

RAPOR

KİLİDİ AÇMAK ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Planlama için Kılavuz İlkeler
Solar-Plus-Depolama Projeleri

**AMİRAL
GEMİSİ
RAPORU**

KİLİDİ AÇMAK ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

**Planlama için Kılavuz İlkeler
Solar-Plus-Depolama Projeleri**

**Amit Jain
Talal Kanaan
Luiz Maurer**

ESMAP HAKKINDA

Enerji Sektörü Yönetimi Yardım Programı (ESMAP), düşük ve orta gelirli ülkelerin yoksulluğu azaltmasına ve sürdürülebilir enerji çözümleri yoluyla büyümeyi artırmasına yardımcı olmak için Dünya Bankası ile 20'den fazla ortak arasındaki bir ortaklıktır. ESMAP'ın analitik ve danışmanlık hizmetleri, Dünya Bankası'nın enerji sektöründeki ülke finansmanı ve politika diyaloguna tamamen entegre edilmiştir. Dünya Bankası Grubu (WBG) aracılığıyla ESMAP, herkes için uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişim sağlamak amacıyla Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 7'ye ulaşmak 'ye (SDG7) için gereken enerji dönüşümünü hızlandırmak için çalışmaktadır. WBG İklim Değişikliği Eylem Planı hedeflerine ulaşmak için WBG stratejilerini ve programlarını şekillendirmeye yardımcı olur. Daha fazla bilgi için: <https://esmap.org>

© Ekim 2023| Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası / Dünya Bankası
1818 H Street NW, Washington, DC 20433
Telefon: 202-473-1000; İnternet: www.worldbank.org

Bu çalışma, teşekkür bölümünde listelenen personel ve danışmanların katkılarıyla Dünya Bankası Grubu'nun bir ürünüdür. Bu çalışmada ifade edilen bulgular, yorumlar ve sonuçlar Dünya Bankası'nın, İcra Direktörleri Kurulu'nun veya temsil ettikleri hükümetlerin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir. Dünya Bankası bu çalışmada yer alan verilerin doğruluğunu garanti etmez. Bu çalışmadaki herhangi bir haritada gösterilen sınırlar, renkler, işaretler ve diğer bilgiler, Dünya Bankası'nın herhangi bir bölgenin yasal statüsüne ilişkin herhangi bir yargıda bulunduğu veya herhangi bir bölgeyi onayladığı anlamına gelmez.

bu sınırların kabulü. Burada yer alan hiçbir husus, bu sınırlar üzerinde bir sınırlama teşkil etmeyecek veya bu şekilde değerlendirilmeyecektir.

Dünya Bankası'nın ayrıcalık ve dokunulmazlıklarından feragat edilmesi, bunların hepsi özellikle saklıdır.

Haklar ve İzinler

Bu çalışma Creative Commons Attribution 3.0 IGO lisansı (CC BY 3.0 IGO) <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo> altında mevcuttur Creative Commons Attribution lisansı altında, aşağıdaki koşullar altında, ticari amaçlar da dahil olmak üzere, bu çalışmayı kopyalamak, dağıtmak, iletmek ve uyarlamakta özgürsünüz:

Atıf - Lütfen çalışmayı aşağıdaki gibi alıntılayın: Enerji Sektörü Yönetimi Destek Programı. 2023. Enerji Dönüşümünün Kilitini Açmak: Güneş Enerjisi Artı Depolama Projelerinin Planlanması için Kılavuz. ESMAP Belgesi. Washington, DC: Dünya Bankası. Lisans: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

Çeviriler-Bu çalışmanın bir çevirisini oluşturursanız, lütfen atıfla birlikte aşağıdaki feragatnameyi de ekleyin: Bu çeviri Dünya Bankası tarafından oluşturulmamıştır ve resmi bir Dünya Bankası çevirisi olarak değerlendirilmemelidir. Dünya Bankası bu herhangi bir içerik veya hatadan sorumlu olmayacaktır.

Uyarlamalar-Bu çalışmanın bir uyarlamasını oluşturursanız, lütfen atıfla birlikte aşağıdaki feragatnameyi de ekleyin: Bu, Dünya Bankası'nın orijinal bir çalışmasının uyarlamasıdır. Uyarlamada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca uyarlamayı yapan yazar veya yazarların sorumluluğundadır ve Dünya Bankası tarafından onaylanmamaktadır.

Üçüncü Taraf İçeriği-Dünya Bankası, eserde yer alan içeriğin her bir bileşenine sahip olmayabilir. Bu nedenle Dünya Bankası, eserde yer alan üçüncü taraflara ait herhangi bileşenin veya parçanın kullanımının söz konusu üçüncü tarafların haklarını ihlal etmeyeceğini garanti etmez. Bu tür ihlallerden kaynaklanan hak taleplerinin riski yalnızca size aittir. Çalışmanın bir bileşenini yeniden kullanmak isterseniz, bu yeniden kullanım için izin gerekip gerekmediğini belirlemek ve telif hakkı sahibinden izin almak sizin sorumluluğunuzdadır. Bileşenlere örnek olarak tablolar, şekiller veya resimler verilebilir, ancak bunlarla sınırlı değildir.

Haklar ve lisanslarla ilgili tüm sorular World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, ABD adresine gönderilmelidir; e-posta: pubrights@worldbank.org.

Üretim Kredileri-

Yapım Editörü| Heather Austin
Tasarımcı| Circle Graphics, Inc.
Ön Kapak |©Fei Yang / Moment / Getty Images

Tüm görseller kaynaklarının mülkiyetindedir ve kaynağından yazılı izin alınmadan herhangi bir amaçla kullanılamaz.

İçindekiler

Kısaltmalar	v
Teşekkür	vi
Önsöz	vii
Temel Bulgular	ix
Yönetici Özeti	xi
Bu Rapor Hakkında	xviii
1. Termalden Solar-Plus-Depolama Projelerine Geçiş	1
Hibridizasyona Yönelik Eğilim	1
Termal ile Solar-Plus-Depolamanın Karşılaştırılması	2
Sınırlamalar ve Zorluklar	4
2. Solar-Plus-Depolama Projelerine Giriş	9
Değer Yığını Hizmetleri	9
Kamu ve Özel Varlık Sahipliği Modelleri	10
Fiyatlandırma Modelleri	11
Sahra Altı Afrika'da Potansiyel	12
Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletlerindeki Potansiyel	12
3. Dört Aşamalı Planlama Çerçevesi	17
Aşama 1: Genel Sistem Planlaması	18
2. Aşama: Proje Tanımı ve İlk Değerlendirme	22
Aşama 3: İş Modeli Seçeneklerinin Değerlendirilmesi	24
Aşama 4: Bir İş Modelinin Seçilmesi ve Uygulanması	40
4. Tedarik	55
İş Modeline Göre Açık Artırma Türleri	56
Açık Artırma Tasarımının Mekaniği	58
5. Sonuçlar	63
Referanslar	65
Ek A. Seçilmiş İş Modellerinin Avantaj ve Dezavantajları	68
Ek B. Term Sheet Şablonu	73
Ek C. Güç Satın Alma Anlaşması Şablonu	78
Ek D. Tamamlayıcı Bilgi Kaynakları	79

Şekiller, Tablolar ve Kutular Listesi

Rakamlar

Şekil 3.1: Solar-Plus-Depolama Projelerinin Planlanmasının Dört Aşaması	17
Şekil 3.2: Bir İş Modeli Seçmek için Karar Ağacı	41

Masalar

Tablo 3.1: Solar-Plus-Depolama Projesi Sözleşmelerinde Kullanılan İş Modellerinin Özellikleri	25
Tablo 3.2: İki Kısımlı Sözleşmelerin Uygulandığı Proje Örnekleri	26
Tablo 3.3: Hawai'i'de Tek Kapasiteli Sözleşme Uygulanan Proje Örnekleri	28
Tablo 3.4: Karma Enerji Sözleşmesi Uygulanan Projelere Örnekler	29
Tablo 3.5: Zamana Göre Farklılaştırılmış Oranları Benimseyen Proje Örnekleri	35
Tablo 4.1: İş Modeline Göre İhale Türü ve Birincil Seçim Kriterleri	56
Tablo 4.2: İş Modeline Göre Rekabetçi Alımların Seçilmiş Sonuçları	59
Tablo B.1: Term Sheet Şablonu	74

Kutular

Kutu 1.1: Güney Afrika'nın Hibrit Enerji Tedariki	5
Kutu 2.1: Maldivler'in Termalden Solar-Plus-Depolama Projelerine Geçiş	13
Kutu 3.1: İki Parçalı Sözleşme Örneği: Nevada NV Energy Boulder Solar ve Depolama Projesi	30
Kutu 3.2: Tek Kapasiteli Sözleşme Örneği: Maui Elektrik Yenilenebilir Dağıtılabilir Üretim Güç Satın Alma Anlaşması	31
Kutu 3.3: İmtiyaz Sözleşmesi ile Konteynerli Yenilenebilir Kiralama Çözümleri	32
Kutu 3.4: Bükülmüş Enerji Sözleşmesi Örneği: Hawai'i Lawai Güneş ve Enerji Depolama Projesi	33
Kutu 3.5: Burkina Faso'nun Solar-Plus-Depolama Projesi İş Modeli Yaklaşımı	34
Kutu 3.6: Zamana Göre Farklılaştırılmış Fiyatlara Sahip Karma Enerji Sözleşmesi Örneği: Hindistan'ın Güneş Enerjisi Şirketi Tepe Güç Kaynağı Gücü Satın Alma Sözleşmesi	36
Kutu 3.7: 7/24 Kesin Güç Kaynağı ile Karma Enerji Sözleşmesi Örneği: Hindistan Güneş Enerjisi Şirketi	39
Kutu 3.8: Maldivler'de Güneş Enerjisi Artı Depolama Projesi için İş Modeli Seçimi	44
Kutu 3.9: Uluslararası Finansal Raporlama Standartları 16	48

Kısaltmalar

AC	alternatif akım
ASPIRE	Yenilenebilir Enerjide Sürdürülebilir Özel Yatırımın Hızlandırılması BESS batarya enerji depolama sistem(ler)i
CSP	yoğunlaştırılmış güneş enerjisi
DC	doğru akım
EPC	mühendislik, tedarik ve inşaat ESMAP Enerji Sektörü
Yönetimi Destek Programı ESS	enerji depolama sistem(ler)i
FiT	tarife garantisi
GW	gigawatt(lar)
GWh	gigawatt saat(ler)
IFC	Uluslararası Finans Kurumu
UFRS	Uluslararası Finansal Raporlama Standartları IPP bağımsız enerji üreticisi
kWh	kilovat saat(ler)
kWp	kilovat tepe
LDSE	uzun süreli enerji depolama MW megawatt(lar)
MWh	megawatt saat(ler)
MWp	megawatt(lar) pik
İŞLETME VE BAKIM	işletme ve bakım
PPA	güç satın alma anlaşması
PV	fotovoltaik
RMI4P	Risk Azaltma Bağımsız Güç Üreticisi Tedarik Programı RTC yirmi dört saat
SCADA	Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama SIDS Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletleri
SRMI	Sürdürülebilir Yenilenebilir Enerji Risk Azaltma Girişimi
TW	terawatt(lar)
VRE	değişken yenilenebilir enerji

Aksi belirtilmedikçe tüm para birimleri Amerika Birleşik Devletleri doları (ABD\$, USD) cinsindendir.

Teşekkür

Bu rapor, Dünya Bankası'nın Enerji Sektörü Yönetimi Yardım Programı (ESMAP) kapsamındaki Enerji Depolama Programı tarafından Uluslararası Finans Kurumu (IFC) ve Çok Taraflı Yatırım Garanti Ajansı (MIGA) ile birlikte hazırlanmıştır. Dünya Bankası Küresel Enerji ve Madencilik Direktörü Demetrios Papathanasiou ve ESMAP Uygulama Müdürü Gabriela Elizondo Azuela raporun hazırlanmasını denetlemiştir.

Dünya Bankası ekibi Amit Jain, Talal Kanaan, Luiz Maurer ve Chandrasekar Govindarajalu'dan oluşmuştur. IFC'nin ekibinde Peter Mockel, Don Purka ve Durreh Tabassum yer almıştır. Acelerex Inc. şirketinden Randel Johnson ve Keyur Jigyasu raporun hazırlanmasında kapsamlı katkılar ve araştırmalar sağlamıştır.

Raporun hazırlanmasının çeşitli aşamalarında kurum içi hakem değerlendirmeleri yapılmıştır. Ekip, hakemler Sabine Cornieti, Zuzana Dobrotokva, Mani Khurana, Manuel Millan, Mitsunori Motohashi ve Frederic Verdol'a müteşekkirdir. Ekip ayrıca IFC'den meslektaşları Maham Iftikhar Warraich, Andres Garcia Novel ve Guido Agostinelli ile MIGA'dan meslektaşları Jessica Erickson Stiefler ve Marcus S. Williams'ın katkılarını takdir etmektedir.

Raporda Anil Vijayachandran (ACWA Power), Praveer Sinha (TATA), Ajay Mathur (International Solar Alliance), Julia Souders (Long Duration Energy Storage Council), Frank Wouters Reliance Industries) ve Anadi Jauhari (Emerging Energy & Environment Investment Group) tarafından sağlanan görüşlerden yararlanılmıştır. Özel sektör kuruluşları, enerji kuruluşları ve hükümet paydaşlarıyla yapılan değerli tartışmalarla bilgilendirilmiştir. Taslak rapor, G20, Pittsburgh'daki Temiz Enerji Bakanlar (CEM) toplantıları ve Dünya Bankası'nın Ekim 2023'te Marakeş'teki Yıllık Toplantısı da dahil olmak üzere çeşitli uluslararası forumlarda tartışılmıştır.

Önsöz

"Peki güneş parlamadığında ve rüzgar esmediğinde ne yapacağız?" Bu, güneş ve rüzgar jeneratörlerinin çoğu güç sisteminde en ucuz kWh'i sağlayabildiği gerçeğini tartıştığımızda, dünyanın dört bir yanındaki enerji bakanlıkları ve elektrik kuruluşlarındaki meslektaşlarımızın yinelenen ana endişesi olmuştur.

Bu temel soru, temiz enerjinin yaygınlaşmasını engellemektedir. Sonuç olarak, çok sayıda ülke hala elektrik üretimi için fosil yakıtlarla ilişkili kırılganlıklara maruz kalmaktadır. Ancak termal 'sevk edilebilir' elektrik üretimi genellikle çok pahalı elektrikle sonuçlanmakta ve dünyanın en yoksul ülkelerinin çoğunu, yatırımları engelleyen enerji sektörü açıkları ve mali strese ve daha fazla borçlanmaya yol açan ağır sübvansiyonlardan oluşan bir kısır döngüye kilitlemektedir.

Bu raporla Dünya Bankası, 'kesintili' güneş ve rüzgârın yarattığı endişeleri ele almaya başlıyor. Modern batarya enerji depolama sistemlerinin nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değişkenliğini nasıl azaltılabileceğini özetleyen eksiksiz bir çerçeve sunuyoruz. Ayrıca bu belgeye, güneş enerjisinin ötesine geçerek enerji sektörüne özel sektör yatırımlarını çekmek için pratik bir araç olarak hizmet edebilecek bir Güç Satın Alma Anlaşması şablonu da eşlik etmektedir, veya değişken çıkışlı rüzgar parkları.

Dünya Bankası, teknolojik gelişmelerin ve üretimin yaygınlaşmasının, batarya depolama ile birleştirilmiş güneş panellerini dünyanın birçok yerinde termal üretimle doğrudan rekabet edebilir hale getirdiğini tahmin etmektedir. Bu yaklaşım, enerji sektöründe fosil yakıtlara bağımlılığı azaltabilir, uygun fiyatlı elektrik sağlayabilir ve aynı zamanda zararlı küresel ve yerel emisyonları azaltabilir.

Dünya Bankası'ndaki küresel deneyimimize dayanarak ve Enerji Sektörü Yönetimi Yardım Programımızın (ESMAP) paha biçilmez desteğiyle hazırlanan bu rapor, modern enerji depolama sistemlerine yönelik iş modelleri hakkındaki bilgi, düşünce ve deneyimlerimizi bir araya getirmektedir. Bu raporun, dünyanın dört bir yanındaki enerji sektöründeki meslektaşlarımıza temiz enerji yatırımlarını hızlandırma ve maliyetleri yönetme çabalarında yardımcı olacağını umuyoruz.

İleriye dönük olarak, küresel bilgi ortaklarımızla birlikte çalışarak, belirli ülkelerin ve elektrik sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yardımcı olmak için bu raporun ve beraberindeki Güç Satın Alma Anlaşmasının nasıl kullanılacağını detaylandıracağımız özel eğitim programları (batarya enerji depolama sistemleri akademileri) hazırlayacağız.

Bunun teknolojinin hızlı ilerlediği, maliyetlerin dinamik olduğu ve nispeten sınırlı bilgi ve deneyimin bulunduğu bir alan olduğunu kabul ediyoruz. Dolayısıyla, bu bizim konuyla ilgili son sözümüz değil, bir başlangıç. Anlayışımızı daha da ilerletmeyi planlıyoruz.

ve önümüzdeki aylarda ve yıllarda içeriği güncelleyeceğiz. Rüzgar esmediğinde ve güneş parlamadığında - yakıt yakmadan - ışıkları açık tutmak için neler yapabileceğimize dair cevaplarımızı daha da geliştirebilecek yorum ve önerileri bekliyoruz.

Demetrios Papathanasiou, Enerji ve Maden Çıkarma Faaliyetleri Küresel Uygulama Direktörü, Dünya Bankası

Marcus S. Williams, Enerji ve Ekstraktif Endüstriler Küresel Başkanı ve Sektör Yöneticisi, Çok Taraflı Yatırım Garanti Ajansı

Namrata Thapar, Enerji ve Madencilik Küresel Direktörü (Vekil), Uluslararası Finans Kurumu

Temel Bulgular

- **Birçok gelişmekte olan ülke enerji ithalatı, değişken fiyatlar ve yakıt bağımlılığı ile ilişkili kırılganlıklara maruz kalmaktadır.** Fosil yakıtı dayalı termik jeneratörler birçok ülkede mali krizi derinleştirmiş, bu ülkeleri borç sıkıntısına sürüklemiş ve enerji sektörü yoksulluk tuzakları kısır döngüsünü devam ettirmiştir.
- **Güneş enerjisinin kullanılması ve enerji depolama ile entegre edilmesi, özellikle özel yatırımlardan yararlanıldığında, termal üretime olan bağımlılığı azaltma potansiyeline sahip, uygulanabilir ve maliyet açısından rekabetçi bir alternatiftir.** Güneş enerjisi artı depolama projeleri, diğerlerinin yanı sıra, sevk edilebilirlik, arzın sağlamlığı (yani, sürekli kullanılabilirlik), kapasite ödeme mekanizmaları gibi genellikle termal üretimle çeşitli teknik ve ticari özellikleri paylaşmaktadır.
- **Bu rapor, Dünya Bankası ve diğer oyuncuların güneş enerjisi üretimini enerji depolama sistemleriyle birleştiren projelerle ilgili küresel deneyimlerini damıtmakta ve bunların planlanması ve yürütülmesi için bir çerçeve sunmaktadır.** Önerilen proje planlama araçları, özellikle yakıt bağımlılığının sınırlı kamu kaynaklarını tükettiği ve devlet borç krizini derinleştirdiği ülkelerde, şebeke ölçeğinde güneş enerjisi artı depolama projeleri için çeşitli iş modellerinin benimsenmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.
- **Rapor, güneş enerjisi artı depolama güç satın alma anlaşmaları (PPA'lar) için üç iş modelinin ana hatlarını çizmektedir:** kapasite ve enerji için iki parçalı bir sözleşme, bir kapasite ve bir karma sözleşme. Vaka çalışmaları her bir iş modelini örneklemekte ve zorlukları ve fırsatları tanımlamaktadır. Görevli alıcı ve sistem operatörünün risk tahsisi ve teknik yapılandırma gereksinimleri, uygun modelin seçilmesi konusunda bilgi verir.
- **İş modelinin uygunluğu yerel bağlama bağlı olmakla birlikte, birçok gelişmekte olan ülke iki parçalı sözleşmeyi kullanmıştır.** İki parçalı sözleşme modeli özellikle elektrik piyasalarının mevcut olmadığı, üretim için yakıtı bağımlılığın yüksek olduğu ve sadece kısmi sağlamlık ve sevk edilebilirliğin gerekli olduğu ortamlarda uygun olabilir. Sahra Altı Afrika ve Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletlerinin çoğu bu koşulları karşılamaktadır. İş modelinin seçimi, yerel bağlam ve uygulama ile ilişkili farklı değişkenlere bağlıdır.
- **Güneş enerjisi artı depolama projelerinin planlanması için dört aşamalı rehberli bir çerçeve önerilmektedir.** Bu çerçeve, uzun vadeli en düşük maliyetli planlar, şebeke entegrasyonu ve talep tahminlerine ilişkin hazırlık çalışmalarının yürütülmesinden, bağlamsal gerekliliklere dayalı olarak uygun iş modelinin seçilmesi ve uyarlanmasına ve son olarak projenin rekabetçi tedarik yöntemleriyle uygulanmasına kadar çeşitli gereklilikleri kapsamaktadır. İlgili modelin seçimi bir karar ağacı ile kolaylaştırılmıştır. Çerçeve, uygulanan iş modeli ve kullanım durumuna göre uyarlanabilen bir PPA ve term sheet şablonu ile tamamlanmaktadır. Örnek bir PPA ve şartname için

iki bölümlü sözleşme sağlanır. Teknik ve işlem danışmanlarının yardımıyla belirli projelerin gereksinimlerini karşılamak üzere uyarlanabilir.

- **Raporun kullanıma hazır planlama çerçevesi, karar verme ağacı, örnek iş modelleri ve PPA şablonu, yakıt bağımlılığının sınırlı kamu kaynakları üzerinde baskı oluşturduğu ülkelerde özel yatırımları güçlendiren güneş enerjisi artı depolama projelerinin benimsenmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.**

Güneş enerjisi artı depolama sözleşme yöntemleri, sadece güneş enerjisine dayalı PPA'lara göre daha erken bir aşamadır. Bu nedenle bu raporda Özetlenen iş modellerinin gelişmeye devam etmesi muhtemeldir. Uygulayıcılara ve karar vericilere, güneş enerjisi artı depolama projelerinin planlanması ve uygulanması konusunda gerekli teknik, hukuki ve ticari rehberliği sağlayabilecek ilgili teknik ve işlem danışmanlarını görevlendirmeleri tavsiye edilir.

Hibrit üretim (veya hibrit projeler) terimi, fosil bazlı üretim, çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar ve/veya güneş) ve depolama dahil olmak üzere farklı güç kaynaklarını birleştiren geniş bir teknik konfigürasyon kümesini ifade eder. Bu rapor öncelikle hibrit projelerin güneş artı depolama segmentine, özellikle de güneş fotovoltaik sistemlerine ve batarya enerji depolama sistemlerine (BESS) odaklanmaktadır. Depolama ve BESS terimleri bu raporda birbirinin yerine kullanılmaktadır.

Yönetici Özeti

Birçok gelişmekte olan ülke enerji ithalatı, değişken enerji fiyatları ve yakıt bağımlılığından kaynaklanan kırılganlıklarla karşı karşıyadır. Pahalı yakıt bazlı termik jeneratörler birçok ülkede mali krizlere katkıda bulunmuş ve bu ülkeleri enerji sektörü borç tuzaklarına itmiştir.

Yenilenebilir enerjinin enerji depolama sistemleriyle entegrasyonu, şebekenin esnekliğini artırırken sevk edilebilirlik, kesin tedarik ve yan hizmetler de dahil olmak üzere çeşitli faydalar sağlayabilen maliyet açısından rekabetçi bir seçenektir. Bu, özellikle bağımsız enerji üreticileri (IPP'ler) ile uzun vadeli bir enerji satın alma anlaşması (PPA) kapsamında özel yatırımdan yararlanıldığında, yakıt bazlı termal üretime bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir.

Pazarda hala küçük bir paya sahip olsa da, batarya enerji depolama sistemi ile entegre edilen yenilenebilir enerji projelerinin, özellikle de güneş enerjisi artı depolama projelerinin sayısı hızla artmaktadır. Bu rapor, gelişmekte olan ülkelerin bu tür projeleri yenilenebilir enerji programlarının ayrılmaz bileşenleri olarak planlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olmayı, böylece özel sermayenin önünü açmayı ve kamu finansmanına bağımlılığı azaltmayı amaçlamaktadır. Rapor, gerek vaka çalışmaları gerekse önerilen iş modelleri aracılığıyla öncelikle şebeke ölçeğinde güneş enerjisi artı depolamaya odaklanmaktadır.

Güneş Enerjisi Artı Depolama Projelerinin Karşılaştığı Zorluklar

Termalden güneş enerjisi artı depolama projelerine geçiş zorlu bir süreçtir. Bu projeler geleneksel enerji projelerinden daha karmaşıktır çünkü her biri kendi operasyonel parametrelerine, bakım ihtiyaçlarına ve performans özelliklerine sahip farklı teknolojileri entegre ederler.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, sunulacak ürün ve hizmetlerin özelliklerine, enerji sağlamlığına karşı sevk edilebilirlik tercihinine ve alıcılar (kamu hizmeti, şebeke operatörleri veya devlet kurumu) ile satıcılar (geliştiriciler veya IPP'ler) arasındaki risk dağılımına bağlı olarak çeşitli şekillerde tasarlanabilir. Seçeneklerin çeşitliliği, farklı iş modelleri, PPA yapıları ve tedarik mekanizmaları ile sonuçlanır; proje tasarımına ve teknik yapılandırmasına karmaşıklık katar ve gelişmekte olan ülkelerdeki paydaşların ve kamu hizmetlerinin uzman rehberliği olmadan karar vermesini zorlaştırır. Bu projelerin karmaşıklığı ve özel finansmanı çekme ihtiyacı göz önüne alındığında, başarılı operasyonların yapılandırılması ve planlanması için kapsamlı bir çerçeve geliştirmek önemlidir. Bu rapor tam da bunu yapmaya çalışmaktadır.

Güneş-artı-depolama da dahil olmak üzere depolamaya yönelik eğilim ivme kazanıyor. Enerji depolama, 2022'de 16 gigawatt (GW)/35 gigawatt saat ekleyerek bir başka rekora imza attı

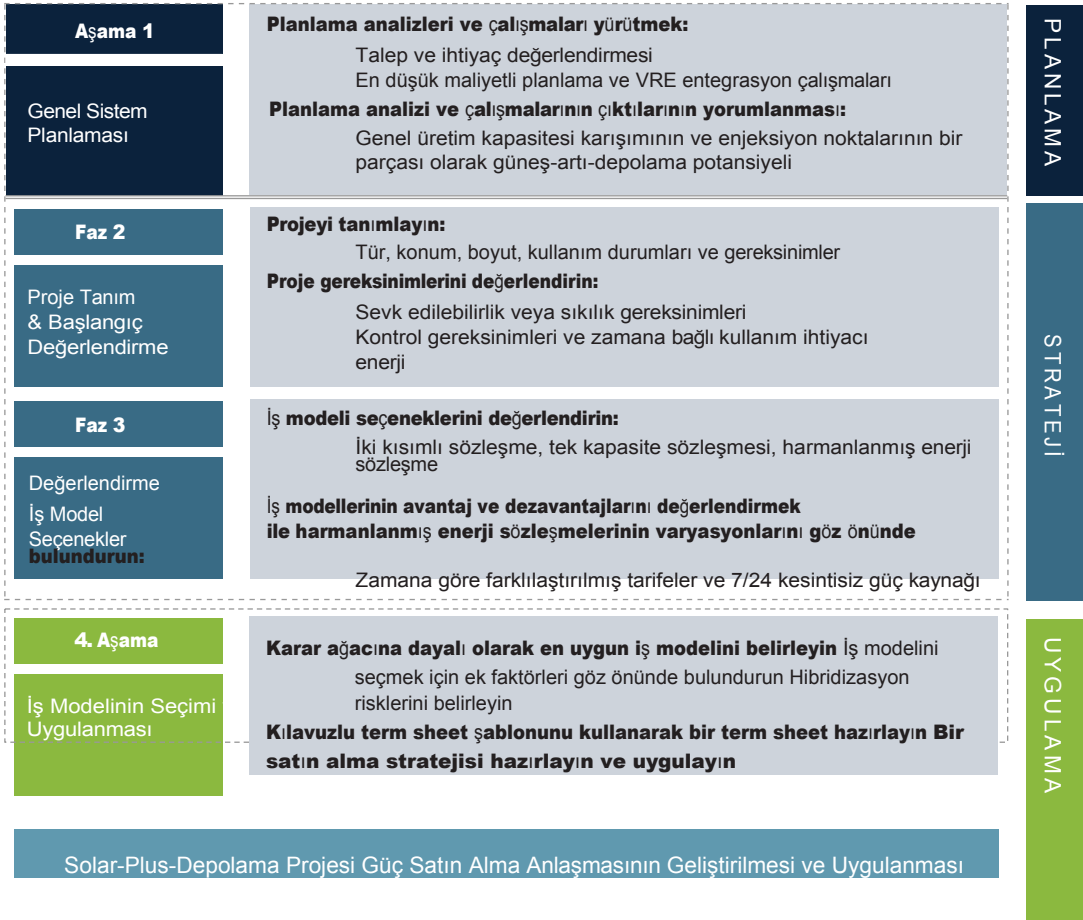
(GWh) kapasiteye ulaşarak 2021 yılına göre yüzde 68 artış göstermiştir. Bloomberg tarafından yapılan tahminlere göre, 2030 yılı sonunda küresel kümülatif enerji depolama kapasitesi 508 GW/1.432 GWh'ye ulaşacak. Bu projeler gelişmeye ve ivme kazanmaya devam ederken, güneş enerjisi artı depolamanın benimsenmesini desteklemek için düzenlemelere ve politikalara ihtiyaç duyulmaktadır. Birçok ülkedeki düzenleyici kısıtlamalar gelir akışlarını sınırlandırmakta ve depolamanın yüksek ön maliyetlerini haklı çıkarmayı zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, büyümeyi desteklemek için sağlam ticari yapılara ve güncellenmiş yönetmelik ve politikalara duyulan ihtiyaç giderek daha belirgin hale gelmektedir.

Dört Aşamalı Çerçeve

Bu rapor, güneş enerjisi artı depolama projelerinin planlanması için dört aşamalı bir çerçeve sunmaktadır (Şekil ES.1).

ŞEKİL ES.1

Solar-Plus-Depolama Projelerini Planlamanın Dört Aşaması



İlk aşama genel sistem planlamasına odaklanmaktadır. Bir ülkenin gelecekteki enerji ve şebeke ihtiyaçlarının bir parçası olarak güneş-artı-depolama potansiyelini belirlemesine yardımcı olan en düşük maliyetli planlama ve yenilenebilir enerji entegrasyon çalışmaları teknik planları içerir.

İkinci aşama, ülkenin güç sistemi ihtiyaçlarının ve genişleme planlarının ayrıntılı bir analizine dayalı olarak projeyi tanımlar. Bu aşama, kullanım durumlarını, projenin boyutlandırılmasını ve sevk edilebilirlik ve enerji sağlamlığı açısından sistem gereksinimlerini karakterize eder.

Üçüncü aşama, projeye özgü gereksinimleri karşılayan iş modellerini tanımlamakta ve örnekler aracılığıyla aralarındaki farklılıkları vurgulamaktadır. Bankaya yatırılabilir güneş enerjisi artı depolama projelerinin yapılandırılması, temiz enerji projelerinin finanse edilmesi ve uzun vadede uygulanabilirliğinin sağlanması için kilit öneme sahiptir. Model seçimi, off-taker ve sistem operatörünün istenen risk dağılımına ve teknik yapılandırma gereksinimlerine bağlıdır.

Raporda üç ana iş modeli tanımlanmaktadır (Tablo ES.1'de özetlenmiştir): (1) kullanılan enerjiye dayalı bir enerji ödemesi ve bir kapasite ödemesi talep eden iki parçalı bir sözleşme; (2) ortak güneş enerjisi ve depolama kapasitesine göre ücretlendirilen tek bir kapasite sözleşmesi; ve (3) çeşitli varyasyonlar içeren karma bir sözleşme. Her bir modelle ilgili zorlukları ve fırsatları tanımlamakta ve her biri için vaka çalışmaları sunmaktadır. Ayrıca rekabeti teşvik ederek daha iyi hizmet ve daha düşük fiyatlara yol açan tedarik seçeneklerini de tanımlamaktadır.

Dördüncü aşama, uygulayıcıların bir iş modeli seçiminde yer alan ödünleşimleri değerlendirmelerine yardımcı olacak bir karar ağacı sunmaktadır (Şekil ES.2). Bu aşamada, proje tasarımcılarının projeye ilişkili riskleri tanımlamaları ve tahsis etmeleri gerekir.

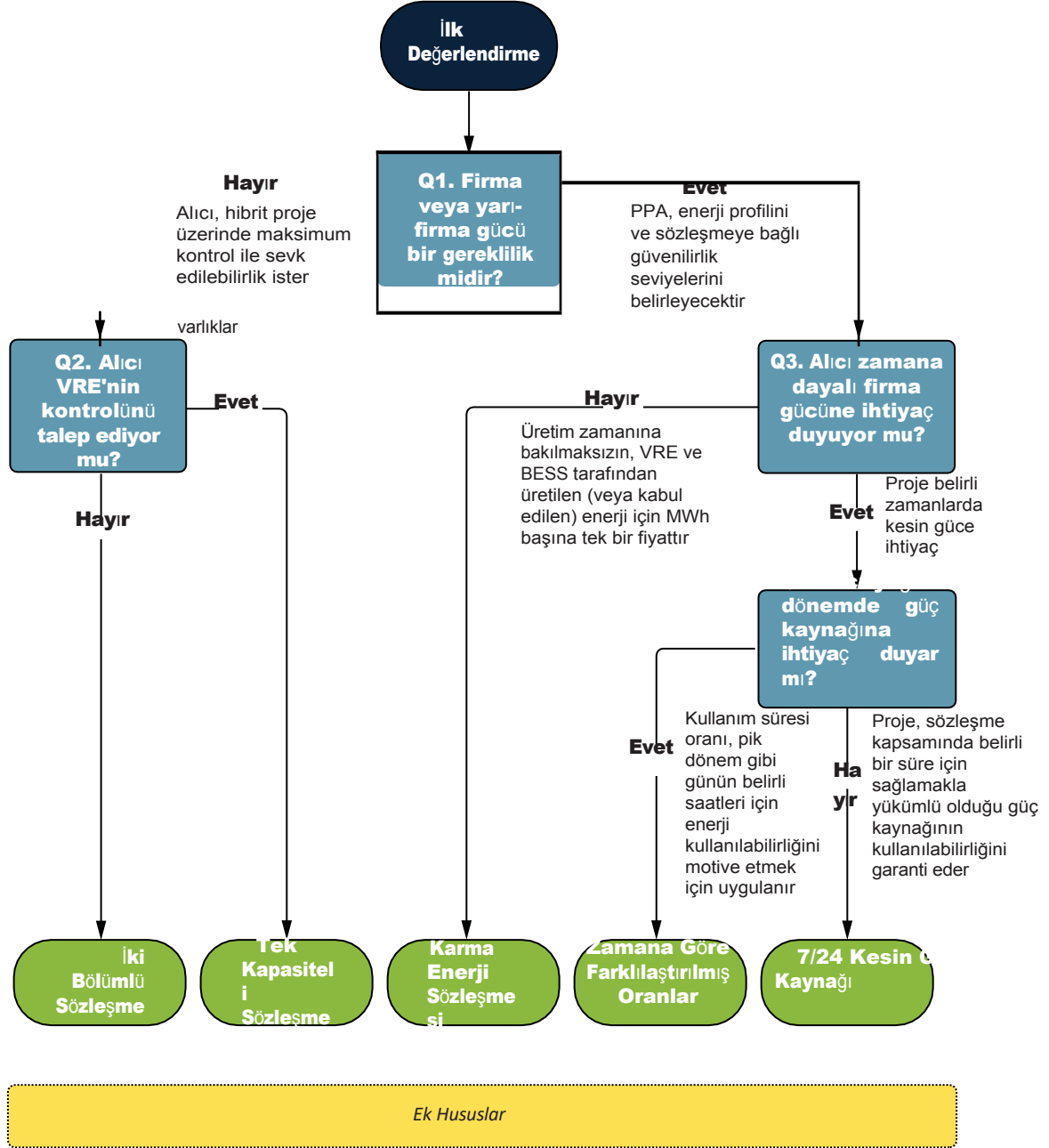
TABLO ES.1**Güneş Enerjisi Artı Depolama Projeleri için Üç İş Modeli**

ÖZELLİKLER	SÖZLEŞME TÜRÜ		
	İKİ PARÇALI SÖZLEŞME (SOLAR PV-ARTI DEPOLAMA)	TEK KAPASİTELİ SÖZLEŞME	KARIŞIM ENERJİ SÖZLEŞME
İlgili Kuruluşlar	Bir devlet kuruluşu, muhtemelen şebeke operatörü	Bir devlet kuruluşu, muhtemelen şebeke operatörü	Bir kamu hizmeti kuruluşu veya merkezi bir iyileştirme kurumu, sözleşmeleri kamu hizmet kuruluşlarına yeniden atayarak
Yenilenebilir Enerji ve Depolama Ücretlendirmesi	Tek sözleşme, iki tür ödeme: - PV için ödeme üretilen enerji içindir (\$/MWh) - Depolama için yapılan ödeme, kullanıma sunulan kapasite (\$/MW/ay)	Tek sözleşme, mevcut kapasiteye dayalı tek sabit ödeme (\$/MW/ay)	Tek sözleşme, üretilen enerjiye dayalı tek sabit ödeme (\$/MWh); açık kapasite ödemesi yok ^a
Varyasyonlar	N/A	N/A	- Basit harmanlanmış - Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlar (yoğun ve yoğun olmayan) 7/24 sağlam güç kaynağı
Vurgu	Sevk Edilebilirlik	Sevk Edilebilirlik	Sertlik
Sevkiyat Karar Verici	Alıcı	Alıcı	Satıcı veya sistem operatörü
İşletme ve Bakım	Ayrı İşletme ve Bakım kuruluşu	Ayrı İşletme ve Bakım kuruluşu	Ayrı İşletme ve Bakım kuruluşu veya satıcı
Depolama Hizmetlerinin Uygunluğu	Yüksek	Yüksek	Satıcı depolama varlıklarının kontrolüne sahip olduğu için düşük
Risk Tahsisi: Kaynak Değişkenliği	Satıcı üzerinde	Alıcı üzerinde	Satıcı üzerinde
Risk Tahsisi: Küçültme	Alıcı üzerinde	Alıcı üzerinde	Alıcı hakkında daha fazla bilgi
Risk Tahsisi: Piyasa Değişkenliği	Alıcı üzerinde	Alıcı üzerinde	Alıcı üzerinde
Termik Üretim PPA'ları ile Ticari ve Teknik Benzerlikler	Çok yüksek	Yüksek	Ticari karakteristikler için düşük; güneş-artı-depolama projesinin teknik özelliklerine dayalı bazı benzerlikler
Satın Alma/Ödül Kriterleri	İki ürün, muhtemelen seviyelendirilmiş elektrik maliyetine (LCOE) dayalı eşzamanlı açık artırma ihalesi	Tek ürün, en düşük \$/MW ödül	- Karışık basit ve 24x7: En düşük \$/MWh bazında tek ürün ödülü - Zamana göre farklılaştırılmış: İki ürün, eşzamanlı açık artırma, ortalama zirve/zirve dışı fiyat

^a Bu fiyatlandırma, tüm kaynak değişkenliği, yakıt maliyetlerindeki dalgalanma ve piyasa risklerinin satıcıdan alıcıya aktarıldığını varsaymaktadır. Diğer yetki alanlarındaki enerji alım anlaşmaları (PPA), bazı risklerin alıcıda kaldığı ve sabit artı değişken bir ödeme yapısının tavsiye edildiği daha incelikli fiyatlandırma yapılarına sahip olabilir.

