

2026

Depolamalı Enerji Santrallerinin Enerji Altyapısındaki Rolü, Risk Yapısı ve Sigorta Perspektifi



Kök Sebep
Analizi

Rücu tespiti
ve Analizi



liği

Hasar Süreç
Yönetimi



"Hasar servisi ve underwriterlar için Ekol Ekspertiz tarafından hazırlanmıştır."

Ekol Ekspertiz Mühendislik Departmanı

OCAK 2026

Ekol Sigorta Ekspertiz Hizmetleri Limited Şirketi

www.ekolekspertiz.com



1. BÖLÜM GİRİŞ

Enerji dönüşümü süreciyle birlikte depolamalı enerji santralleri (Battery Energy Storage Systems – BESS), elektrik şebekelerinin vazgeçilmez unsurları hâline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili üretim karakteri, depolama teknolojilerini yalnızca destekleyici bir ekipman olmaktan çıkararak, doğrudan şebeke güvenliğini belirleyen kritik altyapılar hâline getirmiştir.

Bu tesisler; yüksek enerji yoğunluğu, kimyasal reaksiyon potansiyeli, hızlı hasar gelişimi ve sınırlı müdahale imkânı nedeniyle klasik GES ve RES projelerinden tamamen farklı bir risk profiline sahiptir. Dünya genelinde yaşanan BESS yangınları ve uzun süreli devre dışı kalma örnekleri, sigorta sektöründe depolamalı enerji santrallerinin ayrı bir underwriting yaklaşımı ile ele alınması gerektiğini açıkça ortaya koymuştur.

Bu çalışma; depolamalı enerji santrallerinin teknik yapısını, küresel ve Türkiye özelindeki mevcut durumunu, mevzuat ve standartları, hasar risklerini, dünya genelindeki hasar örneklerini ve Türkiye koşullarında onarım–iş durması sürelerini ele almaktadır. Ayrıca sahada yapılacak eksper incelemelerinde kritik kontrol noktaları ve hasar sonrası sık yapılan hatalar başlıkları altında uygulamaya dönük değerlendirmelere yer verilmektedir.



2. BÖLÜM

DEPOLAMALI ENERJİ SANTRALLERİ NEDEN KURULUYOR?

Depolamalı enerji santralleri, enerji üretiminde artan yenilenebilir kaynak payının doğrudan bir sonucudur. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynaklar, doğaları gereği kesintili ve öngörülemeyen üretim karakteristiğine sahiptir. Bu durum, elektrik şebekesinde arz–talep dengesinin sağlanmasını zorlaştırmakta ve şebeke işletmecileri açısından kararlılık riskleri oluşturmaktadır.

Enerji depolama sistemleri, bu dengesizliği gidermek amacıyla;

- Üretilen enerjinin anlık tüketilemeyen kısmının depolanmasını,
- Talebin yüksek olduğu zamanlarda hızlı ve kontrollü şekilde şebekeye geri verilmesini,
- Frekans ve gerilim dalgalanmalarının anlık müdahalelerle dengelenmesini sağlamak üzere kurulmaktadır.

Bu yönüyle depolamalı enerji santralleri yalnızca bir “enerji ekipmanı” değil, şebeke güvenliğini doğrudan etkileyen kritik altyapı tesisleri olarak değerlendirilmektedir. Sigorta perspektifinden bakıldığında, bu tesislerin önemi kadar yüksek enerji yoğunluğu barındırmaları da dikkat çekmektedir.

3. BÖLÜM

DEPOLAMALI ENERJİ SİSTEMLERİ: TEMEL TEKNİK ÇERÇEVE

3.1 Çalışma Prensibi

Depolamalı enerji sistemleri, elektrik enerjisinin doğrudan tüketilemediği zamanlarda depolanarak daha sonra şebekeye geri verilmesini sağlar. Günümüzde ticari ölçekte en yaygın teknoloji lityum-iyon bataryalara dayalı BESS çözümleridir. Elektrik enerjisi batarya hücrelerinde kimyasal enerji olarak depolanır; ihtiyaç anında güç dönüşüm sistemleri (PCS) aracılığıyla tekrar elektrik enerjisine çevrilir.

Tipik bir BESS tesisi Őu ana bileŐenlerden oluŐur:

- Batarya hücresleri, modüller ve rack sistemleri
- Güç Dönüşümü Sistemi (PCS)
- Batarya Yönetim Sistemi (BMS)
- Enerji Yönetim Sistemi (EMS)
- Yangın algılama ve söndürme sistemleri
- HVAC (Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme)
- SCADA ve uzaktan izleme altyapısı

Bu yapı, depolamalı enerji santrallerini yoğun biçimde yazılım kontrollü ve aktif sistemler hâline getirmektedir.



3.2 Klasik GES / RES ile Temel Farklar

Klasik GES ve RES projelerinde üretilen enerji eş zamanlı olarak şebekeye aktarılır ve tesis içinde yüksek miktarda depolanmış enerji bulunmaz. Depolamalı enerji santrallerinde ise büyük miktarda enerji sahada ve belirli bir süre boyunca tutulur. Bu fark, riskin niteliğini kökten değiştirmektedir. Bu tesislerde hasar riski yalnızca ekipman hasarı değil, depolanan enerjinin kontrolsüz şekilde açığa çıkma ihtimalidir. Termal runaway, kimyasal gaz oluşumu ve zincirleme yangın riski, depolamalı santrallerin sigorta açısından ayrı bir kategori olarak ele alınmasını gerektirir.

