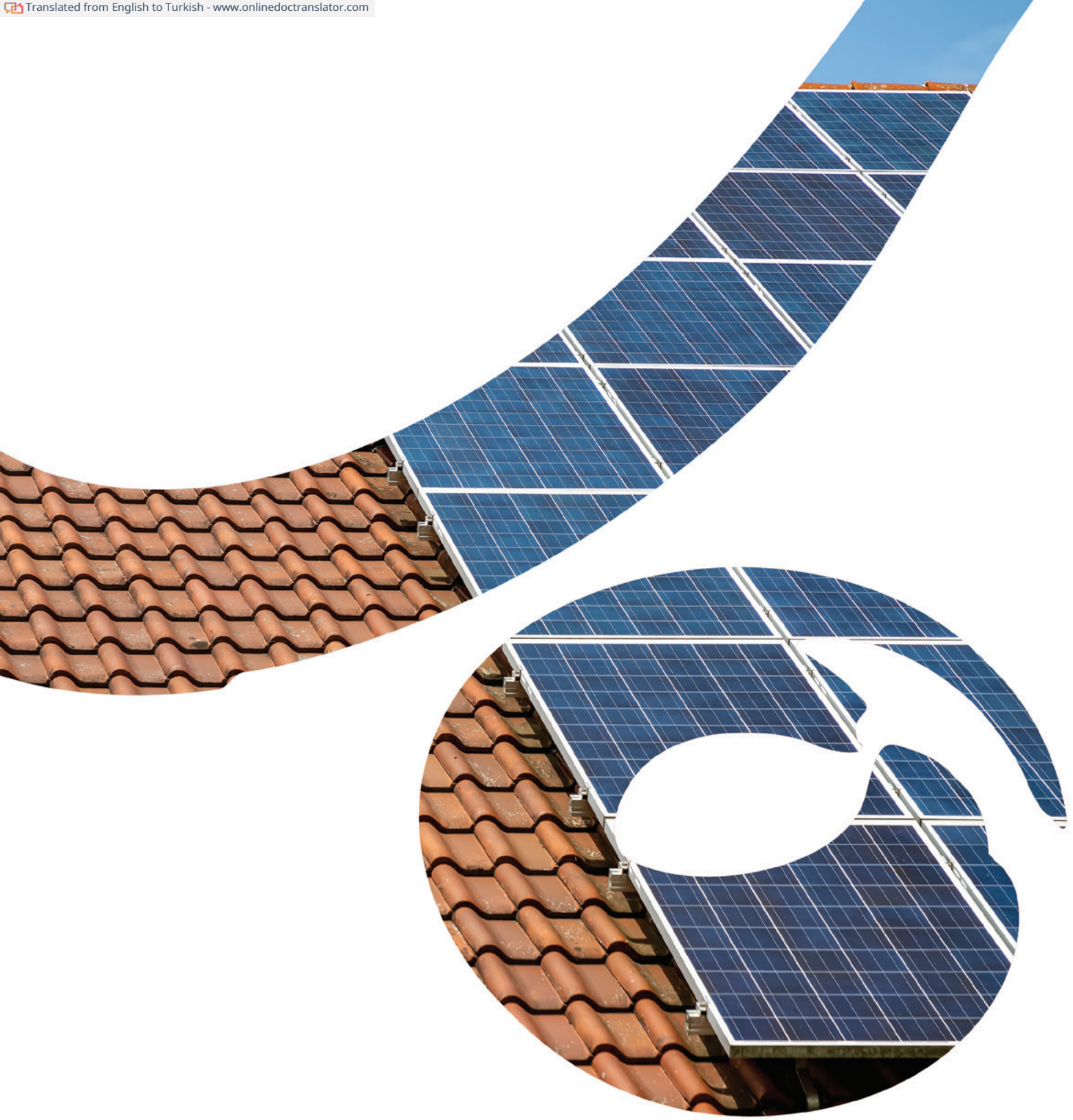




**Binalarda çatı üstü güneş enerjisi potansiyeli
- Türkiye'de çatı üstü güneş enerjisi
sistemlerinin dağıtımına yönelik finansman
modelleri ve politikaları**

SHURA Enerji Geçiş Merkezi Hakkında

Avrupa İklim Vakfı (ECF), Agora Energiewende ve Sabancı Üniversitesi'ndeki İstanbul Politika Merkezi (IPC) tarafından kurulan SHURA Enerji Geçiş Merkezi, yenilikçi bir enerji geçiş platformu aracılığıyla enerji sektörünün karbonsuzlaştırılmasına katkıda bulunmaktadır. Türkiye'nin enerji sektörünün teknolojik, ekonomik ve politika yönleriyle ilgili tartışmalar için sürdürülebilir ve geniş çapta tanınan bir platforma duyulan ihtiyacı karşılamaktadır. SHURA, gerçeklere dayalı analiz ve en iyi mevcut verileri kullanarak enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji yoluyla düşük karbonlu bir enerji sistemine geçiş konusundaki tartışmayı desteklemektedir. Birçok paydaşın tüm ilgili bakış açılarını dikkate alarak, bu geçiş için ekonomik potansiyel, teknik uygulanabilirlik ve ilgili politika araçlarının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır.

Yazarlar

Ahmet Acar, Ayşe Ceren Sarı ve Yael Taranto (SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi)

Teşekkürler

Çalışma ve hazırlık aşamasında bize rehberlik eden ve geri bildirimde bulunan SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi Direktörü Dr. Değer Saygın'a teşekkür etmek istiyoruz. Ayrıca bu raporu inceleyen ve değerli geri bildirimlerde bulunan SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi Yönlendirme Komitesi üyeleri Selahattin Hakman ve Mustafa Özgür Berke, Bülent Cindil'e (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH), Oğuz Kürşat Kabakçı'ya (Enerji ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı) ve Bengisu Özenç'e (Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı) şükranlarımızı sunmak istiyoruz.

SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi, bu rapor için sağlanan cömert fon için Avrupa İklim Vakfı'na (ECF) teşekkür etmek ister.

Bu rapora www.shura.org.tr adresinden ulaşılabilir.

Daha detaylı bilgi veya geri bildirimleriniz için lütfen info@shura.org.tr adresinden SHURA ekibiyle iletişime geçin .

Tasarım

Tasarımhane Tanıtım Ltd. şti.

Copyright © 2020 Sabancı Üniversitesi

ISBN978-625-7329-04-0

Sorumluluk reddi

Bu raporda yer alan yorum ve çıkarımlar yalnızca yazarlara aittir ve SHURA'nın resmi tutumunu yansıtmamaktadır.

**Binalarda çatı üstü güneş enerjisi
potansiyeli – Türkiye'de çatı üstü güneş
enerjisi sistemlerinin dağıtımına yönelik
finansman modelleri ve politikaları**





Şekiller listesi	4
Tabloların listesi	4
Bilgi kutularının listesi	5
Kısaltmalar	5
Temel bulgular	7
1. Giriş	11
2. Türkiye'deki bina stok verileri ve binaların enerji talebi	13
2.1. Bina stok verileri	13
2.2. Bina tipine ve iklim bölgelerine göre enerji tüketimi	15
3. Türkiye'deki binalarda çatı fotovoltaik sistemlerinin potansiyeli	19
4. Çatı fotovoltaik sistemlerinin maliyet-fayda analizi	25
5. Fotovoltaik sistemler için finansman modelleri	31
5.1. İmtiyazlı krediler	34
5.1.1. Ortak finansal kuruluşlar	34
5.1.2. Toplayıcılar/teknoloji sağlayıcıları/EPC/ESCO şirketleri	34
5.1.3. Üreticilere doğrudan krediler	34
5.2. Hibe ve teknik yardımlar	35
5.3. Risk paylaşım mekanizmaları	35
5.3.1. Kredi garantileri	35
5.3.2. Diğer mekanizmalar	35
5.4. Ticari krediler	35
5.4.1. Tüketici/üretici-tüketici kredileri	35
5.4.2. Kiralama	35
5.5. Diğer mekanizmalar	35
5.5.1. Kitle fonlaması	35
5.5.2. Sermaye finansmanı	35
5.6. Türkiye'deki mevcut destek ve sigorta mekanizmaları	37
5.6.1 Tüketici kredisi - Örnek	37
5.6.2 İmtiyazlı kredi - Örnek 1	38
5.6.3 İmtiyazlı kredi - Örnek 2	38
5.6.4 İmtiyazlı kredi - Örnek 3	38
5.6.5 İmtiyazlı kredi - Örnek 4	39
5.6.6 İmtiyazlı kredi - Örnek 5	39
5.6.7 Enerji fonu - Örnek	39
5.6.8 Kiralama - Örnek 1	40
5.6.9 Kiralama - Örnek 2	40
5.6.10 Sigorta - Örnek	42