ŞEKİL ES.2

Bir İş Modeli Seçmek için Karar Ağacı



Termin Belgesi ve Elektrik Satın Alma Sözleşmesi Şablonları

Daha ayrıntılı bir örnek vermek gerekirse, raporun vurguladığı iş modellerinden biri iki parçalı sözleşme modelidir. Rapor, bu iş modeline yönelik bir şartname ve bir PPA şablonu ile kullanım ve uygulamaya yönelik rehberlik sağlamaktadır.

Term sheet şablonu tüm tarafların haklarını, yükümlülüklerini ve beklentilerini belirleyerek belirsizliği ve olası anlaşmazlıkları azaltır ve potansiyel yatırımcılarla görüşmeleri kolaylaştırır. Birçok güneş enerjisi artı depolama projesi finansman yapısının henüz başlangıç aşamasında olduğu düşünüldüğünde bu özellikle önemlidir.

KÖA şablonu, bir iş modeli türü altında bir KÖA'ya dahil edilmesi gereken temel maddeleri açıklamaktadır. Bir başlangıç noktası olarak tasarlanmıştır, olduğu gibi kullanılması gereken bir belge değildir. Tüm PPA'ların uzman hukuk danışmanlarının yardımıyla özelleştirilmesi gerekecektir.

Güneş Enerjisi Artı Depolama Projelerinin Dönüşümsel Değişimi Kolaylaştırma Potansiyeli

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, ithal fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak ve özellikle Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletleri ve Sahra Altı Afrika'da enerji güvenliğini artırarak enerji alanında devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Artan enerji sistemi esnekliği ve özel yatırımın harekete geçirilmesiyle, rekabetçi bir şekilde tedarik edilen IPP modeli aracılığıyla güneş artı depolama, diğer temel hizmetler ve kalkınma girişimleri için yeniden dağıtılacak kamu kaynaklarını serbest bırakabilir, ekonomik istikrarı ve büyümeyi destekleyebilir.



Bu Rapor Hakkında

Bu Raporun Amacı

Enerji depolama, termikten yenilenebilir enerjiye dayalı güç sistemlerine geçişte kilit bir bileşendir. Güneş ve rüzgar gibi değişken enerjiden üretilen fazla elektriğin yüksek talep veya düşük güneş ışığı dönemlerinde kullanılmak üzere depolanmasını sağlayarak yenilenebilir enerjinin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini artırır. Yenilenebilir enerjiyi bir enerji depolama sistemiyle birleştiren bir sistem olan hibrit bir proje, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak daha temiz, daha istikrarlı ve maliyet açısından daha rekabetçi bir enerji sistemine geçişi kolaylaştırır.

Bu rapor, özel yatırımlardan yararlanırken şebeke ölçeğinde güneş enerjisi artı depolama projelerinin planlanması ve uygulanması için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Çerçeve, (1) bir projenin tanımlanması ve planlanması, (2) önceden belirlenmiş konfigürasyonlar arasında bir iş modelinin seçilmesi, (3) modelin uyarlanması ve (4) rekabetçi bir tedarik sürecinde bir PPA şablonunun kullanılmasını kapsayan dört aşamadan oluşmaktadır. Rapor, özellikle termal üretime bağımlılığın kırılma noktalarını ve açıklarını derinleştirdiği ve sınırlı kamu kaynaklarının yakıt bağımlılığı kısır döngüsünde tükendiği ülkelerde özel sektöre ait güneş enerjisi artı depolama projelerinin benimsenmesini ve yaygınlaştırılmasını kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Raporda ayrıca rekabete ve en uygun tedarik yöntemine yol açabilecek tedarik seçenekleri de sunulmaktadır tarifeler.

Bu Raporun Yapısı

Bu rapor aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır:

- **Bölüm 1**, termikten enerji depolama ile birleştirilmiş yenilenebilir enerji projelerine geçişin gerekçelerini sunmaktadır. Özellikle güneş enerjisi artı depolama projelerinin güç sistemlerini karbonsuzlaştırmaya nasıl yardımcı olabileceği vurgulanmaktadır.
- **Bölüm 2**'de kamuya ait güneş enerjisi artı-güneş enerjisinin olağan senaryosu tanıtılmaktadır. depolama projeleri ve IPP'lerin sahip olduğu projelere yönelik küresel eğilim.
- **Bölüm 3**, genel sistem planlaması ve bir iş modeli seçmeye yönelik kılavuz ilkeler, seçilen modelin avantaj ve dezavantajlarının anlaşılması ve bir term sheet ve PPA hazırlanmasından oluşan dört aşamalı bir çerçeve sunmaktadır.
- **Bölüm 4**, güneş enerjisi artı depolamanın rekabetçi bir şekilde tedarik edilmesi için kılavuz ilkeler sunmaktadır proje.
- **Bölüm 5**, raporun ana hatlarını ve sonuçlarını tartışmaktadır.
- **Ek A**, üç iş modelinin ve bunların varyasyonlarının her birinin avantaj ve dezavantajlarının kapsamlı bir listesini sunmaktadır.

- **Ek B'**de iki parçalı sözleşme iş modeli için şablon bir şartname yer almaktadır. Gerekli tüm bileşenlerin dahil edilmesini ve uygun şekilde ele alınmasını sağlamak için şartnamenin nasıl yapılandırılacağı konusunda rehberlik sağlar.
- **Ek C**, iki bölümlü sözleşme için geliştirilmiş bir KÖA şablonuna bağlantı sağlar. Bu raporda ele alınan iş modeli.
- **Ek D**, enerji dönüşümünü kolaylaştırmak için Enerji Sektörü Yönetim Destek Programı (ESMAP) tarafından sağlanan tamamlayıcı bilgi kaynakları, özellikle de yenilenebilir enerji kaynaklarının ve enerji depolamanın ölçeklendirilmesine ilişkin kaynaklar hakkında ek ayrıntılar sunmaktadır.

Bu rapor, *Scaling Up to Phase Down: Financing Energy Transitions Power Sector in the* (Dünya Bankası 2023b), *Sustainable Renewables Risk Mitigation Initiative (SRMI) çerçevesinin A Sure Path to SustainSolar, able Wind, and Geothermal* (Dünya Bankası 2022), *Deploying Storage for Power Systems Developing* (Gelişmekte Olan Güç Sistemleri için Depolama Dağıtımın Countries Ülkelerde Politika ve Düzenleyici Hususlar Sektör) gibi diğer bazı Dünya Bankası yayınları üzerine inşa edilmiştir: (ESMAP 2020) ve *Kamu-Özel Ortaklığı Yapısı Altında Batarya Enerji Depolama Sistemlerinin Uygulanmasına Yönelik Kılavuz İlkeler* (Gamarra . 2023). Ek D'de bu kaynaklara ilişkin ayrıntılar yer almaktadır.

Endnote

1. Hibrit üretim (veya hibrit proje) terimi, fosil bazlı üretim, çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar ve/veya güneş) ve depolama dahil olmak üzere farklı güç kaynaklarını birleştiren geniş bir teknik konfigürasyon kümesini ifade eder. Bu rapor, hibrit projelerin güneş enerjisi artı depolama segmentine, özellikle de batarya enerji sistemlerine (BESS) odaklanmaktadır. Depolama ve BESS terimleri birbirinin yerine kullanılmaktadır.



BİR TERMALDEN GÜNEŞ-ARTI DEPOLAMA PROJELERİNE GEÇİŞ

Daha temiz, karbondan arındırılmış ve daha verimli enerji üretimi ve tüketimine duyulan ihtiyaçtan kaynaklanan bir değişim dalgası enerji sektörünü kasıp kavuruyor. Termalden güneş enerjisi artı depolama projelerine geçiş, küresel enerji paradigmasında dönüştürücü bir aşamayı temsil etmektedir. Bu sadece yeni bir teknolojinin ortaya çıkışını değil, aynı zamanda toplumsal bir değişimi de yansıtmaktadır. Değişim, daha önce hizmet almamış nüfuslara modern enerji kaynakları getiriyor ve ülkelerin iklim hedeflerine ulaşmalarına yardımcı oluyor.

Gelişmekte olan ülkelerdeki elektrik talebi ; bu ülkelerdeki talebin önümüzdeki 20 yıl içinde diğer tüm ülkelerden daha hızlı artması bekleniyor. 2040 yılına kadar elektrik, çoğunlukla fosil yakıtların yerini alarak dünyanın nihai enerji ihtiyacının yüzde 31'ini karşılayacaktır binalarda, endüstrilerde ve ulaşımda (IEA 2022).

Gelişmiş elektrifikasyon, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanımı ve artan enerji verimliliği önlemleri, enerji sektörünün karbondan arındırılması için üç ana bileşendir. Her biri kendine özgü zorluklarla karşı karşıyadır.¹ Güneş enerjisi artı depolama projelerinin potansiyeli, zorlukların birçoğunu ele alabilir.

Termik enerjiden doğrudan yenilenebilir enerjiye geçiş, özellikle küçük ve zayıf güç (şebeke) sistemlerine sahip bölgelerde zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları iklim açısından nötrdür, sürdürülebilirdir ve çalışma sırasında sera gazı üretmez, ancak çıktıları değişkendir, bu da istikrarlı ve güvenilir bir güç kaynağı sağlamayı zorlaştırır.

Güneş enerjisi artı depolama daha uygulanabilir bir çözüm sunabilir. Yenilenebilir enerji çıktısının yüksek olduğu dönemlerde üretilen fazla gücün, yenilenebilir enerji çıktısının düşük olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını sağlarlar. Üretilen gücün bir kısmının depolanabilmesi, güç jeneratörlerinin sevk edilebilirliğini ve sağlamlığını artırarak daha güvenilir ve istikrarlı bir güç kaynağı sağlartalep üzerine güç tedarik etmelerine olanak tanır.

Bu bölüm hibridizasyon eğilimini incelemekte, termik ve güneş-artı-depolama üretim projelerini karşılaştırmakta, gelişmekte olan ülkelerde güneş-artı-depolamanın benimsenmesini ve ekonomik uygulanabilirliğini ve termikten yenilenebilir enerji projelerine geçişte karşılaşılan zorlukları araştırmaktadır.

Hibridizasyona Yönelik Eğilim

Güneş artı depolama ile hibridizasyona yönelik eğilim küresel olarak ivme kazanıyor. Bloomberg 2023 Enerji Depolama Piyasası Görünümü'ne göre, enerji depolama 2022'de 2021'e göre yüzde 68 artışla 16 gigawatt (GW)/35 gigawatt saat (GWh) kapasite ekleyerek rekor bir yıl daha geçirdi. Bloomberg, 2030 yılı sonuna kadar küresel kümülatif enerji depolama kapasitesinin 508 GW/1.432 GWh'ye ulaşacağını öngörüyor.

Yalnızca Çin'deki enerji depolama kurulumunun 175 GW/404 GWh'ye ulaşacağını tahmin etmektedir. 2030'da bir önceki tahmine kıyasla yüzde 66 artış gösterecek. Hibrit projeler Amerika Birleşik Devletleri'nde de ivme kazanıyor. Bu projelerin yaklaşık yüzde 42'sinin (285 GW) hibrit olacağı tahmin edilmektedir.

Ara bağlantı kuyruklarındaki güneş enerjili PV ve tüm rüzgarın yüzde 8'i depolama ile birleştirilmiş hibrit projeler olarak önerilmektedir. Güneş artı depolama şu anda hibrit geliştirme hattına hakimdir. (Boling, Gorman ve diğerleri 2022).

Fas'ta 2019'da devreye alınan Noor Midelt projesi, yoğun saatlerde gün batımından sonra beş saat boyunca dağıtılabilir konsantre güneş enerjisi (CSP) sağlayarak hibrit projelerin şebeke talebini dengeleme potansiyelini ortaya koymaktadır (MASEN, 2022). Proje, 71 \$/MWh gibi etkileyici bir tarife elde ederek hibrit yenilenebilir enerji artı depolama projelerinin maliyet rekabetçiliğini ortaya koymuştur.

Hindistan da hibrit projelerin benimsenmesinde önemli adımlar atmıştır. Bir 2020 projesi, 6 saat boyunca pik saatler için 600 MW sabit güç ve 11 saat boyunca 300 MW daha sabit güç sağlamış, pik dışı gücü ise sabit bir fiyattan vermiştir (SECI 2022b). Bir başka girişim olan ve 2022 yılında ihalesi yapılan Round-the-Clock (RTC) III projesi, yüzde 90 emre amadelik şartı ile 2,25 GW'lık ilave enerji sağlayarak hibrit yenilenebilir enerji tabanlı projelerin maliyet etkinliğini ve güvenilirliğini ortaya koymuştur.

Hindistan'ın 2023-24 bütçesi 4 GWh şebeke ölçekli batarya için finansman sağlamaktadır (Hindistan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı 2023).

2021 yılında Güney Afrika, Risk Azaltma IPP Tedarik Programı (RMI4P) kapsamında, sabah 5:00 ile akşam 9:30 arasında yüzde 100 sevk edilebilir olmak üzere yaklaşık 2 GW'lık teknolojiye bağımsız acil durum kapasitesi ihalesi yapmıştır. Bu miktarın yaklaşık 1,2 GW'ı doğal gaz üretim kapasitesinden ve 0,8 GW'ı hibrit projelerden gelmiştir (Güney Afrika Cumhuriyeti 2022).

Bu örnekler, gelişmiş şebeke istikrarı, maliyet rekabetçiliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılması potansiyelleri nedeniyle hibrit projelere yönelik küresel eğilimi ortaya koymaktadır. Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe ve düzenleyici çerçeveler bu sistemleri daha iyi destekleyecek geliştikçe, hibrit projeler, özellikle de güneş artı depolama küresel olarak giderek daha merkezi bir rol oynayacaktır.

Termal ile Solar-Plus-Depolamanın Karşılaştırılması

Fosil yakıt bazlı termal projeler, güneş artı depolama projelerinden daha düşük sermaye maliyetlerine sahip olabilir. Termal üretimin, nispeten yüksek sevk edilebilirlik ve talebe yanıt verebilirlik ile öngörülebilir ve istikrarlı enerji çıktısı sağlaması beklenir. Birçok ülkedeki sabit termik santrallerin bakımı yetersizdir ve bu da sistem operatörü için işlevsel olarak kullanılabilir kapasiteyi azaltmaktadır. Sık arızalar ve düşük performans, çok yüksek maliyetler (özellikle dizel ve ağır fuel oil bazlı üretim için) ve buna bağlı fiyat dalgalanmaları ile birleştiğinde, birçok ülkede enerji kırılganlıklarına yol açmıştır. Pahalı dizel ve ağır fuel oil'e olan bu bağımlılık, bu ülkelerin kamu maliyelerini zorlamakta ve açıklarını artırmaktadır. Termal üretimin dezavantajlarını ele alan güneş fotovoltaik (PV), depolama ile eşleştirildiğinde potansiyel olarak daha üstün bir seçenektir. Bu projelerin sermaye maliyetleri daha yüksek olsa da işletme maliyetleri çok daha düşüktür ve yakıt ithalatına bağımlı değildir. Güneş enerjisi artı depolama projelerine geçiş, kamu kaynaklarını aşağıdakiler için serbest bırakabilir

Diğer temel hizmetler ve kalkınma girişimleri, özellikle uzun vadeli PPA'lara dayalı rekabetçi bir IPP'ye ait model aracılığıyla geliştirildiğinde ekonomik istikrarı ve büyümeyi artırır.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri sistem operatörüne daha fazla esneklik sunar, çünkü bir dizi yan hizmet sağlayabilir. Güneş enerjisi üretiminin gücü boşaltmak için optimize edilmesine izin verirler Emisyon yoğunluğunun en yüksek olduğu dönemlerde şebekeye esnek kapasite sağlayarak fosil yakıt bazı enerji kaynaklarına olan ihtiyacı azaltır ve daha geniş çaplı karbonsuzlaştırma çabalarını destekler. Bu projeler ayrıca, yük eşleştirme gereksinimleri için gerekli olmadığında bile sistem düzeyinde optimizasyon için esnek kapasiteden yararlanarak şebeke dengelemesini kolaylaştırabilir. Bu yaklaşım, elektrik şebekesinin daha etkili bir şekilde karbonsuzlaştırılmasını sağlar ve düşük karbonlu bir geleceğe geçişi desteklemeye yardımcı olur.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, termik santrallere göre başka teknik avantajlara da sahiptir. Termik jeneratörlerin aksine, herhangi bir minimum yük gereksinimi olmadan çalışır ve bu da operasyonel esnekliklerini artırır. Senkronizasyonu korumak için sürekli yakıt yakan termik jeneratörlerin aksine, güneş artı depolama projeleri aktif olarak güç üretmediğinde bile şebeke senkronizasyonunu korur. Bu fark, önemli ölçüde yakıt tasarrufu sağlar ve çevresel etkiyi azaltır.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri hızlı başlatma sürelerine sahiptir, bu da yakıt yakmadan talep ve frekans dalgalanmalarına anında yanıt vermelerini sağlar. Bu projeler ayrıca tüm çıkış seviyelerinde tutarlı verimlilik sağlar.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri ördek eğrisi olarak bilinen olguyu da ele almaktadır. Yüksek düzeyde kurulu güneş enerjisi kapasitesine sahip elektrik şebekelerinde, elektrik arzı ve talebi arasında büyük dengesizlikler meydana gelebilir; bu da güneş enerjisi üretiminin yüksek olduğu gün ortası saatlerinde net talepte bir düşüşe ve ardından güneş batarken ve güneş enerjisi üretimi azalırken talepte keskin bir artışa neden olur. Güneş enerjisi artı depolama projelerindeki batarya depolama, gün boyunca üretilen fazla güneş enerjisini depolayarak ve daha sonra akşam yoğun talep dönemlerinde boşaltarak ördek eğrisini hafifletmeye yardımcı olabilir. Bunu yapmak, kamu hizmetlerinin elektrik arz ve talebini daha iyi dengelemesini sağlayarak fosil yakıtlar gibi diğer elektrik kaynaklarına olan ihtiyacı azaltır.

Depolama aynı zamanda şebekeye frekans düzenlemesi ve voltaj kontrolü gibi elektrik şebekesinin istikrarını ve güvenilirliğini artıracak diğer yan hizmetleri de sağlayabilir. Tüm bu avantajlar, güneş enerjisi artı depolama projelerini termik tabanlı güç sistemlerinden uzaklaşmak isteyen ülkeler için cazip bir alternatif haline getirmektedir.

Güneş Enerjisi Artı Depolamanın Termal Üretim ile Rekabet Edebilirliği

Elektrik üretimi için yakıt ithal eden birçok ülkede, ithalat maliyetleri, üretimin verimsizliği ve ilgili zorluklar nedeniyle tarifeler çok yüksek olabilir. Bu tür enerji harcamaları genellikle kamu kaynaklarını tüketmekte ve birçok mal ve hizmetin maliyetini yükseltmektedir.

Örneğin, birçok Pasifik Adası ülkesinde elektrik tarifeleri 0,20 \$/kWh (Fiji) ile 0,50 \$/kWh (Vanuatu ve Cook Adaları) arasında değişmektedir. Karayip Adaları'nda tarifeler Belize ve St Lucia'da 0,20 \$/kWh, Cayman Adaları'nda yaklaşık 0,40 \$/kWh ve Bermuda'da yaklaşık 0,60 \$/kWh'dir. Benzer şekilde, birçok Sahra Altı Afrika ülkesinde, yakıt bazlı termal üretim ana elektrik kaynaklarından biridir; buradaki tarifeler adadakilerle karşılaştırılabilir

Pasifik ve Karayipler'deki ülkeler (Islam ve Al Mamum 2017). Her iki kategoride de, güneş enerjisi artı depolama projeleri halihazırda oldukça rekabetçi maliyetlere sahiptir ve yakıt bazlı termal üretim tarafından yaygın olarak sunulan teknik operasyonel gereklilikleri ve ticari özellikleri karşılayabilir.

Hawaii'nin Barbers Point güneş enerjisi artı depolama projesi, aşağıdaki tarifeyle sahip bir PPA ile ödüllendirildi. 15 MWp güneş enerjisi ile dört saatlik depolama kapasitesini 15 MW/60 MWh'den entegre edecek tek kapasiteli bir sözleşme modeli kapsamında 0,112 \$/kWh. Ancak proje, finansal ve teknik zorluklar nedeniyle revize ve yeni bir ihale süreci başlatılabilir. Fas'ta, güneş enerjisini CSP ve beş saatlik termal depolama ile birleştiren Noor Midelt projesi, karma bir sözleşme kapsamında 0,07 \$/kWh'lik bir tarife elde etti.

Hindistan'da, Hindistan Güneş Enerjisi Kurumu (SECI) yenilenebilir enerjiler artı depolama projesi için Pik Güç Kaynağı tedariki, yenilenebilir enerjilerin (güneş veya rüzgar) sabit güç için depolama kapasitesi ile izin veren iki sözleşme imzaladı. İlk sözleşme, pik dönem için 0,086 \$/kWh ve pik dışı dönem için 0,04 \$/kWh'lik bir tarife ile Greenko'ya 900 MW verdi. İkinci sözleşmede ise Renew Power'a 0,096 \$/kWh puant dönem ve 0,04 \$/kWh puant dışı dönem tarifesıyla 300 MW verildi.

Sınırlamalar ve Zorluklar

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, birçok ülkede karbon emisyonlarını ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir. Ancak güneş-artı-depolama yoluyla baz yük termik enerji üretiminin (maksimum penetrasyonla) tamamen değiştirilmesi her zaman pratik değildir ya da özellikle kısa ve orta vadede ekonomik olarak uygulanabilir değildir. Bununla birlikte, ülkelerin yakıt bazlı termal üretime bağımlı olduğu birçok bağlamda, güneş artı depolama, güç sisteminde aynı esnekliği ve güvenilirliği sunarak diğer kaynaklardan daha ucuz hale gelmiştir.

Güneş enerjisi artı depolama projelerinin dezavantajlarından biri, termik enerji üretiminin yer değiştirmesini en üst düzeye çıkarmak için, kaynak mevcudiyetindeki değişiklikleri telafi etmek için büyük boyutta olmaları gerektirir. Güneş enerjisi ve depolama kapasitesinin eklenmesi bir sistemin başlangıç maliyetini artırır.

Aşırı büyüklük aynı zamanda operasyonel zorlukları da beraberinde getirir. Yüksek güneş enerjisi üretimi ve düşük talep dönemlerinde, üretilen fazla güç tesisin depolama kapasitesini aşabilir ve PV çıkışının kısılmasını gerektirebilir. Bu potansiyel enerji israfı verimsizdir ve sistemin yatırım getirisini azaltır.

Depolamanın yaşam döngüsü de sınırlayıcı bir faktör olabilir. Zaman içinde bataryalar bozulur. Bunların değiştirilmesi veya yükseltilmesi sistemin işletme maliyetlerini artırır; bunun yapılmaması ise güç kaynağının tutarlılığını tehlikeye atabilir. Çözüm, depolama kullanılabilirliğinin kabul edilebilir bir seviyede olmaya devam etmesini sağlamak için değiştirmek ya da güçlendirmektir.

Operatörün teknik gereksinimlerini karşılarken orijinal anlaşmada tanımlandığı gibi aralık. Güney Afrika'nın Risk Azaltma Bağımsız Enerji Üreticisi Tedarik Programı (RMI4P), baz yük üretiminin yerini almak üzere çok yüksek seviyelerde enerji üretim sağlamlığı (yani, herhangi bir zamanda elektrik üretmek ve müşteri gereksinimlerini karşılamak için kontrol edilebilir ve güvenilir yetenek) ile enerji sağlamak için güneş enerjisi artı depolama projelerinin uygulanmasının zorluklarını göstermektedir (Kutu 1.1).

KUTU 1.1

GÜNEY AFRIKA'NIN HİBRİT ENERJİ TEDARİĞİ

Güney Afrika, arz açığını kapatmak (2024'te yaklaşık 6 GW'a ulaşacağı tahmin ediliyor), güvenilir enerji yoluyla yatırım ortamını iyileştirmek ve kömürü devreden çıkarma planlarını uygulamak için yeni enerji üretim kapasitesine kritik ihtiyaç duyuyor. Bu zorlukların üstesinden gelmek için hükümet, ihaleler yoluyla teknolojiden bağımsız bir tedarik süreci düzenledi. Risk Azaltma Bağımsız Güç Üreticisi Tedarik Programı (RMI4P) kapsamında 2 GW kapasite açık artırmaya çıkarıldı. Programa olan ilgiyi gösteren 5.000 MW'lık teklifler sunuldu. İhalede kazanan fiyatlar 89 \$/MWh ile 115 \$/MWh arasında değişmiş ve ortalama 97 \$/MWh olmuştur.

Teklif talebi esnek sevkiyatı karşılamak üzere tasarlanmıştır. Santrallerin sabah 5:00 ile akşam 9:30 arasında yüzde 100 sevk edilebilir olması gerekiyordu. Sözleşmeye bağlanan çalışma kapasitesi, 12 saatten fazla kesinti olmaksızın 15 ardışık gün boyunca günde 16,5 saat olarak belirlendi. Teklif sahipleri, özellikle depolamanın geceleri şebekeden şarj edilememesi nedeniyle, bu güvenilirlik çalışma şartının çok katı olduğunu düşündüler. Kazanan tekliflerin çoğu, katı güvenilirlik gereksinimlerini karşılamak için bir dizel jeneratör yedeği ile PV, rüzgar ve depolamayı birleştiren hibrit projeler olarak düzenlenmiştir. Sadece bir geliştirici (Scatec) yenilenebilir enerjiyi depolama ile harmanlayarak iklim imtiyazlı finansmanına uygun hale getirmiştir.

Güvenilirlik çalışması gereksinimi, yenilenebilir enerji ve depolama kapasitesinin boyutlandırılmasını belirleyen kritik faktördür. Yenilenebilir enerji ve depolama gibi yalnızca temiz enerji kaynakları kullanılarak yüksek düzeyde sevk edilebilirlik gerektiğinde, üretim ve depolama varlıklarının aşırı büyük olması gerekir ve bu da daha az rekabetçi bir PPA ile sonuçlanır.

(devam ediyor)

KUTU 1.1 (Devamı)

Güney Afrika'nın standartlarını karşılayacak 150 MW sevk edilebilir kapasiteye ulaşmak için Scatec'in 540 MW PV kapasitesi ve 225 MW/1.140 MWh batarya depolama kapasitesi kurması ve toplam 962 milyon \$ sermaye harcaması yapması gerekecektir (Scatec 2022). Scatec, güvenilirlik gereksinimlerini karşılamak için herhangi bir termal üretim içermediği ve tamamen güneş enerjisi artı depolamaya dayandığı için 115 \$/MWh olarak hesaplanan en yüksek tarifelerden biriyle sonuçlandı.

RMIP4 vakası, baz yük üretiminin (bu durumda kömür santralleri) sadece yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirilmesinin zorluklarını ve yüksek maliyetlerini göstermektedir, özellikle de şebeke düzeyinde toplanmak yerine her bir PPA'dan yüksek güvenilirlik seviyeleri isteniyorsa. Uygun güvenilirliği belirlemek çok önemlidir.

Bu tür ihalelerdeki kriterler, tipik olarak termik santrallerin yüzde 85 güvenilirlik gereksinimine sahip olmasına karşın RMI4P programının çok daha yüksek gereksinimlere sahip olmasıdır.

Kaynaklar: ADB 2021; Scatec 2022; Güney Afrika Cumhuriyeti 2022 (<https://www.ipp-rm.co.za/>).

Not: Güney Afrika'daki RMI4P programı için ödül kriterleri ve ödeme, teklif sahiplerinin yoğun ve yoğun olmayan saatler için harmanlanmış enerji fiyatları (\$/MWh) sağladığı zaman farklılaştırmalı bir PPA için tipik bir açık artırmadan daha karmaşıktır. RMI4P için fiyatlar (tarifeler) kazanan teklif sahiplerini seçmek ve ödüllendirmek ve aylık ödemeyi belirlemek için kullanılır. Bunlar, teklif sahipleri tarafından bildirilen teknik ve ekonomik parametrelere dayalı olarak açık artırmayı düzenleyen tarafından hesaplanır. Değerlendirme fiyatı, hesaplanan elektrik tarifesinin (ET) ağırlıklı ortalamasıdır (yüzde 95) ve

yan hizmetler tarifi (AT) (yüzde 5). ET, enerji, yakıt maliyetleri (varsa), güvenilir kapasite için sermaye geri kazanımı (sevk edilemeyen üretim kaynakları için yüzde 50 ve sevk edilebilir üretim kaynakları için yüzde 100) ve zorunlu yan hizmetlerin sermaye geri kazanım maliyetleri dahil olmak üzere çeşitli maliyet bileşenlerini dikkate alır. Teklif sahipleri tarafından sağlanan ekonomik varsayımlar

yerel ve uluslararası kıyaslamalarla karşılaştırılmış ve gerektiği şekilde ayarlanmıştır. ET, yüzde 70 ve yüzde 100 yük faktörlerine göre hesaplanır; nihai değerlendirme fiyatını hesaplamak için iki rakamın ortalaması alınır. Tarife hesaplandıktan sonra, teklif sahiplerine en iyi ve nihai teklifi sunma seçeneği verilir. Bir fatura dönemindeki toplam ödeme, teklif sahipleri tarafından sağlanan ekonomik varsayımlara dayalı olarak hesaplanan kapasite, sabit ve değişken işletme ve bakım (O&M), ticari enerji ödemesi, başlangıç maliyetleri, karbon vergileri ve yan hizmet maliyeti için maliyet geri kazanımını içerir. Değerlendirme fiyatları ve tarifeler ayrı ayrı hesaplanır

her bir teknoloji için. Fiyatların belirlenmesinde kullanılan metodoloji, geleneksel maliyet-artı planına bir miktar benzemekle birlikte fiyat rekabetini de beraberinde getirmektedir.

Güneş enerjisi artı depolama projelerini uygulayan kamu hizmetlerinin önündeki engeller arasında operasyonel kontrolün karmaşıklığı, Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) sistemleri için otomatik altyapı eksikliği ve sistem operatörünün sınırlı teknik kapasitesi yer almaktadır.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için, güneş enerjisi artı depolama projeleri, ölçülen gerçek güç, reaktif güç, voltaj ve frekansın yerel ölçümlerine dayanmayan otonom hizmetler sağlamak üzere tasarlanabilir. Teknik olarak, bu tür enerji santralleri şu şekilde çalışabilir

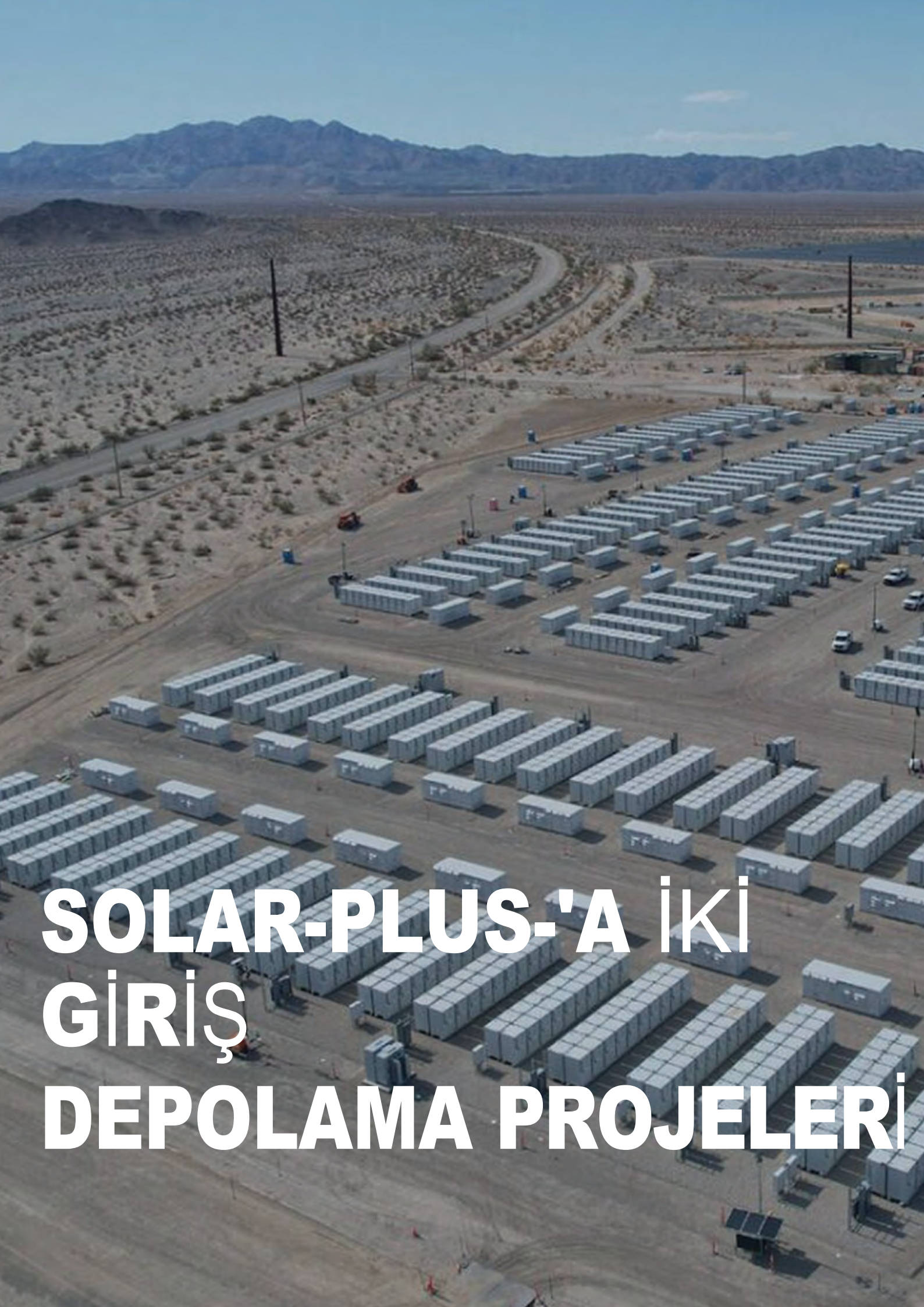
Sistem operatöründen ek girdilere ihtiyaç duymadan etkili bir şekilde. Otonom kontrol ile bağlantılı olarak şebeke, güneş enerjisi artı depolama projelerinin sevkياتını hassas bir şekilde ayarlamak için güç programları, voltaj ayar noktaları veya kesinti sinyalleri sağlayabilir. Güneş enerjisi artı depolama projeleri için otonom kontrollerin birincil avantajı, kaynakları kontrol etmek için karmaşık kamu hizmeti yazılımı ve iletişim sistemleri olmadan hizmet sağlama kabiliyetlerinde yatmaktadır. En iyi yaklaşım, otonom kontrol ve şebeke tarafından sağlanan kontrol sinyallerinin bir karışımıdır.