4. BÖLÜM

DEPOLAMALI ENERJİ SANTRALİ TÜRLERİ NELERDİR?

a. Üretim Tesisine Entegre Depolamalı Santraller

- Güneş Enerji Santrali (GES + BESS)
- Rüzgâr Enerji Santrali (RES + BESS)

Bu modelde depolama sistemi, üretim tesisinin bir parçası olarak çalışır. Amaç, üretim fazlasını depolayarak şebekeye verilen enerjiyi daha kontrollü hâle getirmektir. Türkiye’de en yaygın kurulan model bu yapıdır.

b. Müstakil Depolamalı Santraller

Bu tesisler herhangi bir üretim kaynağına bağlı olmaksızın, doğrudan şebekeye bağlanır. Elektrik fiyat farkları, frekans regülasyonu ve dengeleme hizmetleri için kullanılır. Dünya genelinde hızla artmakla birlikte, Türkiye’de henüz sınırlı sayıdadır.

c. Tüketim Tesisine Entegre Depolama

Sanayi tesisleri, OSB’ler veya büyük tüketiciler tarafından kullanılan sistemlerdir. Şebeke yükünü azaltmak ve enerji maliyetlerini dengelemek amacıyla kurulmaktadır.

5. BÖLÜM

DÜNYADA DEPOLAMALI ENERJİ SANTRALLERİNİN MEVCUT DURUMU

Küresel ölçekte enerji depolama yatırımları son yıllarda çok hızlı bir büyüme göstermiştir. BloombergNEF ve benzeri uluslararası kaynaklara göre:

- 2022 yılı sonunda dünya genelinde devrede olan yaklaşık 17 GW / 34 GWh seviyesindeki kapasitenin, 2030'a kadar 20 kattan fazla artacağı öngörülmektedir.
- ABD, Çin, Avrupa Birliği ve Avustralya, depolamalı enerji santrallerinin en yoğun kurulduğu bölgelerdir.

Bu tesislerin büyük çoğunluğu lityum-iyon batarya teknolojisine dayalı, konteyner tipinde ve yüksek enerji yoğunlukludur. Bu durum, sigorta sektörü açısından yangın ve zincirleme hasar risklerini öne çıkarmakta ve yeterince test edilmemiş risklerin de yaygınlaşması anlamına gelmektedir.

6. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE DEPOLAMALI ENERJİ SANTRALLERİNİN DURUMU VE KAPASİTE

Türkiye'de depolamalı enerji santralleri, özellikle son yıllarda yapılan mevzuat düzenlemeleri ile birlikte hızla gündeme gelmiştir.

- ❖ Türkiye'nin toplam kurulu gücü 2025 yılı Kasım itibarıyla 121.782 MW'a ulaşmıştır.
- ❖ EPDK verilerine göre, 2025 yılı itibarıyla 676 adet depolamalı elektrik üretim projesi için ön lisans başvurusu yapılmış olup, bu projelerin toplam gücü yaklaşık 33.000 MWm seviyesindedir.
- ❖ Bu projelerin yaklaşık %55'i rüzgâr, %45'i güneş enerjisi kaynaklıdır.

Bu veriler, önümüzdeki birkaç yıl içerisinde Türkiye'de yüksek sayıda depolamalı enerji santralinin devreye alınacağını göstermektedir.

6.1- Türkiye’de Kurulumu Tamamlanmış Depolamalı Enerji Santralleri: Örnekler Ve Kapasiteler

a. Enerjisa Üretim – Bandırma Enerji Üssü (Balıkesir/Bandırma)

Üretim 2 MW

Batarya Kapasitesi 4 MWh

Alıntı: “Enerjisa Üretim, Türkiye'nin ilk bakanlık kabulü yapılan Batarya Enerji Depolama Sistemi'ni (BESS), Bandırma Enerji Üssü'nde devreye aldı. Şirketten yapılan açıklamaya göre, Enerjisa Üretim, Bandırma Enerji Üssü'nde faaliyete başlayan ve şebekeye entegre BESS ile, elektrik şebekesine esneklik kazandırmakla birlikte ticari dengelemeye de katkı sağlıyor.”

b. Oze İnşaat / Oze Grup – Depolamalı Ges (Eskişehir/Sivrihisar)

Üretim: 49,184 MWm (~29 MWe)

Depolama Kapasitesi: 34,1452 MWh

c. Polat Enerji – Geycek Entegre Enerji Tesisi (Kırşehir/Mucur)

Üretim Kapasitesi: 10 MWe

Depolama Kapasitesi: 13,4 MW

Kamuya açık duyurularda; Proje için Bakanlık kabul sürecinin tamamlandığı/başarıyla sonuçlandığına ilişkin kamuya açık paylaşım bulunuyor.

7. BÖLÜM

MEVZUAT, LİSANSLAMA VE TEKNİK STANDARTLAR

7.1 Uluslararası Çerçeve

Depolamalı enerji santralleri için dünya genelinde bağlayıcı tek bir mevzuat bulunmamakla birlikte, NFPA 855, UL 9540 / 9540A ve IEC 62933 standartları fiili referans olarak kabul edilmektedir. Bu standartlar, yangın güvenliği, sistem tasarımı ve işletme–bakım süreçlerini kapsamaktadır.

7.2 Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye’de enerji depolamaya ilişkin ilk kapsamlı düzenleme, **09.05.2021 tarihli ve 31479 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan *Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği*** ile yapılmıştır.

Yönetmelik kapsamında depolamalı enerji santralleri;

- **Lisanslı üretim tesisine entegre,**
- **Tüketim tesisine entegre,**
- **Müstakil depolama tesisi,**
- **Şebeke işletmecileri tarafından kurulan tesisler** şeklinde sınıflandırılmıştır.