6. Dağıtık üretimi düzenleyen politika mekanizmaları	45
6.1.Besleme tarifeleri	45
6.2.Net besleme tarifeleri	46
6.3.Premium sistemler	46
6.4.Net ölçüm	47
6.5.Net faturalandırma	48
7. Sonuç	53
8. Referanslar	55

Şekiller listesi

Şekil 1: Türkiye'deki iklim bölgeleri	13
Şekil 2: Binaların tiplerine göre dağılımı	14
Şekil 3: Çatı sistemlerinin teorik ve teknik potansiyel kapasiteleri	19
Şekil 4: Güneş radyasyon haritası	20
Şekil 5: Çatı sistemlerinin yıllık elektrik üretim kapasiteleri	20
Şekil 6: Bina tipine göre panel sayısı	21
Şekil 7: Bina alanı ve iklim bölgelerine göre elektrik üretim potansiyelleri	22
Şekil 8: Bina tiplerine göre çatı sistemlerinin enerji verimliliği potansiyeli	23
Şekil 9: Çatı sistemlerinin enerji tüketiminin %25'ini karşılaması için gereken alan	24
Şekil 10: Bina tiplerine ve iklim bölgelerine göre LCOE dağılımı	26
Şekil 11: Farklı bina tiplerinde şebeke tarifeleriyle LCOE'nin karşılaştırılması	27
Şekil 12: Yatırım planlaması	41
Şekil 13: Kaynak kullanım modeli	42

Tabloların listesi

Tablo 1: Türkiye'deki farklı bina tiplerinin toplam taban alanı	14
Tablo 2: Bina tiplerine göre enerji tüketiminin dağılımı	16
Tablo 3: Farklı bina tiplerinde kW başına fotovoltaik yatırım maliyetleri	25
Tablo 4: Türkiye'deki fotovoltaik yatırım sonuçları (tüm iklim bölgeleri)	28
Tablo 5: %30 daha düşük maliyet ve %5 iskonto oranıyla ekonomik sonuçlar (dördüncü iklim bölgesi)	29
Tablo 6: Yatırım maliyetlerinin %30 düşürüldüğü LCOE	29
Tablo 7: Örnek kredi geri ödeme tablosu	37

Bilgi kutularının listesi

Bilgi Kutusu 1: Seferihisar Belediye Pazaryeri – 170 kW	15
Bilgi Kutusu 2: Muğla Büyükşehir Belediyesi Bodrum Otogarı – 630 kW Bilgi Kutusu	17
3: Muğla Büyükşehir Belediyesi Menteşe Otogarı – 280 kW Bilgi Kutusu 4: Muğla	24
Büyükşehir Belediyesi Konacık Hizmet Binası – 52,4 kW Bilgi Kutusu 5: Yerel	30
yönetimler dışında çatı üstü sistemlerine ait örnekler	32
Bilgi Kutusu 6: Dağıtık üretim, tüketiciyi güçlendiriyor Bilgi Kutusu 7:	36
Esnek yöntemlerle çatı fotovoltaik sistemleri Bilgi Kutusu 8: İstanbul ilçe	43
belediyelerinin çevresel performansı Bilgi Kutusu 9: Cezeri yeşil okul	50
binası – Ankara	51

Kısaltmalar

SERMAYE GİDERLERİ	yatırım maliyeti
Ortak ₂	karbondioksit
EEG	Yenilenebilir Enerji Yasası
EİGM	(Almanya) Enerji İşleri Genel Müdürlüğü mühendislik tedarik
EPC	inşaat
EPDK	Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu)
ESK	enerji hizmet şirketi
AB	Avrupa Birliği
GSYİH	gayri safi yurtiçi Hasıla
GEPA	güneş enerjisi potansiyeli atlası (güneş enerjisi potansiyeli atlası)
GÜYAD	Güneş Enerjisi Yatırımcıları Derneği (Güneş Enerjisi Yatırımcıları Derneği)
Genel	gigawatt
IEEFA	Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
İç verim oranı	iç getiri oranı
İZKA	İzmir Kalkınma Ajansı (İzmir Kalkınma Ajansı) Isı
İZODER	Su Ses ve Yangın Yalıtım Derneği (Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği) kilovoltamper
kVA	
kW	kilovat
kWh	kilovatsaat
LCOE	elektrik sıvılaştırılmış petrol gazı
LPG	megajoule'ün seviyelendirilmiş
Mj	maliyeti
Dağ	milyon ton
Mtoe	milyon ton petrol eşdeğeri
M.Ö.	megavat
M ₂	metrekare
NBD	net bugünkü değer
OSB	organize sanayi bölgesi
İşletme ve Bakım	işletme ve bakımı

İşletme Giderleri	işletme gideri
Eşler arası	Eşler arası
PV	fotovoltaik
KOBİ	küçük ve orta ölçekli işletmeler güneş
YES	enerjisi santrali
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.)
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği)
DENEMEK	Türk Lirası
TSK	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu (Türkiye İstatistik Kurumu)
TÜREB	Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği)
TÜROB	Türkiye Otelciler Birliği (Türkiye Otelciler Birliği)
TWh	terawatt-saat
Amerika	Amerika Birleşik
ABD\$	Devletleri ABD Doları

Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketimi 2018 yılı sonunda 109 milyon ton petrol eşdeğerine (Mtep) ulaşmıştır. Bu miktarın yaklaşık üçte biri, yaklaşık 33 Mtep, Türkiye'nin nihai enerji tüketiminde sanayi sektöründen sonra en yüksek paya sahip olan binalar (konut, ticari ve kamu) tarafından tüketilmiştir (EİGM, 2018). Kentleşmenin ve nüfus artışının hızlı hızı nedeniyle binaların toplam enerji talebinin daha da artması beklenmektedir. Geleneksel enerji üretim teknolojilerine ek olarak, yenilenebilir enerji üretim sistemleri, özellikle çatı fotovoltaik (PV) sistemleri, binaların artan enerji talebini karşılama potansiyeline sahiptir. Çatı PV sistemlerinin üretim kabiliyetleri, elektrik şebekelerine olan ihtiyacı azaltabilir ve dağıtım kayıplarını azaltarak şebeke verimliliğini artırabilir.

Türkiye'de binalara kurulabilecek çatı üstü PV sistemlerinin toplam teknik potansiyeli 2019 verilerine göre 14,9 gigawatt (GW) olarak tahmin edilmektedir. Bu potansiyel, Türkiye'de şu anda kurulu güneş enerjisi kapasitesinden yaklaşık üç kat daha büyüktür. Bu potansiyel kapasitenin yılda 22 terawatt-saat (TWh) elektrik üretmesi beklenmektedir ki bu da Türkiye'deki mevcut elektrik üretiminin %6'sından biraz daha fazladır. Bu potansiyel, tüm güneşe bakan çatı alanlarının kullanılması durumunda hesaplanan teorik 55 GW potansiyelinin neredeyse dörtte birine eşittir. Bu sistemler, Türkiye'deki binaların tüm elektrik talebinin (soğutma, aydınlatma, havalandırma ve kısmi alan ısıtma ve sıcak su) %17'sini karşılayabilir. Elektrik'in %100'ünün doğrudan tüketildiği (yani kendi kendine tüketildiği) varsayımı altında, çatı üstü PV sistemleri Türkiye'deki binaların birincil enerji talebini %11 oranında azaltabilir (cihazlar, ofis ekipmanları ve pişirme için tüketilen enerji hariç).

Çatı PV sistemlerinin toplam potansiyel kapasitesinin yaklaşık %70'i konut binalarında olmasına rağmen, bu sistemlerin konut binaları için eşitlenmiş elektrik maliyeti (LCOE) şebeke tarifesiinden %30-%50 daha yüksektir. Ancak, tüm binalardaki çatı PV sistemlerinin toplam potansiyel kapasitesinin yalnızca %30'u şebeke paritesine (4,5 GW) ulaşacaktır.¹ Türkiye genelindeki konut binalarında şebeke eşitliğine ulaşmak, bina türüne bağlı olarak 1.500-2.000 ABD Doları/kW ile 1.200 ABD Doları/kW ve altı seviyelerinde değişen düşük kapasiteli çatı PV sistemlerinin yatırım maliyetlerinde bir azalmayı gerektirir. İşletme giderleri göz önüne alındığında, bu oran %8 oranında düşürülürse, ticari binalarda 600-1.000 ABD Doları/kW ve diğer bina türlerinde 700-1.200 ABD Doları/kW aralığı mevcut şebeke tarifesiinin altındadır.