Bu zorluklar kısıtlayıcı olabilir, ancak güneş enerjisi artı depolama projelerinin potansiyel faydaları önemlidir. Geçiş süreci kademeli olabilir ve engellerin aşılmasını gerektirebilir. Destekleyici politika ve düzenleyici çerçevelere, kapasite geliştirmeye ve yenilikçi finansman mekanizmalarına ihtiyaç duyulacaktır. Doğru stratejiyle, özellikle de şebekenin güvenilirlik ve esneklik gereksinimlerini karşılarken, kamu hizmetinin kontrol ve operasyonel yetenekleriyle tutarlı olan yeterli teknik yapılandırmalar göz önünde bulundurulduğunda, bu zorlukların üstesinden gelinebilir.

Enerji dönüşümüne dengeli ve çok yönlü bir strateji ile yaklaşmak önemlidir. Termik enerji üretiminin, özellikle baz yük gücü sağlama ve şebekenin istikrarını sağlama konusunda hala oynayacağı bir rol olabilir. Amaç, her bölgenin ve ülkenin ihtiyaçlarını ve bağlamsal koşullarını en iyi şekilde karşılayan optimum enerji kaynakları karışımını bulmak olmalıdır.

Endnote

1. Geliştirilmiş elektrifikasyon, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak için mobilite, ısınma veya diğer uygulamalar için elektrik kullanımının sektörler arasında yaygınlaştırılması sürecidir.



SOLAR-PLUS-'A İKİ GİRİŞ DEPOLAMA PROJELERİ

Değer Yığını Hizmetleri

Güneş enerjisi artı depolama projelerinin ekonomik uygulanabilirliği, teknoloji maliyetleri, operasyonel özellikler ve düzenleyici çerçeveler dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Son on yılda, PV panellerinin maliyetleri önemli ölçüde düşmüştür. Depolama maliyetleri de benzer bir seyir izlemiş, COVID krizi ve arz kesintisi nedeniyle kesintiye uğramıştır. Ölçek ekonomileri sayesinde depolama maliyetlerinin düşmeye devam etmesi, genel maliyetleri azaltması ve güneş enerjisi artı depolama projelerini daha rekabetçi hale getirmesi beklenmektedir.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, tek başına güneş enerjisi projelerine kıyasla, bir projenin teknik ve ekonomik fizibilitesini önemli ölçüde etkileyebilecek çeşitli avantajlar sunar:

- **Enerji kaydırma:** Enerji kaydırma, gün içinde üretilen fazla güneş enerjisinin depolanmasını ve enerji talebinin yüksek olduğu dönemlerde kullanılmasını içerir (fiyat arbitrajı). Güneş enerjisi üretiminin en yoğun olduğu zamanlarda, fazla enerji daha sonra kullanılmak kısılmak yerine bataryalarda depolanabilir. Daha sonra akşam saatleri gibi elektrik talebinin yüksek olduğu sevk edilebilir. Enerji kaydırma, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını en üst düzeye çıkarırken şebeke istikrarına ve esnekliğine katkıda bulunarak yenilenebilir enerji kaynaklarını fosil bazlı üretime değerli bir alternatif haline getirmektedir. Enerji aktarımı, 2022'de küresel dağıtımların yüzde 54'ünü temsil eden enerji depolamanın birincil kullanım durumu olarak kabul edilmektedir (BloombergNEF 2023).
- **Ticari ve konut kullanımı:** İşletmeler, güneş enerjisini depolama sistemleriyle entegre ederek ve ev sahipleri yerinde yenilenebilir enerji üreterek şebekeye olan bağımlılıklarını azaltabilir ve elektrik giderlerini düşürebilirler. Düşük talep dönemlerinde üretilen fazla enerji depolanabilir ve yoğun saatlerde kullanılabilir, böylece elektrik faturaları azalır ve yoğun talep ücretlerinden kaçınılır. Güç kullanımını pik talep ücretlerinden kaydırma avantajına ek olarak, güneş enerjisi artı depolama sistemleri elektrik kesintileri sırasında yedek güç sağlayabilir. Ticari ve konut ortamlarında güneş enerjisi artı depolama sistemleri maliyet tasarrufu, enerji bağımsızlığı ve gelişmiş esneklik sağlayarak sürdürülebilir ve güvenilir enerji çözümleri arayan işletmeler ve ev sahipleri için onları değerli çözümler haline getirir. Ticari ve konut kullanım durumları 2022 yılında küresel dağıtımların yüzde 28'ini oluşturmuştur (BloombergNEF 2023).
- **Yan hizmetler:** Güneş enerjisi artı depolama projeleri elektrikten daha fazlasını sağlayabilir üretim. Ayrıca frekans düzenleme, voltaj kontrolü ve eğirme rezervleri gibi şebeke destek hizmetleri de sağlayabilirler. Depolamanın eklenmesi, güç çıkışı üzerinde daha fazla kontrol sağlayarak bu yetenekleri büyük ölçüde geliştirir. Bu hizmetlerin kamu hizmeti kuruluşuna veya operatöre sunulabilmesi, potansiyel olarak proje için ek gelir akışları yaratabilir ve ekonomik uygulanabilirliğini artırabilir. Birçok gelişmekte olan ülkede olduğu gibi, yan hizmetlerin fiyatlandırıldığı ve paraya dönüştürüldüğü bir elektrik piyasası olmasa bile, bu tür hizmetler güneş enerjisi artı depolama varlıklarının operasyonel işlevleri olarak kullanılabilir. Şebeke ölçeğindeki bir yenilenebilir güneş enerjisi projesine dört saatlik batarya depolaması eklemenin megavat saat başına maliyeti, MWh başına 5 ila 20 dolar arasındadır. Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı tarafından hazırlanan bir rapora göre (Bolinger vd. 2022), batarya-PV kapasite oranına bağlıdır. Yan hizmetler 2022 yılında küresel dağıtımların yüzde 13'ünü oluşturmuştur (BloombergNEF 2023).

- **İletim ve dağıtım iyileştirmelerinin ertelenmesi:** Güneş enerjisi artı depolama projeleri şebeke iyileştirme maliyetlerini azaltabilir. Depolama ile birleştirilmiş güneş enerjisi, yalnızca güneş enerjisi tesislerinde yaygın olan dalgalanmaları yumuşatabilir. Bu tutarlı güç çıkışı, belirli şebeke yükseltmelerine olan ihtiyacı azaltabilir. Proje geliştiricileri, ekipman paylaşımı ve ara bağlantı ve entegrasyon sorunlarının azaltılması yoluyla sahadaki güneş enerjisi ve depolama varlıklarını birleştirerek proje maliyetlerini düşürebilir. Bir araştırmaya göre, güneş enerjisi ve depolamayı kamu hizmeti ölçeğinde bir araya getirmek yüzde 8'e kadar maliyet tasarrufu sağlayabilir
Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı tarafından (Denholm ve ark. 2019).

Kamu ve Özel Varlık Sahipliği Modelleri

Yenilenebilir enerji sektörü geçtiğimiz dönemde önemli bir büyüme ve dönüşüm yaşadı on yıl. Bu evrim sadece kullanılan teknoloji ve enerji kaynaklarına değil, aynı zamanda bu büyümeyi kolaylaştırmak için benimsenen finansal modellere ve sözleşme yapılarına da yansımaktadır. Güneş enerjisi sektörünün ilk günlerinde anahtar teslim mühendislik, tedarik ve inşaat (EPC) sözleşmeleri yoluyla uygulanan kamu mülkiyetindeki modelden kademeli bir geçiş olmuştur. özel yatırımlardan yararlanan ve giderek daha popüler hale gelen IPP'ye ait modele geçiş. Özel yatırımların harekete geçirilmesi, yalnızca depolama ve güneş enerjisi artı depolama üretimi bağlamında farklı varyasyonlara sahip olabilir.

Depolamaya ilk geçiş, kamuya ait bir EPC modeline dayanıyordu. Anahtar teslim EPC sözleşmesi kapsamında, enerji projesinin EPC'sinden tek bir yüklenici sorumludur. Bu model, basitliği ve kamu sunduğu merkezi kontrol nedeniyle popülerlik kazanmıştır ki bu da güneş enerjisine geçişin ilk aşamalarında kritik öneme sahipti.

Son zamanlarda, özel sermayenin önünün açılmasını sağlayan ve böylece daha fazla ekonomik verimlilik ve kaynakların daha iyi kullanılmasına yol açan IPP modeline doğru yavaş bir kayma olmuştur. Pek çok gelişmekte olan ülkede sadece depolamaya yönelik uygulamalarda, depolama hizmetlerinin rekabetçi ortamlarda paraya dönüştürülebileceği gelişmiş elektrik piyasalarının olmaması nedeniyle varlıkların kamuya ait olması ve işletilmesi durumu güçlü olmaya devam etmektedir. Şebeke hizmetlerinin sunulduğu özel sektöre ait sadece depolama çözümlerine yönelik iş modellerinin cazip hale gelmesi için daha fazla geliştirilmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının giderek yaygınlaşması ve enerji sistemlerinin merkezleşmesiyle birlikte, birçok kamu hizmeti kuruluşu, üretim varlıklarına sahip olan elektrik tedarikçileri olmaktan çıkıp enerji ağlarını yönetmeye ve arz ile talebi dengelemeye geçmektedir. Bu değişim, elektrik üretiminin işletilmesini IPP'lere bırakarak yeni rollerine odaklanmalarını sağlıyor. Bu model aynı zamanda birden fazla bağımsız kuruluşun dahil olması nedeniyle rekabeti, yeniliği ve verimliliği de teşvik etmektedir.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri iki kategoriye ayrılabilir: (a) birleşik bir sistem olarak planlanan güneş enerjisi artı depolama projeleri ve (b) mevcut güneş enerjisi santralleriyle birleştirilen yalnızca depolama projeleri.

Hibrit enerji üretimi birçok şekilde olabilir. Yenilenebilir enerji ile termal (depolama olmadan) veya güneş PV ve rüzgar hibrit üretimini içerebilir, sadece iki isim vermek gerekirse

örnekler. Bu raporda *hibrit*, öncelikle şebeke ölçekli güneş enerjisi artı depolama projelerini ifade etmektedir. Yalnızca depolama projeleri, yeni bir üretim kaynağı olmadan bir deponun kurulmasını içerir; depolama, mevcut yenilenebilir enerjiden elde edilen fazla elektriği depolamak için kullanılır. Yalnızca depolama projeleri genellikle şebekenin istikrarını ve esnekliğini artırmak için, özellikle de halihazırda önemli miktarda yenilenebilir enerjinin üretildiği alanlarda kullanılır.

IPP liderliğindeki bir model ile EPC modeli arasındaki seçim çeşitli faktörlere bağlıdır. IPP liderliğindeki bir model, hükümetin veya kamu hizmetinin projeyi uygulamak için gerekli sermaye veya teknik uzmanlıktan yoksun olduğu senaryolarda daha uygun ve uygulanabilir olabilir. Ancak IPP modelinin çekiciliği geleneksel sermaye ve uzmanlık sınırlarını aşmakta ve ekonomik kalkınmanın farklı aşamalarındaki ülkeler için cazip bir seçenek haline gelmektedir. Kamu kaynaklarının özel sektör katkısının sınırlı olduğu veya hiç olmadığı alanlara stratejik olarak tahsis edilmesi, sadece gelişmekte olan ülkelerde değil, yüksek gelirli ülkelerde de IPP liderliğindeki bir model için zorlayıcı bir durum yaratabilir. Bir IPP sadece yatırım değil, aynı zamanda teknik bilgi birikimi ve proje yönetiminde deneyim de getirir. IPP liderliğindeki modeller aynı zamanda özel sektörün verimliliğinden de yararlanır. IPP liderliğindeki modellerin doğasında bulunan piyasa rekabeti, uygun maliyetli çözümler ve operasyonel verimlilik arayışını teşvik ederek potansiyel olarak enerji maliyetini düşürür. Bu raporda önerilen çerçeve, öncelikle güneş enerjisi artı depolama projeleri için IPP liderliğindeki modellere odaklanmaktadır.

Fiyatlandırma Modelleri

Enerji sektörü geliştikçe, fiyatlandırma yapılarının karmaşıklığı ve karmaşıklığı da buna ayak uydurmalıdır. Hibrit güneş enerjisi artı depolama projeleri çağında, fiyatlandırma modelleri bu sistemlerin sağladığı farklı ve çok yönlü değeri doğru bir şekilde yansıtmalıdır.

Projeler iki tür hizmet sağlar: enerji hizmetleri ve kapasite hizmetleri. Enerji hizmetleri, enerji üretimi (\$/MWh) cinsinden fiyatlandırılır. Bu fiyatlandırma modeli, üretilen gerçek enerji miktarına dayanır ve sezgisel ve basit bir fiyatlandırma mekanizması sağlar. Bu model, enerji üretiminin nispeten sabit ve öngörülebilir olduğu geleneksel güç sistemleri için iyi çalışmıştır.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri ayrıca kapasite hizmetleri (sistemin enerji kullanılabilirliğini sürdürme ve yük değişikliklerine hızla yanıt vererek şebeke istikrarını ve güvenilirliğini sağlama yeteneği) yoluyla ek değer sunar. Bu hizmetler tipik olarak kapasite cinsinden fiyatlandırılır (\$/MW/ay). Kapasite hizmetleri fiyatlandırma modeli, mevcut güç kapasitesinin değerini kabul eder.

Güneş enerjisi artı depolama projelerine geçiş, hem enerji hem de kapasite hizmetlerine değer biçen bir fiyatlandırma modeli gerektirmektedir. Bu birleşik fiyatlandırma modeli, güneş enerjisi artı depolama projelerinin sağladığı hizmetlerin değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Raporda özetlenen farklı iş modelleri, IPP'ye ait bir güneş enerjisi artı-depolama projesinde enerji ve kapasite hizmetlerinin nasıl ücretlendirileceğine dair bir dizi olasılık sunmaktadır.

Sahra Altı Afrika'da Potansiyel

Sahra Altı Afrika, coğrafi, sosyoekonomik ve siyasi faktörlerin karmaşık bir karışımı tarafından belirlenen birçok farklı enerji manzarasına sahiptir. Bölgedeki bazı ülkeler önemli fosil yakıt kaynaklarına sahiptir; diğerleri büyük ölçüde geleneksel biyokütleyle dayanmaktadır veya bol miktarda yenilenebilir enerji potansiyelini aşamalı olarak değerlendirmektedir.

Bu ülkelerin birçoğunun karşı karşıya kaldığı kritik bir sorun, elektrik üretimi için ithal yakıta, özellikle de ağır fuel oil'e artan bağımlılıklarıdır. Küresel yakıt piyasalarının oynaklığı ve sözleşmelerin kısa vadeli olması genellikle yüksek elektrik tarifelerine yol açmaktadır.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, bu ülkelerin başta güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji üretimindeki muazzam potansiyellerini kullanmalarına yardımcı olabilir. Enerji altyapısının genellikle zayıf olduğu ve düzenleyici ve finansal ortamların belirsiz veya karmaşık olduğu Sahra Altı Afrika'da güneş enerjisi artı depolama projelerini uygulamak zordur.

Birçok Sahra Altı Afrika ülkesinde, politika ve düzenleyici çerçeve, güneş enerjisi artı-depolama projelerinin uygulanmasına elverişli . Sorunlar arasında, güneş enerjili artı-depolama projelerinin şebeke ara bağlantısına ilişkin net kılavuzların olmaması, belirsiz veya elverişsiz tarife yapıları ve enerji sektörüne özel sektör katılımının önündeki engeller yer almaktadır. Buna ek olarak, bu güneş enerjisi artı depolama projelerinin tasarımı, kurulumu ve bakımı için gereken teknik uzmanlık hazırda . Bu yerel kapasite eksikliği, yabancı uzmanlara ve şirketlere , maliyetlerin artmasına ve potansiyel olarak yerel koşullar için en uygun şekilde tasarlanmamış sistemlere yol açabilir. Genel planlamaya ilişkin kapsamlı bir politika ve düzenleyici çerçeve gerekebilir.

Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletlerindeki Potansiyel

Gelişmekte olan küçük ada devletleri (SIDS), büyük ölçüde coğrafi özellikleri ve büyüklükleri tarafından şekillendirilen benzersiz enerji manzaralarına sahiptir. Genellikle küçük ölçekli güç sistemlerine sahiptirler ve elektrik üretimi için ithal fosil yakıtlara yüksek oranda bağımlıdır, bu da önemli zorluklar ve kırılganlıklar yaratır. Çoğu SIDS yüksek güneş ışınımına sahiptir, bu da onları yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonu için ideal hale getirir.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, SIDS'in enerji manzarasında devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Bu sistemler yenilenebilir kaynaklardan yararlanabilir ve SIDS'in enerji ihtiyaçlarına istikrarlı, güvenilir ve daha sürdürülebilir bir çözüm sunabilir. Güneş enerjisi artı depolama projeleri bu adaların ithal fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltır ve enerji güvenliklerini artırır.

Bazı SIDS'ler Sahra Altı Afrika'da karşılaşılan zorlukların birçoğuyla karşılaşmaktadır. Afrika'da olduğu gibi, SIDS'te de güneş enerjisi artı depolama projeleri için potansiyel yüksektir.

Maldivler elektrik üretimi için büyük ölçüde ithal yakıtlara bağımlıdır. Bu bağımlılık yüksek elektrik fiyatlarına ve arz kesintilerine yol açarak ekonomik kalkınmayı engellemekte ve yaşam kalitesini etkilemektedir (Kutu 2.1). Bu sorunu çözmek için hükümet yenilenebilir enerji dağıtımı için iddialı hedefler belirlemiş ve 2030 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşmayı amaçlamaktadır. Ülkenin tropikal iklimi, bol güneş ışığı ve dağınık adaları göz önüne alındığında, enerji depolama sistemleriyle birleştirilmiş güneş enerjisi üretimi cazip bir fırsat sunuyor.

KUTU 2.1

MALDİVLER'İN GÜNEŞ-ARTI-DEPOLAMA PROJELERİNE GEÇİŞİ

Maldivler, Hint Okyanusu'nda yaklaşık 1.200 mercan adasından oluşmaktadır. Yaklaşık yarım milyonluk bir nüfusa sahip olan ülke, yüksek insani kalkınma göstergelerine sahiptir ve en iyi turizm destinasyonlarından biridir. Aynı zamanda yakıt ithalatına son derece bağımlı ve yükselen deniz seviyesi nedeniyle tehdit altında.

Yenilenebilir enerjiye geçiş 2012 yılında Yenilenebilir Enerji Programının (SREP) Ölçeklendirilmesi İklim Yatırım Planı (CIP) ile başlamıştır. CIP, Büyük Male ve Dış Adalar'da yenilenebilir enerjinin ölçeklendirilmesi ve kapasite geliştirmenin desteklenmesi gibi kilit müdahaleleri belirlemiştir. Proje, Dünya Bankası tarafından finanse edilen Yenilenebilir Enerjide Sürdürülebilir Özel Yatırımın Hızlandırılması (ASPIRE) ve Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu ve Sürdürülebilir Enerjinin Hızlandırılması (ARISE) projelerinin geliştirilmesine öncülük etti. 53,5 MW güneş enerjisi kapasitesi ve 50 MWh batarya depolaması kurarak ülkenin ithalat faturasını yılda 30 milyon dolar azaltacak.

Maldivler, yenilenebilir enerjiye geçişi desteklemek için güneş enerjisi artı depolama projelerini hayata geçiriyor. Güneş enerjisinin ulusal şebekeye entegrasyonunu iyileştirmek için 36 MW toplam sahip üç güneş PV dizisi ve 40 MWh'lik bir depolama alanı inşa edecek. Depolama, şebeke SCADA dağıtım sinyaline bağlı olarak rampa, dönen rezervler ve frekans tepkisi sunarak, güneş PV'nin ülkenin elektrik şebekesine entegrasyonunu geliştirmeyi amaçlamaktadır. Kesintileri azaltmak ve yenilenebilir enerjinin sisteme sorunsuz entegrasyonunu sağlamak için Maldivler, pik talebi azaltmak (peak-shaving) amacıyla pik saatlerde bataryaları boşaltmak yerine PV önlemek için bir saatlik depolama ünitelerini seçmiştir.

Kaynaklar: Dünya Bankası 2023; Maldivler Enerji Kurumu 2019; ESMAP 2019.

Maldivler, SIDS'lerde termal üretimden güneş enerjisi artı depolama projelerine geçişin fizibilitesini ve faydalarını göstermek için mükemmel bir test örneğidir. Burada güneş enerjisi artı depolama projelerinin başarılı bir şekilde uygulanması, benzer enerji sorunlarıyla karşı karşıya olan diğer SIDS'ler için bir örnek teşkil edebilir ve böyle bir geçişin pratikliği konusunda değerli dersler sunabilir.





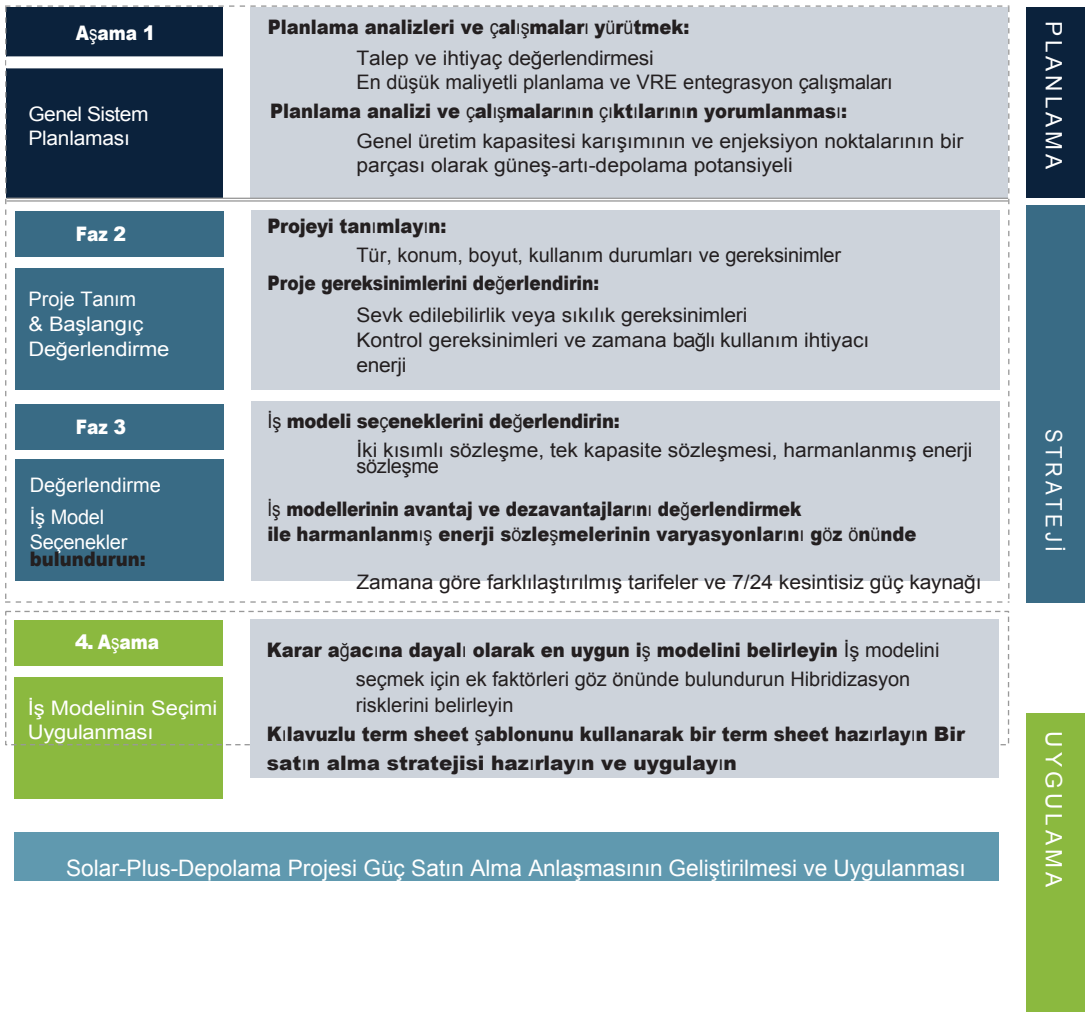
ÜÇ DÖRT AŞAMALI PLANLAMA ÇERÇEVESİ

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, geleneksel yenilenebilir enerji projelerinden daha karmaşıktır. Her biri kendi operasyonel parametreleri ve işlevleri, performans özellikleri ve bakım ihtiyaçları olan farklı teknolojilerin entegre edilmesini içerirler. Bu projelerin karmaşıklığı ve özel finansman ihtiyacı göz önüne alındığında, kapsamlı bir planlama çerçevesine sahip olmak önemlidir.

Bu bölüm, güneş enerjisi artı depolama projelerinin yapılandırılması ve planlanması için dört aşamalı bir çerçeve sunmaktadır (Şekil 3.1). Özel finansman yöntemine (IPP'ye ait projeler) odaklanarak uygun iş modelinin belirlenmesi ve seçilmesi için kılavuz ilkeler sunmaktadır. Çerçeve, Sürdürülebilir Yenilenebilir Enerji Yenilenebilir Enerji Yaygınlaştırma Kılavuzunda Risk Azaltma Girişimi (SRMI) (Dünya Bankası 2022) kapsamında hazırlanan özel finansmanlı sürdürülebilir yenilenebilir enerji projeleri için sunulan üç aşamalı yaklaşımla uyumludur. Çerçevenin birincil amacı, uygulayıcıların geliştirmekte olan ülkelerde güneş enerjisi artı depolama planlarının benimsenmesini ve yaygınlaştırılmasını kolaylaştırırken özel yatırımlardan da yararlanmalarına yardımcı olmaktır. Çerçeve, belirli uyarlamalar gerekli olsa da, diğer hibrit proje türlerinin planlanması için de uygulanabilir.

ŞEKİL 3.1

Solar-Plus-Depolama Projelerini Planlamanın Dört Aşaması



SRMI planlama aşamasına karşılık gelen ilk aşamada, ülkenin gelecekteki enerji ihtiyaçlarının bir parçası olarak güneş-artı-depolama sistemlerinin potansiyelini belirlemek için en düşük maliyetli planlama ve yenilenebilir enerji entegrasyon çalışmaları gibi teknik planlar hazırlanmaktadır. SRMI strateji aşamasına karşılık gelen ikinci aşamada, kullanım durumlarının net bir şekilde tanımlanmasına, projenin boyutlandırılmasına ve sevk edilebilirlik ve enerji sağlamlığı açısından sistem gereksinimlerine dayanan bir ilk değerlendirme ile güneş artı-depolama projeleri tanımlanır. SRMI stratejisi aşamasına da karşılık gelen üçüncü aşamada, projeye özgü gereksinimleri karşılayan iş modelleri tanımlanır ve aralarındaki farklar örnekler üzerinden incelenir. SRMI uygulama aşamasına karşılık gelen dördüncü aşamada, bir iş modeli seçilir, bir term sheet hazırlanır ve bir tedarik stratejisi geliştirilir ve uygulanır.

Aşama 1: Genel Sistem Planlaması

Genel sistem planlama aşaması, Dünya Bankası'nın SRMI çerçevesinde sağlanan kılavuz ilkeleri yansıtmaktadır. İlk aşama, talep ve ihtiyaç değerlendirmesi, en düşük maliyetli kapasite planlaması ve yenilenebilir enerji entegrasyon gibi hazırlık çalışmalarına ve teknik planlara odaklanmaktadır. Bu aşamanın amacı, güç sistemi planlarının bir parçası olarak güneş-artı-depolama potansiyelini değerlendirmek ve belirlemektir. Bu çalışmalar aynı zamanda teknik ve ekonomik uygulanabilirlik, optimum konum ve boyutlandırma ve entegrasyon için gereken ilgili şebeke yükseltmeleri hakkında bilgi verir. Bu tür çalışmalar, güneş enerjisi artı depolama projelerini planlarken güç sisteminin kapsamlı bir görünümü için gerekli olsa da, tekno-ekonomik fizibilite için daha kısa bir zaman diliminde tamamlanabilecek birleştirilmiş aerodinamik analiz yapmak mümkündür.

Bu çalışmaların formülasyonuna genellikle aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli hususlar rehberlik eder:

- Farklı senaryolara göre öngörülen elektrik talebi nedir ve bunları karşılamak için hangi üretim kapasitesi gerekecektir?
- Büyük ölçekli yenilenebilir enerji tesislerinin geliştirilmesi net talebi ve güneş enerjisi artı depolama projesi potansiyelini nasıl etkileyecektir?
- Büyük ölçekli yenilenebilir enerji penetrasyonunun sınırları nelerdir ve depolama bu esneklikte nasıl bir rol oynayabilir?
- Hangi şebeke ve sevkiyat takviyelerine ihtiyaç var ve bunların ne zaman yapılması gerekiyor?

Etkili enerji geliştirme planlaması, hükümetlere politika uygulaması üzerinde sahiplik sağlar ve özel geliştiricilerle yapılan ikili müzakerelerin risklerini sınırlar.

Kapsamlı planlama çalışmaları, politika yapıcılarının en iyi stratejileri ve projeleri seçmelerine ve gelecekteki üretim projelerini öngörerek gerekli iletim altyapısını inşa etmelerine yardımcı olur. IPP'lerin bakış açısından, bu çalışmalar proje iptalleri veya elektrik kesintilerine yol açan şebeke entegrasyon sorunları ile ilgili algılanan riskleri azaltır.

Altyapı geliştirme sürecinin bilinçli çalışmalarla riskten arındırılması, sermaye maliyetini de düşürerek ekonomik açıdan daha uygulanabilir yatırım ve projelerin ortaya çıkmasını sağlar.

Aşağıda, bu aşama kapsamında gerekli olan temel çalışmalara kısa bir genel bakış sunulmaktadır.

Talep ve İhtiyaç Değerlendirmesi

Enerji geliştirme planlamasının temel amacı, mevcut ve gelecekteki yük talebini karşılamaya yönelik yaklaşımları ana hatlarıyla belirlemektir. Bu büyük ölçüde tahmin edilen talebe bağlıdır. Bir talep değerlendirmesinin ana parametreleri aşağıdakileri içerir:

- Nüfus ve ekonomik faaliyet tahminleri (büyüme oranları, sektörel dinamikler, vb.) ve şebekeye bağlı ve şebeke dışı alanların konumları gibi sosyoekonomik eğilimler
- Evsel ve üretken kullanımlar için elektrik ihtiyacı ve tahminler için zaman ufukları
- Dağıtım ve iletim şebekelerindeki trafo merkezleri için talep artışının ve mevcut yüklemenin coğrafi dağılımı

Değerlendirmeler, şebekeye yeni bağlantılardan beklenen talebi ele almalı, yeni bağlantılar ve bunlarla ilgili talep için zaman çizelgeleri sağlayan elektrifikasyon planlarını yansıtmalıdır.

Talebin artan enerji verimliliği, talep tarafı katılımı, merkezi olmayan çatı üstü PV sistemlerinin kurulumu ve elektrikli araçların hızlandırılmış dağıtımından nasıl etkilenebileceğini dikkate almak önemlidir. Enerji verimliliğindeki iyileşmeler, tekil müşterilerin ihtiyaç duyduğu elektrik hacmini etkileyebilir ve genel sistem talebini değiştirebilir.

Çatı üstü PV üretiminin önemli ölçüde artırılması, gün ortasında (güneş enerjisi üretiminin yüksek olduğu zamanlarda) net yükte önemli bir düşüğe ve ardından akşam saatlerinde (güneş enerjisi üretiminin azaldığı ve talebin zirveye çıktığı zamanlarda) dik bir artışa yol açabilir. Böyle bir model ördek eğrisi olarak adlandırılır. Hem yenilenebilir enerji kullanan enerji gereksinimleri hem de depolama kullanan pik kapasite gereksinimleri için ayrı ayrı planlama yapmak çok önemlidir.

En Düşük Maliyetli Kapasite Planlaması

Talep tahminleri elde edildikten sonra, bir sonraki adım talebin en iyi nasıl karşılanacağını belirlemektir. En uygun üretim çözümünün belirlenmesi, şebekeye bağlı olmayan ve şebekeye bağlı alanlar için en düşük maliyetli genişleme planlarının geliştirilmesini gerektirir.

Şebekeye bağlı talep ile elektrik arzını eşleştirmek için hükümet ve/veya kamu kuruluşu tarafından iç içe geçmiş iki plan hazırlanmalıdır: (1) herhangi bir zamanda talebi karşılayabilecek maliyet açısından optimize edilmiş bir elektrik karışımını belirleyen en düşük maliyetli bir üretim planı ve (2) en düşük maliyetli iletim planı. Bu kapasite genişletme modelleri, gelecekteki elektrik talebi, yakıt fiyatları, teknoloji maliyeti ve performansı ile politika ve düzenlemeler hakkındaki varsayımlar göz önüne alındığında üretim ve iletim kapasitesine yapılan yatırımları simüle eder. Yenilenebilir enerji kaynaklarının saatlik ve aylık kullanılabilirliğindeki değişim, yenilenebilir enerji kaynaklarını optimize etmek için analiz edilebilir.

Yenilenebilir enerji üretimi ve diğer enerji santrallerinin türü net elektrik şebekesindeki saatlik yük göz alındığında, şebekeye elektrik enjeksiyonunun değeri.

Bu iki planın girdileri arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Yenilenebilir enerjinin şebekeye nereden bağlanacağını ve mevcut konfigürasyonu göz önüne alındığında ne şebekeye entegre edilebileceğini belirleyecek bir şebeke esnekliği analizi
- Elektrifikasyon planında belirlenen hedefleri yansıtan bir talep tahmini
- Taahhüt edilen ve mevcut üretim projelerinin bir listesi
- Ulusal enerji üretim kapasitesinin (ve iletim ve dağıtım kapasitesi için ESS) bir parçası olarak yerli güneş, rüzgar ve diğer yenilenebilir kaynak potansiyellerinin ve ayrıca enerji depolama potansiyelinin değerlendirilmesi

Belirli senaryolarda, bir ülke risk azaltıcı önlemler olarak bir güneş enerjisi artı depolama projesini üstlenmek için stratejik bir yaklaşım benimseyebilir. Bu önlemler, özel sektör yatırımlarını teşvik etmeyi ve projenin başarılı bir şekilde uygulanmasını kolaylaştırmayı amaçlayan uygulanabilirlik açığı finansmanı ve diğer araçlar gibi çeşitli finansal teşvikleri içerebilir. Bir güneş enerjisi artı depolama projesinin geleneksel modelleme fonksiyonlarına göre en düşük maliyetli olmayabileceği bir zamanda bile, yenilenebilir enerji hedefleri ve yenilenebilir enerji penetrasyonunun optimize edilmesi için stratejik olarak konuşlandırılması yukarıda bahsedilen stratejik yaklaşımı gerektirebilir. Böyle bir yaklaşım, ulusal olarak belirlenmiş katkılar (NDC'ler), yenilenebilir enerjiyle ilişkili iklim finansmanı ve karbon emisyonlarıyla ilişkili sınırlar dikkate alındığında uygun olacaktır.