Söz konusu yönetmelik, **29.12.2025 tarihli ve 33122 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan değişiklik** ile güncellenmiş olup; başvuru süreçleri, bağlantı kriterleri, yatırımcı yükümlülükleri ve işletme esasları daha net hâle getirilmiştir. Bununla birlikte, depolamalı enerji santrallerine ilişkin teknik güvenlik detaylarının önemli bir kısmı, hâlen uluslararası standartlara ve iyi uygulama örneklerine bırakılmış durumdadır.

Bu durum, sigorta şirketleri açısından risk değerlendirmesinin yalnızca mevzuat hükümleri ile sınırlı kalamayacağını; teknik tasarım, güvenlik sistemleri ve işletme–bakım disiplininin ayrıca ve detaylı biçimde incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

8. BÖLÜM HASAR RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ

Depolamalı enerji santrallerinde hasar gelişimi çok hızlıdır. Küçük bir hücre arızası, dakikalar içinde konteyner bazında total kayba dönüşebilir. Yangınlar çoğu zaman kendi oksijenini üreten kimyasal süreçler içerir ve klasik söndürme yöntemleri yetersiz kalabilir.

Şebeke bağlantıları, yazılım altyapısı, HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) kapasitesi ve yangın algılama–söndürme sistemleri birlikte değerlendirilmelidir.

8.1 Klasik GES/RES ve Depolamalı Enerji Santrallerinde Oluşan Hasar ve Risk Farkları

Klasik GES ve RES projelerinde üretilen enerji, eş zamanlı olarak şebekeye aktarılır. Bu tesislerde ana risk, üretim ekipmanlarının (panel, inverter, türbin vb.) fiziksel hasarıdır. Enerji üretimi kesildiğinde, sistemin içinde yüksek miktarda depolanmış bir enerji bulunmaz.

Depolamalı enerji santrallerinde ise durum kökten farklıdır. Bu tesisler, üretilen veya şebekeden alınan elektriği kimyasal enerji formunda sahada tutar. Başka bir ifadeyle, yüksek miktarda enerji belirli bir süre boyunca aynı noktada depolanır.

Underwriter açısından bu fark kritik önemdedir; çünkü:

- Risk, yalnızca ekipman hasarı değil, enerji yoğunluğu kaynaklı zincirleme hasar riskidir.
- Hasar anı ile hasarın büyümesi arasındaki süre çok kısadır.
- Küçük bir arıza, kısa sürede konteyner veya tesis bazında total kayıp doğurabilir.

a. Hasar Gelişim Hızı Ve Kontrol Edilebilirlik Farkı

Depolamalı enerji santrallerinde özellikle batarya sistemlerinde:

- Termal runaway,
- Kimyasal gaz çıkışı,
- Ani basınç ve sıcaklık artışı gibi süreçler dakikalar hatta saniyeler içinde ilerleyebilir.

Hasarın büyüklüğü, müdahale kalitesinden çok sistemin kendi iç dinamiğine bağlıdır. Bu nedenle depolamalı enerji santrallerinde, klasik “hasar sonrası müdahale” yaklaşımı yerine hasar öncesi risk önleme esastır.

b. Yangın Riskinin Niteliği: Klasik Yangın Değil

GES ve RES projelerinde yangın riski genellikle:

- Kablo izolasyonu,
- İnverter arızası,
- Trafo yangını gibi lokal ve sınırlı olaylardır.

Depolamalı enerji santrallerinde ise yangın riski;

- Hücre bazında başlar,
- Hücre → modül → rack → konteyner şeklinde yayılır,
- Çoğu zaman kendi oksijenini üreten bir süreçtir. Bu durum, hasar süresinin uzaması ve iş durması riskinin artması anlamına gelir.

c. Gizli Hasar Olasılığı

Depolamalı enerji santrallerinde hasar, her zaman kurulum veya nakliye aşamasında hemen fark edilmeyebilir.

- Nakliye sırasında alınan bir darbe,
- Montajda yapılan küçük bir hata,
- İlk imalat kaynaklı mikro kusurlar uzun süre sorunsuz çalışıp, aylar sonra ani ve ağır bir hasar olarak ortaya çıkabilir.

GES ve RES projelerinde gizli hasar riski sınırlı iken, depolamalı santrallerde bu risk yüksek ve öngörülmesi zor bir karakter taşır. Bu durum underwriter açısından inşaat / montaj dönemi teminatlarının ve devreye alma sonrası erken dönem hasarlarının ayrıca değerlendirilmesini gerektirir.

d. Operasyonel Ve Yazılım Bağımlılığı

Klasik GES/RES projeleri büyük ölçüde pasif çalışan sistemlerdir.

Depolamalı enerji santrallerinde ise sistem:

- Batarya Yönetim Sistemi (BMS),
- Enerji Yönetim Sistemi (EMS),
- SCADA altyapısı üzerinden sürekli yazılım kontrollüdür.

Bu durum yanlış parametre tanımları, hatalı yazılım güncellemeleri ve yetkisiz uzaktan müdahaleler gibi operasyonel riskleri artırmaktadır. Underwriter açısından bu, yalnızca fiziksel değil siber ve operasyonel risklerin de teminat durumuna dolaylı olarak etki etmesi anlamına gelir.

e. Doğal Afet Etkilerinin Şiddeti

GES ve RES projeleri doğal afetlerden etkilenebilir, ancak depolamalı enerji santrallerinde bu etkiler ikincil riskleri tetikleyebilir.

Örneğin:

- Deprem → batarya gruplarının devrilmesi → iç kısa devre,
- Sel → su teması → DC ark ve yangın,
- Aşırı sıcak → HVAC yetersizliği → termal runaway şeklinde birincil afet, ikincil ağır hasara dönüşebilir.