Konut binalarında PV yatırımlarının getirisi, cari maliyetler göz önüne alındığında 14-16 yılda görülecekken, ticari yatırımlar için bu süre 4-5 yıldır. Yatırım maliyetlerini %30 düşürmek, yatırımcıların konut binaları için 8-10 yılda ve ticari binalar için üç yılda getiri görmesini sağlayacaktır.

Türkiye'de ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda 4,5 GW kapasiteli çatı PV sistemlerinin konuşlandırılması mükemmel iş fırsatları yaratacak, daha fazla enerji güvenliği sağlayacak ve iklim değişikliğinin hafifletilmesine yardımcı olacaktır. Ekonomik potansiyel açısından, çatı PV sistemleri için tahmini toplam yatırım maliyeti 6,2 milyar ABD dolarıdır. Yaklaşık 1,3 milyar m³ ithal edilen doğal gazda toplamda tasarruf sağlanabilir (yani, 2019 yılında Türkiye'nin toplam gaz ithalatının yaklaşık %2,9'u, yani 44,5 milyar m³'ü). Bu hacim, Türkiye'nin gaz ithalatında yıllık 300 milyon ABD doları tasarruf anlamına geliyor. Tüm elektrik

¹Bu çalışmada şebeke paritesi, çatı üstü PV sistemlerinin LCOE'sinin şebeke tarifesiine eşit olduğu seviyeyi ifade etmektedir.

Çatı tipi fotovoltaik sistemlerle üretim, kömür bazlı üretimin yerini aldığında, yılda 5,6 milyon ton (Mt) CO2 emisyonu (Türkiye elektrik sektörünün toplam CO2 emisyonunun yaklaşık %3,5'i) azaltılabilir.

Çatı PV sistemleriyle ilgili olarak küresel düzeyde birçok finansman aracı ve politika mekanizması geliştirilmiştir. İmtiyazlı krediler, hibeler, risk paylaşım mekanizmaları, tüketici kredileri ve sigorta ve leasing sistemleri, yatırımcıları teşvik etmek için şu anda yürürlükte olan finansal araçlardan bazılarıdır. Öte yandan, politika mekanizmaları açısından, şu anda uygulanan net ölçüm mekanizmasına ek olarak, garantili satın alma tarifeleri, prim sistemleri ve net faturalama yöntemleri yaygın olarak tartışılmaktadır.

Finansman araçları ve politika mekanizmalarının yanı sıra, elektrik ticareti yönetimi ve küçük ölçekli fazla enerji satışları için iş modellerinin uygulanması ve uygun düzenlemeler, Türkiye genelinde dağıtılmış üretim kapasitesini hızlandıracaktır. Önümüzdeki yıllarda, azalan yatırım maliyetleri ve faiz oranları, çatı PV sistemlerini ekonomik olarak daha uygulanabilir hale getirecektir.





1. Giriş

Toplam kurulu güçte yenilenebilir enerjinin payı artacak ve enerji verimliliği artırılacak daha da geliştirilerek Çatı üstü PV entegrasyonu.

Türkiye'nin toplam elektrik tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı 2019 yılı sonunda yaklaşık %44'tür (TEİAŞ, 2020). Bu değer, önceki yıllarda gözlenen üçte birlik payın oldukça üzerindedir. Toplam 5,9 GW PV (TEİAŞ, 2019) ve yaklaşık 7,6 GW karasal rüzgar enerjisi kapasitesi (TÜREB, 2019), ülkenin toplam kurulu elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık %14'ünü sağlamaktadır. Güneş PV sistemleri ve karasal rüzgar türbinleri aracılığıyla üretilen elektrik, 2019 yılında Türkiye'nin toplam elektrik talebinin %10'unu karşılamıştır (GÜYAD, 2019a). Ancak, bu üretimin büyük bir kısmı kamu hizmeti ölçeğinde olmuştur ve dağıtılmış enerji üretiminin payı ihmal edilebilir düzeyde kalmaktadır. Neyse ki, son yıllarda enerji sektörünün dağıtım kabiliyetlerini artırmak için küresel ölçekte önemli gelişmeler yaşanmıştır (IEA, 2019).

Türkiye'de Mayıs 2019'da yürürlüğe giren net ölçüm yasasına göre (Resmi Gazete, 2019), gerçek veya tüzel kişiler bundan böyle lisans almadan veya şirket kurmadan elektrik üretebilecek ve üretim fazlasını şebekeye satabilecekler. Bu düzenlemenin ardından dağıtık enerji üretiminde artış beklenebilir. Bu nedenle, Türkiye'de çatı PV potansiyeli hakkında farkındalığı artırmak önemli bir görev haline gelmiştir. Dünya Bankası (Dünya Bankası, 2018), Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü (IEEFA) (IEEFA, 2019) ve Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu – Türkiye Bölümü (GÜNDER, 2019a) gibi kuruluşlar tarafından Türkiye genelinde ilgili bir dizi çalışma yayınlanmış olsa da, bina verilerini içeren aşağıdan yukarıya bir yaklaşım kullanılarak hiçbir çalışma yürütülmemiştir.

SHURA Enerji Geçiş Merkezi (SHURA, 2018a) tarafından yayımlanan “Rüzgar ve güneş PV yatırımlarının yerini dengeleme” raporunda, 2026 yılına kadar şebekeye toplam 10 GW dağıtılmış (çatı ve diğer sistemler) güneş enerjisi kapasitesi tahsis etmenin faydaları çeşitli diğer senaryolarla karşılaştırılmıştır. Çatı PV dağıtımıyla, hem toplam kurulu kapasitedeki yenilenebilir enerji payı artacak hem de çeşitli esnek yöntemler uygulanarak enerji verimliliği iyileşecektir. Dahası, dağıtım sistemi operatörleri bu geçişe hazır olduğu sürece bina entegrasyonu ve güç sektörü entegrasyonu sağlanabilir.

Yukarıda belirtilen dağıtılmış üretim potansiyeli göz önüne alındığında, çatı üstü PV sistemlerinin dağıtımına ilişkin teknik bilgi geliştirilmelidir. Dünya Bankası raporu, çatı üstü PV sistemlerinin Türkiye'de yaygınlaşması için gerekli düzenlemelerin uygulanmasının yanı sıra gelişmiş planlama ve teknik kapasitenin de artırılması gerektiğini vurgulamaktadır (Dünya Bankası, 2018). Binaların toplam enerji talebine ve PV sistemlerinin potansiyel kapasitesine odaklanan bir çalışmaya ihtiyaç olduğunu ve bu alandaki bilgiye katkıda bulunmayı amaçlayan SHURA, binaların çatı alanları ve enerji tüketim verilerini kullanarak aşağıdan yukarıya bir analiz gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki tüm binaların mevcut enerji talebini karşılamak için çatı üstü PV sistemlerinin teknik ve ekonomik potansiyelini tahmin etmek ve başlangıç noktası olarak geçmiş çalışmalardan elde edilen sonuçları ve metodolojileri kullanmaktır. Bir sonraki bölüm, Türkiye'deki bina stokunun enerji talebinin genel bir görünümünü ve çalışmada kullanılan metodolojiyi sunmaktadır. Aşağıdaki bölümler, PV sistemlerinin potansiyel kapasitesini ve maliyet-fayda analizini tanıtmaktadır. Son olarak, PV sistemlerinin dağıtımını kolaylaştırmak için finansal araçlar, politika mekanizmaları ve iş modelleri sunulacaktır.