Şebeke Esneklik Analizi

Şebeke esnekliğini belirlemeye yönelik iki temel analiz, sevkiyat kabiliyetlerinin simülasyonu ve yenilenebilir enerji entegrasyon çalışmalarıdır.

Sevkiyat Yeteneklerinin Simülasyonu

Bir şebekenin esnekliğinin değerlendirilmesi, teknik kısıtlarının değerlendirilmesini gerektirir. Örneğin, merkezi bir veri, otomatik kontrol ve sevk sistemi (örneğin, bir SCADA sistemi) yok mu? Otomatik üretim kontrolüne veya doğası gereği yüksek oranda reaktif olmayan bir üretim türüne sahip mi? Yenilenebilir enerjinin sorunsuz entegrasyonunu engelleyebilecek al ya da öde PPA'ları, bir jeneratörün şebekeye ne kadar destek sağlaması gerektiğine ilişkin şebeke kodu gereklilikleri ve şebekeye ait jeneratörler için temel performans göstergeleri gibi ticari kısıtlamaların entegre edilmesi de önemlidir.

Yenilenebilir Enerji Entegrasyon Çalışmaları

Güç akışı çalışmaları ve stabilite değerlendirmeleri yapılır ve bunların sonuçları en düşük maliyetli genişleme planı için yapılan ekonomik analizin bir parçası olarak değerlendirilir.

Diğerlerinin yanı sıra aşağıdaki gereklilikler: depolama kapasitesi, rezerv ihtiyaçları ve rampa rezerv gereklilikleri göz önünde bulundurularak şebeke istikrarını ve güç güvenilirliğini garanti ederken barındırılacak güneş PV ve depolama kapasitesi.

En düşük maliyetli kapasite planlaması ve şebeke esnekliği çıktıları, genel sistem ihtiyaçlarının bir parçası olarak güneş artı-depolama sistemlerinin potansiyelinin ölçülmesine yardımcı olacaktır. Geliştirilen bölgeselleştirilmiş talep tahmini ve şebeke esnekliği ve yenilenebilir enerji entegrasyon analizi ile gerçekleştirilen en düşük maliyetli güç sistemi planlaması dikkate alındığında, güneş artı depolama projeleri için şebekedeki en uygun konumun belirlenmesi önemlidir.

Üst Düzey Lokasyonel Çalışma

Bir güneş enerjisi artı depolama projesinin ön kapasitesi belirlendikten sonra, şebekeye en uygun enjeksiyon noktalarını ve hangi enerji santrallerini belirlemek önemlidir desteklemek için yapabilecekleri. Yer belirleme çalışması, yenilenebilir enerji kaynaklarının (örneğin, güneş enerjisi üretimi için güneş ışınımı); arazi mevcudiyetinin; enerji tahliyesi için mevcut şebeke altyapısının (örneğin, hatlar, trafo merkezleri) kapasitelerinin; yakınlığın çok kriterli analizine olanak . talep merkezlerinin arza oranı; ve sosyal kabul edilebilirlik. Bu sonuçlar iletim ve dağıtım planlarını bilgilendirerek şebeke altyapısının iyileştirilmesi gereken yerleri belirler.

Şebeke hizmet kurallarının net bir şekilde tanımlanması, hem şebeke operatörleri hem de IPP'ler için çeşitli risklerin karşılanmasına yardımcı olur.

Ulusal şebeke yönetmeliğinin güneş enerjisi ve depolamayı birbirine bağlamak için uluslararası en iyi uygulamalarla güncellenmesi, şebeke yönetiminin mümkün olduğunca kolay ve ucuz olmasını sağlayacaktır.

Planlama aşamasının sonunda, hükümetler projelerin en iyi nerede konumlandırılacağını ve şebeke entegrasyon kapasitelerini geliştirmek için hangi yatırımlara ihtiyaç duyulduğunu bilecektir. Hükümet, özel geliştiriciler tarafından arazi edinimi ve ara bağlantı onayının zaman ve maliyet risklerini azaltmak için ortak altyapı (örneğin güneş ve rüzgar parkları) kurmak isteyebilir. Güneş enerjisi artı depolama projelerinin daha ayrıntılı orta veya uzun vadeli planlaması ve hazırlanması için uygulayıcılar Dünya Bankası'nın SRMI çerçevesini benimseyebilir.

Kolaylaştırılmış Tekno-ekonomik Fizibilite Analizi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının nispeten düşük penetrasyona sahip olduğu ve elektrik üretimi için ithal yakıtlara bağımlılığın yüksek olduğu bazı bağlamlarda, güneş enerjisi artı depolama projeleri için kolaylaştırılmış bir yaklaşımın hızlandırılması mümkün olabilir.

Buna paralel olarak, teknik-ekonomik bir çalışma - birden fazla saha için ön fizibilite ve kısa listeye alınan sahalara için fizibilite - gerçekleştirilebilir. Çalışma için gerekli temel unsurlar şunlardır: (a) varlığın optimum entegrasyonu için acil şebeke yükseltme gereksinimlerini belirlemek amacıyla şebeke entegrasyon analizi ve (b) yenilenebilir enerji kaynak analizi. Tekno-ekonomik analiz, rekabetçi ihale ve açık artırmanın geliştirilmesine bilgi sağlayacaktır.

dokümantasyon ve katılım konusunda özel sektör güveninin oluşturulması. Kolaylaştırılmış ve hızlandırılmış bir yaklaşım, bu raporda önerilen kılavuz ilkeler ve çerçeve üzerine inşa edilebilir ve ilgili iş modellerinin (örneğin, iki parçalı sözleşme) benimsenmesini ve temel belgelerin (yani, PPA ve term sheet) uyarlanmasını kolaylaştırabilir.

2. Aşama: Proje Tanımı ve İlk Değerlendirme

İkinci aşama, güneş enerjisi artı depolama projesinin iş modelinin seçilmesi için zemin hazırlar. Planlama aşamasına dayanan ve onu tamamlayan proje tanımı ve ilk değerlendirme, aşağıdakileri belirlemeyi amaçlamaktadır:

- Hem güneş enerjisi hem de depolama varlıkları için amaçlanan kullanım durumları
- Projenin konumu ve güneş enerjisi ve depolama varlıklarının boyutlandırılması¹
- Projenin daha büyük bir güneş enerjisi artı depolama projesinin parçası olup olmayacağı

İlk değerlendirme, güneş enerjisi artı depolama projelerine yönelik iş modellerini farklılaştıran iki temel hususu ele almaktadır: sevk edilebilirliğe karşı sağlamlık ihtiyacı ve güneş PV varlığı üzerinde tam veya kısmi kontrol gerekliliği. Sevk edilebilirlik veya sıklık ihtiyacı, alıcının bir güneş enerjisi artı depolama projesi için şebeke gereksinimini belirler. Tam veya kısmi kontrol ihtiyacı, şebeke ve şebeke operatörünün mevcut teknik kapasitelerine dayalı olarak alıcının güneş artı depolama enerji santrali üzerinde ihtiyaç duyduğu operasyonel kontrol seviyesini değerlendirir.

Öncelik nedir? Sevk Edilebilirlik mi Sıklık mı?

Sevk edilebilirlik, şebeke/sistem operatörünün ayrıcalıklı yeteneğini yansıtır:

- Sınırlı kaynak tabanını optimize etmek (rezervler de dahil olmak üzere mevcut kaynakların ışıkları açık tutmak için yeterli olmadığı durumlarda) ve dizel üretimin değişken maliyetlerini azaltmak için depolama kullanımı (döngüler, derinlik) üzerinde bir miktar kontrole sahip olmak
- Kullanım durumlarına (puant kayması, yük atmanın azaltılması, yan hizmetlerin sağlanması .) yönelik sevkiyat için depolama üzerinde yeterli kontrol ve esnekliğe sahip olunması
- Yukarıda açıklanan hizmetlerin yanı sıra gerilim kontrolü ve güneş PV üretimini düşük zamanlayarak reaktif güç üretimi de dahil olmak üzere eksiksiz bir hizmet yelpazesi sağlamak için güneş artı depolama varlıklarının maksimum kontrolüne sahip olmak

Sağlamlık, şebeke/sistem operatörünün ayrıcalıklı yeteneğini yansıtır:

- Üzerinde anlaşmaya varılmış bir enerji profiline dayalı olarak ve belirli bir kullanılabilirlik düzeyinde (günlük, aylık, yıllık) satıcı tarafından sağlanan kesin veya yarı kesin enerjiye sahip olmak²

- Satıcıyı teknolojilerin boyutlandırılması, konumlandırılması, seçilmesi ve işletilmesinden sorumlu tutun sistem
- Sistem üzerinde daha az kontrole (sevk edilebilirlik) sahip olmayı kabul etmek, oysa satıcı sözleşmeden yükümlülüklerini yerine getirmek zorundadır ancak talep üzerine yan hizmetler sağlamak zorunda değildir (şebeke kodu tarafından belirtilenler hariç) ve yan hizmetleri diğer piyasalarda paraya çevirmeyi seçebilir

Depolama varlıklarını sevk etmek için gerekli otomatik kontrol altyapısı ve SCADA'nın yokluğunda, sevk edilebilir bir sistemi yönetmek mümkün değildir. Ancak, satıcı tarafından sevk edilen güneş enerjisi artı depolama projesi alıcıya yarı-firm veya firma kapasite çözümleri sunabilir.

Kısmi, Tam veya Hiç Kontrol Yok mu?

Bir güneş enerjisi artı depolama projesinde alıcı için üç tür kontrol mümkündür: tam kontrol, kısmi kontrol ve kontrol yok. Alıcının daha fazla kontrole ihtiyacı varsa, PPA daha fazla sevk edilebilirlik sağlamalıdır. Güç sisteminin daha fazla sıklığa ihtiyacı varsa, alıcı varlıkların nasıl sevk edileceği üzerinde daha az kontrole sahip olacaktır.

Tam kontrol, alıcının her iki varlığın sevkiyat hakları üzerinde tam kontrole sahip olduğu anlamına gelir.³ Yenilenebilir enerji artı depolama portföyünün tamamı, depolamanın nasıl ve ne zaman kullanılacağına ilişkin kararları veren alıcıya sunulur ve alıcı, şebeke SCADA sevkiyat sinyalini takip ederek rampa, eğirme rezervi ve frekans tepkisi hizmetleri sağlar. Alıcı ayrıca yenilenebilir enerji varlığı üzerinde tam kontrole sahiptir. Kaynaklar dağıtılamaz olarak kabul edilse de alıcı, voltaj kontrolü gibi bazı yan hizmetleri sağlamak için yenilenebilir enerjinin ne zaman ve ne kadar düşük programlanacağına karar verebilir.

Kısmi kontrol, alıcının yalnızca depolamanın sevkiyat hakları üzerinde kontrol sahibi olduğu anlamına gelir. Alıcı depolamayı teknik sınırları dahilinde, anlaşmada belirtilen günlük çevrim sınırı ile kontrol edebilir. Yenilenebilir enerji genellikle satıcı tarafından kontrol edilir. Ancak, satıcının enerjiyi sağlamlaştırma yükümlülüğü yoktur.

Kontrolün olmaması, alıcının enerji teslimatı için varlıkları kontrol etmediği, ancak satıcının sistemi hazırlama, varlıkları sevk etme ve anlaşmadaki gerekliliklere göre enerjiyi alıcıya teslim etme yükümlülükleri olduğu anlamına gelir. Alıcının kontrolünün olmaması genellikle alıcının sevk edilebilirlik gereksinimi üzerinde daha katı olmasına yol açar; sistemin kesin kapasite sunmaya hazır olması genellikle satıcının sorumluluğundadır.⁴

Kamu hizmetinin ve şebeke operatörünün teknik kapasitelerine dayalı olarak mümkün ve gerekli kontrol seviyesinin belirlenmesi, proje için sevk edilebilirlik ve sağlamlık ile ilgili olasılıkları ve dolayısıyla güneş enerjisi artı depolama projesi için iş modelini bildirir.

Aşama 3: İş Modeli Seçeneklerinin Değerlendirilmesi

Alıcı ihtiyaçları ve yerel bağlama dayalı olarak projenin teknik yapılandırması ve gereksinimleri belirlendikten sonra uygun iş modeli seçilir. Bu bölümde sunulan modeller, farklı ülkelerdeki projeler ve şirketler ve paydaşlarla yapılan görüşmelere dayanan çeşitli vaka çalışmalarını kapsamaktadır.⁵ Liste kapsamlı değildir; gelecekteki projeler veya şirketler farklı modeller veya sunulan modellerin varyasyonlarını kullanabilir.

Her ülkenin kendine özgü ihtiyaçları ve gereksinimleri vardır; en uygun iş modeli tek bir ülke içinde bile farklılık gösterebilir. Modelin uygunluğu aşağıdaki sorularla belirlenir:

- Hangi kuruluşlar söz konusu ve riskler bunlar arasında nasıl paylaştırılıyor?
- Hangi hizmet yükümlülükleri getiriliyor (ve kime)?
- Varlıkların (üretim, iletim ve dağıtım) sahibi kimdir?
- Varlıklar nasıl kontrol ediliyor ve kamu hizmeti ve şebeke operatörünün kapasiteleri nedir?
- Fiyatlandırma nasıl yapılıyor ve ödemeler nasıl

gerçekleştiriliyor? Tablo 3.1'de üç iş modeli

karşılaştırılmaktadır.

Aşağıdaki bölümler üç ana iş modeline genel bir bakış sunmakta ve bunların potansiyel avantaj ve dezavantajlarını tartışmaktadır. Uygulanan iş modellerinin temel özelliklerini özetleyen derinlemesine vaka çalışmalarına ek olarak, farklı ülkelerdeki dağıtım için örnekler verilmektedir.

İki Bölümlü Sözleşme (Güneş Enerjisi ve Depolama)

İki parçalı sözleşme, güneş enerjisi artı depolama projesinin hem enerji hem de kapasite bileşenlerinin uygun bir şekilde fiyatlandırılmasını ve telafi edilmesini sağlar. Sözleşmenin bir kısmı güneş enerjisi santralının belirli bir dönemdeki çıktısı içindir. İkincisi ise bir ay içinde kullanıma sunulan depolama kapasitesi içindir.

İki parçalı bir sözleşme modelinde, farklı kuruluşlara belirli hizmet yükümlülükleri yüklenir. Satıcı, güneş PV sisteminden elektrik sağlanmasının ve depolama kapasitesinin kullanılabilirliğinin sahibi ve garantörüdür. Alıcı (tipik olarak bir kamu hizmeti kuruluşu veya şebeke operatörü) Varlıklara sahip olmadan enerji satın almak ve depolama kapasitesine erişmek için yapılan bir anlaşma.

Güneş enerjisi santrali ürettiği enerjiye göre ücretlendirilir.⁶ Depolama kapasitesi için megavat başına aylık sabit bir ödeme yapılır ve gerekirse kullanılamazlık durumuna göre ayarlanır. Depolamanın kapasite ödemesi yoluyla telafi edilmesi, şebekeye esneklik ve istikrar sağlayarak alıcının enerji talebini daha verimli bir şekilde yönetmesine olanak tanıyan depolama kapasitesinin değerini kabul eder. Örneğin, günde maksimum bir döngü ile 9.000 \$/MW/yıl kapasite ödemesine sahip 10 MW'lık bir depolama, tam olarak kullanılabilir olması halinde 90.000 \$/yıl (9.000 \$ * 10) veya 7.500 \$/ay (9.000 \$ * 10/12) sabit (düzeltilmemiş) ödeme alacaktır. Sözleşmenin her iki kısmı da satıcı tarafından imzalanan tek bir sözleşmenin parçasıdır. Güneş enerjisi kilovat saat (kWh) başına ücretlendirilir.

TABLO 3.1

Solar-Plus-Depolama Projesi Sözleşmelerinde Kullanılan İş Modellerinin Özellikleri

ÖZELLİKLER	SÖZLEŞME TÜRÜ		
	İKİ PARÇALI SÖZLEŞME (GÜNEŞ ENERJİSİ-ARTI- DEPOLAMA)	TEK KAPASİTELİ SÖZLEŞME	KARIŞIM ENERJİ SÖZLEŞME
İlgili Kuruluşlar	Bir devlet kuruluşu, muhtemelen şebeke operatör	Bir devlet kuruluşu, muhtemelen şebeke operatör	Bir kamu hizmeti kuruluşu veya bir merkezi satın alma kurumu, sözleşmeleri kamu hizmet kuruluşlarına yeniden atayarak
Yenilenebilir Enerji ve Depolama Ücretlendirmesi	Tek sözleşme, iki tür Ödeme: • PV için ödeme enerji içindir üretilen (\$/MWh) • Depolama için yapılan ödeme, kullanıma sunulan kapasite (\$/MW/ay)	Tek sözleşme, mevcut kapasiteye dayalı tek sabit ödeme (\$/MW/ay)	Tek sözleşme, üretilen enerjiye dayalı tek sabit ödeme (\$/MWh); açık kapasite ödemesi yok ^a
Varyasyonlar	N/A	N/A	• Basit harmanlanmış • Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlar (yoğun ve yoğun olmayan) • 7/24 sağlam güç kaynağı
Vurgu	Sevk Edilebilirlik	Sevk Edilebilirlik	Sertlik
Sevkiyat Karar Vericisi	Alıcı	Alıcı	Satıcı veya sistem operatörü
İşletme ve Bakım	Aynı İşletme ve Bakım kuruluşu	Aynı İşletme ve Bakım kuruluşu	Aynı O&M kuruluşu veya satıcı
Depolamanın Uygunluğu Hizmetler	Yüksek	Yüksek	Düşük, çünkü kontrol satıcının elinde depolama varlıklarının
Risk Tahsisi: Kaynak Değişkenlik	Satıcı üzerinde	Alıcı üzerinde	Satıcı üzerinde
Risk Tahsisi: Kùçültme	Alıcı üzerinde	Alıcı üzerinde	Alıcı hakkında daha fazla bilgi
Risk Tahsisi: Piyasa Değişkenlik	Alıcı üzerinde	Alıcı üzerinde	Alıcı üzerinde
Termik Üretim PPA'ları ile Ticari ve Teknik Benzerlikler	Çok yüksek	Yüksek	Ticari özellikler için düşük; güneş enerjisi artı depolama projesinin teknik özelliklerine dayalı bazı benzerlikler
Satın Alma/Ödöl Kriterleri	İki ürün, muhtemelen seviyelendirilmiş elektrik maliyetine (LCOE) dayalı eşzamanlı açık artırma ihalesi	Tek ürün, en düşük \$/MW ödöl	• Karışık basit ve 24 x 7: En düşük \$/MWh bazında tek ürün ödölü • Zamana göre farklılaştırılmış: İki ürün, eşzamanlı açık artırma, ortalama zirve/zirve dışı fiyat

Not: Ek A, her bir modelin avantaj ve dezavantajlarının kapsamlı bir listesini sunmaktadır.
n.a.= Geçerli değil.

^a Bu fiyatlandırma, tüm kaynak değişkenliği, yakıt maliyetlerindeki dalgalanma ve piyasa risklerinin satıcıdan alıcıya aktarıldığını varsaymaktadır. Diğer yetki alanlarındaki PPA'lar, bazı risklerin alıcıda kaldığı ve sabit artı değişken bir ödeme yapısının tavsiye edildiği daha incelikli fiyatlandırma yapılarına sahip olabilir.

Bu varlıkların işletme ve bakımı (O&M) genellikle ayrı bir kuruluş tarafından gerçekleştirilir ve sözleşmeye uygun olarak optimum performans ve kullanılabilirlik sağlanır. Ancak alıcı, PV sisteminden gelen enerjinin ve depolamadan gelen kapasitenin ne zaman ve nasıl kullanılacağını belirleyerek sevkiyat kararları verme yetkisini elinde tutar.

İki parçalı bir sözleşme modelinde, satıcı tipik olarak PV enerji üretimindeki dalgalanmalar da dahil olmak üzere güneş enerjisi kaynağıyla ilişkili değişkenlik riskini üstlenir. Kaynak çıktısı beklenenden düşükse, satıcı ilgili riski üstlenir. Alıcı ise kesinti riskini üstlenir, yani şebeke sınırlamaları veya diğer faktörler nedeniyle enerji çıktısının azaltılması riskini yönetmek ve hafifletmekten sorumludur.

İki bölümlü bir sözleşmenin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Özel sektör hem PV hem de depolama varlıklarının sahibidir, geliştirir ve finanse eder.
- Alıcı (kamu hizmeti kuruluşu veya şebeke operatörü), puant tasarrufu, PV kesintisinin hafifletilmesi ve yük atmanın azaltılması gibi çeşitli gereksinimleri karşılamak için depolamayı sevk etme esnekliğine sahiptir.
- Model, frekans düzenlemesi, voltaj düzenlemesi, rezervler ve diğer hizmetlerin yanı sıra depolama ile yan hizmetler sağlamak için uygundur.
- Kaynak dalgalanması, kesinti ve piyasa riski gibi birçok önemli risk alıcıda kaldığından, proje özel sektör için yüksek oranda riskten arındırılabilir ve bu da projenin finanse edilebilirliğini artırır. Bu özellik, finansörlerin yeni bir varlık sınıfı olarak depolamayı henüz tanımayla başladığı yeni gelişen bir sektörde önemlidir.

İki parçalı sözleşmenin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Satıcılar teslim edilen enerjiyi sağlamlaştırmak zorunda değildir. Alıcı bunu kendi portföyü veya santraller, sözleşmeler ve rezervler gibi kaynakları ile yapmalıdır.
- Model, sadece depolama finansmanı için ayrılmış fonları çekemeyebilir.
- Rekabetçi ihale, geleneksel bir güneş PV PPA'sına göre biraz daha karmaşıktır, çünkü ihale PV için enerji ve depolama için kapasite olmak üzere ihalede teklife açılan iki eşzamanlı ürün için en düşük maliyetli çözümü arar.

Bazı ülkeler yenilenebilir enerji entegrasyonunu iyileştirmek, yenilenebilir enerji penetrasyonunu artırmak ve şebeke istikrarını geliştirmek için iki parçalı sözleşmeleri benimsemiştir (Tablo 3.2 ve Kutu 3.1). Örneğin Hindistan'ın Güney Andaman bölgesindeki bir proje, hem değişken enerjiyi

TABLO 3.2

İki Bölümlü Sözleşmeleri Benimseyen Proje Örnekleri

PROJE	KONUM	SİSTEM BOYUTU	
		GÜNEŞ FV	DEPOLAMA
Boulder Güneş Enerjisi ve Depolama	Nevada, Birleşik Devletler	128 MW	58 MW/232 MWh
Ambatolampy Depolamalı Güneş Parkı	Ambatolampy, Madagaskar	40 MW	5 MW/5 MWh
Güney Andaman Güneş Enerjisi ve Depolama	Güney Andaman, Hindistan	20 MW	16 MW/8 MWh

üretimini ve şebekenin istikrarını iyileştirmek için (frekans tepkisi) düzenler (yenilenebilir enerji rampa kontrolü).

Tek Kapasiteli Sözleşme

Tek kapasiteli sözleşme modeli, güneş enerjisi ve depolamayı tek bir sözleşmede birleştirir ve her iki varlığı da birleşik sistemin alıcıya sunduğu kapasiteye göre ücretlendirir. Satıcı, sözleşmede üzerinde anlaşmaya varılan belirli enerji kapasitesini sağlamakla yükümlüdür. Alıcı, sözleşmeye bağlanan kapasitenin kullanılabilirliğini sağlamak için satıcıya güvenir.

Bu model, satıcının varlıklara sahip olduğu ve işlemek için alıcıdan yakıt aldığı termal üretimde kullanılan bir tolling anlaşmasına benzemektedir. Tek kapasiteli bir sözleşme modelinde, satıcı varlıkların sahibi olurken, satıcı adına alıcıya verilen sözleşmeli kapasiteye bağlı olarak İşletme ve Bakım işlevlerinden ayrı bir kuruluş sorumludur.

Alıcının rolü, sözleşmeye bağlanan kapasiteyi almak ve şebeke sistemi içinde kullanmak veya son tüketicilere dağıtmaktır. Depolama kapasitesinin güneş PV varlığına göre boyutlandırılması, Tablo 3.2'de özetlenen örneklerle gösterilmektedir.

Temel ödeme aylık megavat başına maliyet (\$/MW/ay) esasına göre yapılır. Kapasite ödemesi, varlık sahiplerinin, varlıklar elektrik sağlamak için çağrılrsa da çağrılmasa da sabit bir ödeme almasını sağlar. Bu nedenle, tek kapasiteli bir sözleşme modelinde, alıcı tipik olarak kaynak değişkenliği, kesinti ve piyasa dalgalanmaları ile ilgili temel riskleri üstlenir.⁷

Tek kapasiteli sözleşmenin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Model, alıcıların (kamu hizmetleri veya şebeke operatörleri) enerji ve yan hizmetler sağlamak için varlıkları ortaklaşa optimize etmesine olanak tanır. Yüksek kontrol kabiliyeti nedeniyle PV ile depolama hizmetlerinin "değer yığını" yakalama olasılığı daha yüksektir.
- PV ve depolama kapasitesi için sabit bir ödemeye dayalı ücretlendirme, riskin büyük bir kısmını satıcıdan alıcıya kaydırır.
- Model, güneş enerjisi artı depolama varlıklarının tam kontrolünü alıcıya verirken, satıcı için kesinti ile ilişkili finansal riski azaltmaktadır.⁸

Tek kapasiteli bir sözleşmenin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Model nispeten yenidir. Bu nedenle deneyim sınırlıdır.
- Alıcılar ve düzenleyiciler bu alışılmadık risk dağılımı profilinden ve ücretlendirme şekline rahatsızlık duyabilir. Bir fiyat davasında, düzenleyicilere modelin maliyet etkin olduğunu ve son kullanıcılara faydayı en üst düzeye çıkardığını kanıtlamak zor olabilir.
- Model, uzaktan sevk edilebilirliklerini tam olarak kullanmak için sevk memuru ile varlıklar arasında güvenli ve kesintisiz iletişim gerektirir.

Hawaii'deki birkaç proje tek kapasiteli sözleşmeleri benimsemiştir (Tablo 3.3 ve Kutu 3.2). Bu tür bir sözleşme, elektrik üretmek için sınırlı kaynaklara sahip olan ve komşu bir şebekeye bağlanamayan bazı ada şebekeleri için ideal olabilir.

Kutu 3.3, özel kullanımlı bir dağıtım için tek kapasiteli sözleşmenin alışılmadık bir örneğini temsil etmektedir.

TABLO 3.3

Hawai'i'de Tek Kapasiteli Sözleşme Uygulanan Proje Örnekleri

PROJE	SİSTEM BOYUTU	
	GÜNEŞ FV	DEPOLAMA
Kamaole Yenilenebilir Dağıtılabilir Üretim Projesi	40 MW	40 MW/160 MWh
Kahana Yenilenebilir Dağıtılabilir Üretim Projesi	20 MW	20 MW/80 MWh
Barbers Point Yenilenebilir Dağıtılabilir Üretim Projesi	15 MW	15 MW/60 MWh

Kaynak: Hawai'ian Electric 2023.

Karma Enerji Sözleşmesi

Karma enerji sözleşmesi modeli, alıcının (tipik olarak bir kamu hizmeti kuruluşu veya merkezi tedarik kurumu) satıcı ile karma enerji için bir sözleşme yaptığı tek bir anlaşmadan oluşur. Bu düzenleme genellikle hem güneş PV'sini hem de depolamayı kapsar, ancak ek yenilenemeyen enerji varlıkları içeren bir portföyü de içerebilir.

Satıcı, herhangi bir açık kapasite ödemesi olmaksızın, üretilen enerjiye (\$/MWh) göre tazmin edilir.⁹ Örneğin, bir güneş PV tesisi belirli bir günde 12,5 MWh üretirse, bunun 2 MWh'si depolanır ve 10 MWh'si doğrudan sağlanırsa, alıcı satıcıya günlük 12 MWh için ödeme yapar. Ücretlendirme oranı sözleşmede kararlaştırılır. Enerji teslimatının zamanı enerji oranını değiştirmez. İşletme ve bakımdan satıcı veya bağımsız varlık operatörü sorumludur.

Karma enerji sözleşmesinin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Model, megavat saat başına maliyet (\$/MWh) bazında tek fiyatlandırma ile diğer modellere göre daha az karmaşıktır. Satıcı, yenilenebilir enerji varlıklarını depolama ile eşleştirir, ancak yalnızca enerji (MWh) bazında kesin veya yarı kesin güç ticareti yapar.
- Satıcı, depolamanın işletilmesi üzerinde daha fazla kontrole sahiptir ve firma veya yarı-firma sözleşmeli miktarların teslim edilmesini sağlamak için sevkiyat kararları alır. Satıcı, adalama da dahil olmak üzere merkezi olmayan kararlar almak için daha fazla özerkliğe sahiptir ve bu da daha esnek bir sisteme yol açar.¹⁰
- Çeşitli enerji üretim ve depolama kaynakları tek bir sözleşmede harmanlanabilir.

Karma enerji sözleşmesinin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Alıcı, depolama varlıklarını yönetmek için daha az esnekliğe sahiptir, bu da sınırlı rezervlere sahip küçük veya zayıf sistemlerde tavsiye edilmez.
- Satıcıların üzerinde anlaşmaya varılan yük profilini sağlamak için sözleşme yükümlülüklerine uyma konusunda daha fazla risk vardır. Daha küçük şebekelerde veya spot piyasanın olmaması durumunda,

satıcının sözleşmeden doğan yükümlülüklerini yerine getirmek için kaynakları/sözleşmeleri birleştirme daha az seçeneği olacaktır.

- Projelerin yönetimi satıcılar için daha karmaşıktır çünkü satıcılar dalgalanma risklerinin bir kısmını üstlenir ve varlıkların optimize edilmiş kullanımına ilişkin kararlar alır.

Bazı projeler karma enerji sözleşmesini benimsemiştir (Tablo 3.4 ve Kutu 3.4).

Tek fiyatlı bir karma enerji sözleşmesi alıcıya varlıkları yönetmek için daha az esneklik sağlar; kesin veya yarı kesin sözleşme miktarlarının teslim edilmesini sağlamak için sevkiyat kararlarını veren satıcıdır. Bu tür sözleşmeler, belirli sevkiyat saatleri sağlanmadıkça ve paydaşlar arasında üzerinde anlaşmaya varılmadıkça, güneş enerjisi üretiminin pik talebi karşılamak üzere kaydırılması gibi uygulamalarda iyi çalışmayacaktır.

Burkina Faso'nun en düşük maliyetli üretim planı, yeni dizel veya ağır akaryakıt tesislerine olan ihtiyacı azaltırken daha fazla PV penetrasyonunu kolaylaştırmak gibi ikili bir hedefe sahiptir. Dünya Bankası, iki sahada 100 MW/300 MWh depolama ile eşleştirilmiş 300 MWp güneş PV'si dağıtmak için Burkina Faso hükümeti ile birlikte çalışıyor. Depolama boyutlandırması, toplam karma PPA tarifesinin Fildişi Sahili'nden yapılan ithalattan (0,10 \$/kWh) daha düşük olmasını gerektiren bir finansal analize dayalı olarak tanımlanmıştır. Bu fiyat hedefiyle, iki proje 300 MW PV ve 100 MW depolama olarak üç saatlik bir süre için boyutlandırılmıştır.

Projenin teknik yapısı, depolamanın yalnızca gündüzleri güneş enerjisinden şarj edileceği şekilde tasarlanmıştır. Depolamanın amaçlanan birincil operasyonel işlevi, güneş enerjisi üretimini günün talebin en yüksek olduğu zamanına kaydırmaktır. Depolama aynı zamanda, bataryanın boyutlandırılması göz önüne alındığında, PV üretiminin miktar (mütevazı) yumuşatılmasını da sağlayacaktır. Genel amaç, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını en üst düzeye çıkarmak ve yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmaktır. Kutu 3.5, Burkina Faso'da planlanan güneş enerjisi artı depolama PPA yaklaşımı hakkında daha fazla ayrıntı sunmakta ve iş modelinin zamana göre farklılaşan varyasyonunu yansıtmaktadır.

TABLO 3.4

Karma Enerji Sözleşmesi Uygulanan Projelere Örnekler

PROJE	KONUM	SİSTEM BOYUTU	
		GÜNEŞ FV	DEPOLAMA
Golomoti Solar-Plus-Depolama Projesi	Malavi	28,5 MW	5 MW/10 MWh
Lawai Solar-Plus-Depolama Projesi	Kauai Adası, Hawai'i	28 MW	20 MW/100 MWh
Yüzer Güneş-Plus-Depolama Projesi	Andaman, Hindistan	4 MW	2 MW/1 MWh

Kaynak: SECI 2020; Hawai'ian Electric 2023.

KUTU 3.1

İKİ PARÇALI SÖZLEŞME ÖRNEĞİ: NEVADA'NIN NV ENERGY BOULDER GÜNEŞ ENERJİSİ VE DEPOLAMA PROJESİ

Bağlam: Boulder güneş enerjisi artı enerji depolama projesi, NV Energy'nin güney Nevada'da inşa etmeyi planladığı ve toplam 478 MW güneş enerjisi ve 338 MW enerji depolama üretecek üç projeden biridir. NV Energy iddialı hedeflerine ulaştı Nevada'daki kamu hizmeti kuruluşu ve düzenleyici kurum tarafından belirlenen 1.000 MW depolama hedefi. Gün boyunca düşük maliyetli güneş enerjisini depolamayı ve akşamları müşterilerine ulaştırmayı planlayan NV Energy, müşterilerine yüzde 100 yenilenebilir enerji ile hizmet verme yönündeki uzun vadeli hedefine ulaşmaya daha da yaklaşıyor.

İş Modeli: Alıcı, sözleşme süresi boyunca tüm enerji için ürün, kapasite hakları ve yenilenebilir enerji faydaları için ödeme yapar. Teslimat noktasında enerjiyi boşaltarak, herhangi bir fazla enerji de dahil olmak üzere net enerjiyi teslim alır. Ürün oranı üretim tesisinden gelen net enerjiye uygulanır (depolama hariç); depolama için sözleşme kapasitesine uygulanan depolama oranı üzerinden ödeme yapılır. Depolama tesisi, pik saatlerde bir ay boyunca belirli bir seviyede emre amadelik sağlamakla yükümlüdür. Tedarikçi, eksiklik durumunda alıcıya yenileme maliyetlerini ve cezaları öder. Alıcı, şarj ve deşarj bildirimlerini gerçek zamanlı olarak ayarlama hakkını saklı tutar.

Sistem Büyüklüğü: Proje 128 MW güneş PV ve 58 MW/232 MWh lityum-iyon depolama içermektedir. Depolama süresi kullanım durumlarına bağlıdır. Yük kaydırma tipik olarak dört saatlik depolama gerektirir. Gün içi PV değişimlerinin yumuşatılması ve yan hizmetlerin sağlanması, 0,5 ila 2 saat arasında değişen daha küçük bir depolama kapasitesi gerektirir. Bu nedenle, sistem gereksinimlerinin çoğunu karşılamak için dört saatlik depolama yeterlidir.

Tarife: Uygulanan ürün oranı, net enerji, kapasite hakları, yenilenebilir enerji kredileri ve faydalar dahil olmak üzere 22,45 \$/MWh'dir. Depolama kapasitesi oranı 6.800 \$/MW/ay.

Önemli Noktalar: NV Energy tarafından uygulanan iki parçalı sözleşme PPA basittir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve depolama tesisleri, teknik özelliklerine göre ayrı ayrı ücretlendirilir. Satıcı, üretilen yenilenebilir enerjinin tamamını satabilir ve depolama kapasitesinin kullanılabilirliği için ödeme alır.

KUTU 3.2

TEK KAPASİTELİ BİR SÖZLEŞME ÖRNEĞİ: MAUI ELECTRIC YENİLENEBİLİR DAĞITILABİLİR ÜRETİM GÜÇ SATIN ALMA ANLAŞMASI

Bağlam: Bu PPA, satıcılar için kesinti ile ilişkili finansal riski azaltırken projenin yenilenebilir kaynaklarının daha iyi kullanılmasına ve entegrasyonuna olanak tanıyan bir yenilenebilir sevk edilebilir üretim sözleşmesi mekanizmasına dayanmaktadır. KÖİ, kaynakların şebeke hizmetleri için kullanılmasını kısıtlayan ve yenilenebilir enerji fırsatlarının büyümesini engelleyen yalnızca enerji telafi mekanizmasına göre bir iyileştirme olarak getirilmiştir. Tamamen sevk edilebilir (tek kapasiteli) KÖİ modeli, yenilenebilir penetrasyonunu artırmak ve 2045 yılına kadar yüzde 100 yenilenebilir enerjiyle planlanan şebeke üzerinde kontrol sağlamak için gereken esnekliği sağlamıştır.