Bu nedenle underwriter açısından depolamalı santrallerde yer seçimi ve fiziksel tasarım, klasik santrallere kıyasla daha kritik hale gelir.

f. Hasar Türleri Bakımından Sonuç Ve Değerlendirme

Depolamalı enerji santralleri; yüksek enerji yoğunluğu barındıran, hasarı hızlı gelişen, müdahalesi zor ve zincirleme kayıp potansiyeli yüksek tesislerdir. Bu nedenle;

- Klasik GES / RES underwriting kriterlerinin aynen uygulanması yeterli değildir.
- Teknik tasarım, işletme disiplini ve risk önleyici sistemler teminat kararının merkezinde yer almalıdır.
- Teminat yapıları, çoğu zaman ön şartlı, kısıtlı veya artırılmış muafiyetli olarak kurgulanmalıdır.
- Ayrıca ; yangın tanımı bun santral türlerinde ayrıca açıklanmaya muhtaçtır.

Depolamalı enerji santrallerinde risk; ekipmanın değerinden çok, depolanan enerjinin kontrol edilemez hale gelme ihtimalidir.

8.2- Türkiye’de Depolamalı Enerji Santralleri İçin Önümüzdeki 3–5 Yıl Hasar Frekansı Beklentisi (Öngörüşel Analiz)

Türkiye’de depolamalı enerji santralleri henüz erken gelişim aşamasındadır. Bu nedenle geçmiş hasar verileri sınırlıdır. Ancak uluslararası hasar istatistikleri, Türkiye’deki proje profili ve yerel piyasa koşulları birlikte değerlendirildiğinde, önümüzdeki 3–5 yıllık döneme ilişkin bazı güçlü öngörülerde bulunmak mümkündür.

Öncelikle, Türkiye’de lisans alan ve inşa edilecek projelerin büyük çoğunluğu, rüzgâr ve güneş santrallerine entegre BESS yapısındadır. Bu projelerde depolama sistemleri çoğunlukla yeni kurulum olacak ve farklı tedarikçilerden sağlanan batarya, PCS ve yazılım bileşenleri birlikte çalışacaktır. Bu durum, özellikle ilk 24–36 aylık işletme döneminde hasar frekansının görece yüksek olmasına neden olabilecek bir risk faktörüdür.

Uluslararası örnekler incelendiğinde, BESS projelerinde hasarların önemli bir kısmının;

- İlk devreye alma (commissioning),
- Yazılım parametrelerinin optimizasyon süreci,
- İlk aşırı sıcak yaz dönemi sırasında meydana geldiği görülmektedir. Türkiye özelinde yaz aylarında yüksek ortam sıcaklıkları ve bazı bölgelerde yetersiz HVAC tasarımları, termal runaway riskini artırabilecek başlıca etkenler arasında yer almaktadır.

Önümüzdeki 3–5 yıl için hasar frekansı beklentisi aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- **Düşük şiddetli ancak sık olaylar:** HVAC arızaları, sensör hataları, yazılım alarm ve acil kapanma problemleri. Bu tür olayların frekansının yüksek, hasar tutarlarının görece sınırlı olması beklenmektedir.
- **Düşük frekanslı ancak yüksek şiddetli olaylar:** Hücre bazlı arızadan konteyner bazlı yangına dönüşen vakalar. Frekansı düşük olmakla birlikte, meydana geldiğinde total veya total’e yakın kayıp potansiyeli taşımaktadır.
- **İş durması odaklı hasarlar:** Fiziksel hasar olmasa dahi, güvenlik protokolleri nedeniyle uzun süreli devre dışı kalma vakalarının artması beklenmektedir.

Türkiye’de EPC ve O&M (işletme ve bakım) pazarının henüz olgunlaşma aşamasında olması, bu hasarların onarım sürelerini uzatabilecek ve dolayısıyla iş durması (BI/DSU) taleplerinin önümüzdeki dönemde sigorta portföylerinde daha görünür hâle gelmesine yol açacaktır.

Sonuç olarak, Türkiye’de depolamalı enerji santrallerinde önümüzdeki 3–5 yıllık dönemde;

- Hasar frekansının artması,
- Ortalama hasar tutarının yükselmesi,
- İş durması kaynaklı taleplerin sigorta hasar istatistiklerinde daha büyük pay alması beklenmektedir.

Bu öngörü, sigorta şirketleri açısından daha sıkı teknik inceleme, artırılmış muafiyetler, aşamalı teminat yapıları ve devreye alma dönemine özel underwriting koşullarının önemini artırmaktadır.

8.3- Hasar Anında Depolanan Mevcut Enerjinin Kayıp Olarak Değerlendirilmesi

8.3.1 Teknik ve Fiziksel Açıdan Değerlendirme

Depolamalı enerji santrallerinde hasar anında bataryalarda depolanmış bulunan enerji, fiziksel bir varlık olarak ayrı bir ekipman niteliği taşımaz; batarya hücreleri içerisinde kimyasal enerji formunda bulunur. Bu nedenle depolanan enerji, klasik anlamda "stok" veya "emtia" gibi doğrudan sayılabilir ve ölçülebilir bir sigorta konusu değildir.

Ancak ağır bir hasar veya yangın vakasında, batarya hücrelerinin geri dönüşü olmayacak şekilde zarar görmesi hâlinde, hücreler içinde depolanmış enerjinin kontrollü şekilde şebekeye verilmesi mümkün olmaz. Bu durumda teknik olarak kayıp, depolanan enerjinin kendisinden ziyade, bu enerjinin artık kullanılamaz hâle gelmesine yol açan ekipman hasarıdır.

Dolayısıyla depolanan enerji, fiziksel hasar kalemi olarak bağımsız bir sigorta konusu değil; batarya hasarının doğal ve kaçınılmaz bir sonucu olarak dolaylı biçimde kaybedilen bir değer niteliği taşımaktadır.