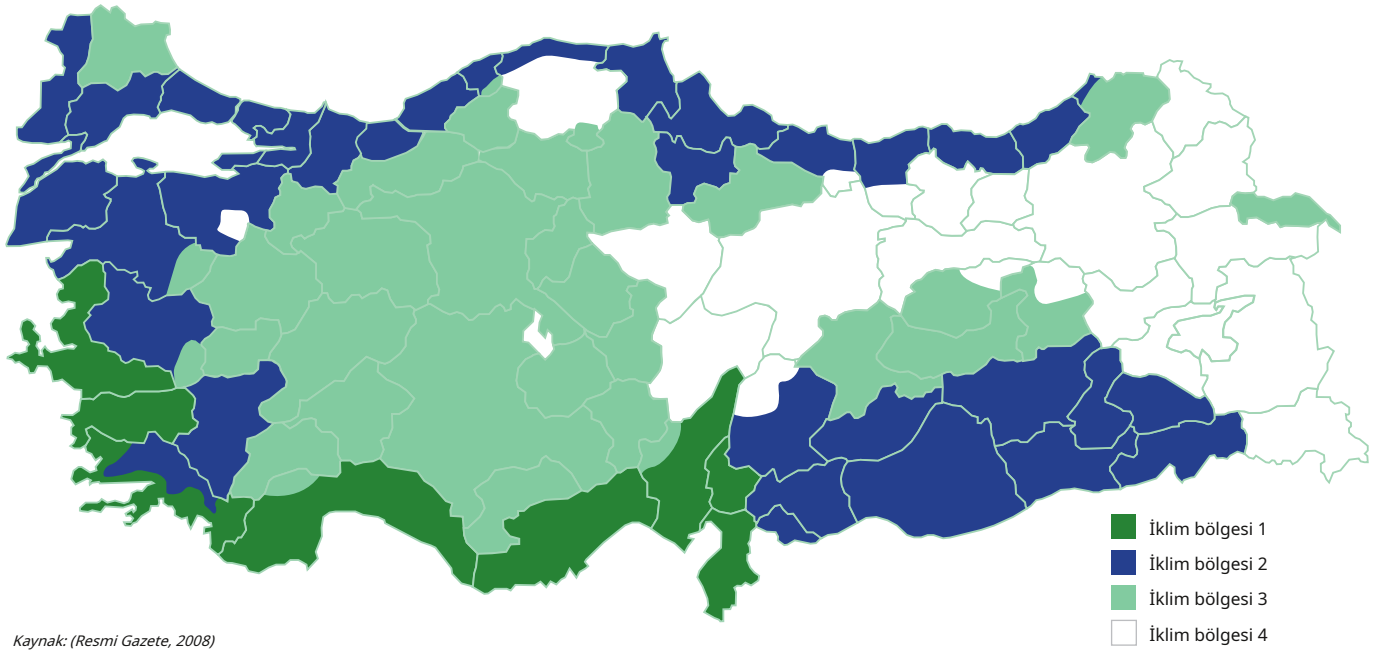


2. Türkiye'deki bina stok verileri ve binaların enerji talebi

Türkiye'nin kentsel nüfusu yılda yaklaşık %2 oranında artmaktadır. Bu durum ve Türkiye'deki binaların kısa ömürlü olması, her yıl yeni bina sayısının %4 oranında arttığı Türkiye'nin bina stokunun hızla büyümesine katkıda bulunmaktadır (Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018). İnşaat sektörü, Türkiye ekonomisinde itici bir güç olup, 2019'un ilk çeyreği itibarıyla Türkiye'nin gerçek gayri safi yurtiçi hasılasında (GSYİH) %6'lık bir paya sahiptir (İNTES, 2019). Bina stoku verilerinin kapsamlı bir analizi, binaların enerji talebini ve çatı PV sistemlerinin potansiyel faydalarını belirlemek için önemli bir temeldir.

Türkiye'deki farklı bina tiplerinin toplam nihai enerji tüketimini analiz etmek için, genel bina stokunun özelliklerini, bina katı başına ortalama yıllık enerji tüketimini ve toplam enerji tüketiminin son kullanımlara göre dağılımını ortaya koyan bir literatür taraması yapılmıştır. Binaların enerji talebine ilişkin veriler bize bina tiplerinin ve iklim bölgelerinin dağılımını göstermektedir. Bu yaklaşıma göre, bu çalışmada incelenecek olan Türkiye'de TS 825 - Binalar İçin Isı Yalıtımı Gereksinimleri Yönetmeliği'ne (Resmi Gazete, 2008) göre tanımlanan dört iklim bölgesi vardır. İklim bölgesi haritası Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1: Türkiye'deki iklim bölgeleri



Kaynak: (Resmi Gazete, 2008)

Sonraki iki alt bölümde, bu çalışmanın yapı stoğu ve binaların enerji tüketimine ilişkin dayandığı metodoloji ve varsayımlar ele alınacaktır.

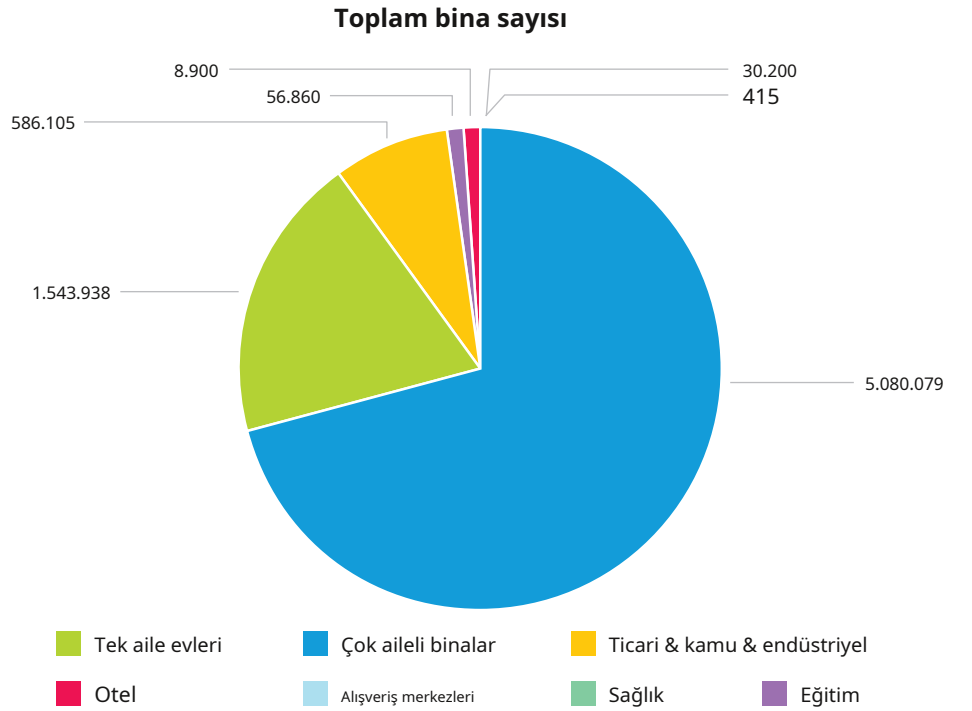
2.1. Bina stok verileri

2018 itibarıyla Türkiye'de toplam 9,1 milyon bina vardı (Kabakçı, 2018). Bunların yaklaşık 7,3 milyonu 1970'ten sonra inşa edildi (TÜİK, 2019). 1970'ten önce inşa edilen binalar, çatı PV sistemleri için uygun bir çatı yapısına sahip olmadıkları varsayımlararak analizden hariç tutuldu. Yaklaşık 1,5 milyon Tek ailelik ev (ayrı binalar) ve 5 milyon Çok aileli bina bulunmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre. 1970 ile 2000 yılları arasında inşa edilen Tek aileli evlerin Çok aileli binalara oranı, konut binalarının genel oranına göre bire dört olarak varsayılmıştır.

Türkiye'deki yapı stokunda yaklaşık 600.000 ticari, kamusal ve endüstriyel yapı bulunmaktadır. Yaklaşık 57.000 yapı eğitim amaçlı kullanılırken, yaklaşık 9.000 otel binası bulunmaktadır (GM Dergi, 2019 | TÜROB, 2019). 400'den fazla alışveriş merkezi ve yaklaşık 30.000 sağlık binası bulunmaktadır (TÜİK, 2019). Toplu konutlar, depolama tesisleri ve çiftlik binaları analize dahil edilmemiştir. Her bina türünün toplam sayısı Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2:Binaların türe göre dağılımı



Kaynak: (TÜİK, 2019)

Her bina tipinin toplam taban alanı Tablo 1'de verilmiştir. 2018 yılı itibarıyla, tüm konut binalarının toplam taban alanı 2,4 milyar metrekare (m²) idi. Bunun yaklaşık 1,9 milyar m²'si Çok aileli binalarda ve 0,5 milyar m²'si Tek aileli evlerde yer almaktadır (ortalama taban alanı: 96 m²). Tüm konut dışı binaların toplam taban alanı 500 milyon m²'dir (Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018). SHURA'nın hesaplamalarına göre, ticari, kamusal ve endüstriyel binaların toplam taban alanı 400 milyon m²'den fazladır. Eğitim binalarının tahmini toplam taban alanı 48 milyon m², otellerin 8 milyon m², sağlık binalarının 25 milyon m² ve alışveriş merkezlerinin 6 milyon m²'dir.

