAR

- **Dr. İbrahim Erden**, TÜREB Başkanı ve EESI Energreen Energy Genel Müdürü
- **Erinç Kısa**, TÜREB Yatırımcılardan Sorumlu Başkan Yardımcısı ve Aksa Yenilenebilir Enerji Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı
- **Volkan Yiğit**, TÜREB Denetim Kurulu Üyesi ve APlus Enerji Yönetici Ortağı
- **Necip Fazıl Bakır**, TÜREB Denetim Kurulu Üyesi ve Kıvanç Enerji Kamu İlişkileri Direktörü
- **Osman Bülent Tör**, TÜREB Üyesi ve EPRA Energy CEO'su
- **Emin Emrah Danış**, TÜREB Kamu İlişkileri Danışmanı ve MOBEN Danışmanlık Kurucusu



in turkiyeruzgarenerjisibirligi

f turkiyeruzgarenerjisibirligi

▶ turkiyeruzgarenerjisibirligi

@ turkiyeruzgarenerjisibirligi

X TUREB_TWEA

www.tureb.com.tr
info@tureb.com.tr