8.3.2 Sigorta Hukuku ve Teminat Yapıları Açısından Yaklaşım

Mevcut sigorta uygulamalarında, depolanan elektrik enerjisinin "ayrı bir maddi varlık" olarak yangın veya mühendislik poliçelerinde teminat altına alındığına dair yaygın bir uygulama bulunmamaktadır.

Bu durumun temel nedenleri;

- Enerjinin fiziksel olarak ayrıştırılmaması,
- Hasar anında nicel olarak kesin biçimde ölçülmesinin güçlüğü,
- Enerjinin depolanma süresinin kısa ve dinamik olmasıdır.

Bu çerçevede, depolanan enerji doğrudan bir maddi hasar kalemi olarak değil;

- Üretim / ticari kayıp,
- Gelir kaybı,
- Dengeleme piyasası fırsat kaybı şeklinde dolaylı kayıplar kapsamında değerlendirilir.

Özellikle müstakil BESS tesislerinde veya ticari amaçlı çalışan depolama santrallerinde, hasar anında depolanan enerjinin satılmaması veya piyasaya sunulmaması, iş durması (BI) veya gelir kaybı teminatları kapsamında anlam kazanmaktadır.

Hem fiziksel hem finansal kayıp değerlendirmesi için depolamalı enerji santrallerinin sigortalanmasında izlenebilirlik ve SCADA veri temin kabiliyeti büyük önem arz etmektedir. Risk analizi ve teminat sağlamadan önce izlenebilirlik mekanizması mutlaka dikkate alınarak sözleşmede yer verilmelidir. Fizibilite koşulları sağlanamamış olabilir mi?

8.3.3 Underwriting ve Ekspertiz Pratiğinde Önemli Ayrımlar

Ekspert ve underwriter açısından kritik olan husus, depolanan enerjinin hangi teminat başlığı altında dolaylı olarak telafi edilebileceğinin doğru şekilde ayrıştırılmasıdır:

- **Maddi hasar (PD):** Batarya hücreleri, modüller ve konteynerler zarar görmüşse; depolanan enerjinin kaybı ayrıca hesaplanmaz, ekipman hasarının bir parçası kabul edilir.
- **İş durması (BI / DSU):** Hasar nedeniyle enerji satışı veya şebeke hizmeti sunulamıyorsa, depolanan enerjinin piyasaya verilememesi bu teminat kapsamında ekonomik kayıp doğurabilir.

Bu ayırım yapılmadığında, hasar sonrası süreçlerde sigortalı-sigortacı-ekspert arasında yorum farklılıkları ortaya çıkabilmektedir.

8.3.4 Hasar Anında Depolanan Enerjinin Yanlış Değerlendirildiği Tipik Senaryolar

Uygulamada karşılaşılan bazı hatalı yaklaşımlar şunlardır:

- Hasar anındaki MWh değerinin elektrik birim fiyatı ile çarpılarak doğrudan maddi hasar talebi yapılması,
- Batarya hasarı bedeline ek olarak "kayıp enerji" adı altında ikinci bir tazminat talep edilmesi,
- Enerji kaybının stok veya emtia teminatı kapsamında değerlendirilmesi.

Bu yaklaşımlar, mevcut sigorta pratiği ve teminat yapıları ile uyumlu değildir.

9. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE BESS ENTEGRASYONU VE KONTEYNERLİ DEPOLAMA SİSTEMİ ÜRETEK TESİSLER VE HASAR KARAKTERİSTİKLERİ

Türkiye'de batarya hücresi üretimi sınırlı olmakla birlikte, BESS entegrasyonu, modül-pack montajı ve konteynerli depolama sistemleri üretimi yapan tesis sayısı hızla artmaktadır. Bu tesisler, ağırlıklı olarak ithal hücreler kullanarak, sistem tasarımı, entegrasyonu, test ve devreye alma faaliyetleri yürütmektedir.

ÖRNEK TESİSLER

a) Maxxen Enerji – Aydın (Germencik)

- Faaliyet: Konteynerli BESS üretimi ve sistem entegrasyonu
- Kurulum: 2023–2024
- Kullanım alanı: GES/RES entegrasyonu, şebeke ölçekli depolama

b) Pomega Enerji (Kontrolmatik Grubu)

- Faaliyet: BESS entegrasyonu, modül/pack üretimi
- Kurulum: Ankara çevresi
- Kullanım alanı: Şebeke ölçekli depolama, endüstriyel tesisler

c) SIRO – Gemlik (TOGG / Farasis)

- Faaliyet: Batarya modül ve pack üretimi
- Kullanım alanı: Elektrikli araçlar ve enerji depolama sistemleri
- Not: Hücre üretimi yok

d) **YEO / REAP Enerji**

- Faaliyet: BESS entegrasyonu, konteynerli depolama çözümleri
- Kullanım alanı: Yenilenebilir enerji projeleri

9. 2. BESS Üretim ve Entegrasyon Tesislerinde Hasar Karakteristikleri

BESS üretim ve entegrasyon tesisleri, yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle klasik elektrik ekipmanı üretim tesislerinden farklı ve daha hızlı gelişen hasar dinamiklerine sahiptir. Bu tesislerde öne çıkan başlıca hasar karakteristikleri şunlardır:

• **Termal runaway riski:**

Montaj, test veya şarj–deşarj aşamalarında hücre sıcaklığının kontrolsüz artışıyla başlayan zincirleme hasar riski.

• **Gaz salımı ve kapalı alan patlama riski:**

Batarya hücrelerinden açığa çıkan yanıcı gazların kapalı üretim veya test alanlarında birikmesi.

• **Yangının hızlı yayılım potansiyeli:**

Modül ve pack yoğunluğu nedeniyle yangının kısa sürede birden fazla ünitenin etkilenmesine yol açması.