Tablo 1:Türkiye'deki farklı bina tiplerinin toplam taban alanı

	Tek ailelik evler	Çok aileli binalar	Reklam, kamu ve endüstriyel	Eğitim	Otel	Sağlık	Alışveriş alışveriş merkezi
(milyon m ²)	500	1.900	416	48	8	25	6

Kaynak: (Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018) ve SHURA hesaplamaları

Paydaş görüşmelerinden elde edilen verilere göre, her bina tipi için PV sistemleri kurulumuna uygun ortalama çatı alanı, çok aileli binalarda, her katta iki daire olduğu varsayılarak 150-250 m²; tek aileli konutlarda 80-120 m²; ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda 350-650 m²; eğitim binalarında 900-1500 m²; otellerde 350-550 m²; sağlık binalarında 300-700 m²; alışveriş merkezlerinde ise 1.100-1.500 m²'dir.

Türkiye'deki konut binalarının büyük çoğunluğunun kırma çatıya sahip olduğu varsayıldığında, çeşitli konut dışı bina sahipleri ve işletmecileriyle yapılan görüşmelerden, çatı PV sistemleri kurmak için uygun olan minimum çatı alanının, tüm bina tiplerinin güneye bakan çatılarındaki toplam çatı alanının dörtte biri olduğu anlaşılmıştır. Ancak konut dışı binalar genellikle düz çatıya sahiptir. Geriye kalan alanlar genellikle diğer ekipmanlar için ayrılmıştır.

Bilgi Kutusu 1: Seferihisar Belediye Pazaryeri – 170 kW

2014 yılında İzmir Kalkınma Ajansı'ndan (İZKA) alınan 880.000 TL hibe ile bir pazaryerinin çatısına kurulan bu santral, yılda ortalama 310.000 kWh enerji üreterek belediyenin ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyacını karşılıyor. Ayrıca yılda 180.000 kg CO emisyonu azaltılıyor. Sistem, temiz enerjinin nasıl kullanılarak yılda 125.000 TL tasarruf sağlanabileceğinin bir örneği.



Kaynak: (Yeşilist, 2019)

2.2. Bina tipine ve iklim bölgelerine göre enerji tüketimi

Türkiye'de bina kat alanı başına birincil enerji tüketimi 100-250 kWh/m²'dir² konut binaları için yılda (Öz, 2011); 50-300 kWh/m² ticari, kamusal ve endüstriyel binalar için yılda; 60-150 kWh/m² eğitim binaları için yılda; 100-350 kWh/m² oteller için yılda; 200-600 kWh/m² sağlık binaları için yılda; ve 150-250 kWh/m² alışveriş merkezleri için yılda (Kabakçı, 2018 ve paydaş görüşmeleri). Bu değerlerin ortalaması Türkiye'deki tüm binalar için hesaplanmıştır. Tek aileli evlerin ve Çok aileli binaların enerji tüketiminin eşit olduğu varsayılmıştır.

Türkiye'de, Binalarda Isı Yalıtım Şartları Standardı'nda (TS 825) (Resmi Gazete, 2008) tanımlanan dört iklim bölgesi bulunmaktadır. Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası raporuna (Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018) göre, dördüncü iklim bölgesinde ısıtma ihtiyacı birinci bölgeye göre 2-2,5 kat daha fazla iken, birinci iklim bölgesinde soğutma ihtiyacı dördüncü bölgeye göre 2,5-3 kat daha fazladır. İklim bölgelerine özgü değerler, Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası raporuna (Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018) uygun olarak bölgeler arasındaki farklılıklara ve talep ilişkilerine göre hesaplanmaktadır.

Tüketim değerleri Türkiye ortalamalarını yansıtmaktadır. Dördüncü bölgedeki konutların enerji tüketimi birinci bölgenin iki katıdır. Dördüncü ve birinci bölge arasındaki enerji tüketimi ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda 2,5 kat, eğitim binalarında 2 kat, otellerde 1,25 kat, sağlık binalarında 2 kat, alışveriş merkezlerinde 1,5 kat daha fazladır. İkinci ve üçüncü bölgelerdeki tüketim değerleri birinci bölgeye göre ortalama 1,1-1,4 kat daha yüksektir.

Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü iklim bölgelerinde toplam yapı alanı dağılımı sırasıyla Tek ailelik konutlarda %19, %42, %24 ve %15; Çok aileli binalarda %17, %54, %23 ve %6; konut dışı binalarda ise %19, %48, %27 ve %6 olarak kaydedilmiştir (Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018).

Bina tiplerine ve iklim bölgelerine özgü enerji tüketim değerlerinin, Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'nde (BEP-TR) tanımlandığı şekilde ısıtma-soğutma, sıcak su, havalandırma ve aydınlatmayı içerdiği varsayılmış olup, birincil enerji olarak ifade edilmiştir.², ve cihazlar, ofis ekipmanları, yemek pişirme ve diğer tüketim kategorileri hariç. Veriler toplam taban alanlarına değil, şartlandırılmış alanlara dayanmaktadır. Taban alanları düzenli olarak işgal edilen alanları gösterirken, şartlandırılmış alanlar doğrudan veya dolaylı olarak ısıtma ve soğutmaya tabi olan alanları ifade eder. Şartlandırılmış alanların konutlarda taban alanlarının %80-%90'ı, konut dışı alanlarda %60-%70'i ve Türkiye'deki tüm binalarda ortalama %75'i olduğu varsayılmaktadır.

Toplam enerji tüketimi

Türkiye'de bina tiplerine göre toplam enerji tüketimi Tablo 2'de gösterilmektedir. TWh/yıl, alan başına enerji tüketim değerlerinin şartlandırılmış alanlarla çarpılmasıyla hesaplanır.

Birincil Enerji Tüketimi (TWh/yıl) = Şartlandırılmış Bina Alanı (m²) x Birincil Özgül Enerji (kWh/m²yıl)

Tablo 2:Bina tipine göre enerji tüketiminin dağılımı

Birim	Bekar-aile evler	Çok-aile binalar	Reklam, kamu ve endüstriyel	Eğitim	Otel	Sağlık	Alışveriş alışveriş merkezi	Toplam
(TWh/yıl)	42-106	148-371	13-78	2,4-5,9	0,6-2,0	4,1-12,2	0,6-0,9	211-575
(Mtoe/yıl)	3.6-9.1	12.7-31.9	1.1-6.7	0,2-0,5	0,1-0,2	0,4-1,1	0,1-0,1	18-50

Kaynak: SHURA hesaplamaları

Yukarıda yapılan alt-yukarı analize göre, Türkiye'deki binaların toplam birincil enerji tüketimi yıllık 18 ile 50 Mtep arasındadır. Bu çalışmada bundan sonra bu değerlerin ortalaması (33,82 Mtep) kullanılmıştır. Türkiye'deki binaların 2018 yılındaki toplam nihai enerji tüketimi 33,08 Mtep olarak bildirilmiştir (EİGM Denge, 2018). Bu değer, elektrik talebi (10,96 Mtep) ile elektrik dışı talep (22,12 Mtep) arasında bölünmüştür. Nihai enerji tüketimini birincil enerjiye dönüştürme katsayısı olarak 2,07 varsayılırsa (EİGM Denge, 2018), Türkiye'deki binaların 2018 yılındaki toplam birincil enerji tüketimi 44,81 Mtep olmuştur. Buna göre, alt-yukarı yaklaşım Türkiye'deki binaların toplam birincil enerji tüketiminin %75'ini temsil etmektedir. Geriye kalan enerji, cihazlar, ofis ekipmanları, pişirme ve diğer kategorilere güç sağlamaktadır.