İş Modeli: PPA, alıcıya yenilenebilir enerji tesisleri (hem güneş PV üretimi hem de enerji depolama) üzerinde sevkiyat hakları verir. Buna karşılık satıcı, tesisin kullanılabilirliği ve performansına göre ayarlama tabi olan sabit bir aylık ödeme (toplu ödeme) alır. Hedef emre amadeliğin yüzde 95'tir ve performans düşüklüğü için cezalara tabidir.

Sistem Büyüklüğü: Maui aynı PPA ile birkaç proje yürütmüştür. Bunlardan biri, 40 MW güneş PV ve 40 MW/160 MWh depolamaya sahip Kamaole Yenilenebilir Dağıtılabilir Üretim projesidir.

Tarife: Satıcıya, alıcının sevkiyat hakkı için, üzerinde anlaşmaya varılan performans ölçütlerine ve kullanılabilirliğe tabi olarak götürü bir ödeme yapılır. Götürü ödeme birim fiyata göre ayarlanır. Satıcı performans ölçütlerinden bir veya daha fazlasını gerçekleştiremezse, tasfiye edilmiş bir hasar tutarı ödemek zorundadır.

Önemli Noktalar: PPA, alıcıya tesis üzerinde tam sevkiyat hakkı vererek şebeke gereksinimlerine göre çalışmasını ayarlamasına olanak tanır. Bu hak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya kararlı bir ada şebekesi için çok önemlidir. Satıcıya bu sevkiyat hakları için sabit bir toplu ödeme yapılarak şebeke hizmetleri için zararına çalışma riski azaltılır.

Kaynak: Hawai'ian Electric 2023.

KUTU 3.3

İMTİYAZ SÖZLEŞMESİ İLE KONTEYNERLİ YENİLENEBİLİR KİRALAMA ÇÖZÜMLERİ

Sahra Altı Afrika'daki birçok kamu hizmeti kuruluşu ve diğer ticari ve endüstriyel kullanıcılar konteynerli yenilenebilir çözümleri uygulamaya koymuştur. Modüler mobil yeniden konuşlandırılabilir solar PV artı batarya depolama üniteleri, kamu hizmetlerinin, IPP tedarikinde norm olan karmaşık imtiyaz / PPA tabanlı sözleşme mekanizması olmadan modüler solar PV teknolojisinden yararlanmalarına olanak tanıyan basit bir standartlaştırılmış kira sözleşmesi yoluyla rekabetçi bir tarifeye enerji üretim kapasitesini hızla artırmalarına olanak tanır. Bu çözümler, rekabetçi fiyatlı yenilenebilir enerjiye hızlı erişim sağlarken, gelecekteki özel sektör yatırımlarının ve iyi yapılandırılmış, büyük ölçekli, rekabetçi tedarik programlarının önünü açmaktadır.

Kira koşulları aşağıdakileri içerir:

- Üç ila beş yıllık kira süresi, kamu hizmeti kuruluşunun ek bir süre için uzatma seçeneği (indirimli tarifelerle)
- Mobilizasyon ve demobilizasyon ücretinin kamu hizmeti tarafından ödenmesine ve 12 aylık ödemeyi kapsayan akreditifin düzenlenmesine tabi olarak ekipmanın mobilizasyonu
- PV ve batarya bileşenleri için garantili kullanılabilirlik, performans oranı (mevsimsel ayarlamaya ve yıllık bozulmaya tabi), PV tesis verimi (kWh/kWp) ve kiralayan tarafından garanti edilen bir P50 eğrisine dayalı beklenen güç üretimi (MWh) dahil olmak üzere tesis performans parametreleri (P50, gerçek üretimin öngörülen güneş verimine eşit veya daha yüksek olma olasılığının yüzde 50 olduğunu gösterir).
- Kiracı (off-taker) tarafından mevcut kapasiteye (MW başına) dayalı olarak ödenen aylık kira ödemeleri, garanti edilen elektrik miktarından daha az elektrik sağlanırsa aşağı doğru ayarlanacaktır.

Basit kira sözleşmesi, müzakerelerin ve proje ödülllerinin üç ila dört ay içinde sonuçlandırılabilmesi anlamına geliyor. Standartlaştırılmış konteynerlerde taşınan önceden monte edilmiş modüllerin kurulumu dört ila altı ay içinde tamamlanabilir. Arazi mevcudiyeti ve izinlere bağlı olarak, tam dağıtım - müzakerelerin başlamasından ilk elektrik üretimine kadar - beklenmedik durumlar için bir karşılık da dahil olmak üzere dokuz ay içinde gerçekleştirilebilir.

KUTU 3.4

KARMA ENERJİ SÖZLEŞMESİ ÖRNEĞİ: HAWAII'S LAWAI SOLAR AND ENERGY DEPOLAMA PROJESİ

Bağlam: Lawai Güneş Enerjisi ve Enerji Depolama Projesi, Kauai'nin elektriğinin yaklaşık yüzde 11'ini sağlayarak Hawaii adasının yenilenebilir enerji payını yüzde 50'nin üzerine çıkarıyor. Proje, yoğun saatlerde kapasite sağlamak için dünyanın en büyük güneş enerjisi artı depolama tesisi olduğunu iddia ediyor (*peaker* tesisi olarak adlandırılır). Enerji üreticisi AES Corporation ve kar amacı gütmeyen Kauai Island Utility Cooperative (KIUC) tarafından desteklenmektedir. Proje, şebekeye beş saat boyunca sürekli güç sağlayan 100 MWh Li-ion bataryayı şarj etmek için 28 MW güneş PV'si kullanıyor.

İş Modeli: Tarifeler, sözleşmeli kapasiteye karşılık gelen teslimat noktasında net enerji tedariki üzerinden ödenir. Beklenen yıllık enerji çıktısındaki bir eksiklik, geçerli enerji tarifi üzerinden telafi edilir. Fazla üretim, önceden tanımlanmış sabit bir tarifeyle göre ödenir. Satıcının depolama için sevkiyat hakları vardır.

Sistem Büyüklüğü: Proje 28 MW güneş enerjisi ve 20MW/100 MWh beş saat süreli enerji depolama sisteminden oluşmaktadır.

Tarife: 25 yıllık PPA kapsamında KIUC tesisten 0,11 \$/kWh'den elektrik satın alacaktır.

Önemli Noktalar: Karma bir PPA'nın paydaşlar arasında anlaşılması ve yönetilmesi diğer PPA'lara kıyasla daha kolaydır çünkü ödeme tamamen üretilen MWh'e dayanır ve sözleşmeler MWh başına en düşük fiyata göre verilir.

KUTU 3.5

BURKİNA FASO'NUN GÜNEŞ-ARTI-DEPOLAMA PROJESİ İŞ MODELİ YAKLAŞIMI

Burkina Faso, güneş enerjisi ve depolamayı, IPP'nin elektrik üretimini 4 saatlik pik döneme (7:00 - 11:00) kaydırması için teşvikler sağlayan, zamana göre farklılaştırılmış oranlara sahip tek bir karma PPA'da birleştirmeyi düşünmektedir; ana enerji dağıtım süresi 12 saattir (sabah 7:00 - akşam :00), toplam 16 çalışma saati için. 100 MW/300 MWh depolamalı 300 MWp güneş PV'li iki sahanın aşamalı bir yaklaşımla ihale edilmesi planlanmaktadır.

Alıcının PV veya depolama varlıkları üzerinde herhangi bir kontrole sahip olması amaçlanmamaktadır. Satıcı, PPA'da belirlenen parametrelere uygun olarak tüm sevkiyat ve şarj kararlarını verecektir. Enerji tedariki otonom olarak sağlanır çünkü bir piyasa ya da şebekeden herhangi bir sinyal gerektirmez. Sisteme frekans düzenlemesi, işletme rezervleri veya voltaj stabilizasyonu gibi yan hizmetlerin sağlanması, PPA'nın kapsamına dahil değildir.

Güneş-artı-depolama projesinden üretilen enerji için ücretlendirme, şebekeye teslim edilen toplam MWh'ye dayanmaktadır. Satıcının teslimat yükümlülüğünün bulunduğu koşulları tanımlayan ayrıntılı operasyonel kurallar önerilmiştir. Bunlar (a) akşam saatlerinde sevk edilecek yıllık üretimi içermektedir, (b) depolamanın minimum kapasite seviyesi, (c) PV tesisinin mevcut olmadığı gün sayısı ve (d) depolamanın mevcut olmadığı gün sayısı. Belirlenen yoğun saatlerde enerji teslimatı yapılmaması durumunda cezalar uygulanacak ve bu da satıcılar için bazı riskleri beraberinde getirecektir.

Proje geliştirme aşamasındadır. İhalenin 2023-2024 yılları arasında gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Varyasyon 1: Zamana Göre Farklılaştırılmış Oranlar

Standart karma enerji sözleşmesi gibi, zamana göre farklılaştırılmış model de güneş PV'si ile depolamayı veya bir varlık portföyünü \$/MWh bazında ücretlendirilen tek bir sözleşmede birleştirir. Bununla birlikte, enerji fiyatı ve enerji hacmi zaman bloğuna göre değişir. Sözleşmeli ürün tipik olarak pik pik dışı fiyatlar arasında farklılaşan bir profile sahip enerji içerir.

Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlara sahip karma bir enerji sözleşmesinin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Fiyatlandırma, elektriğin kullanıldığı zamana göre farklılaştırılabilir. Pik ve pik dışı güç dağıtımı için veya alıcının ihtiyaçlarına göre farklı zaman bloklarına göre farklı fiyatlar uygulanır.
- Sistem, talep ve arzdaki değişikliklere gerçek zamanlı olarak yanıt verebildiğinden ve çıktıyı buna göre ayarlayabildiğinden, alıcının gereksinimleri gerçek talep ve yüke uygun olarak daha etkili bir şekilde karşılanır ve enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanır.
- En pahalı (ve çevreyi kirlüten) termik jeneratörler puantı karşılamak üzere sevk edilir sadece yük.

Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlara sahip karma enerji sözleşmesinin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Alıcı, güneş enerjisi ve depolama varlıklarını işletmek için diğer modellere göre daha az esnekliğe sahiptir. FV ve depolama boyutlarını ve depolama süresini belirleme konusunda sınırlı kontrole sahiptir.
- Tedarik süreci diğer modellere göre daha karmaşıktır, çünkü ihaleler yoluyla birden ürün (örneğin, pik, vadi, pik dışı) gerektirir. Seçim süreci, birden fazla teklif sahibi arasında en uygun fiyat ve miktar kombinasyonunu yansıtmalıdır.
- Kaynak dalgalanması ve satıcının belirli zaman bloklarında sabit miktarlar teslim etme yükümlülüğü, sözleşmeden doğan yükümlülükleri daha katı ve yerine getirilmesi daha zor hale getirerek satıcıyı sözleşmeden doğan cezalara maruz bırakmaktadır.

Bazı projeler, zamana göre farklılaştırılmış oranlara sahip karma bir enerji sözleşmesi benimsemiştir (Tablo 3.5 ve Kutu 3.6).

TABLO 3.5

Zamana Göre Farklılaştırılmış Oranları Benimseyen Proje Örnekleri

PROJE	KONUM	SİSTEM BOYUTU
Risk Azaltma IPP Satın Alma Programı (RMI4P)	Birden fazla tesis, Güney Afrika	Yaklaşık 2 GW
Hindistan Güneş Enerjisi Şirketi (SECI) Tepe Güç Kaynağı PPA	Birden fazla site, Hindistan	1.200 MW firma gücü
Noor Midelt Güneş (PV ve CSP) Enerjisi Projesi	Midelt, Fas	800 MW CSP-PV

CSP= yoğunlaştırılmış güneş enerjisi; PV= fotovoltaik (güneş)

KUTU 3.6

ZAMANA GÖRE FARKLILAŞTIRILMIŞ FİYATLARLA HARMANLANMIŞ BİR ENERJİ SÖZLEŞMESİ ÖRNEĞİ HİNDİSTAN GÜNEŞ ENERJİSİ ŞİRKETİ'NİN PUANT GÜÇ TEDARİĞİ GÜÇ SATIN ALMA ANLAŞMASI

Bağlam: Hindistan'da elektrifikasyonun artması ve dağıtım şirketleri tarafından yük atmanın azaltılması, şirketlerin ortalama maliyetlerden önemli ölçüde daha yüksek maliyetlerle karşıladığı pik enerji talebinde keskin bir artışa neden oldu. Bu PPA kapsamında, bir depolama yoğun olmayan saatlerde ücretlendirilir ve yoğun saatlerde daha yüksek bir yoğun tarife üzerinden güç sağlar. Pik ve pik dışı tarifeler arasındaki net fark, projenin ticari uygulanabilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

İş Modeli: Tarifeler, sözleşmeye bağlanan kapasiteye karşılık gelen enerjinin teslim noktasında tedarik edilmesi üzerine ödenir. Tedarik edilen güç orantılı olarak tahsis edilir; satıcının sevkiyat hakları vardır. Pik ve kapalı dönemlerdeki enerji eksikliğinde, geliştirici geçerli tarifeleri üzerinden tazminat ödemek zorundadır. Fazla üretim, sabit bir yüzde 75'lik orana göre ödenir. yoğun olmayan tarife.

Sistem Büyüklüğü: Sistem, 1.200 MW yenilenebilir enerji artı depolama sağlar ve günde altı saat (zirvesi [7:00-9:00] ve zirvesi [6:00-10:00]) için garantili güç kaynağı sağlar.

Tarife: Greenko, 900 MW'lık pompaj depolamalı hidroelektrik santralini şu puant tarifeden kazandı Re 6,12/kWh (0,0765 \$/kWh); ReNew Power, Re 6,85/kWh (0,0856 \$/kWh) puant tarifelerinde depolama ile 300 MW kazandı. Her iki şirket için de puant dışı tarife Re 2,88/kWh (0,0360 \$/kWh) olarak sabitlenmiştir.

Önemli Noktalar: Zamana göre farklılaştırılmış bir PPA, talep ve güneş PV üretim zirveleri arasındaki uyumsuzluk sorunlarını çözer. Bu tür güneş-artı-depolama projeleri termal jeneratörlerin yerini alabilir ve puant olarak hizmet verebilir.

Kaynak: SECI 2022b.

Mayıs 2019'da Fas, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) ve PV'yi birleştiren dünyanın ilk gelişmiş güneş artı depolama projesini açık artırmaya çıkardı. 800 MW'lık CSP-PV Noor Midelt tesisi, gün boyunca ve gün batımından beş saat sonrasına kadar 0,68 DH/kWh (71 \$/MWh) gibi rekor düşük bir tarife karşılığında sevk edilebilir güneş enerjisi sağlamak üzere tasarlanmıştır (MASEN 2022).

Zamana göre farklılaştırılmış oranlara sahip karma bir enerji sözleşmesinde, yenilenebilir enerji ve depolama kombinasyonunun boyutlandırılması, belirlenen zaman dilimlerinde belirli talep gereksinimlerini karşılayacak şekilde kalibre edilmelidir. Fas'taki 800 MW Noor modelinde bu gereksinim 11 saattir (MASEN 2022). Hindistan'da bu süre, kümülatif süresi altı saat olan iki ayrı pik döneme bölünmüştür (Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü ve JMK Research & Analytics 2020).

Güney Afrika, talep ve arz açığını gidermek ve kesintileri önlemek için yaklaşık 2 GW'lık acil durum kapasitesi tedarik etmek üzere RMI4P programı kapsamında zamana göre farklılaştırılmış fiyatlarla karma enerji sözleşmesinin bir varyasyonunu benimsemiştir. Teklif talebi (RFP), 50 ila 450 MW sözleşme kapasitesine sahip, sabah 5:00 ile akşam 9:30 arasında yüzde 100 sevk edilebilirliğe bir enerji santrali gerektiriyordu. 2021'de toplam 1.996 MW'lık dokuz teklif açıklandı. Scatec projeleri (3x 50 MW) sadece yenilenebilir enerjiye dayanan tek projelerdi. Scatec güneş enerjisini (3x 180 MW) ve depolamayı (3x 75 MW/ 380 MWh) aşırı büyütme zorunda kalmıştır. RMI4P için teklif edilen tarife (verildiği tarihte) 89,1/MWh ile 115 \$/MWh. Üç Scatec projesi, Temmuz 2022'de finansal kapanışa ulaşan ilk projeler oldu. Diğer teklif sahipleri, teslimat yapamama riskinden kaçınmak için termal jeneratörleri yedek olarak kullandı.

Güney Afrika'nın RMI4P programının yaptığı gibi, satıcının bir varlık portföyü sunmasına izin vermek, teslimat yapmama riskini kısmen azaltabilir. varlıkların çeşitlendirilmesi, yenilenebilir enerjinin gecikmeleri veya düşük performansı ile ilişkili riskleri azaltabilir. Bu yaklaşım, enerji ihtiyaçlarını karşılayan ve enerji sisteminin genel esnekliğini artıran güvenilir, daha ucuz ve tutarlı bir enerji arzı sağlar.

Varyasyon 2: 7/24 Firma Güç Kaynağı

7/24 kesin güç kaynağı modeli, alıcıya daha yüksek düzeyde kesinlik sağlamak için güneş PV'sini, bir depolama sistemini ve bazı durumlarda diğer yenilenemeyen enerji varlıklarını birleştirir. Bu tür PPA'lar tipik olarak teslim edilen megawatt göre ücretlendirilen yalnızca enerji sözleşmeleridir. Her ne kadar adı haftanın 7 günü, günde 24 saat anlamına gelse de, bu sözleşmelerin sürekli tedarik sağlaması gerekmez. Bu ifade, sözleşmeye olan ürünün yüksek bir sıklık seviyesinde (örneğin %70-80) mevcut olan enerji olduğu anlamına gelmektedir.

7/24 kavramı, satıcıların yenilenebilir enerji kaynakları, depolama, termik santraller gibi teknolojiye bağımsız varlıklardan oluşan bir portföy kullanarak güvenilir enerji sağlama becerisiyle ilgilidir. PPA'daki yeşil enerji içeriği için bir vekil değildir.

2022 yılında, Uzun Süreli Enerji Depolama (LDES) Konseyi, bir şirketin alıcı olduğu kurumsal PPA'nın karbondioksit içeriğini değerlendirmek için yeni bir metodoloji öneren yenilikçi bir çalışma yayınladı. Bu konsept, alıcının bir kamu hizmeti şirketi veya şebeke operatörü olduğu PPA'lara uygulanabilir. LDES ve McKinsey (2022), üretilen temiz enerjinin gerçek seviyesine dayalı bir KÖİ sınıflandırması önermektedir.

Bu metrik "yeşil sıklık" derecesini ölçecektir. Kavram, talep ve "yeşil" arzın eşleşmesini çok ayrıntılı bir temelde (saatlik ve aynı elektrik bölgesinde) hesaplar.¹¹

7/24 kesin güç kaynağı ile karma enerji sözleşmesinin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Sistem gereksinimlerine bağlı olan yüksek düzeyde bir enerji sıklığı vardır. Örneğin şebekenin hizmet vermediği veya yetersiz hizmet verdiği uzak bölgelerde gereksinimler çok yüksek olabilir (%100'e kadar); bol rezervli büyük sistemlerde sistemler bazen gereksinimlerin sadece yüzde 70 ila 80'ini sağlar. Bir başka örnek de ana şebekeden tamamen izole edilmiş ve bu iş modeli varyasyonunun kullanım durumundan farklı olarak küçük, yerelleştirilmiş bir grup müşteriye dağıtım şebekesi sağlayan mini şebekelerdir.
- Satıcı, şebekedeki kaynakları optimize ederek ve mümkün olan en düşük fiyattan enerji sağlamak için yaratıcılığı teşvik ederek çeşitli varlıkları ve sözleşmeleri birleştirme konusunda takdir yetkisine sahiptir.
- Model, şebeke sisteminin daha derin bir şekilde karbonsuzlaştırılmasına katkıda bulunabilir. Tipik yenilenebilir enerji kurumsal PPA'ları sadece yüzde 30 ila 40 oranında karbonsuzlaştırmaya yol açmaktadır. Kaynakların ve uzun vadeli enerji depolamanın bir karışımı, fosil yakıta dayalı üretimle rekabet etmenin ve onun yerini almanın anahtarıdır (LDES ve McKinsey tarafından bildirildiği üzere, %100 yeşil PPA'lara ulaşmak katlanarak daha maliyetli olsa da).

7/24 kesin güç kaynağı ile karma enerji sözleşmesinin dezavantajları aşağıdakileri içerir:

- Satıcı, yüksek seviyede enerji sertliği sağlama riskinin çoğunu üstlenir. Satıcının harmanlanabilecek bir varlık/sözleşme kombinasyonuna erişimi varsa bu risk azaltılabilir.
- Model, üzerinde anlaşmaya varılan enerji sıklığı seviyesini karşılamak için tamamlayıcı termal üretim gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının eklenmesini gerektirebilir ve bu da PPA'nın yeşilliğini azaltır.

PPA, şebeke operatörünün hangi santrallerin sevk edileceğine (veya edilmeyeceğine) karar verdiği ve satıcıları sevk riskine maruz bırakan büyük bir güç sisteminde alınıp satılabilir. Bu riski azaltmak için piyasa kuralları, iletim kısıtları nedeniyle santral sevk edilmediğinde (kısıtlı çalışma) PPA'nın temel varlıklarını tazmin etmelidir. Örnek olarak Hindistan, harici dengelemeye ihtiyaç duymadan 24 saat (RTC) baz yük ihtiyacını karşılamak için 7/24 kesin güç tedariki ile karma bir enerji sözleşmesi benimsemiştir (Kutu 3.7).

KUTU 3.7

7/24 KESİN GÜÇ KAYNAĞI İLE KARMA ENERJİ SÖZLEŞMESİ ÖRNEĞİ: GÜNEŞ ENERJİSİ HİNDİSTAN ŞİRKETİ

Bağlam: Hindistan Güneş Enerjisi Şirketi (SECI), yenilenebilir enerji kaynaklarına ve harici dengelemeye ihtiyaç duymadan RTC baz yük gereksinimlerini karşılayabilecek uygun depolama kapasitesine sahip hibrit projeler için üç ihale açtı. En son RTC-III uyarınca, IPP, sözleşmeye bağlanan sevk edilebilir güç kapasitesini 24 saat boyunca, yıllık olarak en az yüzde 90, yılda en az 11 ay boyunca aylık olarak en az yüzde 90 ve yıllık olarak en az yüzde 90 emre amadelik sağlayacak şekilde tedarik etmekle yükümlüdür. Yoğun saatlerde yüzde 90. Yıllık olarak tedarik edilen enerjinin en az yüzde 51'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmalıdır. RTC-III, emre amadelik yerine kapasite kullanım faktörüne dayanan RTC-I ve sözleşmeleri güvence altına almak için en düşük tarifenin eşleştirilmesini gerektiren RTC-II'den elde edilen bilgilerden yararlanmıştır.

İş Modeli: Tarifeler, sözleşmeye bağlanan kapasiteye karşılık gelen teslim noktasındaki enerji tedariki üzerinden ödenir. Tedarik edilen güç orantılı olarak tahsis edilir ve alıcının sevkiyat hakları vardır. Arz eksikliğinde, geliştirici, genellikle enerji tarifesinin iki ila dört katı olan geçerli sabit tarifeler üzerinden tüm tasfiye edilmiş zararlar için ödeme yapmalıdır. Aylık enerji faturalandırması geçerli tarifeye göre hesaplanır ve ödemeler geliştirici tarafından tedarik edilen ilgili enerji bileşenlerine (yenilenebilir ve yenilenemeyen) göre yapılır. Yenilenebilir enerji fazlası, fazla enerjinin sözleşme enerjisine oranına göre ödenir.

Sistem Büyüklüğü: 2019'da yayınlanan RTC-I'in 400 MW'lık bir gereksinimi vardı. 2020'de yayınlanan RTC-II'nin 2.500 MW'lık bir gereksinimi vardı. 2022'de yayınlanan RTC-III, 2.250 MW'lık bir gereksinime sahipti.

Tarifeler: Renew Power ilk RTC-I ihalesini kazandı. Renew Power, 15 yıl boyunca yıllık yüzde 3 eskalasyonla 2,91 Rs/kWh (0,0364 \$/kWh) tarife üzerinden 400 MW sağlayacaktır. RTC-II'de Hindustan Thermal Projects Rs. 2,91/kWh (0,030\$/kWh) tarife ile en düşük teklifi veren firma oldu.

250 MW'lık proje için 3,01/kWh (0,0376 \$/kWh). Greenko Energies gibi RTC-II için teklif veren diğer şirketler 1.001 MW tedarik için 3,18 Rs/kWh (0,0397 \$/kWh), ReNew Samir Urja 600 MW için 3,19 Rs/kWh (0,0398 \$/kWh), Power Mech Projects 550 MW tedarik için 3,30 Rs/kWh (0,0412 \$/kWh) ve JSW Neo

600 MW için 3,45/kWh (0,0431 \$/kWh) olan en düşük tarife ile eşleşmesi gerekecektir. SECI, Ekim 2023 itibarıyla RTC-III ihalesinin sonuçlarını açıklamamıştı.

Önemli Nokta: Bu tür bir PPA, şebeke güvenilirliğini sağlarken daha az verimli termal jeneratörleri kısmen yenilenebilir bir enerji kaynağı ile değiştirebilir.

Aşama 4: Bir İş Modelinin Seçilmesi ve Uygulanması

4. Aşama, proje gereksinimlerini en iyi karşılayan iş modelinin seçilmesini içerir. Alıcı tarafından beklenen güneş enerjisi artı depolama projesinin teknik gereksinimlerine dayalı olarak bir karar ağacı modeli geliştirilir ve uygulanır. Dikkate alınması gereken diğer faktörler arasında elektrik bağlantısı, ücretlendirme yöntemleri, işletme ve sevkiyat, işlevsel gereksinimler ve finansman ve bankacılık yer almaktadır. 4. Aşama ayrıca güneş enerjisi artı depolama projesinin risklerinin belirlenmesini, bir term sheet hazırlanmasını ve bir sonraki bölümde açıklanan rekabetçi bir süreçle uygulanabilecek iş modeli ve tanımlanan bağlamsal özelliklerle eşleşen bir PPA'nın daha da geliştirilmesi için temel oluşturmayı içerir.

Karar Ağacı Aracını Kullanma

Aşağıda özetlenen karar ağacı modeli, alıcı ve karar vericinin farklı iş modellerini değerlendirmesi ve kendi bağlamsal ihtiyaç ve gereksinimlerine en uygun olanı belirlemesi için açık ve yapılandırılmış bir yol sağlar (Şekil 3.2).

Karar ağacı aracındaki adımlar, sistem operatörü ile aynı kuruluş olabilecek veya olmayabilecek alıcının bakış açısından geliştirilmiştir. Projeye bağlı olarak, satıcılar da bu aracı kullanabilir.

Soru 1: Firma (veya Yarı-Firma) Gücü Bir Gereklilik midir?

İlk değerlendirmeden sonra, alıcının kesin (veya yarı kesin) enerji tedarikine ihtiyacı olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Eğer cevap evet ise, PPA enerji profilini ve sözleşmeye bağlı güvenilirlik seviyelerini belirleyecektir. Cevabın hayır olması, alıcının güneş enerjisi artı depolama projesi varlıklarının maksimum kontrolü ile sevk edilebilirliğe öncelik verdiği anlamına gelir.

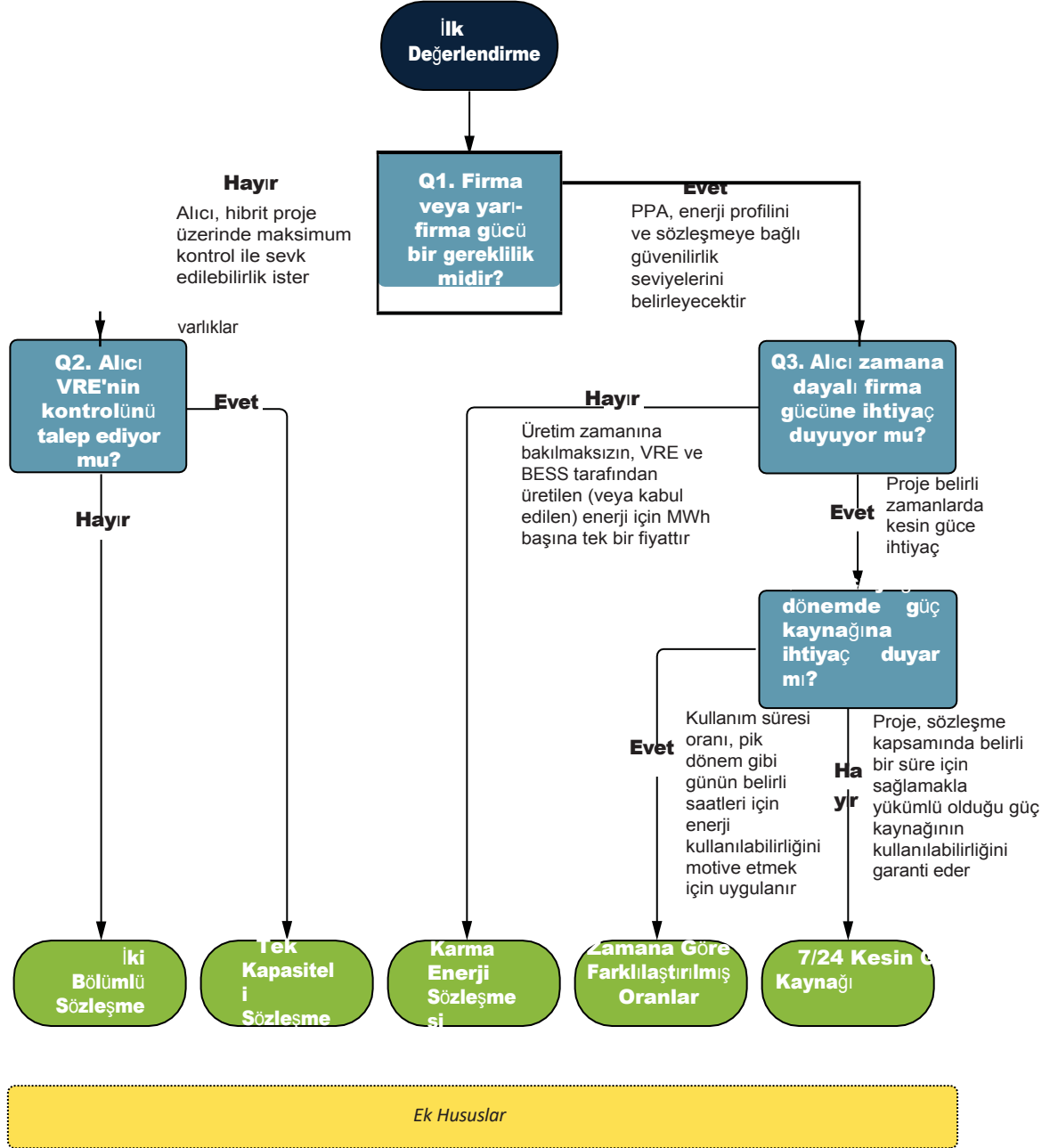
Bir alıcının mevcut bir termik jeneratörü değiştirmesi (veya yeni bir puantör veya baz yük kurulumunu engellemesi) gerekiyorsa, güneş artı depolama projesinin sağlam veya yarı sağlam kapasite sağlaması gerekir. Bu gereklilikler Güney Afrika RMI4P programında örneklendirilmiştir.

Talep ve arz açığını gidermek için 2 GW'lık sabit kapasite tedarik edildi.

Düşük enerji talebine ve nispeten büyük ölçekli projelere sahip olan SIDS, şebeke istikrarını sağlamak için sevk edilebilirlikten faydalanacaktır. Bu ihtiyaç, yenilenebilir enerji kaynaklarının giderek daha fazla benimsenmesi ışığında proje operasyonlarını şebeke gereksinimlerine göre ayarlamak için alıcıya tam sevkiyat hakkı veren PPA'ların tanıtıldığı Hawai'i'de belirgin hale geldi.

ŞEKİL 3.2

Bir İş Modeli Seçmek için Karar Ağacı



Not: Bu karar ağacı sadece gösterge niteliğinde olup, her bir modele yol açan ana faktörleri göstermeyi amaçlamaktadır. Gerçek hayatta, özellikle alıcı aynı zamanda ulusal sistem operatörü rolünü de oynadığında, karar ağacında yansıtılmayan unsurlar olabilir. Bu durumda, KÖA sıklık ve sevk edilebilirlik (yani varlıkların kontrolü) unsurlarını içerebilir.

Soru 2: Alıcı Yenilenebilir Enerjinin Kontrolünü İstiyor mu?

Alıcı hem yenilenebilir enerjinin hem de depolamanın çıktısı üzerinde bağımsız olarak kontrol sahibi olmak istiyorsa, tek kapasiteli sözleşme alıcıya tam sevk edilebilirlik hakkı verdiği için tercih edilen seçenek olabilir. Bu model, alıcının güneş enerjisi artı depolama projesinin ne zaman ve ne kadar enerji üretmesi gerektiğini belirlemesine olanak tanıyarak operasyonel esneklik sunar. Özel gereksinimlerini karşılamak için iyi kurulmuş bir kontrol altyapısına sahip alıcılar için en uygun olanıdır.

Alıcı varlıklar üzerinde kısmi kontrol istiyorsa, iki parçalı sözleşme önerilir. Bu modelde alıcı, operasyonlarını yöneterek depolama çıktısı üzerinde kontrol sahibi olur ve satıcı yenilenebilir enerji kaynağından enerji sağlamakla yükümlü olmaya devam eder. Güneş artı depolama projeleri, bir depolama sistemi kullanarak yenilenebilir enerji üretimini kaydırarak pik talebi karşılayabilir. Depolama varlığı üzerinde kontrol sahibi olan böyle bir güneş artı depolama projesi, frekans tepkisi ve rampa gibi diğer şebeke ölçekli hizmetleri de sağlayabilir.

Alıcı, depolama varlıklarını yenilenebilir enerji üretimini pik dönemlere kaydırmak ve frekans düzenlemesi gibi bazı yan hizmetler sağlamak için kullanmak istediğinde, depolama varlıkları üzerinde kontrole izin verdiği için iki parçalı bir sözleşme uygundur. Bu ihtiyaç Hindistan'daki Güney Andaman projesi, PV üretimini yumuşatmak ve şebeke frekansını düzenlemek için bir depolamanın kullanıldığı ve yenilenebilir enerji entegrasyonunun yanı sıra şebeke istikrarını artıran bir örnektir.

Bir alıcı kesintileri azaltmayı, yenilenebilir enerji entegrasyonunu geliştirmeyi ve dönen rezerv hizmetleri ile çok çeşitli yan hizmetler sunmayı hedefliyorsa, hem güneş enerjisi hem de depolama varlıkları üzerinde tam kontrol tercih edilir hale gelir. Bu gereklilik, Hawai'i'de tamamen sevk edilebilir (tek kapasiteli) bir PPA'ya dayanan bazı projelerle örneklendirilmiştir. Alıcıya, proje operasyonlarını şebeke taleplerine göre uyarlamak ve böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının penetrasyonunu artırmak için tam sevkiyat hakları verilmektedir.

Soru 3: Alıcı Zamana Dayalı Firma Gücü İstiyor mu?

Alıcı kesin güce ihtiyaç duymuyorsa, karma enerji sözleşmesi uygundur. Bu sözleşme, üretim zamanından bağımsız olarak hem yenilenebilir enerji hem de depolama tarafından üretilen enerji için megawatt başına tek bir fiyat sunar. Esasen alıcı, enerji için üretildiği veya kabul edildiği anda ödeme yapar. Gün boyunca sabit enerji kullanımı olan bir alıcı, günün saatine bakılmaksızın geçerli olan sabit bir enerji oranını tercih edebilir. Sabit bir orana sahip olmak enerji tedarik sürecini basitleştirir ve idari yükü azaltır. Karma bir enerji sözleşmesi, alıcının istikrarlı bir enerji oranı elde etmesini sağlayarak bütçelemeyi kolaylaştırır ve uzun vadeli enerji gider planlaması. Karma enerji sözleşmeleri özellikle aşağıdakiler için çok uygundur

Bir alıcının, kesintileri ortadan kaldırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin kullanımını optimize etmek için depolamayı kullanarak talebi sürekli olarak karşılamayı amaçlayan bir güneş enerjisi artı depolama projesi kurmayı planladığı durumlarda.

Soru 4: Alıcı Yoğun Saatlerde Güç Kaynağına İhtiyaç Duyuyor mu?