• **Çoklu ünite etkilenmesi:**

Aynı alanda bulunan çok sayıda batarya ünitesinin tek bir olaydan eş zamanlı zarar görmesi.

• **Yeniden alevlenme riski:**

Söndürme sonrasında batarya hücrelerinde iç reaksiyonların devam etmesi nedeniyle yangının tekrar başlaması.

Bu karakteristikler, küçük bir arızanın kısa sürede yüksek tutarlı ve geniş kapsamlı bir hasara dönüşmesine neden olabilmektedir. BESS üretim ve entegrasyon tesislerinde meydana gelebilecek bir arıza; yüksek enerji yoğunluğu ve zincirleme reaksiyonlar nedeniyle kısa sürede kontrolsüz büyüyerek, klasik üretim tesislerine kıyasla çok daha yüksek hasar şiddetine ve kapsamına yol açabilmektedir.

10. BÖLÜM DÜNYA GENELİNDE HASAR VE YANGIN ÖRNEKLERİ

Depolamalı enerji santrallerinde meydana gelen yangın hadiseleri, klasik GES veya RES tesislerinden farklı ve daha karmaşık bir risk yapısına işaret etmektedir. Aşağıda yer alan örnekler, **sigorta ve risk mühendisliği değerlendirmelerinde sıklıkla referans gösterilen batarya enerji depolama sistemi (BESS) vakalarını** içermektedir.

A- ARIZONA / ABD (2019)

ABD'de olan bu olay, bir batarya enerji depolama tesisinde meydana gelmiştir. Tesis içerisinde duman tespiti sonrası kapalı ortamda gaz birikimi oluşmuş; kapının açılmasıyla birlikte olay büyümüş ve ilk müdahale ekipleri yaralanmıştır.

Bu vaka, depolama sistemlerinde birikimi ve gecikmeli patlama riskinin ne kadar kritik olduğunu göstermiştir.

B- VICTORIA / AVUSTRALYA (2021)

Avustralya'da kurulan büyük ölçekli bir batarya enerji depolama santralinde, devreye alma (commissioning) aşamasında bir batarya ünitesinde yangın çıkmış ve yangın komşu bir batarya ünitesine sınırlı şekilde yayılmıştır. Olay kontrol altına alınmış, can kaybı yaşanmamış, yangın tesis geneline yayılmamıştır.

Bu vaka, ilk devreye alma ve test süreçlerinin depolamalı santrallerde en riskli aşamalardan biri olduğunu ortaya koymuştur.

C- CALIFORNIA / ABD (2022)

California'daki Moss Landing tesisinde yer alan bir batarya enerji depolama ünitesinde yangın meydana gelmiştir. Olay, tek bir batarya ünitesi ile sınırlı kalmış; tesisin güvenlik sistemleri devreye girerek otomatik izolasyon sağlanmıştır.

Bu örnek, doğru tasarlanmış bir BESS tesisinde yangının büyümeden sınırlandırılabilceğini göstermektedir.

D- GÜNEY KORE – ÇOKLU BESS YANGINLARI (2017–2019)

Güney Kore’de farklı lokasyonlarda kurulu çok sayıda batarya enerji depolama tesisinde art arda yangınlar meydana gelmiştir. Bu olaylar sonrası ülke genelinde depolama yatırımları yavaşlamış ve kapsamlı teknik incelemeler başlatılmıştır.

Bu örnek, depolama yangınlarının tek bir nedene indirgenemeyeceğini; tasarım, işletme, çevresel koşullar ve kalite yönetiminin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Güney Kore'deki pil yangınlarının ardında ne yatıyor?

2017 ve 2019 yılları arasında meydana gelen bir dizi yangın, Güney Kore'nin enerji depolama pazarını durma noktasına getirdi. Yeni bir araştırma, kazaların tüm nedenlerine ışık tutmayı ve kazaların sürekli olarak meydana gelmesine yol açmış olabilecek çeşitli sosyal faktörleri analiz etmeyi amaçlıyor.

4 TEMMUZ 2023 EMİLİANO BELLİNİ

DAĞITILMIŞ DEPOLAMA ENERJİ DEPOLAMA ENERJİ DEPOLAMA PIYASALAR TEKNOLOJİ VE AR-GE
KAMU HİZMETİ ÖLÇEKLI DEPOLAMA GÜNEY KORE



Güney Kore'nin Chungcheongbuk eyaletindeki bir batarya tesisinde çıkan yangının ardından yaşananlar. Bir dizi yangın, ülkenin enerji depolama pazarını durma noktasına getirdi.

Resim: Kuzey Chungcheong Eyaleti İtfaiye Teşkilatı Genel Merkezi

Bu örnekler göstermektedir ki, depolamalı enerji santrallerinde meydana gelen yangınlar münferit değil; yüksek enerji yoğunluğu, termal runaway ve gaz oluşumu nedeniyle kendine özgü bir risk karakterine sahip olup, sigorta değerlendirmesinde klasik GES/RES yaklaşımından farklı ele alınmalıdır.

E- MOSS LANDING (VISTRA) – CALIFORNIA / ABD (2025)

2025 yılında aynı bölgede, bu kez çok daha büyük ölçekli bir batarya enerji depolama santralinde ciddi bir yangın meydana gelmiştir. Olay sonrası çevrede tahliyeler yapılmış, yetkililer yangını bastırmak yerine kontrollü yanmaya bırakma stratejisi uygulamıştır.

Bu vaka, büyük ölçekli depolamalı santrallerde olay yönetiminin yalnızca teknik değil, çevresel ve kamusal risk boyutu da içerdiğini göstermektedir.