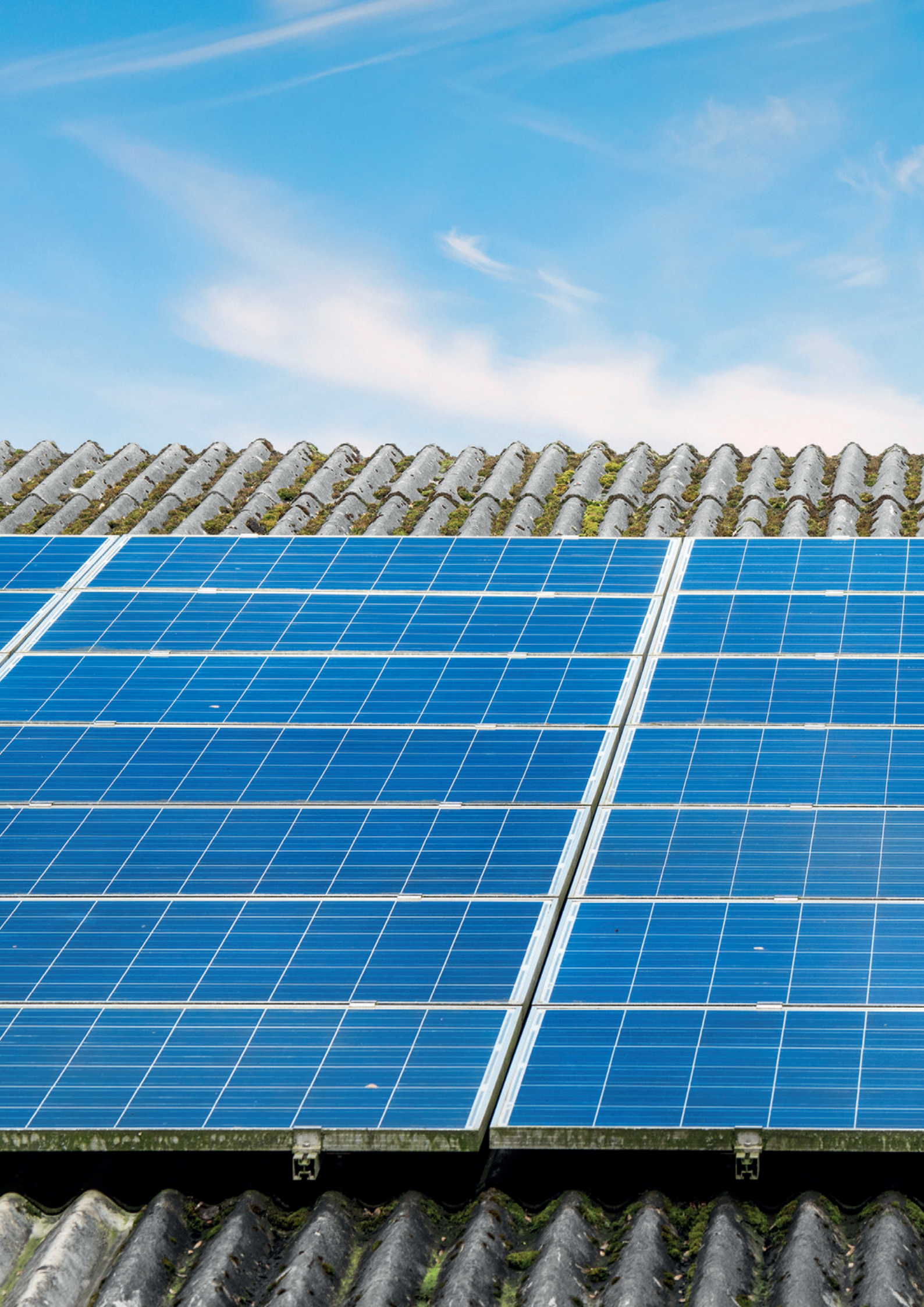
²Öz nitelikleri değiştirilmeden kullanılan enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarıdır. Kömür, nükleer, biyokütle, hidrolik, dalga enerjisi bu kategoride sayılabilecek enerji kaynaklarıdır. Doğal nitelikleri farklı bir enerji kaynağına dönüştürüldükten sonra kullanılan enerji kaynakları nihai enerji kaynaklarıdır. Elektrik, benzin, mazot, ikincil kömür, kok, LPG enerjisi bu kategoride sayılabilecek enerji kaynaklarıdır (Enerji Kaynakları, 2018).

Bilgi Kutusu 2: Muğla Büyükşehir Belediyesi Bodrum Otobüs Terminali – 630 kW



Türkiye'de bir ilk olarak Bodrum Otogarı'na elektrikli araçlar için altı şarj istasyonu kuruldu. Bodrum Otogarı'nın çatısına kurulan 630 kW'lık güneş enerjisi sisteminin maliyeti 4 milyon TL'ye, yani kW başına yaklaşık 1.250 ABD dolarına denk geliyor.

Kaynak: (Solarist, 2018)



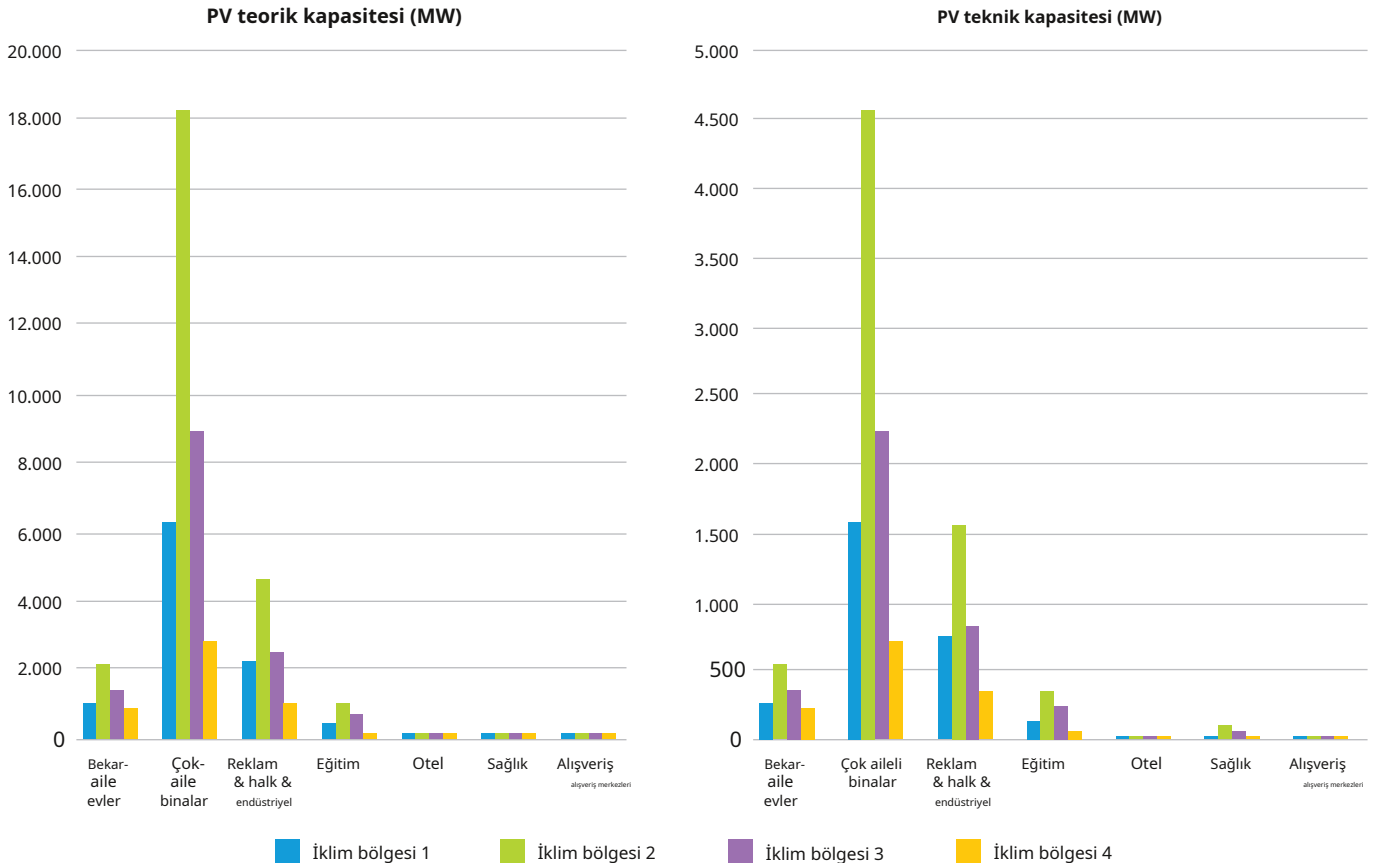
3. Türkiye'deki binalarda çatı fotovoltaik sistemlerinin potansiyeli

Türkiye'de her yıl bina stokuna çatı PV sistemlerine uygun yapılandırılmış yaklaşık 100.000 yeni bina ekleniyor (TÜİK, 2019). Türkiye'de her yıl ilave 300.000 konut binası yıkılıp yeniden inşa ediliyor ve bunların üçte biri İstanbul'da (Kentsel Dönüşüm, 2019). Her yıl inşa edilen yüz bin yeni bina, son on yılda bir milyon yeni bina inşa edildiği anlamına geliyor ve bu da günümüzün toplam bina stokunun %10'undan fazlasını oluşturuyor. On yıl önce var olan toplam konut bina stokunun %15'inin de çatı PV sistemleriyle uyumlu olduğu varsayıldığında, konut binalarının %25'i PV sistemleri için kullanılabilir. Yeni inşa edilen alışveriş merkezlerinin %50'sinin de PV sistemleri için uygun olduğu varsayılmaktadır. Diğer tüm bina tiplerinde, yeni ve eski binaların karışımı temelinde üçte bir oranı varsayılmaktadır. Çatı üstü PV sistemlerinde kW başına gereken toplam alanın 7 m² olduğu tahmin edilmektedir (EMO, 2019).