Eğer bir alıcı enerji talebinin en yoğun olduğu dönemlerde garantili bir güç kaynağına ihtiyaç duyuyorsa, karma sözleşmenin zamana göre farklılaştırılmış varyasyonlu değiştirilmiş bir versiyonu uygun olabilir. Bu tür bir sözleşme, fiyatların günün belirli saatlerinde, tipik olarak en yoğun talep dönemlerine denk gelen enerji mevcudiyetini teşvik edecek şekilde yapılandırılmasını gerektirir. Bu yaklaşım, enerji üreticilerini bu yüksek talep dönemlerinde enerji sağlamaları için motive eder.

Bazı alıcılar, günün hangi saatinde olursa olsun enerji tedarikinde yüksek düzeyde (%70 veya üzeri gibi) bir sağlamlığa ihtiyaç duymaktadır. Bu senaryoda en uygun iş modeli, üzerinde anlaşmaya varılan bir enerji profiline dayalı olarak kesintisiz güç sağlayan 7/24 kesintisiz güç kaynağı olacaktır.

Hindistan'ın Peak Power Supply PPA'sı, talep gereksinimleri ile güneş PV üretimi arasındaki uyumsuzluğu gidermek için zamana göre farklılaştırılmış tarifeler uyguladı. Bu gibi güneş enerjisi artı depolama projeleri, puant güç kaynağı olarak hizmet veren termik jeneratörlerin yerini alma potansiyeline sahiptir. Bazı yük gereksinimlerini karşılamak için, yüksek düzeyde kullanılabilirlik ile 7/24 güç tedarikini garanti eden sözleşmeler en uygundur. Hindistan'ın RTC güç kaynağı PPA'sı buna bir örnektir; burada IPP'ler, diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarının da dahil edilebileceği, 24 saat boyunca yüzde 90 kullanılabilirlikle güç sağlamakla yükümlüdür.

Kutu 3.8, karar ağacının kullanımına ilişkin bir örnek sunmaktadır.

İş Modeli Seçiminde Diğer Faktörlerin Dikkate Alınması

Karar ağacı aracında ele alınmayan ek faktörler, bir iş modeli seçilmeden ve bir PPA hazırlanmadan önce dikkate alınmalıdır. Bunlar arasında elektrik bağlantısı, ücretlendirme yöntemleri ve bankacılık üzerindeki etkisi ve finansman yer almaktadır. Ek A, bu bölümde özetlenen ek faktörler de dahil olmak üzere her modelin avantaj ve dezavantajlarının derinlemesine bir değerlendirmesini sunmaktadır.

Elektriksel Bağlantı

Bir iş modeli seçerken güneş enerjisi artı depolama projesinin elektrik bağlantısı ve teknik yapılandırması göz önünde bulundurulmalıdır. Güneş enerjisini, depolamayı ve şebekeyi aşağıdakilere izin verecek şekilde bağlamak için gerekli altyapı mevcut olmalıdır

KUTU 3.8

BİR İŞLETME İÇİN İŞ MODELİ SEÇME MALDİVLER'DE GÜNEŞ-ARTI-DEPOLAMA PROJESİ

Maldivler'deki bir proje, toplam 36 MW kapasiteye ve 40 MWh depolama kapasitesine sahip üç güneş PV dizisinin geliştirilmesini içermektedir. Proje için karar modeli "Kesin veya yarı kesin güç bir gereklilik midir?" sorusuyla başlar. Bu durumda cevap "hayır" olmuştur, çünkü Büyük Male bölgesinin büyük ada şebekesinde depolamanın şebeke tarafından sevk edilebilirliği daha önemlidir, çünkü şebeke (STELCO) başka kaynaklara sahiptir ve işletme maliyetlerini düşürmek için hepsini ortaklaşa optimize etmek istemektedir.

Karar ağacında belirlenmesi gereken bir sonraki faktör, alıcının depolama kontrolüne ek olarak güneş enerjisi kontrolüne de ihtiyaç duyup duymadığıdır. Proje, frekans düzenlemesi ve puant tasarrufu gibi seçilen hizmetleri sağlamak için depolama üzerinde kontrole ihtiyaç duyar ancak sistemin tam kontrolüne sahip olmak için güneş enerjisi üzerinde de kontrole ihtiyaç duyması gerekmez. Kontrol seviyesinin seçilmesi, şebekenin dalgalanmalara ve istikrarsızlığa maruz kalabileceği ana adada güvenilir ve istikrarlı bir güç kaynağının sürdürülmesi açısından önemlidir. Bu karar seçenekleri, bu uygulama için en uygun iş modelinin, sistem istikrarını korumak ve dizel jeneratörlere olan bağımlılığı azaltmak şebeke operatörüne depolama varlığını kontrol etme yeteneği sağlayan iki parçalı bir sözleşme olduğunu göstermektedir.

İki parçalı sözleşme ile proje, güneş enerjisi dizileri tarafından üretilen enerjinin değerini tanıyan ve telafi eden bir enerji ödeme bileşenine sahip olacaktır. Bu ücretlendirme kriteri önemlidir çünkü projenin sadece şebekeye kapasite sağlamakla kalmayıp aynı zamanda doğrudan güneş enerjisi enjekte ederek veya depolanan enerjiyi boşaltarak enerji talebini karşılamaya yardımcı olmasını sağlar.

Bu durumda modelin finansmanı göz önünde bulundurulmalıdır. Özel sektör finansmanı yoluyla proje geliştirmek, Maldivler'in güneş enerjisinin gelişimini hızlandırması için cazip bir yoldur. Dünya Bankası'nın desteği Maldivler'deki yenilenebilir enerji yatırım ortamını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Dünya Bankası'nın ASPIRE projesi (Aralık 2014'ten beri devam etmektedir) kapsamında teknik yardım ve finansman sağlanmıştır. İki parçalı bir sözleşme, özel sektörün tek bir proje altında hem güneş enerjisi hem de depolama varlıklarını ortaklaşa geliştirmesi ve finanse etmesi için uygundur. Alıcının (kamu hizmeti) kullanım durumu gereksinimlerini karşılamak için depolamayı sevk etmesine izin verecek esnekliğe sahiptir.

(devam ediyor)

KUTU 3.8 (Devamı)

Satıcılar için istikrarlı bir nakit akışı akışı, bankaya yatırılabilirliği artırır. İki parçalı bir sözleşme güneş enerjisini üretilen enerjiye göre ücretlendirirken depolamayı kapasite mevcudiyetine göre ücretlendirerek alıcının depolamanın birden fazla kullanım durumunda kullanımını en üst düzeye çıkarmasını sağlar. Maldivler, onlarca yıldır termal üretim kapasitesine bağlı olduğu için termal PPA'nın yapısına aşinadır. İki parçalı bir sözleşme, yatırımcılar ve politika yapıcılar tarafından kolayca anlaşılabilir olacak değişken ve sabit ödemelerle termal bir PPA'nın yapısını taklit eder.

İki parçalı bir sözleşme Maldivler için en uygun olanıdır, çünkü alıcıya enerji çıktısı üzerinde belirli bir düzeyde kontrol sağlarken, satıcının enerji üretimi ve depolamayla ilişkili riski yönetmesine izin verir. Güneş enerjisi artı depolama projesinin geliştirilmesinde hem alıcıya hem de satıcıya fayda sağlayan dengeli bir yaklaşım sağlar.

sistemin etkin bir şekilde çalışması için. İdeal olarak, solar PV ve depolama aynı yerde bulunmalı ve aynı ara bağlantı noktasına (POI) sahip olmalıdır. Birlikte konumlandırılmamışlarsa veya ayrı POI'lere sahiplerse, sanal olarak bağlanabilirler. Sanal bağlantının sözleşmeye bağlı etkileri ve ön koşulları . Bir şebeke kodu ve iletim tarifesinin bulunmaması halinde, bir modelin teknik fizibilite çalışması yapılmalıdır.

Güneş enerjisi ve depolama varlıklarının birlikte konumlandırılması, arazi kullanımını ve şebeke bağlantı maliyetlerini azaltarak birçok fayda sağlayabilir. Ayrıca iletim kayıplarını azaltarak sistemin verimliliğini de artırabilir (Bolinger . 2022). Birlikte konumlandırmanın nedenleri arasında maliyet tasarrufu, teknik faydalar ve düzenleyici hususlar yer almaktadır. Varlıkların ortak konumlandırılmamasının nedenleri arasında uygun arazi, şebeke bağlantısı, teknik fizibilite eksikliği veya yan hizmetler sağlamak, tıkanıklığı gidermek ve güvenilirliği artırmak için depolamayı yük merkezine daha yakın bir yere yerleştirme ihtiyacı yer almaktadır.

Güneş PV ve depolama varlıkları birlikte konumlandırılırsa, alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) bağlantılı sistem olarak tasarlanabilirler. Bu teknik kararın işlevsellik ve operasyonel esneklik açısından sonuçları vardır. AC-bağlantılı sistemlerde hem PV hem de depolama kendi ayrı invertörlerine sahiptir ve bunlar daha sonra şebekeye bağlanır. FV güneş enerjisi ve depolama bileşenlerinin çalışması büyük ölçüde bağımsızdır. DC-bağlantılı sistemlerde, solar PV ve depolama çıkışları karşılıklı olarak bağlanır ve şebekeye bağlanmak üzere DC'yi AC çıkışına dönüştüren ortak bir invertörü paylaşır. Güneş PV ve depolama bileşenlerinin çalışması koordine edilir.¹² DC-bağlantılı kurulum, bataryanın yalnızca PV sisteminden şarj edilmesini sağlar.

Sistem operatörüne daha fazla esneklik sunar ve güneş PV üretiminin kırılmasını azaltır. Ancak, PV üretiminin bataryayı şarj etmek veya şebekeye enjekte etmek için ne zaman kullanılması gerektiği konusunda akıllı kararlar vermek için daha sofistike kontroller ve enerji yönetim sistemleri gerektirir.

Düzenleyici Hususlar

Hem güneş enerjisi çıktısından hem de depolama kapasitesinden yararlanmak için güneş enerjisi artı depolama projelerinin işletimini optimize ederek, güneş enerjisi artı depolama projeleri işletme maliyetlerinde tasarruf sağlayabilir. Bu potansiyel maliyet tasarruflarının nasıl gerçekleştirileceği düzenleyici ortama bağlıdır. *Gelişmekte Olan Ülkelerde Güç Sistemleri için Depolamanın Yaygınlaştırılması: Politika ve Düzenleyici Hususlar* (ESMAP 2020), sistem perspektifinden depolama çözümlerinin değerini gerçekleştirmenin yollarını incelemekte ve depolama dağıtımını kolaylaştıran çerçeveler için ilgili hususları gözden geçirmektedir.

Kamu-özel sektör ortaklıkları (PPP'ler), PPA'lar, rekabetçi ihale kuralları ve vergi teşvikleri gibi düzenleyici politikalar, güneş enerjisi artı depolama projelerinin finansal görünümünü önemli ölçüde iyileştirebilir. Fazla gücün şebekeye geri satılmasına veya yan hizmet piyasalarına katılıma izin veren piyasa yapıları da bu sistemlerin ekonomik uygulanabilirliğini artırabilir. Uzun süreli enerji depolama (LDES) gibi farklı teknoloji seçeneklerinin göz önünde bulundurulması, güneş enerjisi kaynaklarıyla sistem esnekliği ve istikrarı sağlayabilen toplu güç sistemlerinin uygun maliyetli karbonsuzlaştırılmasına da yardımcı olabilir. LDES Konseyi'ne göre, LDES için toplam adreslenebilir pazar, enerji kaydırma ve kapasite sağlayarak, iletim ve dağıtımını optimize ederek ve diğer şebeke hizmetlerini sağlayarak 2040 yılına kadar 1,5 ila 2,5 terawatt (TW) ölçeğine ulaşma potansiyeline sahiptir (LDES Konseyi ve McKinsey 2021).

Ücretlendirme ve Bankacılık

Projede kullanılan ücretlendirme yöntemleri, satıcılara aşağıdakileri telafi edecek şekilde tasarlanabilir Alıcıya ve/veya şebeke operatörüne sundukları yatırımlar ve hizmetler. Enerji için ödeme, yüksek düzeyde sağlamlık ancak düşük sevkiyat kontrolü gerektiren projeler için uygundur. Kapasite için ödeme, alıcının varlıklar üzerindeki kontrol seviyesini artırmak için varlıkların sevkiyat haklarına ihtiyaç duyduğu durumlarda uygundur. PV (enerji) ve depolama (kapasite) tarafından sağlanan hizmetler ayrı ayrı (iki parçalı bir sözleşmede olduğu gibi) veya birlikte (karma enerji sözleşmesinde olduğu gibi) fiyatlandırılabilir. Sofistike ve olgun elektrik piyasaları ve depolama tarafından sağlanan yığın hizmetlerin her biri için ayrı fiyatlandırma olmadan her bir depolama hizmeti için satıcıya ayrı ayrı ödeme yapmak karmaşık olabilir. Gelişmiş piyasalarda bile voltaj kontrolü ve rampa yükseltme/alçaltma gibi tüm depolama hizmetlerinden para kazanılamaz. Kapasite veya yan hizmetler için piyasa mekanizması bulunmayan ülkelerde, depolama operatörüne iki parçalı veya tek kapasiteli sözleşmelerde olduğu gibi her ay kullanıma sunulan megavat kapasite başına sabit bir ödeme yapılması makuldür.

Finansman

Politika yapıcılar, özel sektör katılımı için yatırım ortamı, düzenlemeler, finansmanın mevcudiyeti, finansman maliyeti ve alıcının kredi itibarı dahil olmak üzere projenin finansmanını etkileyen faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Satıcı, tipik bir sınırlı geri dönüşlü finansman projesi için projenin yatırımcılar için cazip olması için karşılanması koşulları belirler

bir PPA ile desteklenmektedir. Başarılı güneş PV PPA projeleri konusunda güçlü bir geçmişe sahip bir ülke, güneş artı depolama projesindeki potansiyel yatırımcılar için daha cazip . Ancak gelişmekte olan pazarların çok azında depolama projelerine ilişkin güçlü bir kayıt bulunmaktadır. Bu nedenle, hem IPP'lerin güçlü varlığı hem de enerji depolamayı bir varlık olarak tanıyan düzenleyici bir çerçeve arzu edilir. Bazı temel düzenlemelerin yokluğunda, sözleşmenin kendisi bu boşluğu dolduracak bir araç olacaktır.

Güneş enerjisi ve depolama projeleri için mevcut finansman kaynaklarının belirlenmesi, yenilenebilir enerji projeleri için gereken devlet desteğinin ve özel sektör yatırımcılarının ilgi düzeyinin belirlenmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, güneş enerjisi artı depolama projesi için finansmana erişim kolaylığı ve ilgili sermaye maliyeti hakkında rehberlik sağlayabilir. Finansmanın niteliği de şu şekilde olabilir iş modelinin seçiminde belirleyici bir faktördür. Örneğin, imtiyazlı finansman yalnızca devlet kurumları tarafından geliştirilen depolama varlıkları için ayrılmışsa, iki parçalı bir sözleşme artık uygun değildir. Şebekeye ait bir depolamanın IPP'ye ait bir güneş PV varlığına entegre edildiği bir mod, hibritleştirilmiş bir teknik yapılandırılabilir.

Güneş enerjisi artı depolama PPA'ları söz konusu olduğunda, yeni düzenleyici ve yasal gereklilikler gereklidir. Bir ülkenin IPP'ler ve PPP modelleri ile ilgili önceki deneyimlerini değerlendirmek zorunludur. Bu değerlendirme, bir projenin uygulanabilirliğini ve potansiyel risklerini etkileyebilecek mevcut düzenleyici ve politika çerçeveleri hakkında fikir verebilir. Yerel yasal çerçevenin depolamayı bir varlık sınıfı olarak ele alması da çok önemlidir. Yatırım ortamında şeffaflık ve tutarlılık sağlamak için depolamadan elde edilen enerjinin mülkiyeti ve tazminine ilişkin açık kurallar gereklidir.

Dünya Bankası Grubu, bir yandan genel ortamın riskini azaltırken diğer yandan projelerin finanse edilebilirliğini artıracak araç ve enstrümanlara sahiptir:

- Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası (IBRD) ve Uluslararası Kalkınma Birliği (IDA), ödeme ve kredi risklerini desteklemek için kısmi risk garantileri sunabilir. Alıcı kredibil değilse ve teslim edilen enerji için ödeme yapamıyorsa, IPP için ödeme garantileri yapılandırabilir (emanet hesapları aracılığıyla). Ayrıca, IPP'nin sözleşmeden doğan yükümlülüklerini yerine getirmemesi durumunda kredi verenleri korumak için kredi garantileri de sunabilir.
- Uluslararası Finans Kurumu (IFC) karma finans araçları, sürdürülebilirlik bağlantılı tahviller ve faiz oranı ve döviz hedging ürünleri sunabilir.
- Çok Taraflı Yatırım Garanti Ajansı (MIGA) yatırımcılara ve kredi verenlere kamulaştırma, sözleşme ihlali, para transferi kısıtlamaları ve egemen mali yükümlülüklerin yerine getirilmemesi risklerini kapsayan siyasi risk garantileri sunabilir.

Muhasebe: Bilanço İçi mi Bilanço Dışı mı?

Muhasebe perspektifinden bakıldığında, bir PPA bilanço içi bir varlık (finansal kiralama) veya bilanço dışı bir finansman olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmanın özellikle alıcı için önemli sonuçları vardır. Eğer KÖA finansal kiralamaya eşdeğer kabul edilirse, alıcı varlık ve yükümlülükleri bilançosunun bir parçası olarak muhasebeleştirilmelidir.

Bir güneş enerjisi artı depolama projesinin PPA'sının finansal kiralama olarak sınıflandırılması çeşitli faktörlere bağlıdır. En önemlilerinden biri, risklerin alıcılar ve satıcılar arasında nasıl paylaştırıldığıdır.

Seçilen iř modeli, KÖA yapısı ve risk dağılımı, KÖA'nın finansal kiralama olarak sınıflandırılmasını etkileyebilir. Risklerin çoğu alıcıya devrediliyorsa, KÖİ'nin bilanço içi işlem olarak kategorize edilmesi daha olasıdır. Kapasite -depolama, PV veya her ikisi- için ödeme içeren iř modellerindeki KÖİ'lerin, satıcının daha fazla performans riski aldığı karma iř modellerindeki KÖİ'lere göre finansal kiralama olarak sınıflandırılması daha olasıdır. Bilanço dışı bir KÖİ'ye sahip olmak gerekiyorsa, karma enerji sözleşmesi modeli ve uygun yapılandırmaya sahip varyasyonları daha iyi seçenekler olacaktır; iki parçalı sözleşme veya tek kapasiteli sözleşmeden kaçınılmalıdır.

Uygulayıcılar, finansal kiralama modeli için Kutu 3.9'da önerildiği gibi Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (UFRS) 16'yı takip etmeli ve bu standartlara uyum avukatlara, denetçilere ve muhasebecilere danışmalıdır.

KUTU 3.9

ULUSLARARASI FİNANSAL RAPORLAMA STANDARTLARI 16

Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (UFRS) 16, Uluslararası Muhasebe Standartları Kurulu tarafından belirlenen yıllık bir raporlama standardıdır. 2019 yılında benimsenen standart, PPA'ların alıcının bilançosunda raporlanma şeklini etkilemektedir. Alıcının borçluluk düzeyi ve gelecekteki borçlanma kabiliyeti açısından istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Satıcı için bu tür bir raporlama kritik bir konu değildir, çünkü çoğu proje geri dönüşü olmayan veya sınırlı geri dönüşlü finansman ile özel amaçlı araç (SPV) varlıkları olarak yapılandırılmıştır. Borçlanma kabiliyeti, projenin nakit akışı akışlarının kalitesine bağlıdır.

UFRS 16 kapsamında, tek kiracı muhasebe modeli finansal kiralama olarak ele alınmaktadır. Standart, bir kiracının (bir PPA'da, enerji veya kapasitenin alıcısı) 12 aydan uzun süreli tüm kiralamar için varlık ve yükümlölükleri muhasebeleştirmesini gerektirmektedir. Kiracının, kiralanan varlığın (yani, PV tesisi ve/veya depolama) kullanım hakkını ve kira ödemelerini yapma yükümlölüğünü temsil eden bir kira yükümlölüğünü muhasebeleştirmesi gerekmektedir.

Bir KÖİ'nin alıcının bilançosuna dahil edilmesi, raporlanan borçluluğu ve borç/öz kaynak oranını artırdığı ve alıcının borçlanma kabiliyetini sınırladığı için istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Alıcılar, KÖİ'nin bir borç olarak raporlanmasını tercih ederler. Bilanço dışı işlem, UFRS 16 düzenlemelerinin izin vermediği bir şeydir.

Risklerin Belirlenmesi

Güneş enerjisi artı depolama projeleriyle ilişkili risklerin anlaşılması, uygulayıcıların bu riskleri azaltmaya yönelik stratejiler ve iş modelinin fizibilitesi ve uygulanabilirliği hakkında bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir.¹³ Çerçeve, tüm güneş enerjisi artı depolama projeleri için değerlendirilmesi gereken dört tür risk tanımlamaktadır

1. **Kesinti Riski.** Kesinti, bir elektrik üretim sistemi veya enerji depolama sistemi yüke ihracat yapmayı durdurduğunda veya geçici olarak , kullanılabilecek enerjiyi boşa harcadığında meydana gelir. Sistemden elektrik enjeksiyonu ekonomik veya şebeke kapasitesi nedenleriyle kısıtlanabilir. Sistemden şebekeye veya yüke güç enjekte etmek için şebeke kapasitesinin olmaması, güç sistemi işletiminin teknik gereksinimlerini korumak için ortaya çıkabilir. Bir sistem operatörü, şebekeyi zararlı olaylardan korumak için gücü kısma karar verebilir.
2. **Değişkenlik Riskleri.** Değişkenlik, bir elektrik üretim sisteminin veya enerji depolama sisteminin yüke ihracatını durdurması veya hatta anlaşma şartlarını karşılamak için çok az kapasite mevcut olduğu için geçici olarak kapanması gibi bir güç kaynağının öngörülebilir şekilde dalgalanma derecesidir. Satıcı değişkenlikle bazı riskler taşır, örneğin ödemelerde ceza veya daha yüksek bir sıklık derecesine ihtiyaç PPA'nın feshi gibi.
3. **Piyasa Riskleri.** Piyasa riski, sözleşme yapısının türüne bağlıdır. Çoğu ülkedeki mevcut piyasa yapılarında depolama hizmetlerinin (ör. voltaj regülasyonu, yenilenebilir kesinti azaltımı, kesinti başlatma vb. Depolama hizmetleri piyasalarda adil bir şekilde temsil edilmeye başlandığında bu risk ortadan kalkacaktır. Çoğu durumda, PPA enerji hacmi piyasa koşullarına göre ayarlanmamalıdır. Ancak bazı durumlarda, her satıcının yük gereksinimlerini tam olarak karşılamak için 7/24 enerji sağlama yükümlülüğünün bulunduğu "tam gereksinim" sözleşmelerinde olduğu gibi satıcı bu riski üstlenir.
4. **Sermaye Harcaması Riskleri.** Depolama fiyatları güneş ve rüzgâr enerjisi fiyatları kadar keskin bir düşüş göstermemiştir. İki yıl önceden teslim edilecek bir ürün için verilen bir teklifte fiyatın güvence altına alınması satıcılar için bir risk oluşturmaktadır. Bu tür bir risk, güneş enerjisi artı depolama projeleri ile ilgilidir; tipik güneş enerjisi PPA'larında daha az önemlidir. Gerçek projelerde depolamanın sermaye harcamaları için bir fiyat izleme mekanizması, beklenen ve gerçekleşen harcamalar arasındaki farkın izlenmesine yardımcı olacaktır.

Her güneş enerjisi artı depolama projesi benzersizdir. Alıcı ve satıcı için risklerin belirlenmesi önemlidir. Sözleşmede aralarındaki risk dağılımı, fiyat (alıcının razı olduğu) ile riskler (satıcının veya alıcının bankaya yatırılabilirliği artırmak için almaya razı olduğu) arasındaki dengeyi yansıtır. Üst düzey sözleşme riskinin dikkate alınması, alıcının satıcıya hangi hafifletici araçları veya hükümleri sağlayacağını ve alıcının satıcıdan ne bekleyebileceğini bildirir. Risk tahsisi temel olarak üç hususa bağlıdır:

1. **Alıcının ihtiyaç duyduğu güneş enerjisi artı depolama projesinin kullanım durumu nedir?** Bu Cevap, varlıkların kontrolünün hangi kuruluştaki olduğunu ve kontrol seviyesini belirler

gereklidir. Alıcı daha yüksek bir kontrol seviyesine ihtiyaç duyuyorsa, projeyle ilgili daha fazla risk üstlenmelidir.

2. **Hangi kuruluş, aşağıdakilerle ilişkili riskleri yönetmek için daha iyi bir konumdadır planlanan güneş-artı-depolama projesi?** Böyle bir değerlendirme, güneş enerjisi artı depolama projeleri için daha verimli çözümlerin uygulanmasına olanak sağlayacaktır.
3. **Projenin finanse edilebilirliğini korumak için risklerin tanımlanması ve fiyatlandırılması nasıl sağlanır?** Bu tür değerlendirmeler, riskin azaltılmasıyla ilgili cezaların belirlenmesine yardımcı olur.

Alıcı veya satıcı üzerindeki risk tahsis seviyesine bağlı olarak, risk çeşitli şekillerde tahsis edilebilir:

- **Satıcı için Minör Risk.** Alıcı, sistem varlıkları üzerinde tam kontrole sahip olmak (tek kapasiteli bir sözleşmede olduğu gibi), enerji ve yan hizmetler üretmek ve gerekirse üretimi fazla planlamak ister. Satıcıya sağladığı kapasite için ödeme yapılır (kapasite ne olursa olsun). üretim). Güneş enerjisi artı depolama projesi finanse edilip inşa edildikten sonra satıcının tek riski, üzerinde anlaşmaya varılan varlık kullanılabilirlik seviyesini korumaktır. Satıcı, yenilenebilir enerji sisteminin teknoloji, panel verimliliği, bozulma, invertör verimliliği, izleme gereksinimleri ve diğerleri gibi ayrıntılı teknik özelliklerini belirler.
- **Satıcı için Mütevazı Risk.** Güneş enerjisi artı depolama projesi kendi kendine sevk edilir ve alıcı üretim üzerinde hiçbir kontrole sahip değildir. Ödeme, harmanlanmış enerji sözleşmelerinde olduğu gibi, geçici olarak üzerinde anlaşmaya varılan teslim edilen megavat saat seviyesine dayanmaktadır. Yan hizmetlerin sağlanması muhtemelen aynı sözleşmede enerji ile birlikte paketleneyecektir. Sistemin mevcut ve çalışır durumda olmasını sağlayarak üzerinde anlaşılan megavat saat seviyesini sağlamak satıcının sorumluluğundadır. Satıcı, üzerinde mutabık kalınan enerji hacmini sağlayamama riski taşıyabilir (dalgalanma riski). Bu riski azaltmak için sözleşme, değişkenlik riskinin alıcılar ve satıcılar arasında nasıl paylaştırılacağına bağlı olarak, satıcıların üretim fazlalıklarını veya eksikliklerini mevsimsel, yıllık veya çok yıllık olarak devretmelerine izin vermek gibi esnek hükümler içerebilir. Herhangi bir nedenle kesinti meydana gelirse, satıcıya varsayılan enerji ücretine göre ödeme yapılır.
- **Satıcı için Yüksek Risk.** Güneş enerjisi artı depolama projesi kendi kendine sevk edilir ve alıcının üretim üzerinde kontrol. Ödeme, sözleşme maddelerinde belirtilen mutabık kalınan üretime dayanır. Sözleşmeye bağlı yükümlülükler, harmanlanmış enerji sözleşmesinin varyasyonlarında olduğu gibi zamana göre farklılaştırılabilir/profile edilebilir. Fiziksel olarak teslim edilen ve sözleşmeye bağlanan hacimler arasındaki herhangi bir sapma, piyasa varsa toptan piyasa fiyatından veya cezalar (tasfiye edilmiş zararlar için bir vekil) yoluyla çözülür. Satıcı hiçbir piyasa riski taşımaz. Ancak, kesinti piyasa kuralları veya şebeke kodları (açık veya kapalı olarak kısıtlanmış) yoluyla telafi edilir. Satıcının bir veya daha fazla yan hizmetten para kazanabileceği bir piyasa olmadığı sürece, yan hizmetlerin sağlanması muhtemelen aynı PPA'da enerji ile birlikte paketleneyecektir.

Term Sheet'in Hazırlanması

Bir iş modeli seçildikten sonra bir term sheet hazırlanabilir. Alıcı tarafından hazırlanan bu bağlayıcı olmayan belge, anlaşmanın ana şartlarını açıklar. Rekabetçi satın alma sürecinde iş şartlarının belirlenmesi için bir başlangıç noktası görevi görür.

Term sheet, PPA'nın taslağını hazırlamak için kullanılan anlaşmanın temel hüküm ve koşullarını ana hatlarıyla belirtir. Aşağıdaki kategorileri içerir:

- **Genel:** alıcı ve satıcı hakkında isim, adres gibi bilgileri içerir, ve iletişim bilgileri
- **Güneş Enerjisi ve Depolama:** Varlıkların tüm gereksinimleri ve spesifikasyonları karşıladığından emin olmak için gereken güneş enerjisi ve depolama varlıkları hakkında teknik yapılandırma ayrıntıları sağlar
- **Oranlar ve Limitler:** aşağıdakiler de dahil olmak üzere varlıklara uygulanan ücretleri ve limitleri kapsar sözleşmenin hüküm ve koşulları
- **Ödeme:** ödeme planı, ödeme koşulları ve cezalar da dahil olmak üzere ödeme tutarının nasıl hesaplanacağına ilişkin ayrıntıları içerir
- **Temerrüt:** uyuşmazlık çözümü ve fesih maddelerini tanımlar Ek B'de

iki bölümlü bir sözleşme için örnek bir şartname yer almaktadır.

Elektrik Satın Alma Sözleşmesinin Hazırlanması

PPA, güneş enerjisi artı depolama projesi tarafından üretilen elektriğin alım ve satımını düzenleyen yasal olarak bağlayıcı bir sözleşmedir. Ödeme koşullarını, teslimat yükümlülüklerini, sorumluluk dağılımını, fesih hükümlerini ve satın alma fiyatını içerir. Bağlayıcı ve uygulanabilir olmasını sağlamak için hukuk uzmanlarının PPA'yı hazırlaması gerekir. Bu rapor, KÖA hazırlanmasına ilişkin yasal rehberliği kapsamamaktadır. Ek C'de bir PPA şablonuna bağlantı verilmiştir.

iki bölümden oluşan ve term sheet ile tutarlı bir sözleşme. Gerçek kullanımda, şablon iş durumuna, sektöre ve ülke bağlamına göre değiştirilmelidir.

Dünya Bankası tarafından hazırlanan PPA şablonu, hükümet tarafından yürütülen rekabetçi bir ihale yoluyla satıcıya verilen bir depolama ile birlikte konumlandırılmış yeşil alan, şebekeye bağlı, tek sahali bir güneş PV santrali için hazırlanmıştır. Birçok gelişmekte olan ülkedeki yaygınlığı nedeniyle İngiliz hukukuna göre hazırlanmıştır. Yerel yönetim yasalarına uyacak şekilde özelleştirilmesi gerekecektir.

Şablon, yerleşik bir IPP geçmişinin olmadığını ve kamu kuruluşuna satış için bir alternatif bulunmadığını varsaymaktadır. Bu durum, bir PPA'ya duyulan temel ihtiyacı vurgulamaktadır.

Şablonda açıklanan senaryoda satıcı, alıcıya güneş enerjisi santrali tarafından üretilen tüm elektrik enerjisinin yanı sıra depolamanın mevcut tüm depolama kapasitesini (PPA'da "kompleks" olarak tanımlanmaktadır) satmayı ve teslim etmeyi amaçlamaktadır. Şablon, projenin depolamayı FV tesisinden üretilen elektrik enerjisiyle şarj edeceğini varsaymaktadır; ancak satıcı, depolamayı herhangi bir zamanda, şebekeyi kullanarak, alıcıya düzenlenmiş tarife üzerinden herhangi bir şarj enerjisi için ödeme yaparak şarj etme hakkına da sahiptir.

Şablon iki temel özellik içermektedir:

- Satıcı, tamamen sevk edilebilir bir temelde belirli sayıda saat enerji depolaması sağlar ve ücretlendirme kapasite ücreti oranında sağlar.

- Satıcı, güneş enerjisi santralinden üretilen enerjiyi alıcıya sağlar ve ücretlendirme enerji ücreti oranında yapılır.

Alıcı, satıcıya aşağıdaki ödemeleri yapar:

- Ölçülen PV tesisinin toplamına dayalı aylık bir enerji ödeme tutarı enerji ve üretilmiş sayılan enerji
- Bir önceki ay sağlanan mevcut depolama kapasitesinin veya varsa varsayılan depolama kapasitesinin toplamına dayalı aylık bir kapasite ödeme tutarı
- Vergi, faiz ve düzeltmeler; bağımsız mühendise ödenen masrafların yüzde 50'si; ve herhangi bir emanet aracısına veya akreditif açan bankaya ödenen ücretler

Alıcı, izin verilen programlı kesinti veya izin verilen programsız kesinti gerçekleşse bile mevcut depolama kapasitesi için satıcıya kapasite ücretini öder.

Satıcı, kompleksi ve ara bağlantı tesislerini tasarlar, inşa eder, kurar ve işletmeye alır. PPA şablonunda açıklanan kullanım durumu, ara bağlantı tesislerinin ticari faaliyetlerin başlamasından önce alıcıya teslim edildiğini varsayar.

Satıcı, yıllık, aylık ve haftalık planlı bakım programlarına göre kompleksin İşletme ve Bakımını üstlenmektedir.

Bu PPA şablonu bir başlangıç noktası olarak hizmet vermektedir. Her bir projenin özel gereksinimlerini ve koşullarını karşılayacak şekilde uyarlanması gerekir. İşlem danışmanları, teknik danışmanlar, hukuk müşavirleri ve diğer ilgili taraflar, taslak halinde bile olsa potansiyel teklif sahiplerine veya paydaşlara açıklanmadan önce yerel yasalara, yönetmeliklere ve piyasa koşullarına uygun olduğundan emin olmak için KÖA'yı gözden geçirmeli ve uyarlamalıdır.

Son Notlar

1. Bu çerçeve, güneş enerjisi ve BESS varlıklarının birlikte konumlandırıldığını varsaymaktadır. Varlıkları farklı yerlerde konumlandırmak mümkündür (sanal olarak tek bir ticari sözleşmeyle bağlantılı).
2. *Kesin enerji*, olumsuz koşullar altında bile taahhüt edilen süre boyunca her zaman mevcut olması garanti edilen gerçek enerjiyi ifade eder.
3. *Tam kontrol*, sınırsız yetki anlamına gelmez. Kontrol seviyesi, garantilerin geçerli ve sağlam kalmasını sağlamak için üreticiler ve entegratörler tarafından belirtilenler de dahil olmak üzere, taraflarca üzerinde anlaşmaya varılan teknik ve operasyonel sınırlamalara tabidir.
4. Her durumda, şebeke operatörünün sistemin en ekonomik ve güvenilir şekilde sevk edilmesini sağlamak için varlık sahiplerine talimatlar vereceği varsayılmaktadır (eğer varlıklar sevk edilebilir ise). Küçük güç sistemlerinde, kamu hizmeti hem alıcı hem de şebeke operatörü olarak ikili bir rol oynar ve bu da iki rolün çakıştığı anlamına gelir. Bu durumda, varlıkların belli bir düzeyde kontrol edilmesi her zaman beklenenecektir.
5. Sadece depolamaya yönelik projeler, hibritlerin katı tanımına uymadıkları için hariç tutulmuştur. Ancak Hindistan ve Güney Afrika gibi bazı ülkeler sadece depolama projelerini ihale etmeye başlamıştır. PV'ye büyük yatırım yapan diğer ülkeler

geçmişte sadece depolama projelerini ihale etmesi gerekebilir ve bu da sistem düzeyinde \sanal bir melez\ yaratır. Müşteri ülkelerin ilgisine bağlı olarak, Dünya Bankası gelecekte sadece depolama iş modellerini değerlendirebilir.