Dünyanın en büyük batarya enerji depolama tesislerinden birinde yangın çıktı

“Dünyanın en büyük batarya enerji depolama tesislerinden birisi olan Moss Landing Elektrik Santrali’nde yangın çıktı. Yetkililer yangın sonrasında en az 1500 kişi için tahliye emri verdi.”

17 Ocak 2025, 20:16 (11 ay) 3,8b 2 1 Enerji + 201 Google News



Metin Akpınar
Teknoloji Editörü
Abone Ol



Tam Boyutta Gör

Kaliforniya'nın kuzeyinde yer alan dünyanın en büyük lityum tabanlı batarya enerji depolama tesislerinden birisi olan Moss Landing Elektrik Santrali'nde çıkan büyük yangın, bölgedeki binlerce kişinin tahliye edilmesine neden oldu. İtfaiye ekipleri müdahalede bulduklarını belirterek, "Moss Landing Enerji Santrali'nde çıkan bir yangına müdahale ediyoruz. Önlem olarak, bölgedeki kişilerin bir sonraki duyuruya kadar pencerelerini ve kapılarını kapatmaları tavsiye edilir" denildi. Yangın neticesinde ortaya çıkan zehirli gazlar nedeniyle en az 1.500 kişi tahliye edildi.

Dev tesiste yangın halen söndürülemedi

Santralin sahibi olan Vistra Energy, 2023'teki genişlemenin ardından 750 megawatt ve 3.000 megawatt-saat kapasiteye sahip olan tesisi "dünyadaki türünün en büyüğü" olarak nitelendirdi. Şirket, tesisin Kaliforniya'nın enerji şebekesinin dengelenmesinde kritik bir rol oynadığını söyledi.

Şirket, batarya depolama alanında meydana gelen yangının, yaklaşık 300 MW kapasiteli binada başladığını bildirdi. Alevlerin, bataryaların bulunduğu binanın yüzde 40'ını kullanılmaz hale getirdiği de ifade ediliyor.

Genel olarak değerlendirildiğinde, dünyada depolamalı enerji santrallerinde meydana gelen bu yangın hadiseleri; batarya sistemlerinin yüksek enerji yoğunluğu, termal runaway riski ve gaz oluşumu nedeniyle klasik GES ve RES tesislerinden farklı ve kendine özgü bir risk karakterine sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Bu olaylar, hasarın çok kısa sürede büyüebildiğini, müdahale stratejisinin her zaman doğrudan söndürme olmayabileceğini ve olay yönetiminin teknik olduğu kadar çevresel ve kamusal boyutlar da içerebildiğini göstermektedir. Dolayısıyla depolamalı enerji santrallerinin sigorta değerlendirmesinde, yalnızca mevzuat uyumu değil; tasarım, güvenlik sistemleri, işletme–bakım disiplini ve acil durum yönetiminin birlikte ve proje bazında ele alınması gerekmektedir.

Not: Termal runaway, batarya hücresinde başlayan kontrolsüz sıcaklık artışının hücrenin kendi kendini ısıtmasına yol açarak yangın ve zincirleme hasara neden olabilen tehlikeli bir süreçtir.

11. BÖLÜM HASAR SONRASI ONARIM SÜRELERİ – TÜRKİYE KOŞULLARI

Türkiye’de batarya hücreleri, PCS ve BMS gibi kritik ekipmanlar büyük ölçüde ithal edilmektedir. Bu durum, ağır hasar sonrası onarım sürelerini aylar seviyesine taşımaktadır. Yetkin EPC ve O&M firma sayısının sınırlı olması, iş durması riskini artırmaktadır.

11.1- Batarya Konteynerlerinin Yeniden Temin Süresi Ve Küresel Maliyet Eğilimi

Depolamalı enerji santrallerinde batarya konteynerlerinde meydana gelen ciddi bir hasar sonrasında, yeniden temin süresi sabit bir takvimle ifade edilememektedir. Bu süre; küresel batarya üretim kapasitesi, eş zamanlı depolama yatırımları, üretici firmaların sipariş yoğunluğu ve lojistik koşullar gibi birçok değişkene bağlı olarak arz–talep dengesi doğrultusunda şekillenmektedir.

Sektör uygulamaları dikkate alındığında:

Batarya hücresi, modül ve konteynerli sistemlerin temin süresi kısa vadede öngörülebilir olmaktan ziyade piyasa koşullarına duyarlıdır. Talebin arttığı dönemlerde (eş zamanlı büyük ölçekli BESS projeleri, teşvik mekanizmaları, bölgesel krizler) temin sürelerinin belirgin şekilde uzayabildiği gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, üretim kapasitesinin genişlediği veya talebin yavaşladığı dönemlerde temin süreleri görece kısalabilmektedir.

Küresel Batarya Maliyetlerine İlişkin Genel Eğilim

Batarya teknolojilerindeki gelişmeler ve ölçek ekonomileri sayesinde, küresel ölçekte batarya maliyetleri uzun vadede düşüş eğilimi göstermektedir. Ancak bu eğilim, kısa vadede doğrusal veya sabit değildir. Batarya maliyetleri; hammadde fiyatları (lityum, nikel, kobalt), üretici kapasitesi ve bölgesel talep artışlarına bağlı olarak dalgalanma gösterebilmektedir. Bu nedenle, hasar sonrası batarya ikame maliyeti belirli bir sabit bedel üzerinden değil, hasar tarihindeki piyasa koşulları dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Depolamalı enerji santrallerinde batarya konteynerlerine ilişkin hasar sonrası temin süresi ve ikame maliyeti sabit değildir; küresel arz–talep dengesi, üretici sipariş yoğunluğu ve lojistik koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Piyasa verileri, son yıllarda batarya paket maliyetlerinin genel olarak ~150.000–300.000 USD/MWh bandında seyrettiğini, ancak yüksek talep dönemlerinde bu seviyelerin yukarı yönlü sapabildiğini göstermektedir. Küresel üretimde Çin'in belirleyici rolü, hem fiyat oluşumunda hem de teslim sürelerinde piyasaya yön vermekte olup, bu durum hasar tarihindeki koşullara bağlı belirsizliği artırmaktadır; dolayısıyla sigorta değerlendirmesinde rakamsal kabullerden ziyade piyasa koşullarına duyarlı bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir.