14,9 GW teknik var çatı PV potansiyeli
Türkiye'deki sistemler.

Türkiye'de, tüm güneşe bakan çatı alanları kullanıldığında çatı PV sistemlerinin teorik potansiyeli 55 GW olarak hesaplanmıştır. Yukarıda belirtilen uygun çatı alanı oranlarına göre hesaplandığında, teknik potansiyel 14,9 GW çatı PV kapasitesi olarak belirlenmiştir. Bu potansiyel, Türkiye'deki yaklaşık 6 GW olan toplam kamu ölçeğindeki kurulu PV kapasitesiyle karşılaştırıldığında olağanüstüdür. Şu anda, 6 GW kurulu kapasitenin yaklaşık %15'i (0,9 GW) çoğunlukla ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda çatı PV sistemleri aracılığıyla sağlanmaktadır (GÜYAD, 2019b). PV sistemlerinin ekonomik potansiyeli aşağıdaki bölümlerde değerlendirilecektir. Teorik ve teknik potansiyel kapasitelerinin bina tipi ve iklim bölgesine göre dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir. Konut binaları ve ticari binalar, potansiyel kapasiteler açısından diğer bina tiplerinden çok önde görünmektedir.

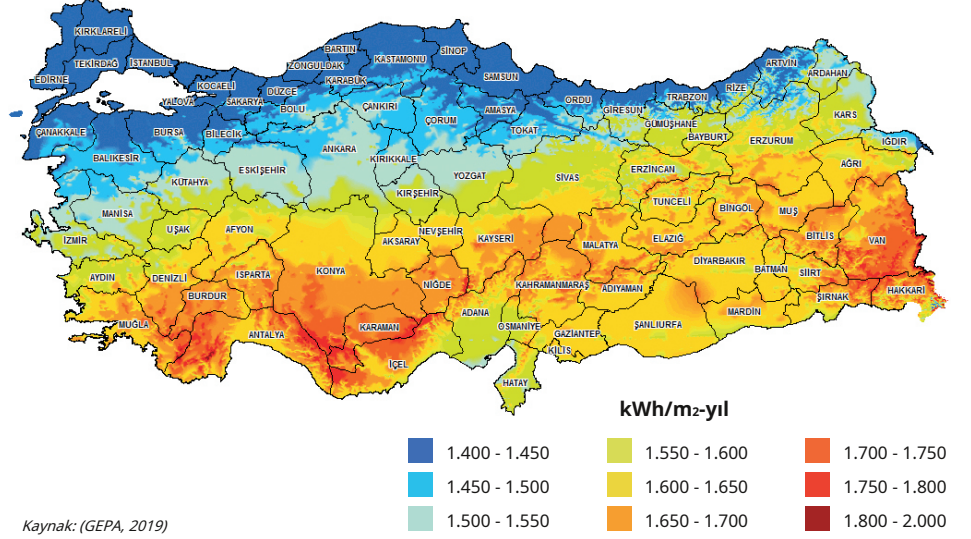
Şekil 3: Çatı sistemlerinin teorik ve teknik potansiyel kapasiteleri



Kaynak: SHURA hesaplamaları

PV sistemlerinin kapasite faktörleri bölgeye göre değişir. Ortalama olarak, Türkiye'de kamu ölçeğinde kapasite faktörü yaklaşık %22'dir (SHURA, 2018a). Türkiye'nin iklim bölgeleri genelinde, PV sistemlerinin kapasite faktörü birinci ve üçüncü bölgelerde %21,5, ikinci bölgede %20 ve dördüncü bölgede %22'dir. Güneş radyasyon haritası Şekil 4'te verilmiştir (GEPA, 2019). Çatı PV sistemlerinin kamu ölçeğindeki sistemlere göre %20 daha düşük kapasite faktörlerine sahip olduğu düşünülmektedir (Roger Andrews, 2016). Bu kapasite faktörlerinin gölgeleme katsayılarını içerdiği varsayılmaktadır.

Şekil 4: Güneş radyasyon haritası

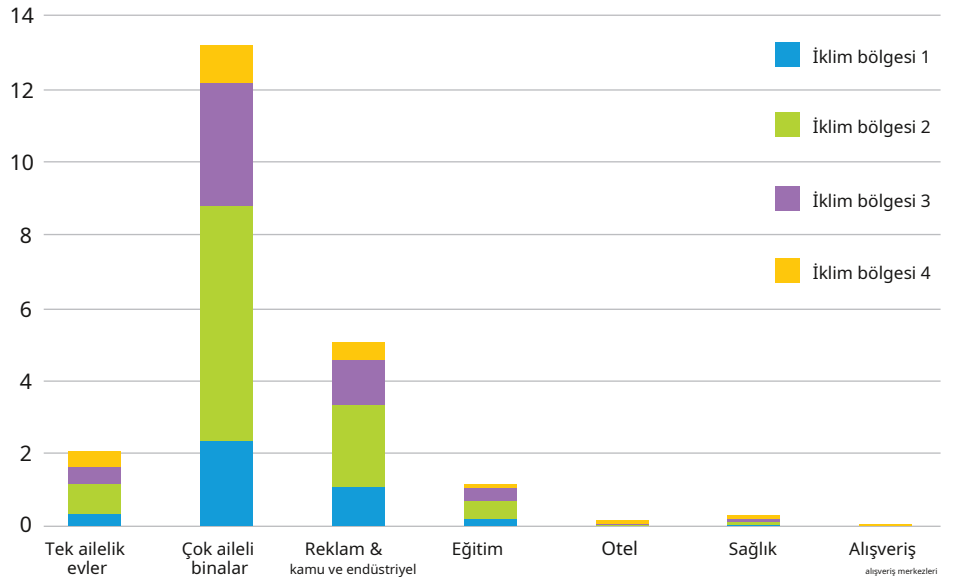


Kaynak: (GEPA, 2019)

Yukarıdaki kapasite faktörleri kullanılarak hesaplanan, farklı bina tiplerindeki çatı PV sistemlerinin iklim bölgesine göre potansiyel yıllık elektrik üretim kapasiteleri Şekil 5'te verilmiştir. Teknik kapasiteleri değerlendirirken, Çok aileli binalar yaklaşık 13,2 TWh/yıl ile en büyük potansiyel kapasiteye sahiptir. Bunu ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda 5,1 TWh/yıl potansiyel kapasite takip eder. Tek aileli evlerdeki potansiyel, çatı alanlarına göre 2 TWh/yıldır. Toplam teknik potansiyelin yarısı ikinci iklim bölgesindeki binalarda görülmektedir.

Şekil 5: Çatı sistemlerinin yıllık elektrik üretim kapasiteleri

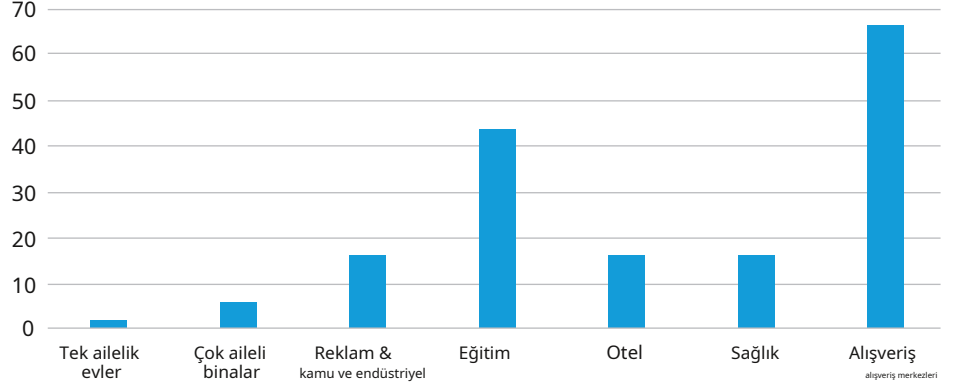
Elektrik üretimi (TWh/yıl)



Kaynak: SHURA hesaplamaları

Teknik potansiyellere göre 350 W panel kapasitesi varsayıldığında, bina tipi başına gereken panel sayısı Şekil 6'da verilmiştir. Bu rakam, alışveriş merkezleri ve eğitim binalarının daha büyük çatı alanlarına sahip olmaları ve dolayısıyla daha yüksek kapasitelere ulaşabilmeleri nedeniyle diğer bina tiplerine göre en az iki veya üç kat daha fazla panel barındırabileceğini göstermektedir.