6. Bazen ücretlendirme varsayılan enerjiye (kısıntı yapılmıyaydı üretilecek olan enerji) dayanır.
7. Suudi Arabistan'daki Kızıldeniz Projesi'nde (\TRSP\)) planlanan ve ACWA Power tarafından uygulanan güç sistemi gibi diğer ticari PPA'lar, tek kapasiteli sözleşmenin atıf örnekleridir. Bu anlaşmalarda da tüm varlıklar (BESS, yedek termik jeneratör ve hatta güneş PV'si) kapasiteye göre ücretlendirilmektedir.
8. Kauai Adası Kamu Hizmeti Kooperatifi (KIUC) ile yapılan görüşmeler, başlangıçta satıcılara sevkiyat kontrollü tek fiyatlı PPA'lar uyguladığını, ancak bu PPA'ların önemli miktarda güneş enerjisi olduğunda güneş enerjisi kesintilerini ve şebeke kontrolünü önlemede etkisiz kaldığını ortaya koymuştur. Bu sorunu hafifletmek için KIUC, sistem ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak tam şebeke kontrolü ile yenilenebilir dağıtılabilir üretim modelini kullanan PPA' geçmiştir.
9. Güney Afrika'daki RMI4P Programı gibi, tarife belirleme sürecinin sabit varlıklarla ilgili sermaye geri kazanımı ve sabit İşletme ve Bakım için bir faktör içerdiği durumlar olabilir. Bu süreç, bir geliştiricinin tipik bir ihalede teklif fiyatını hesaplarken yapacağını taklit eder. Ancak bu maliyet unsuru bir kapasite ödemesi olarak yorumlanmamalıdır.
10. *Adalaşma*, bir elektrik şebekesinin bir bölümünün izole olduğu ve şebekenin geri kalanından bağımsız olarak elektrik üretmeye ve tüketmeye devam ettiği durumu ifade eder.
11. Çalışma, PPA'ların yeşil, gümüş, altın veya platin olarak sınıflandırılmasını önermektedir. Yeşil PPA'lar yıllık enerji eşleştirmesi için mevcut endüstri standartlarını karşılamaktadır. Güneş enerjisi ile desteklendiklerinde potansiyel olarak %40\50, rüzgar enerjisi ile desteklendiklerinde ise %60\70 oranında karbonsuzlaştırma sağlarlar. Gümüş PPA'lar %80, altın %90 ve platin %100'e yakın dekarbonizasyon sağlar. Çalışma, artan yeşillik seviyelerine ulaşmanın çok pahalı hale geldiğini göstermektedir. Kaliforniya şebekesi için 2025 yılında yapılan bir hesaplama, seviyelendirilmiş elektrik maliyetinin (LCOE) (yenilenebilir enerji ve depolama birlikte) gümüş PPA'lar için 69 \$/MWh'den platin PPA'lar için 119 \$/MWh'ye yükseleceğini öngörmektedir. Bu 50 \$/MWh'lik farkın, teknoloji, ölçek ekonomileri ve tedarik zinciri verimliliğindeki bir sonucu olarak 2040 yılına kadar 26 \$/MWh'ye düşeceği öngörülmektedir.
12. Lawrence Berkley Ulusal Laboratuvarı, güneş PV ve BESS alt bileşenlerinin birlikte konumlandırıldığı ve koordineli olarak çalıştırıldığı bir sistemi \tamamen hibrit\ düzenleme olarak adlandırmaktadır.
13. Bu rapor, PPA ile ilişkili tüm riskleri kapsamamaktadır. Hibrit güneş enerjisi artı depolama projelerine özgü risklere .



DÖRT PROCUREMENT

Bu bölüm, IPP'ye ait güneş enerjisi artı depolama projeleri için rekabetçi ihale yaklaşımlarını gözden geçirmektedir. Tedarik sürecinin tasarımı etkileyen depolamaya özgü birkaç husus incelenmektedir.¹ Bu raporda açıklanan iş modellerinin her biri altında güneş enerjisi artı depolama projeleri tarafından sağlanan enerji ve kapasite hizmetlerinin fiyatlarını değerlendirmek basit bir yaklaşım tanımlanmakta ve bağlantılı tedarik stratejileri önerilmektedir.

her birine.

Uzun vadeli PPA'lara yol açan ihaleler, yenilenebilir enerji projelerinin uygun fiyatlı finansman sağlamasına ve küresel olarak rekabetçi elektrik tarifelerine ulaşmasına olanak sağlamıştır. 100'den fazla ülke, yenilenebilir enerjiyi teknolojiden bağımsız tedarik yöntemlerinde özel kaynaklar olarak tedarik etmek için ihaleleri kullanmaktadır (IRENA 2019).

Birçok PPA ve ihale yöntemi benimsenmiştir. Son 10 yılda güneş enerjisi PV ihaleleri üzerine biriken kapsamlı bilgi birikimi, güneş enerjisi artı depolama PPA'larına uygulanabilir.

Güneş enerjisi artı depolama PPA'ları, enerji (MWh), kapasite (MW) ve yan hizmetler içerdiğinden, tek başına yenilenebilir enerji ihalesi yapmaktan daha zordur. Buna karşılık, tipik bir yenilenebilir enerji PPA'sı tek bir ürün (enerji) içerir ve buna kapasite veya yan hizmetler eklenmez.

2015 yılından bu yana, çoğu ülke açık ihale ortamında rekabetçi IPP seçim uygulamalarına geçmiştir ve bu da tarife garantisi (FiT) politikalarına kıyasla çok rekabetçi tarifelerle sonuçlanmıştır. 2021 itibarıyla Vietnam, Kenya ve Moğolistan'da FiT fiyatları kilovat saat başına sırasıyla 0,0935\$, 0,120\$ ve 0,150\$'dir. 2019 yılında, rekabetçi seçim kapsamında, Tunus, Etiyopya, Zambiya ve Filipinler kilovat saat başına sırasıyla 0,0244 \$, 0,0256 \$, 0,03900 \$ ve 0,0450 \$ PPA fiyatları açıklamıştır (GCF 2023). FiT, talep edilmeyen projeler ve iki taraflı müzakere edilen anlaşmalar gibi rekabetçi olmayan tedarik yöntemleri, güneş enerjisi artı depolama projeleri için önerilmemektedir.

Rekabetçi tedarik süreci için uygulayıcıların iki seçeneği vardır. Bunlardan ilki, fiyat ve fiyat dışı faktörlere dayalı rekabetçi tekliflerdir. Fiyat dışı faktörler arasında teklif sahibinin deneyimi ve mali durumu; proje tasarımının kalitesi; projenin çevresel etkisi, sosyal faydaları, istihdam yaratma ve diğer faktörler yer alabilir. Teklif sahipleri sundukları teknik çözümler konusunda serbesttir. Seçim, ihale dokümanlarında tanımlanan faktörler ve ağırlıklara dayalı parametrik bir formüle dayanmaktadır.

Bu yaklaşımla ilgili sorun, projelerin büyük farklılıklar gösterebilmesidir. Ağırlıkların belirlenmesi öznel olduğu için alıcıların projeleri karşılaştırması zordur. Temel değerlendirme kriterleri, potansiyel proje geliştiricisinin teknik becerileri ve mali kapasitesi olmalıdır. Dikkate alınması gereken diğer hususlar arasında çevresel ve toplumsal kaygılar yer almaktadır.

İkinci seçenek, ihalenin yalnızca kesin sunan ön yeterlilik sahibi teklif sahiplerinin sunduğu fiyata dayandığı bir açık artırmadır. Güneş, rüzgar, biyokütle ve bazı durumlarda hidroelektrik santralleri için PPA alımlarının çoğu ihalelere dayanmaktadır.²

Açık artırma, çok iyi tanımlanmış bir ürün gerektirir. Güneş-artı-depolama PPA hüküm ve koşulları ihaleden önce net bir şekilde tanımlanmalıdır. Tanımlandıktan sonra, güneş artı depolama

KÖA tüm teklif sahipleri için standart bir belge haline gelir.³ Teklif sahibi seçildikten ve KÖA imzalandıktan sonra pazarlığa yer olmamalıdır.

Bazı iş modellerinde, özellikle alıcının aynı zamanda sistem operatörü olduğu durumlarda, PPA sadece enerji gereksinimlerini değil aynı zamanda sağlanması gereken yan hizmetleri de belirtmelidir. İki parçalı PPA'larda veya tamamen sevk edilebilir PPA'larda alıcı, depolama veya güneş enerjisi artı depolama varlıkları için sabit bir ödeme yapar ve diğerlerinin yanı sıra kapasite, işletme rezervleri ve frekans/voltaj kontrolü gibi farklı istiflenmiş hizmet kombinasyonlarını sağlamak için varlıklardan en iyi şekilde hakkına sahiptir. Her bir hizmet için kullanım yoğunluğu, varlıkların bütünlüğünü koruyacak ve herhangi bir garanti maddesini ihlal etmeyecek şekilde işletme sözleşmesine bağlıdır.

Karma PPA'lar gibi diğer iş modellerinde ve daha sofistike sistemlerde, yan hizmetlerin sağlanması PPA'nın kapsamı altında değildir, ancak şebeke kodu veya ara bağlantı anlaşması ile düzenlenir. Bazı durumlarda, varlık sahibi bu hizmetleri kapasite veya yan hizmetler piyasasında potansiyel olarak ticarete konu edebilir. Dünya Bankası'nın müşterisi olan ülkelerde ticaret nadiren mümkündür, ancak daha sofistike enerji piyasalarında gerçekleşmiştir.

Yan hizmetlerin sağlanması nasıl ele alınırsa alınsın, PPA, iş modeli ve düzenlemelerin depolama sistemine yapılan yatırımları son kullanıcı için daha uygun maliyetli hale getirmek için istiflenmiş faydaların en üst düzeye çıkarılmasını sağlaması önemlidir.

İş Modeline Göre Açık Artırma Türleri

Açık artırmanın tasarımı kullanılan iş modeline bağlıdır (Tablo 4.1).

TABLO 4.1

İş Modeline Göre İhale Türü ve Birincil Seçim Kriterleri

MODEL	AÇIK ARTIRMA TÜRÜ	BİRİNCİL SEÇİM KRİTERİ
İki Bölümlü Sözleşme	Enerji ve kapasite için ayrı teklifler (aynı müzayede)	En düşük seviyelendirilmiş enerji maliyeti (\$/MWh)
Tek Kapasiteli Sözleşme	Verilen PV ve depolama kapasitesi için teklif	Ortak için en düşük teklif (\$/MW/ay) kapasite
Karma Enerji Sözleşmesi	MWh başına fiyat teklifi (verilen sıklık seviyesi için)	En düşük teklif (\$/MWh)
Zamana Göre Farklılaştırılmış Fiyatlarla Karma Enerji Sözleşmesi (varyasyon 1)	Zaman blokları için farklı teklifler (\$/MWh) veya yoğun saatler için bir teklif ve yoğun olmayan saatler için sabit bir tarife	Sistem için en düşük maliyet veya en düşük (\$/MWh) veya hesaplanan en düşük tarife
7/24 Kesin Güç Kaynağı ile Karma Enerji Sözleşmesi (varyasyon 2)	Tipik olarak teknolojiyen bağımsız teklif (bir sıklık seviyesi verildiğinde)	En düşük seviyelendirilmiş enerji maliyeti (\$/MWh)

İki Parçalı Sözleşme (PV Artı Depolama)

İki parçalı bir sözleşmede, iki ürün - enerji (PV'den) ve kapasite (depolamadan) - aynı anda açık artırmaya çıkarılır. Teklif sahipleri her ürün için bir fiyat sunar.

Açık artırma süreci için iki olası yaklaşım vardır. İlkinde, her teklif sahibi teklif için tüm güneş enerjisi ve depolama kapasitesini sağlar. Bu durumda, kazanan tek bir teklif olacaktır. İkinci seçenekte, teklif sahiplerinin aşağıdaki megavatlar için teklif vermelerine izin verilir

Sözleşmeye bağlanacak toplam PV ve depolama miktarına kadar PV ve depolama. Bu durumda birden fazla kazanan olabilir.

İlk durum daha basittir. Sözleşmelerin imzalanması, enerji ve depolamanın birleştirilmiş en düşük seviyelendirilmiş maliyetine dayanmaktadır. İkinci durum ise daha karmaşıktır; güneş enerjisi, depolama ve fiyat tekliflerinin farklı kombinasyonlarına izin verir ve ödül, güç sistemi için en düşük maliyetle sonuçlanan kombinasyona dayanır. Bu basit optimizasyon süreci, güneş enerjisi ve depolama için farklı teklif sahiplerinin ortaya çıkmasına neden olabilir ki bu kabul edilebilir bir sonuç olmayabilir. Bu konuların ihale tasarımının ilk aşamalarında dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tek Kapasiteli Sözleşme

Tekli kapasite sözleşmesi iş modeli kapsamında yalnızca tek bir ürün -ortak güneş PV ve depolama kapasitesi- ihale edildiğinden, açık artırma yaklaşımı doğrudan ve nispeten basittir. Kapasiteye dayalıdır, ancak ihale düzenleyicisinin teklifleri karşılaştırılabilir kılmak için istenen güneş PV ve depolama kaynakları oranını tanımlaması gerekir.

Karma Enerji Sözleşmesi

Karma enerji sözleşmesi iş modelinde yalnızca tek bir ürün (karma \$/MWh) ihale edildiğinden, açık artırma basit ve doğrudan gerçekleşmektedir. Tek kapasiteli modelde olduğu gibi, tekliflerin karşılaştırılabilir olması için ihale düzenleyicisinin istenen güneş PV ve depolama kaynakları oranını tanımlaması gerekmektedir.

Bu modelin iki varyasyonu için özel hususlar geçerlidir. Zamana göre farklılaştırılmış tarifeler için ihale tasarımı daha zordur çünkü en az iki ürün (yoğun ve yoğun olmayan elektrik) ihale edilir. Teklif sahibi her bir için fiyat sunmalıdır.

İki ürün açık artırmaya çıkarıldığında bir ihalenin sonuçlandırılması için çeşitli seçenekler bulunmaktadır:

- Kolombiya'da teklif sahipleri bir veya daha fazla ürün (puant ve/veya puan dışı enerji) teklif edebilirler. Teklifler, ihale için en iyi fiyat/miktar kombinasyonunu sunan teklif sahiplerini seçen açık artırma düzenleyicisi tarafından çalıştırılan bir optimizasyon algoritmasının sonuçlarına göre sıralanır.

Kolombiya'daki açık artırma bir depolamayı içermiyordu, ancak bu durum birden fazla ürüne yönelik açık artırmalar için başarılı bir örnek teşkil etmektedir.

- Şili, depolamanın isteğe bağlı olduğu benzer bir ihale yaklaşımı kullanmıştır.
- Hindistan'daki teklif sahipleri her iki ürünü de sunmak zorundadır. Yoğun saatlerde enerji tedarik etmek için depolama sağlamalıdır. Pik dışı enerji önceden belirlenmiş sabit bir oranda fiyatlandırılır ve teklif sahipleri tekliflerini pik enerji fiyatları üzerinden verirler. En düşük ağırlıklı ortalama fiyat teklifini veren ihaleyi kazanır.

7/24 kesin güç tedariki ile karma enerji sözleşmesinde sadece bir ürün (MWh) ihale edilir. Bu nedenle açık artırma doğrudan ve basit olabilir.

Açık Artırma Tasarımının Mekaniği

Uygulayıcıların ihaleleri tasarlarlarken önemli seçimler yapması gerekmektedir. Açık artırma tasarımının ilk aşamalarında dikkate alınması gereken üç seçenek arasında aşağıdakiler yer almaktadır ve bunların tümü hem sadece güneş enerjisi hem de hibrit güneş enerjisi-artı-depolama projelerinin açık artırmada kullanılmıştır:

1. **İlk Fiyat Mühürlü Teklif.** Teklif sahipleri fiyatlarını kapalı bir zarf içinde sunarlar. En düşük fiyatı veren teklif sahibi kazanır. Sürecin bir parçası olarak teklif sahiplerinin fiyatlarını açıklamaları veya gözden geçirmeleri mümkün değildir. Basitliği nedeniyle bu mekanizma, bu raporda incelenen seçenekler arasında tercih edilen yöntemdir.
2. **Dinamik Ters Açık Artırma.** Teklif sahipleri, tekliflerini aşağıdaki şekilde revize etme fırsatına sahiptir diğer teklif sahiplerinin ne kadar teklif verdiğini öğrenir. Teklif sahiplerinin diğer teklif sahiplerinin verdiği fiyatları öğrendikçe daha düşük fiyatlar teklif etme olasılığı artar, çünkü bu mekanizma en düşük fiyatı veren teklif sahibinin kazandığı ancak teklifinin en düşük ikinci teklif sahibinden önemli ölçüde daha düşük olduğu "kazananın laneti" potansiyelini sınırlar. Hindistan, sadece güneş enerjisi ve güneş enerjisi artı depolama PPA'ları için birden fazla ihale sürecinde tersine ihaleleri kullanmıştır. Tek bir ürünü (MWh veya MW) içeren ihalelerde, teklif verme ve ihale sürecinin karmaşıklığını artırmak zorunda kalmadan dinamik tasarımlar benimsenebilir.
3. **Tekdüze ve Ayrımcı Fiyat İhaleleri.** Tek tip fiyat ihalelerinde, tüm kazananlar teklif sahipleri tek bir fiyat alır. Ayrımcı (veya teklif kadar ödeme) ihalelerde, kazanan teklif sahipleri her bir teklifin fiyatını alır. Tek tip fiyatlar, özellikle de tersine açık artırmalar kullanılıyorsa daha yaygındır.

Tablo 4.2'de rekabetçi ihalelerin seçilmiş sonuçları listelenmektedir. Tabloda "fiyat eklentisi" adı verilen ve güneş enerjisi artı depolama projesinin yalnızca PV çözümüne kıyasla ek fiyatını temsil eden bir parametre yer almaktadır. Fiyat eklentisi depolama kapasitesinin süresine bağlıdır.

TABLO 4.2

İş Modeline Göre Rekabetçi Alımların Seçilmiş Sonuçları

İŞ MODELİ	KULLANIM DURUMU	TEKNOLOJİ	FİYAT EKLENTİSİ
İki Bölümlü Sözleşme	Nevada, Amerika Birleşik Devletleri (2018): Aşağıdakiler de dahil olmak üzere toplam 1.000 MW kapasiteli altı yenilenebilir enerji projesi 100 MW depolama (400 MWh)	PV artı depolama	Kapasitenin depolama maliyeti, 6.110 ila 7.760 \$/MW/ay arasında değişmektedir
Tek Kapasiteli Sözleşme	Hawai'i, Amerika Birleşik Devletleri (2021): Barbers Point (yeniden ihale edilecek) ve Kahana solar olmak üzere iki proje. Toplam 35 MW PV, dört saatlik (140 MWh) depolama	PV artı depolama	Sözleşme fiyatına ilişkin bilgi mevcut değildir.
Harmanlanmış Enerji Sözleşme	Hawai'i, Amerika Birleşik Devletleri (2019): 255 MW güneş enerjisi ve 1.055 MWh dört saatlik batarya enerji depolama; 80-90 \$/MWh depolamalı PV için seçilen teklifler	PV artı depolama	40-50 \$/MWh (dört saatlik depolama)
	Fas (2019): 800 MW CSP-PV Noor Midelt, gün batımından sonraki beş saat boyunca 71 \$/MWh pik saat fiyatıyla sevk edilebilir güneş enerjisi sağlayacak	Hibrit CSP artı PV	47 \$/MWh
Zamana Göre Farklılaştırılmış Fiyatlarla Karma Enerji Sözleşmesi	Hindistan (2020): 6 saatlik dönem için 86 \$/MWh'den pik saatler için 600 MW sabit güç ve 11 saatlik dönem için 96 \$/MWh' 300 MW sabit güç; sabit fiyattan ödenen pik dışı güç 40 \$/MWh	Yenilenebilir enerji (PV ve rüzgar) ve depolama	61 \$/MWh (pik, altı saat). 71 MWh (pik, 11 saatlik dönem) (yalnızca PV projesi 25 \$/MWh)
	RMI4P Güney Afrika (2021): Yaklaşık 800 MW hibrit proje.	PV artı ESS ve küçük dizel (225 MW)	Ortalama 65,2 \$/MWh
		PV artı depolama, Rüzgar ve küçük dizel (203 MW)	Ortalama 73,4 \$/MWh
		Yalnızca PV artı depolama (150 MW)	90 \$/MWh (Tüm rakamlar sadece PV maliyetinin 25 \$/MWh olduğunu varsaymaktadır)
7/24 Kesin Güç Kaynağı ile Karma Enerji Sözleşmesi	RTC II Hindistan (2020): 2,5 GW; %80 ortalama garantili kapasite kullanımı için 40-42 \$/MW fiyatlar	Yenilenebilir enerji artı depolama artı termal üretim	73\$-25\$ = 48\$/MWh (sadece PV projesinin 25\$/MWh olduğu varsayılmaktadır)
	Kurumsal Yeşil PPA'lar (Amerika Birleşik Devletleri): Yeşil PPA ile ortalama toptan satış piyasa fiyatı arasındaki fark olarak tanımlanan, farklı yeşillik seviyelerine sahip sanal kurumsal PPA'ların maliyet hesaplaması (LDES ve McKinsey tarafından)	Yenilenebilir enerji artı uzun süreli enerji depolama	80 yeşil için 18 \$/MWh, 90 yeşil için 27 \$/MWh ve 100 yeşil PPA için 34 \$/MWh (sadece yenilenebilir enerji PPA'sı ile karşılaştırıldığında daha yüksek rakamlar)

Son Notlar

1. Yenilenebilir enerji ve hibrit tedarik yöntemleri ve ihale tasarımlarına ilişkin bir tartışma için Elizondo ve Barroso (2021) ve Maurer ve diğerlerine (2020) bakınız.
2. Güney Afrika gibi bazı ülkelerde yasalar fiyat dışı faktörlerin de dahil edilmesini zorunlu kılmaktadır. Çoğu teklif sahibi gereklilikleri karşıladığından, süreç fiilen bir açık artırmaya dönüşür.

3. Potansiyel teklif sahiplerinden taslak PPA'ya ve taslak ihale belgelerine girdi sağlamalarını istemek süreci zenginleştirir ve finanse edilebilirliği etkileyen sorunları belirleyebilir. Süreç şeffaf olmalı ve sorular satın alma ekibine yöneltilmelidir. Sorular ve cevaplar rekabetçi süreç başlamadan önce tüm katılımcılarla paylaşılmalıdır. Bazı ülkeler, KÖİ, ihale metodolojisi ve genel olarak ihale dokümanları hakkında girdi toplamak için halka açık oturumlar veya kamu istişareleri gibi resmi süreçler oluşturmaktadır.





BEŞ SONUÇLAR

Küresel bir enerji paradigması değişimi yaşanıyor. Hem teknolojiadaki değişiklikler hem de daha temiz, daha verimli enerji üretimi ve tüketimine duyulan ihtiyacın giderek daha fazla kabul görmesi sayesinde, dünyanın dört bir yanındaki ülkeler fosil yakıtları yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştiriyor.

, nüfuslarının geniş kesimlerine ilk kez modern enerji kaynakları getiriyor.

Güneş enerjisini kullanmak insanların, özellikle de yoksul insanların yaşamlarını iyileştirebilir; ekonomik büyümeyi teşvik edebilir ve küresel iklim değişikliğinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Değişken kaynakların kesintili olması, istikrarlı ve güvenilir bir güç kaynağının sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Güneş enerjisinin bu özelliği, özellikle Sahra Altı Afrika ve SIDS gibi küçük ve zayıf güç sistemlerine sahip bölgelerde cazibesini azaltmaktadır.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri, güneş enerjisi kaynaklarını, üretimin yüksek olduğu dönemlerde üretilen fazla gücü, üretimin düşük olduğu zamanlarda kullanmak üzere depolamayla birleştirerek değişkenlik sorununu ele almaktadır. Gücün depolanabilmesi, yenilenebilir enerjiye dayalı sistemlerin cazibesini büyük ölçüde artırmaktadır.

Termik santraller her an elektrik üretebilir, ancak işletilmeleri pahalıdır. Fosil yakıtları ithal etmenin yüksek maliyeti, gelişmekte olan ülkelerin kamu maliyelerini zorlamakta ve açıklarını artırmaktadır.

Güneş enerjisi artı depolama projeleri çok daha düşük işletme maliyetlerine ve termal sistemlere göre çeşitli teknik avantajlara sahiptir. Senkronize kalmak için sürekli yakıt yakan termik jeneratörlerin aksine, güneş enerjisi artı depolama projelerinin minimum yük gereksinimi yoktur ve bu da operasyonel esnekliklerini artırır. Aktif olarak güç üretmedikleri zamanlarda bile şebeke senkronizasyonunu korurlar. Güneş artı depolama projeleri ayrıca hızlı başlatma sürelerine sahiptir, Bu sayede yakıt yakmadan talep ve frekans dalgalanmalarına anında yanıt verebilirler ve tüm çıkış seviyelerinde tutarlı verimlilik sağlarlar. Depolama tesisleri aynı zamanda şebekeye frekans düzenleme ve voltaj kontrolü gibi diğer yan hizmetler de sağlayarak elektrik şebekesinin istikrarını ve güvenilirliğini artırabilir. Güneş enerjisi artı depolama projelerinin sağladığı önemli yakıt tasarrufu ve ithalata bağımlılığı azaltmaları, şebekeye sağladıkları yan hizmetler ve çevre üzerindeki çok daha düşük etkileri, bu tür sistemlerin satışlarının neden arttığını açıklamaktadır.

Bu rapor, güneş enerjisi artı depolama sistemlerine geçiş için kullanılabilecek üç ana iş modelini açıklamaktadır. Özel sermayenin kilidini açan, risklerin IPP'ler ve kamu hizmetleri tarafından paylaşılmasına izin veren ve kaynak verimliliğini ve etkinliğini teşvik eden IPP'ye ait bir modele odaklanmaktadır.

Güneş enerjisi artı depolama sisteminin benimsenmesini ve yaygınlaştırılmasını kolaylaştırmak için önerilen çerçeve dört aşamadan oluşmaktadır (bkz. Şekil 3.1):

- Genel sistem planlaması
- Güneş enerjisi artı depolama projesi potansiyelinin tanımlanması ve değerlendirilmesi
- Potansiyel iş modellerinin değerlendirilmesi
- Üç iş modelinden en uygun olanının seçilmesi ve uygulanması
tarif edildi

Bu çerçeve, Dünya Bankası'nın SRMI çerçevesinde özetlenen riskten arındırma ve entegre planlama yaklaşımının yanı sıra Dünya Bankası'nın Enerji Depolama Programı ve Ortaklığı üzerine inşa edilmiştir.

Şekil 4.2'de gösterilen karar ağacı, uygulayıcıların piyasalarındaki koşullara göre en uygun iş modelini ve risk tahsis planını seçmelerine yardımcı olmaktadır.

Raporda ayrıca, açık artırmaların tasarımı da dahil olmak üzere güneş enerjisi artı depolama PPA'larının rekabetçi tedariki açıklanmakta ve bir şartname ve PPA şablonu sunulmaktadır. Her ikisi de uygulayıcılar için faydalı başlangıç noktalarıdır ve uygulayıcılar bunları yerel bağlamlara göre özelleştirip uyarlayabilirler.

Dizel, ağır fuel oil ve termik üretime bağımlılık, gelişmekte olan ülkelerde mali açıklara ve borç sıkıntısına katkıda bulunmaktadır. Hibrit güneş enerjisi artı depolama çözümleri, birçok gelişmekte olan ülkenin karşı karşıya olduğu kırılganlık ve yakıt bağımlılığı kısır döngüsünü kırmasına yardımcı olabilecek teknik olarak uygulanabilir ve ekonomik olarak cazip bir değer önerisi sunmaktadır.

Bu raporda sunulan bilgi kaynakları, güneş enerjisi artı depolama uygulamalarında başarılı ve başarısız olan projelerle ilgili uluslararası deneyimlere dayanmaktadır. Bu sistemlerle ilgili deneyimler arttıkça ve teknolojiler olgunlaştıkça, yeni uygulamaların ve iş modellerinin gelişmesi ve ortaya çıkması beklenmektedir. Bu nedenle uygulayıcıların, seçimlerinin hem en son teknolojiyi hem de kendi pazarlarının bağlamını, ihtiyaçlarını ve diğer gerekliliklerini yansıttığından emin olmak için ilgili profesyonellere, danışmanlara ve işlem danışmanlarına danışmaları gerekmektedir.

Referanslar

- ADB (Afrika Kalkınma Bankası). 2021. *Güney Afrika: Eskom Dağıtılmış Batarya Enerji Depolama Projesi*. Proje Değerlendirme Raporu. Abidjan.
- Bakovic, T., B. Tenenbaum, ve F. Woolf. 2003. *Sözleşme ile Düzenleme: Elektrik Dağıtımını Özelleştirmenin Yeni Bir Yolu mu?* Dünya Bankası, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/80f5eb94-0330-5f32-8fd8-6084b8abc45a>
- BloombergNEF. 2023. *1Y 2023 Enerji Depolama Piyasası Görünümü*.
- Bolinger, Mark, Joachim Seel, Cody Warner ve Dana Robson. 2022. *Kamu Hizmeti Ölçeğinde Güneş Enerjisi*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı. <https://emp.lbl.gov/utility-scale-solar/>.
- Bolinger, Mark, Will Gorman, Joe Rand, Ryan Wiser, Seongeun Jeong, Joachim Seel ve Cody Warner. 2022. *Hibrit Enerji Santralleri: İşletmedeki ve Önerilen Tesislerin Durumu*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory. https://emp.lbl.gov/sites/default/files/hybrid_plant_tracking_2022_0.pdf.
- Denholm, Paul, Jacob Nunemaker, Pieter Gagnon ve Wesley Cole. 2019. *Amerika Birleşik Devletleri'nde Puant Kapasite Sağlamak için Batarya Enerji Depolama Potansiyeli*. NREL/TP-6A20- 74184. Golden, CO: Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/74184.pdf>.
- Elizondo, G. ve L. Barroso. 2021. *Yenilenebilir Enerjinin Gelişimini Teşvik Etmek İçin Politika Araçlarının Tasarımı ve Performansı: Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkelerde Ortaya Çıkan Deneyimler*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- ESMAP (Enerji Sektörü Yönetimi Destek Programı). 2019. *Maldivler için Enerji Depolama Yol Haritası*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://documents1.worldbank.org/curated/tr/340311572621106332/pdf/Executive-Summary.pdf>.
- . 2020. *Gelişmekte Olan Ülkelerde Güç Sistemleri için Depolamanın Yaygınlaştırılması: Politika ve Düzenleyici Hususlar*. © Dünya Bankası. Lisans: CC BY 3.0 IGO, Washington DC: Dünya Bankası. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34400>.
- Gamarra, Sanchez, Pedro Emilio Akitani, Elise Massan ve Stephen Nash. 2023. *Kamu-Özel Sektör Ortaklığı Yapıları Altında Batarya Enerji Depolama Sistemlerinin Uygulanmasına Kılavuz*. Washington, DC: Dünya Bankası. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099536501202316060/IDU0edcfc32c0825f040f509c0b0bbf49294e569>.
- GCF (Yeşil İklim Fonu Teklifi). 2023. *FP163: Sürdürülebilir Yenilenebilir Enerji Risk Azaltma Girişimi (SRMI) Tesisi Çoklu Ülkeler*. Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası ve Uluslararası Kalkınma Derneği. Washington, DC. <https://www.greenclimate.fund/project/fp163#documents>.
- Küresel Petrol Fiyatları. 2023. *Perakende Enerji Fiyat Verileri*. <https://www.globalpetrolprices.com/>. Erişim tarihi 6 Şubat 2023.
- Hawai'iian Electric. 2023. *Yenilenebilir Proje Durum Panosu: Temiz Enerji Portföyümüz*. <https://www.hawaiianelectric.com/clean-energy-hawaii/our-clean-energy-portfolio/renewable-project-status-board>.
- IEA (Uluslararası Enerji Ajansı). 2022. *Dünya Enerji Görünümü*. Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.

- Hindistan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı. 2023. "Temiz Enerjinin Teşviki: Hindistan Ekonomisinin Yeşil Enerjiyle Güçlenen Bir Ekonomiye Geçişini Hızlandırmak için Hükümet Tarafından Atılan Önemli Adımlar -Birlik Enerji ve NRE Bakanı." Basın açıklaması, 16 Mart. <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1907698>.
- Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü ve JMK Research & Analytics. 2020. *Hindistan'da Şebeke Ölçeğinde Enerji Depolama* renewable-sector-published-reports/evolution-of-grid-scale-energy-storage-system-Sistemi İhalelerinin Gelişimi. <https://jmkresearch.com/tenders-in-india/>.
- IRENA (Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı). 2019. *Yenilenebilir Enerji İhaleleri: Fiyatın Ötesinde Durum ve Eğilimler*. Masdar City, Birleşik Arap Emirlikleri. www.irena.org/publications/2019/Dec/Renewable-energy-auctions-Status-and-trends-beyond-price.
- Kabir Al Mamun, ve F.R. Islam. 2017. "Ada Ülkeleri için PESTLE ve SWOT Analizleri Işığında Yenilenebilir Enerji Uygulama Olanakları ve Zorlukları." *Ada Ülkeleri için Akıllı Enerji Şebekesi Tasarımı* içinde, 1-19.
- Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı. 2022. *Hibrit Enerji Santralleri: İşletim Durumu ve Önerilen Tesisler*. Berkeley, CA. https://emp.lbl.gov/sites/default/files/hybrid_plant_tracking_2022_0.pdf.
- LDES Konseyi ve McKinsey & Co. 2021. *Net-Sıfır Güç: Yenilenebilir Bir Şebeke için Uzun Süreli Enerji Depolama*. <http://ldescouncil.com/assets/pdf/LDES-brochure-F3-HighRes.pdf>.
- 2022. *A Path towards Full Grid Decarbonization wWith 24/7 Clean Power Purchase Agreements*. http://ldescouncil.com/assets/pdf/2205_ldes-report_247-ppas.pdf.
- Maldivler Enerji Kurumu. 2019. *Ada Elektrik Veri Kitabı*. <http://www.environment.gov.mv/v2/wp-content/files/publications/20201123-pub-island-electricity-databook-2019.pdf>.
- MASEN (Fas Sürdürülebilir Enerji Ajansı). 2022. *Noor Midelt I*. <https://www.masen.ma/tr/projects/noor-midelt-i>.
- Maurer, Luiz, Patrick Doyle, Eric Hyman, Loretta Bauer ve Pablo Torres. 2020. *Politikalar, Düzenlemeler ve Yenilenebilir Enerji İhaleleri Yoluyla Batarya Enerji Depolama Sistemleri için Eşit Bir Oyun Alanı Yaratmak*. Crown Agents USA ve Abt Associates tarafından USAID için hazırlanan rapor, Washington, DC.
- Maurer, L. ve Barroso, L. Elektrik ihaleleri: etkin uygulamalara genel bir bakış Dünya Bankası. 2020. <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/114141468265789259/electricity-auctions-an-overview-of-efficient-practices> NTPC (National Thermal Power Corporation). 2022. "Yenilenebilir Enerji İhalesi. ISTS Bağlantılı 500 MWh ile 3.000 MWh Enerji Depolama Çözümleri için Geliştirici (Min) Kapasite." <https://ntpctender.ntpc.co.in/NITDetails/NITs/23962>.
- Güney Afrika Cumhuriyeti. 2022. *Güney Afrika'da Risk Azaltma Bağımsız Enerji Üreticisi Tedarik Programı (RMIPPPP)*. Maden Kaynakları ve Enerji Bakanlığı, Pretoria. <https://www.ipp-rm.co.za/>.
- Scatec. 2022. "Scatec, Finansal Kapanışa Ulaştıktan Sonra Güney Afrika'da Güneş Enerjisi ve Batarya Projesinin İnşaatına Başlıyor." Temmuz 19. <https://scatec.com/2022/07/19/scatec-is-starting-construction-of-solar-and-battery-project-in-south-africa-after-reaching-financial-close/>.
- Hindistan Güneş Enerjisi Kurumu (SECI). 2020. *2 MW/1 MWh BESS Sistemli 4 MW Şebeke Bağlantılı Yüzer Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulumu için Güneş Enerjisi Geliştiricilerinin Seçimi*

- Kalpong Barajı, Diglipur, Kuzey Andaman*'<https://www.seci.co.in/view/publish/tender/details?tenderid=53454349303030303238>.
- . 2021. *Saat Başı Güç Temini (RTC-II) için YE olmayan projeler veya depolama ile tamamlanan 2500 MW ISTS bağlantılı YE Projelerinin seçimi*. [seci.co.in/ Upload/New/637786551697320481.pdf](https://www.seci.co.in/Upload/New/637786551697320481.pdf).
- . 2022b. *İhale Detayları: Pik Güç 1200 MW Sonuçlar*. <https://www.seci.co.in/view/publish/tender/details?tenderid=53454349303030303930>.
- . 2022a. *Tarife Bazlı Küresel Rekabetçi İhale (ESS-I) kapsamında Hindistan'da 500 MW/1.000 MWh Bağımsız Batarya Enerji Depolama Sistemleri Pilot Projelerinin Kurulması için Seçim Talebi (RfS) Belgesi*. <https://www.seci.co.in/view/publish/tender/details?tenderid=53454349303030303639>.
- . 2022c. *İhale Detayları: Hindistan'da başka herhangi bir kaynaktan veya depolamadan elde edilen Güç ile tamamlanan YE Projelerinden 2250 MW RTC Güç Temini için RfS (RTC-III)*. <https://www.seci.co.in/view/publish/tender/details?tenderid=53454349303030303835>.
- Dünya Bankası. 2022. *Sürdürülebilir Güneş, Rüzgar ve Jeotermal için Emin Bir Yol*. Sustainable Renewables Risk Mitigation Initiatives, Washington, DC. https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/SRMI_Guidelines_Solar-Wind-Geothermal_vF.pdf.
- . 2023a. *Yenilenebilir Enerji Alanında Sürdürülebilir Özel Yatırımların Hızlandırılması Projesi (ASPIRE)*. Maldivler. <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P145482>.
- . 2023b. *Scaling Up to Phase Down: Financing Energy Transitions in the Power Sector*. Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/d0c0c6a2-f331-4bb9-b9d1-638d1f039e7d/content>.