12. BÖLÜM

EKSPER VE UNDERWRITER İÇİN UYGULAMAYA DÖNÜK DEĞERLENDİRMELER

12.1 Ekspertiz İncelemesinde Sahada Kontrol Edilmesi Gereken Kritik Noktalar

- Batarya sertifikasyonları (UL 9540 / 9540A)
- Konteynerler arası mesafeler ve NFPA 855 uyumu
- HVAC kapasitesi ve yedeklilik
- Yangın algılama ve gaz tahliye sistemleri
- BMS–EMS yazılım erişim ve yetkilendirme yapısı

12.2 Underwriter İçin Kırmızı Bayraklar

- Sertifikasız veya test edilmemiş batarya teknolojileri
- Yetersiz konteyner ayırımı
- O&M (işletme ve bakım) sözleşmesinin bulunmaması
- Tek tedarikçiye bağımlı yedek parça yapısı

13. BÖLÜM

SİGORTALAMA SÜRECİNDE ÖN KOŞUL BİLGİ VE BELGELER

Depolamalı enerji santrallerinin sigortalanmasında; detaylı teknik tasarım dokümanları, sertifikasyon raporları, yangın güvenliği projeleri, O&M(işletme ve bakım) ve acil durum prosedürleri ön koşul olarak talep edilmelidir.

14. BÖLÜM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Depolamalı enerji santralleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonunu mümkün kılan ve enerji yönetim sistemlerinin (EMS) etkin çalışmasını doğrudan destekleyen kritik altyapı tesisleri hâline gelmiştir. Bu tesisler yalnızca enerji depolayan pasif sistemler değil, ulusal elektrik şebekesinde arz–talep dengesinin sağlanması, frekans ve gerilim kontrolünün sürdürülebilmesi açısından aktif rol üstlenen stratejik bileşenlerdir. Sahada yüksek enerji yoğunluğu barındırmaları nedeniyle klasik GES ve RES projelerinden farklı bir risk yapısına sahip olan depolamalı enerji santrallerinin değerlendirilmesinde, mevzuat uyumunun yanı sıra batarya teknolojisi, yangın güvenliği tasarımı, iklimlendirme kapasitesi, yazılım altyapısı ve işletme–bakım disiplininin birlikte ele alınması gerekmektedir. Türkiye’de önümüzdeki dönemde artması beklenen depolamalı enerji yatırımları dikkate alındığında, proje bazlı risk mühendisliği yaklaşımı ve önleyici tedbirleri esas alan teminat yapıları, bu tesislerin sürdürülebilir şekilde sigortalanabilmesi açısından temel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Bu konuda öncelik TTK esaslı Risk Analizi ile somut koşulları sigorta sözleşmesine doğru aktarmak olabilir. Poliçe mimarisinin değişen teknolojiye nasıl cevap vereceği bu projeler ile ortaya çıkacaktır.

15. BÖLÜM KAYNAKÇA

- [1] Ekol Ekspertiz Hiz. Ltd. Şti. Risk ve Hasar Arşivi
- [2] EPDK Web sitesi
- [3] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
- [4] TSKB “Enerji Görünümü 2023” Raporu
- [5] NFPA 855, UL 9540 / 9540A ve IEC 62933 başta olmak üzere, enerji depolama sistemlerine ilişkin uluslararası yangın güvenliği ve teknik standartlar
- [6] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, EPDK ve Resmî Gazete tarafından yayımlanan Türkiye mevzuatı ve resmî istatistikler.
- [7] International Energy Agency (IEA) ve BloombergNEF tarafından yayımlanan küresel enerji depolama kapasite ve piyasa öngörülerini,
- [8] ABD, Avustralya ve Güney Kore başta olmak üzere, kamuya açık batarya enerji depolama sistemi (BESS) yangın ve hasar vaka raporları.
- [9] International Energy Agency (IEA) – Energy Storage Tracking Report, Electricity Market Report ve Grid Flexibility yayınları.
- [10] ENTSO-E – Power System Stability and Flexibility Reports.
- [11] Australian Energy Regulator / Energy Safety Victoria – Batarya enerji depolama tesislerine ilişkin kamuya açık olay ve güvenlik raporları.
- [12] FM Global – Battery Energy Storage Systems: Risk Engineering Guidelines.
- [13] Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS) – Battery Energy Storage Risk Insight yayınları.
- [14] Swiss Re – Energy Storage Risk Landscape ve enerji dönüşümü temalı teknik bültenler.
- [15] Munich Re – Yenilenebilir enerji ve enerji depolama tesislerine ilişkin risk değerlendirme raporları.
- [16] Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) – Şebeke Gelişim ve Planlama Raporları.
- [17] Moss Landing Energy Storage Facility (ABD) – Kamuya açık olay inceleme ve basın raporları.
- [18] Arizona Public Safety – 2019 BESS patlama ve yangın olayı teknik değerlendirmeleri.
- [19] Güney Kore Sanayi ve Enerji Bakanlığı – 2017–2019 BESS yangınları sonrası yayımlanan teknik inceleme raporları.

****Bu bülten, konuyla ilgili çeşitli kaynaklardan derlenen bilgiler ile hasar ve risk alanındaki tecrübelerimiz çerçevesinde hazırlanmış olup, kendi görüşlerimizi içermektedir.*