EK A

Seçilmiş İş Modellerinin Avantaj ve Dezavantajları

Bu raporda açıklanan iş modellerinin her birinin avantajları ve dezavantajları vardır.

İki Bölümlü Sözleşme

İki parçalı sözleşmenin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Bu model, hükümetin özel sektörün hem PV hem de depolama varlıklarına ortaklaşa sahip olmasını, geliştirmesini ve finanse etmesini istediği durumlarda uygundur. Güneş enerjisi artı depolama projesinin tamamını finanse etmek için özel sermaye çekilebilir.
2. Model, alıcıya (kamu hizmeti kuruluşu veya şebeke operatörü) depolamayı çeşitli gereksinimleri (puant tasarrufu, PV kesintisinin azaltılması, yük atmanın azaltılması ve benzeri) karşılamak üzere dağıtma konusunda büyük esneklik sağlar.
3. Yenilenebilir enerjinin bir depolama ile entegrasyonu, her iki varlığın daha iyi koordine edilmesini kolaylaştırır. FV ve depolama, enerji, depolama kapasitesi ve süre açısından müşteri ihtiyaçlarına uyacak şekilde boyutlandırılabilir ve alıcı için esnekliği artırır. Alıcı tipik olarak iki parçalı bir sözleşmede şebeke operatörü olduğundan, PV ve depolama tarafından sağlanan tüm ortak hizmetler aynı PPA'nın bir parçası olabilir ve şebekeye bir bütün olarak fayda sağlayabilir.
4. Esneklik, küçük sistemlerde veya bir sistemin talep/arz değişkenliğini yönetmek için çok az kaynağa sahip olduğu durumlarda oldukça arzu edilir. İki parçalı bir sözleşme ortak yerleşime izin verir, bu da arazi edinimi, yerleşim ve ara bağlantı maliyetlerini azaltır.
5. İkili ücretlendirme, üretilen (veya varsayılan) MWh için enerji ödemesi sağlar ve depolama bileşeninde satıcı için istikrarlı bir nakit akışı akışı yaratır.
6. Depolama kapasitesine dayalı sabit bir ödeme, sağlanan belirli hizmetler için depolamayı ücretlendirmekten daha iyi bir seçenektir, çünkü Dünya Bankası müşterisi ülkelerin çoğunda çoğu hizmet (kapasite, frekans düzenlemesi) için piyasalar yoktur ve bazı hizmetler (voltaj düzenlemesi gibi) hiç paraya çevrilemez.
7. Bu modeldeki basit ücretlendirme süreci, alıcının depolama varlıklarının kullanımını en üst düzeye çıkarma ve mümkün olduğunca çok hizmet istifleme konusunda tam takdir yetkisine sahip olmasıyla tutarlıdır. Bu süreç öngörülebilir nakit akışı akışları sağlar.
8. Birçok önemli risk (kaynak dalgalanması, kesinti ve piyasa) alıcıda kaldığından, proje yüksek oranda riskten arındırılabilir ve bu da finansçıların hala tanışmakta olduğu yeni bir sektörde önemli bir özellik olan bankacılık kabiliyetini artırır.
9. Sabit/değişken ödeme ücreti, termik üretim sözleşmelerinde sıklıkla kullanılan geleneksel enerji/kapasite ödemesine benzemektedir ve termik üretimden iki parçalı bir sözleşmeye geçişi alıcılar ve satıcılar için daha az yıkıcı hale getirmektedir.

İki parçalı sözleşmenin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Satıcının teslim edilen enerjiyi sabitleme yükümlülüğü yoktur; alıcı bunu kendi portföyü veya kaynakları (santraller, sözleşmeler ve rezervler) ile yapmak zorundadır.
2. Bu model, depolama finansmanı için fon ayrıldığında ve PV ile depolama varlıkları arasında mülkiyet ayrımı gerekli hale geldiğinde uygun olmayabilir.
3. Rekabetçi ihale, geleneksel FV PPA'ya göre biraz daha karmaşıktır çünkü ihale, açık artırmada aynı anda teklife sunulan iki ürün (FV için enerji ve depolama için kapasite) için en düşük maliyetli çözümü bulmak zorundadır.

Tek Kapasiteli Sözleşme

Tek kapasiteli bir sözleşmenin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Model ortak yerleşime izin vererek izin, arazi edinimi ve bağlantı maliyetlerini azaltır.
2. Model, alıcıların (kamu hizmetleri veya şebeke operatörleri) enerji ve yan hizmetler üretmek için varlıkları ortaklaşa optimize etmelerini sağlar. Yüksek kontrol kabiliyeti sayesinde, tek kapasiteli bir sözleşme, PV artı depolamanın sağlayabileceği maksimum faydayı (değer istifleme) yakalama olasılığı en yüksek olanıdır.
3. Depolama için model, sistem operatörüne iki parçalı bir sözleşme ile aynı düzeyde esneklik sağlar. FV üretimi için, alıcıların enerji, gerilim amper reaktif (VAR) ve gerilim kontrolü sağlamak için FV varlıklarını kullanmasına izin verdiği için şebeke operatörüne maksimum esneklik / sevk edilebilirlik sunar.
4. Alıcılar, satıcıya herhangi bir tazminat ödemeksizin belirli yan hizmetleri elde etmek için üretimi eksik planlayabilirler. Bunu iki parçalı bir sözleşme kapsamında yapabilirler, ancak bunu yapmak için üretim kaybına ilişkin sözleşme düzenlemelerine ilişkin ayrıntılı hükümler gerekir.
5. MW FV ve depolama için sabit bir ödemeye dayalı ücretlendirme, riskin büyük kısmını satıcıdan alıcıya kaydırır. Satıcı, kaynak değişkenliğinden sorumlu değildir; bu durum, çoğu yalnızca FV PPA'da tipik olarak satıcıya atanır. PPA'ların yüksek oranda riskten arındırılmış olduğu göz önünde bulundurulduğunda, projelerin çok kolay finanse edilebilir olması gerekir.
6. Ücretlendirme hem depolama hem de PV için \$/MW/ay bazında yapıldığından ve en düşük \$/MW/ay teklifi sözleşmeyi kazandığından, ihale tasarımı ve ihalenin sonuçlandırılması nispeten basittir.

Tek kapasiteli bir sözleşmenin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Model nispeten yenidir ve çok az sayıda proje bunu uygulamıştır. Çoğu risk alıcıya yüklendiği için risk dağılım profili biraz dengesizdir. Tipik bir PV PPA'da satıcı tarafından üstlenilen PV üretim ve kaynak değişkenliği riskleri bile alıcıya itilmektedir.
2. Model, satıcının enerjiyi sağlamlaştırmasını gerektirmez; alıcı bunu kendi kaynak portföyüyle (tesisler, sözleşmeler ve rezervler) yapmalıdır.
3. Alıcılar ve düzenleyiciler, tüm varlıkların sabit bir kapasite ödemesi aldığı bu alışılmadık risk dağılımı profilinden ve ücretlendirme biçiminden rahatsızlık duyabilirler. Bir oranda

durumunda, düzenleyicilere modelin maliyet etkin olduğunu ve son kullanıcılara maksimum fayda sağladığını kanıtlamak zor olabilir.

4. Model, varlıkların uzaktan sevk edilebilirliğini tam olarak kullanmak için sevk memuru ile varlıklar arasında güvenli ve kesintisiz iletişim gerektirir.

Karma Enerji Sözleşmesi

Karma enerji sözleşmesinin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Model, \$/MWh bazında tek fiyatlandırma ile diğer modellere göre daha az karmaşıktır. Satıcı, yenilenebilir enerji varlıklarını bir depolama ile eşleştirir, ancak yalnızca enerji (MWh) bazında kesin veya yarı kesin güç ticareti .
2. Satıcı, deponun işletimi üzerinde daha fazla kontrole sahiptir ve firma veya yarı-firma sözleşmeli miktarların teslim edilmesini sağlamak için sevkiyat kararları alır. Satıcı, adalama da dahil olmak üzere merkezi olmayan kararlar almak için daha fazla özerkliğe sahiptir ve bu da sistemin esnekliğini artırır.
3. Model, çeşitli enerji üretim kaynaklarını ve depolamayı tek bir sözleşmede harmanlama olanağı sağlar. Karma bir PPA kapsamında kapasite ödemesi yoktur. Bunun yerine, ücretlendirme yalnızca tek bir enerji ödemesine (\$/MWh) dayanır.

Karma enerji sözleşmesinin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Alıcı, depolama varlıklarını yönetmek için daha az esnekliğe sahiptir; bu da sınırlı rezervlere sahip daha küçük ve/veya zayıf sistemlerde tavsiye edilmez.
2. Alıcı, MW kapasite ve depolama süresi açısından PV ve depolama boyutlarını belirleme konusunda daha az kontrole sahiptir, çünkü satıcı belirli bir varlık seti değil MWh teslim etmektedir.
3. Model, üzerinde anlaşmaya varılmış bir yük profilini sağlamak için sözleşmeden doğan yükümlülüklerle uyma konusunda satıcılara daha fazla risk yüklemektedir. Daha küçük şebekelerde ve spot piyasaların yokluğunda, satıcının sözleşme yükümlülüklerini yerine getirmek için kaynakları/sözleşmeleri birleştirme konusunda daha az seçeneği olacaktır.
4. Projeleri yönetmek satıcılar için daha karmaşıktır çünkü dalgalanma risklerinin bir kısmını üstlenirler ve varlıkların optimum kullanımı hakkında kararlar verirler.
5. Bu riskleri hafifletmek ve projeleri bankaya yatırılabilir hale getirmek için, PPA'nın teslimat yükümlülüğünden feragat edilen koşulları belirtmesi gerekir (örn. güneş yok).

Zamana Göre Farklılaştırılmış Fiyatlarla Karma Enerji Sözleşmesi

Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlara sahip karma bir enerji sözleşmesinin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Alıcının ihtiyaçlarına göre pik ve pik dışı güç dağıtımı için (veya farklı zaman bloklarına göre) farklı fiyatlar uygulanır.

2. Sistem, talep ve arzdaki değişikliklere gerçek zamanlı olarak yanıt verebileceği ve çıktığı buna göre ayarlayabileceği için enerji kaynakları daha verimli bir şekilde yönetilebilir.
3. Model, pik yükleri karşılamak için tasarlanan ve yüksek sermaye ve işletme maliyetlerine sahip olan en pahalı (ve kirlitici) termik jeneratör ünitelerinin yerini almaya yardımcı olur.
4. Model, riskleri yönetme kabiliyeti daha yüksek olan satıcıya aktararak daha verimli yatırım ve operasyonel kararlar alınmasını sağlar.

Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlara sahip karma bir enerji sözleşmesinin dezavantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Alıcı, FV ve depolama varlıklarını işletmek için daha az esnekliğe sahiptir. PV ve depolama boyutlarını ve depolama süresini belirlemek için sınırlı kontrole sahiptir. Aşağıdakileri içeren karma bir enerji sözleşmesi
Zamana göre farklılaştırılmış oranlar, sevk edilebilirlikten ziyade enerji sıklığına öncelik verir. Bununla birlikte, alıcı aynı zamanda sistem operatörü ise (örneğin, Güney Afrika'da RMI4P kapsamında ESKOM), PPA bazı sıklık seviyelerini, sevk edilebilirlik koşullarını ve yan hizmetlerin (varsa) sağlanmasını belirten maddeler içerebilir.
2. Model, puant saatlerde teslimat yapılmamasına ilişkin cezalara ve puant/ puant dışı ücretlendirme oranına bağlı olarak riskler eklemektedir. Bu risklerden biri, satıcının belirli zaman bloklarında farklılaştırılmış fiyatlarla sabit ve kesin enerji miktarları teslim etme yükümlülüğüdür. Özellikle kaynak değişkenliği yüksekse, satıcıların bu gerekliliğe uyması zor olabilir. Özellikle de satıcıların sözleşmeden doğan yükümlülüklerini yerine getirmek için enerji açığını tedarik edebilecekleri organize bir piyasa yoksa, satıcılar teslimat yapmadıkları için ağır bir şekilde cezalandırılabilir. Satıcı bir varlık portföyünü bir araya getirirse bu riskler azaltılabilir. Örneğin, Güney Afrika'daki RMI4P'de teklif verenlerin çoğu "güvenilir kapasite"nin katı gerekliliklerini karşılamak için PV, rüzgar, depolama ve yedek dizel üretimini birleştirmiştir.
3. Eğer teklif sahipleri kaynak değişkenliğini bir varlık portföyü aracılığıyla koruyamazlarsa, riskler projenin finanse edilebilirliğini azaltabilir ve/veya teklif fiyatını artırabilir. Bu riskler tanımlanmalı, değerlendirilmeli ve projenin finanse edilebilirliğini sağlamak için gerekirse (yeniden) tahsis edilmelidir.
4. Karma enerji sözleşmesinde olduğu gibi, PPA sadece enerji ticareti yapar. Yan hizmetler için açık bir ücretlendirme formülü sağlamaz. Eğer şebekeye yan hizmetler sağlanıyorsa, bunlar şebeke kanununun veya ara bağlantı anlaşmasının bir parçası olarak şebeke operatörü tarafından yönetilmeli, fiyatlandırılmalı ve ödenmelidir, tabii ki yetki alanında bir şebeke kanunu ve yan hizmetlerin sağlanması için bir ödeme mekanizması olduğu varsayılarak. Bu ödemeler, kapasite veya yan hizmetler için piyasaların varlığını varsaymaz; sistem operatörü ile şebekeye bağlı herhangi bir jeneratör arasındaki basit bir düzenlemedir.
5. Tedarik süreci diğer modellere göre daha karmaşıktır, çünkü ihaleler yoluyla birden fazla ürün (örneğin, pik, vadi, pik dışı) gerektirir. Seçim süreci, birden fazla teklif sahibi arasında en uygun fiyat ve miktar kombinasyonunu bulmak zorundadır. Pik dışı enerji için sabit fiyatlar belirlemek ve sadece pik enerjiyi rekabetçi bir şekilde tedarik etmek gibi bazı basitleştirmeler mümkündür. Açık artırma tasarımı özel dikkat gerektirir.
6. Kaynak dalgalanması ve satıcının belirli zaman bloklarında sabit miktarlar teslim etme yükümlülüğü, sözleşme yükümlülüklerini daha katı ve dolayısıyla yerine getirilmesi zor hale getirerek satıcıyı sözleşmeden doğan cezalara maruz bırakır. Zamana göre farklılaştırılmış fiyatlara sahip karma bir enerji sözleşmesi, bir tür spot piyasası olan nispeten iyi gelişmiş enerji sektörlerinde daha cazip olma eğilimindedir.

7/24 Kesin Güç Kaynağı ile Karma Enerji Sözleşmesi

7/24 kesin güç kaynağı ile karma enerji sözleşmesinin avantajları arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

1. Model, sistem gereksinimlerine bağlı olarak değişebilen yüksek düzeyde bir enerji sağlamlığı sağlar. Örneğin, şebeke tarafından hizmet verilmeyen (veya yetersiz hizmet verilen) uzak bölgelerde gereksinimler çok yüksek olabilir (%100'e kadar); bol rezervli büyük sistemlerde yüzde 70 ila 80 rakamları gözlemlenmiştir.
2. Satıcı, şebekedeki kaynakları optimize ederek ve mümkün olan en düşük fiyattan enerji sağlamak için yaratıcılığı teşvik ederek çeşitli varlıkları ve sözleşmeleri birleştirme yetkisine sahiptir.
3. Model, şebeke sisteminin daha derin bir şekilde karbonsuzlaştırılmasına katkıda bulunabilir. Tipik kurumsal yenilenebilir enerji PPA'ları yalnızca yüzde 30 ila 40 oranında karbonsuzlaştırmaya yol açmaktadır; fosil yakıtı dayalı üretimle rekabet edebilmek ve onu yerinden edebilmek için kaynakların ve uzun vadeli enerji depolamanın bir karışımı kilit önem taşımaktadır. Bu model bu hedefe en iyi şekilde ulaşabilir (%100 yeşil PPA'lara ulaşmak, kısmi dekarbonizasyona ulaşmaktan katlanarak daha maliyetli olsa da).
4. KÖİ, şebekenin karbonsuzlaştırılması ve enerji sistemi güvenilirliğinin artırılması hedefleri arasında iyi bir denge kuracak şekilde tasarlanabilir.
5. Bazı piyasa kuralları ve şebeke kodları mevcutsa, satıcının karşı karşıya olduğu riskler açıkça tanımlanmışsa ve riskten korunma mekanizmaları mevcutsa, projelerin bankaya yatırılabilir olması muhtemeldir.

7/24 kesin güç kaynağı ile karma enerji sözleşmesinin dezavantajları aşağıdakileri içerir:

1. Satıcı, yüksek seviyede enerji sağlamlığı sağlamanın risklerinin çoğunu üstlenir. Satıcının harmanlanabilecek bir varlık/ sözleşme kombinasyonuna/portföyüne erişimi varsa bu risk azaltılabilir.
2. Model, beklenen enerji sıkılığı seviyelerini karşılamak için yenilenemeyen enerji kaynaklarının (tamamlayıcı termal üretim) eklenmesini gerektirebilir ve bu da PPA'nın yeşilliğini azaltır.
3. Çoğu durumda, kaynaklar birlikte konumlandırılmayacaktır. Şebekenin üçüncü taraflarca bağlanmasını ve kullanılmasını düzenleyen temel kurallara ihtiyaç vardır.
4. Alıcı ve şebeke operatörü farklı kuruluşlardır. Bu nedenle, yan hizmetler için özel ödemeler sağlanmalıdır (piyasa kuralları ve şebeke kodları aracılığıyla)
5. PPA, şebeke operatörünün hangi santrallerin sevk edilmesi (ya da edilmemesi) gerektiğine karar verdiği büyük bir güç sisteminde alınıp satılabilir. Satıcılar bu nedenle sevk risklerine maruz kalırlar. Bu riski azaltmak için, PPA'nın temel varlıklarını kısıtlı açık ve kısıtlı kapalı operasyonlar için telafi eden piyasa kurallarının belirlenmesi gerekir.

EK B

Term Sheet Şablonu

Tablo B.1'de sunulan term sheet şablonu, iki bölümlü bir sözleşmeye dayanan KÖA için kapsamlı (ancak kapsamlı olmayan) bir çerçeve sunmaktadır. Uygulayıcılara bir KÖA'ya girerken dikkate alınması gereken temel unsurlar konusunda rehberlik eder. Esneklik ve gelişen teknolojik trendlere uyum sağlayabilmek için şartnamede teknolojiden bağımsız bir dil kullanılmalıdır. (Yenilenebilir enerji terimi, daha geniş proje tanımından ödün vermeden PV teknolojisini kapsar). Dahil edilen tüm terimler öneri niteliğindedir ve bir projenin gereksinimlerine göre yeniden tanımlanabilir.

Şartname aşağıdaki ücretleri ve ödeme yöntemlerini yansıtmaktadır:

- Enerji ücreti, yenilenebilir enerji kaynaklarından herhangi birinden teslimat noktasına teslim edilen her bir kWh enerji için ödenir. Teslim edilen enerji miktarı, teslim noktasına bağlı enerji sayaçları tarafından ölçülür.
- \$/kW/ay cinsinden kapasite ücreti, bir ay boyunca depolama tarafından sağlanan ortalama kullanılabilir kapasite için ödenir. Ortalama kullanılabilirlik deponun aylık kendi raporlamasıyla belirlenir.
- Sözleşmeye enerji, yenilenebilir enerjiden teslimat noktasına teslim edilecek yıllık tahmini enerjidir. Sözleşme konusu enerjinin teslim edilmemesi, satıcının alıcıya ödeyeceği eksik enerji ücretine bağlı olarak tazminata neden olur.
- Bir kesinti, kısıntı veya kısıntı uyarınca azaltma bir iletim olayından kaynaklandığı ölçüde, alıcı satıcıya varsayılan enerji ücretini ödeyecektir.
- Alıcının depolama üzerinde sevkiyat hakları vardır (alıcının depoyu sevk etme hakkına sahip olduğu sözleşme yılı başına günlük ve çevrim sayısına ilişkin maksimum sınırlar).

TABLO B.1**Term Sheet Şablonu**

KATEGORİ/ALT KATEGORİ	ŞARTLAR
GENEL	
İş modeli	Model: [_____]
Alıcı bilgileri	İsim: [_____] Yasal statü: [_____] Kurulduğu ülke: [_____] Adres: [_____] E-posta: [_____]
Satıcı detayları	İsim: [_____] Yasal statü: [_____] Kurulduğu ülke: [_____] Adres: [_____] E-posta: [_____]
Projenin adı	[_____]
Ticari operasyon tarihi (Ticari işletme tarihi, satıcının alıcıya sistemin [yenilenebilir enerji depolama] mekanik ve elektriksel olarak tamamlandığını ve çalışır durumda olduğunu ve sayaç(lar) aracılığıyla teslimat noktasına PV çıkışı ve depolama çıkışı sağladığını bildirdiği tarihtir).	[_____]
Ölçüm (Satıcı, masrafları kendisine ait olmak üzere, hem net elektrik çıktısı üretimiyle ilgili olarak yenilenebilir enerjide hem de net elektrik çıktısı ve şarj enerjisiyle [şebeke] ilgili olarak depolamada ana sayacı ve teslimat noktasında bir yedek sayacı tedarik edecek, kuracak, test edecek ve devreye alacaktır).	[_____]
Sigorta kanıtı	Sigortacının adı: [_____]
YENİLENEBİLİR ENERJİ	
Sözleşme süresi	[_____] yıl
Konum veya saha	[_____]
Teslimat noktasının adresi	[_____]
Üretici ve model	Üretici firma: [_____] Model: [_____] Sertifikalar: [_____] Yorumlar: [_____]
Invertör	Üretici firma: [_____] Model: [_____] Sertifikalar: [_____] Ürün garantisi: [_____] yıl Üretim hatalarına karşı garanti: [_____] yıl Yorumlar: [_____]

(devam ediyor)

TABLO B.1

Term Sheet Şablonu (Devamı)

KATEGORI/ALT KATEGORI	ŞARTLAR
Montaj yapıları	Tip: [] Üretici firma: [] Model: [] Yorumlar: []
Güç transformatörleri - 2,5 Mega-Volt-Amper [MVA] üzerindeki değerler için (dış mekan, yağ dolgulu tip) ve 2,5 MVA altındaki değerler için (yağ dolgulu tip veya kuru döküm reçine tipi)	Üretici firma: [] Model: [] Derecelendirmeler: [] [] Tip: [] Yorumlar: []
Sözleşmeli kapasite	[] MW (AC)
Asgari teminatlar	İlk yıl bozulması: Yukarı []% Sonraki yıllarda yıllık bozulma: []% Garantili güç çıkışı: En az []sonra başlangıçtaki nominal gücün %'si [] yıl
Kapasite kullanım faktörü (faktör sözleşme süresi boyunca sabittir)	[]%
BATARYA ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMİ (DEPOLAMA)	
Sözleşme süresi	[] yıl
Konum veya saha	[]
Teslimat noktasının adresi (yenilenebilir enerji ile birlikte konumlandırılmamışsa)	[]
Açıklama	Teknoloji: [] Üretici firma: [] Model: [] Minimum garanti: [] yıl Üretim hatalarına karşı garanti: [] yıl Yorumlar: []
Invertörler	Üretici firma: [] Model: [] Sertifikalar: [] Ürün garantisi: [] yıl Üretim hatalarına karşı garanti: [] yıl Yorumlar: []
Sözleşmeli kapasite (Sözleşmeye bağlanan depolama kapasitesini MW cinsinden isim plakası gücüyle birlikte girin; listeyi sözleşme süresinin sonuna kadar genişletin).	Yıl Kapasite (MW) 1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

(devam ediyor)

TABLO B.1

Term Sheet Şablonu (Devamı)

KATEGORİ/ALT KATEGORİ	ŞARTLAR
Minimum depolama kapasitesi	[] Depolama sözleşmeli kapasitesinin %'si
Deşarj derinliği	[] MWh
ORANLAR VE LİMİTLER (TÜM ORANLAR KDV HARİÇTİR)	
Sözleşmeli enerji (MW cinsinden sözleşmeli yenilenebilir enerji kapasitesi, yüzde cinsinden kapasite kullanım faktörü [CUF] ile çarpılır ve bir yıldaki saat sayısı [8.760] ile çarpılır)	[] MWh/yıl
Sevkiyat talimatı uyarınca teslimat noktasına teslim edilen enerji için alıcı tarafından satıcıya ödenecek enerji bedeli	[] \$/MWh
Sağlanan enerjide kesinti, kısıntı veya azaltma nedeniyle alıcı tarafından satıcıya ödenecek enerji bedeli olarak kabul edilir	[] \$/MWh
Alıcı tarafından satıcıya, deponun verilen sevk talimatlarına uygun olarak sevk edilmek üzere alıcının kullanımına sunulması için ödenecek kapasite ücreti	[] \$s/MW/saat
Ya (a) depolamayı ücretlendirmek ya da (b) depolama tarafından yerinde tüketim için Satıcının herhangi bir Net şarj Enerjisi Şebeke) için alıcıya ödeyeceği düzenlenmiş tarife	[] \$/MWh
Sözleşme yılı boyunca alıcının sahip olduğu maksimum döngü depoyu sevk etme hakkı	Yukarı [] sözleşme yılı başına döngü
Alıcının depolamayı sevk etme hakkına sahip olduğu sözleşme yılının gün başına maksimum çevrimi	Yukarı [] her sözleşme yılının gün başına döngüsü
Sözleşme yılı başına izin verilen kesintiler	İzin verilen planlı kesinti: [] saat İzin verilen planlanmamış kesinti: [] saat
ÖDEME	
Para Birimi	[]
Ödeme planı	Satıcı alıcıya bir beyan sunacaktır her [] ay. Beyanname, beyanname kapsamında ödenecek tutarların makul ölçüde ayrıntılı hesaplamalarını ve diğer destekleyici unsurları içerecektir. tarafların mutabık kalabileceği belge ve bilgiler. Alıcı, satıcıya ödemeyi şu tarihte veya bu tarihten önce yapmayı kabul eder [] faturanın alınmasını takip eden gün.
Geç ödemeler için uygulanan yıllık faiz oranı	[]%
Enerji ödemesi (alıcı tarafından sistemden teslim edilen enerji için satıcıya ödenecek her bir ekstrede hesaplanacak tutar)	Alıcı, yenilenebilir enerjiden teslimat noktasına teslim edilen enerji için satıcıya enerji ücreti ile çarpılarak ödeme yapmayı kabul eder.
Varsayılan enerji ödemesi (her bir ekstrede hesaplanacak olan tutarın alıcı, sistemden doğan alacakları için satıcıya)	Alıcı, satıcıya varsayılan enerji için varsayılan enerji ücreti ile çarpılarak ödeme yapmayı kabul eder. Herhangi bir yılda, söz konusu yıldaki kesintilerin kümülatif süresi [] saat.

(devam ediyor)

TABLO B.1

Term Sheet Şablonu (Devamı)

KATEGORI/ALT KATEGORI	ŞARTLAR
Kapasite ödemesi (deponun kapasite kullanılabilirliği için alıcı tarafından satıcıya ödenecek her bir beyanda hesaplanacak tutar)	Alıcı , Ticari İşletme Tarihini (COD) takiben bir ay boyunca depolama kapasitesinin ortalama kullanılabilirliği ile kapasite ücretinin çarpımı için satıcıya ödeme yapmayı kabul eder. Garanti koşullarına uygunluk depolama için atıl zaman gerektiriyorsa, depolama bu süre için kullanılabilir olarak kabul edilmeyecektir.
Enerji açığı için tasfiye edilen tazminatlar	Satıcının en az [] sözleşmeye bağlanan enerjinin %'si oranında, alıcıya tasfiye edilmiş tazminat ödeyecek ve [] enerji ücreti ile çarpılarak eksik enerji ile çarpılır.
DEFAULT	
Mücbir sebepler	Doğal ve siyasi olaylar da dahil olmak üzere, doğrudan veya dolaylı olarak sorumlu tarafın makul kontrolü dışında olan herhangi bir durum, olay veya koşul (veya bunların kombinasyonu)
Uyuşmazlık çözümü	Temerrüt durumunda, taraflar anlaşmazlığı iyi niyetle çözmeye çalışacaktır. Anlaşmazlıklarını aşağıdaki yollarla çözemezlerse anlaşmazlık bildiriminden itibaren [] gün içinde taraflardan herhangi biri anlaşmazlığı tahkime sunmak için işlem başlatabilir. Tahkim yeri [].
Geçerli hukuk	Bu anlaşma [] kanunlarına yönetilecek ve yorumlanacaktır. [].
Fesih	Anlaşma aşağıdaki koşullar altında feshedilir: - Satıcının projeyi süresi içinde tamamlayamaması [] ticari işletme tarihinden (COD) sonraki günler. - Satıcının gerekli sigortayı bir süre boyunca yaptırmaması [] iş günü. - Satıcı inşaatı terk eder. - En son performans testleri ile gösterilen yenilenebilir enerji ve depolama kapasitesinin sözleşme kapasitesinden daha az olması ve satıcının bu eksikliği giderememesi. - Herhangi bir sözleşme yılında, satıcı tarafından alıcıya teslim edilen enerji, kısılan ürünlerle birlikte, [] sözleşmeli enerjinin %'si. - Satıcı iflas eder veya yasadışı bir eylemde bulunur.

EK C

Güç Satın Alma Sözleşmesi Şablonu

Dünya Bankası ve IFC tarafından hazırlanan PPA şablonuna https://www.esmap.org/Unlocking_Energy_Transition adresinden ulaşılabilir. Bu şablon, hükümet tarafından yürütülen rekabetçi bir ihale yoluyla satıcıya verilen, yeşil alan, şebekeye bağlı, depolama ile birlikte konumlandırılmış tek sahali bir güneş fotovoltaik enerji santrali için hazırlanmıştır.

Şablondaki güneş enerjisi artı depolama projesinin kullanım durumu :

- kapasite bazlı bir tarife ile tamamen sevk edilebilir bir temelde belirli sayıda saat yenilenebilir enerji depolaması (örneğin 1-4 saat arasında) sağlamak için off-taker'a maksimum sevkiyat esnekliği sağlamak ve depolamanın değerini en üst düzeye çıkarmak puant güç dönemlerinde ve
- FV Tesisinden üretilen enerjiyi enerji bazlı bir tarife ile alıcıya satmak. Uygulayıcı, PPA'larını projelerinin kullanım durumuna (örneğin, iki parçalı PPA, karma PPA ve varyasyonları) ve her ülkenin ve enerji sektörünün özel gereksinimlerine ve özelliklerine göre özelleştirmelidir.

PPA'da tanımlanan kullanım durumunda, Alıcı Satıcıya ödeme yapacaktır:

- FV Tesisi Ölçülen Enerjisi ve Üretilmiş Sayılan Enerjinin toplamına ilişkin Aylık Enerji Ödeme Tutarı ve,
- Bir önceki aya ilişkin Mevcut Depolama Kapasitesinin (veya uygulanabilir olduğu durumlarda Sayılan Depolama Kapasitesinin) toplamına ilişkin Aylık Kapasite Ödeme Tutarı;
- Ayrıca, vergi, faiz, düzeltmeler, Bağımsız Mühendise ödenen masrafların yüzde 50'si ve herhangi bir Emanet Acentesine veya Akreditif (LC) Düzenleyen Bankaya ödenen ücretler.

Şablon PPA'nın bir başlangıç noktası olarak hizmet ettiğini ve her projenin özel gereksinimlerine ve koşullarına uyacak şekilde özelleştirilmesi gerektiğini unutmamak önemlidir.

İşlem danışmanları, hukuk müşavirleri ve diğer ilgili paydaşlar, yerel yasalar, yönetmelikler ve piyasa koşullarıyla uyumlu olmasını sağlamak için şablon PPA'yı gözden geçirmeli ve uyarlamalıdır.

Bu şablon PPA'nın sadece bir başlangıç noktası olarak hizmet ettiğini ve seçilen iş ve ticari yönetime dayalı olarak her bir projenin özel gereksinimlerine ve koşullarına uyacak şekilde özelleştirilmesi gerekeceğini belirtmek son derece önemlidir. İşlem danışmanları, teknik danışmanlar, hukuk müşavirleri ve diğer ilgili paydaşlar, taslak halinde bile olsa potansiyel teklif sahiplerine veya paydaşlara açıklanmadan önce yerel yasalar, yönetmelikler ve piyasa koşullarıyla uyumlu olmasını sağlamak için şablon PPA'yı gözden geçirmeli ve uyarlamalıdır.

EK D

Tamamlayıcı Bilgi Kaynakları

Aşağıdaki Dünya Bankası raporları bu raporu tamamlayıcı niteliktedir ve uygulayıcılar için faydalı olabilir:

- **Faz Düşürmek için Ölçek : Enerji Sektöründe Enerji Geçişlerinin Finansmanı** (Dünya Bankası 2023b), gelişmekte olan ülkelerin uygun fiyatlı, güvenli ve güvenilir temiz enerjiyi artırmak ve kömürle çalışan elektrik üretimini aşamalı olarak azaltmak için kalkınma ortaklarının yardımıyla atabilecekleri adımları gösteren bir çerçeve sunmaktadır. Ana hatlarıyla Gelişmekte olan ülkelerin temiz enerji dönüşümünü hızlandırmak için erdemli bir döngü oluşturmalarına yardımcı olacak altı adımlı vizyon.
- **A Sure Path to Sustainable Solar, Wind, and Geothermal** (Dünya Bankası 2022) özel sektör tarafından finanse edilen sürdürülebilir yenilenebilir enerji projelerinin ölçeklendirilmesi için üç aşamalı bir yaklaşım sunmaktadır. Planlama aşamasında, ülkenin bilinçli yenilenebilir enerji hedefleri geliştirmesini sağlamak için teknik planlar önerilmektedir. Strateji aşamasında, sürdürülebilir bir yenilenebilir enerji programı geliştirilir. Uygulama aşamasında ise ulusal yenilenebilir enerji programı hayata geçirilir.
- **Gelişmekte Olan Ülkelerde Güç Sistemleri için Depolamanın Yaygınlaştırılması: Politika ve Düzenleyici Hususlar** (ESMAP 2020), gelişmekte olan ülkelere vurgu yaparak güç sistemlerindeki eğilimler göz önüne alındığında enerji depolamanın rolünü incelemektedir. Depolamanın politika hedeflerini karşılamaya ve enerji sektöründeki teknik zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olabileceği yolları tanımlar; sistem perspektifinden depolama çözümlerinin değerinin nasıl belirleneceği konusunda rehberlik sağlar; ve depolamanın yaygınlaştırılmasını kolaylaştırmak için politika, piyasa ve düzenleyici çerçevelerin ilgili yönlerini tartışır.
- **Kamu-Özel Altında Batarya Enerji Depolama Sistemlerinin Kılavuz Sektör Ortaklığı Yapısı** UygulanmasınaYönelik(Gamarra . 2023), gelişmekte olan ülkelerde depolamanın rolünü genişletmek için yapıların nasıl uygulanabileceği konusunda rehberlik sağlamaktadır.

Fotoğraf Kredileri

sayfa xvii |©Talal Kanaan / Dünya Bankası

sayfa xx |©Boris Rumenov Balabanov / Dünya Bankası

Sayfa 8 |©NextEra / Bureau of Land Management, California'nın izniyle

sayfa 15 |©Justin Paget / DigitalVision via GettyImages

sayfa 16, 62 |©Maldivler Hükümeti

sayfa 54 |©Axiom Infrastructure ve Canadian Solar Inc. izniyle. / Arazi Yönetimi
Bürosu, Kaliforniya

sayfa 61 |©jia yu / GettyImages aracılığıyla Moment