Şekil 6:Bina tipine göre panel sayısı



Kaynak: SHURA hesaplamaları

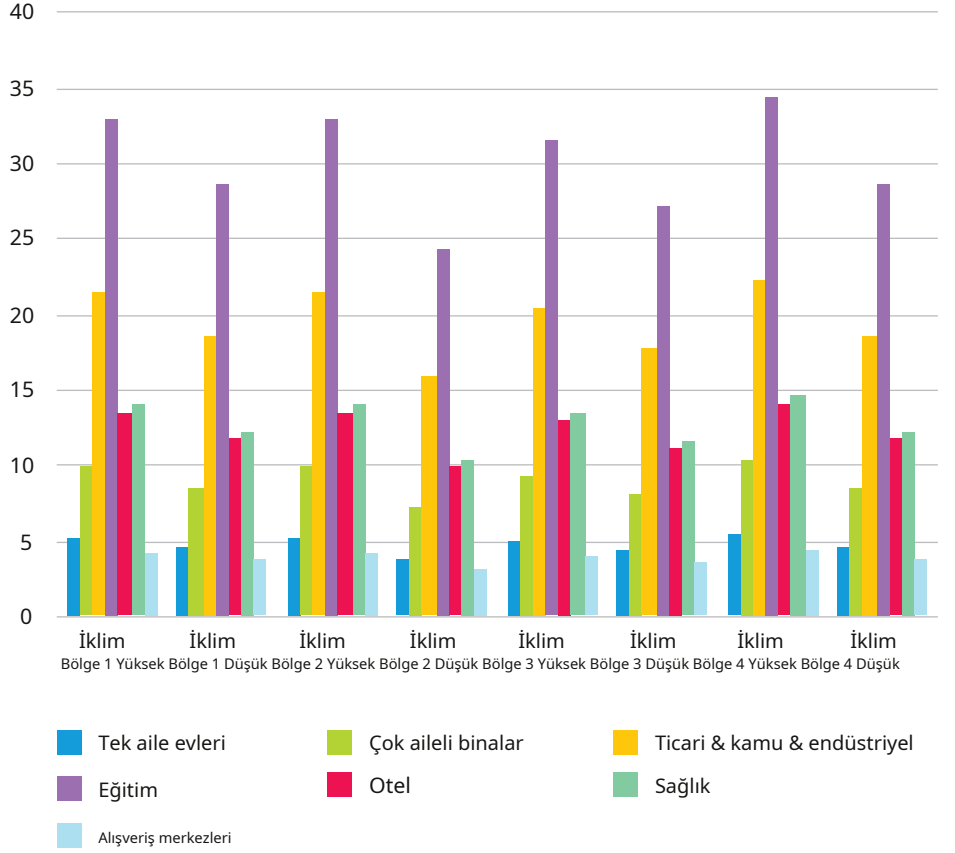
Daha yüksek değerler gözlemleniyor
ticari ve eğitim binaları
daha büyük çatı alanlarına sahipken, belirli elektrik
Konut binalarındaki üretim daha düşük görünüyor.

Her iklim bölgesindeki kentsel yoğunluk, toplam çatı alanı ve güneş radyasyonu oranlarındaki değişimler, PV elektrik üretim potansiyellerini belirlemede farklı göstergelerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Aynı iklim bölgesindeki benzer yoğunluklara sahip iki şehirdeki binaların enerji taleplerini karşılamak için elektrik üretim potansiyeli ile PV sistemlerinin kapasitesi arasında doğru bir karşılaştırma yapmak ve radyasyondaki farkı daha net görmek için, yüksek ve düşük kaynaklı temsili şehirlerde bina alanı başına elektrik üretim potansiyeli bir gösterge olarak dahil edilmiştir. Her iklim bölgesi için bir binanın şartlandırılmış alanı başına çatı PV sistemlerinin elektrik üretim potansiyeli Şekil 7'de verilmiştir.

Genel olarak, en yüksek ve en düşük kaynak değerleri arasında ortalama %12 ila %25 arasında bir fark vardır. Bu gerçek, güneş radyasyon kapasitesinin içsel potansiyel üretim farkını ortaya koymaktadır. Yüksek çatı alanı/şartlandırılmış alan oranına sahip eğitim ve ticari binalar, birim alan başına yüksek elektrik üretim değerlerine sahipken, konut binaları sınırlı çatı alanları nedeniyle daha düşük değerlere sahip gibi görünmektedir. Hesaplamalarımıza göre, dördüncü bölge en yüksek değerleri yansıtırken, ikinci bölge en düşük değerleri yansıtmaktadır.

Şekil 7: Bina alanı ve iklim bölgelerine göre elektrik üretim potansiyelleri

PV elektrik üretimi (kWh/m²)



Kaynak: SHURA hesaplamaları

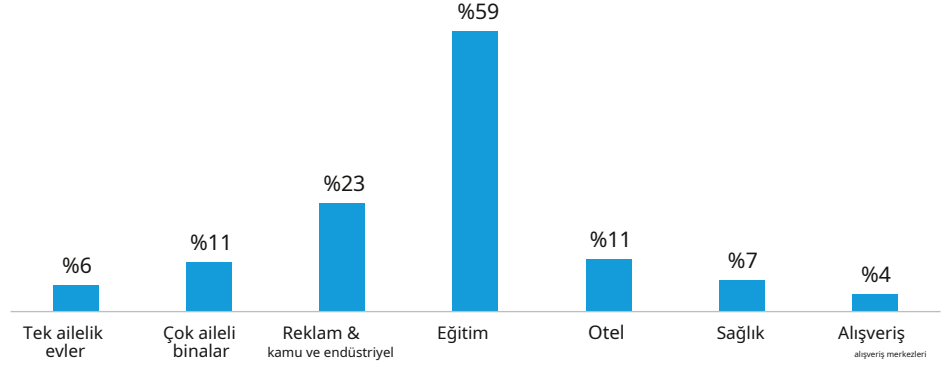
Çatı PV sistemleri önemli bir enerji verimliliği potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada enerji verimliliği, bir binanın PV sistemleri aracılığıyla enerji tüketimindeki azalma olarak tanımlanmaktadır. Enerji verimliliği potansiyeli, birincil enerjinin toplam PV üretim değerinin 2,07 katsayısıyla (EİGM Denge, 2018) çarpılması ve toplam bina enerji talebi değerine oranlanmasıyla hesaplanır.

Dolayısıyla, 14,9 GW PV sisteminin yıllık toplam ürettiği elektrik 22 TWh olacaktır. 22 TWh'lik elektrik üretimi, 46 TWh'lik birincil enerji miktarına karşılık gelir. Bu, aşağıdan yukarıya yaklaşımla hesaplandığında, Türkiye'deki binaların toplam birincil enerji tüketiminin %11'ine denk gelir. Bu değer, aynı zamanda Türkiye'deki binaların toplam elektrik talebinin (128 TWh) %17'sine denk gelir (EİGM Denge, 2018). Tüm kapasite hesaplamaları %100 öz tüketim varsayılarak yapılmıştır.

Farklı bina tiplerinin enerji verimliliği değeri hesaplamalara göre önemli ölçüde değişir. En büyük verimlilik potansiyeli %59 ile eğitim binalarındadır, bunu %23 ile ticari, kamusal ve endüstriyel binalar takip eder. Tek ailelik evlerde potansiyel %6 ve Çok aileli binalarda %11'dir (Şekil 8). Bazı bina tiplerinde daha yüksek potansiyellerin nedeni, diğer büyük çatılı bina tiplerine kıyasla daha büyük çatı alanları ve daha düşük enerji tüketim seviyeleridir.

Şekil 8: Bina tiplerine göre çatı sistemlerinin enerji verimliliği potansiyeli

PV sistemlerinin enerji verimliliği potansiyeli



Kaynak: SHURA hesaplamaları

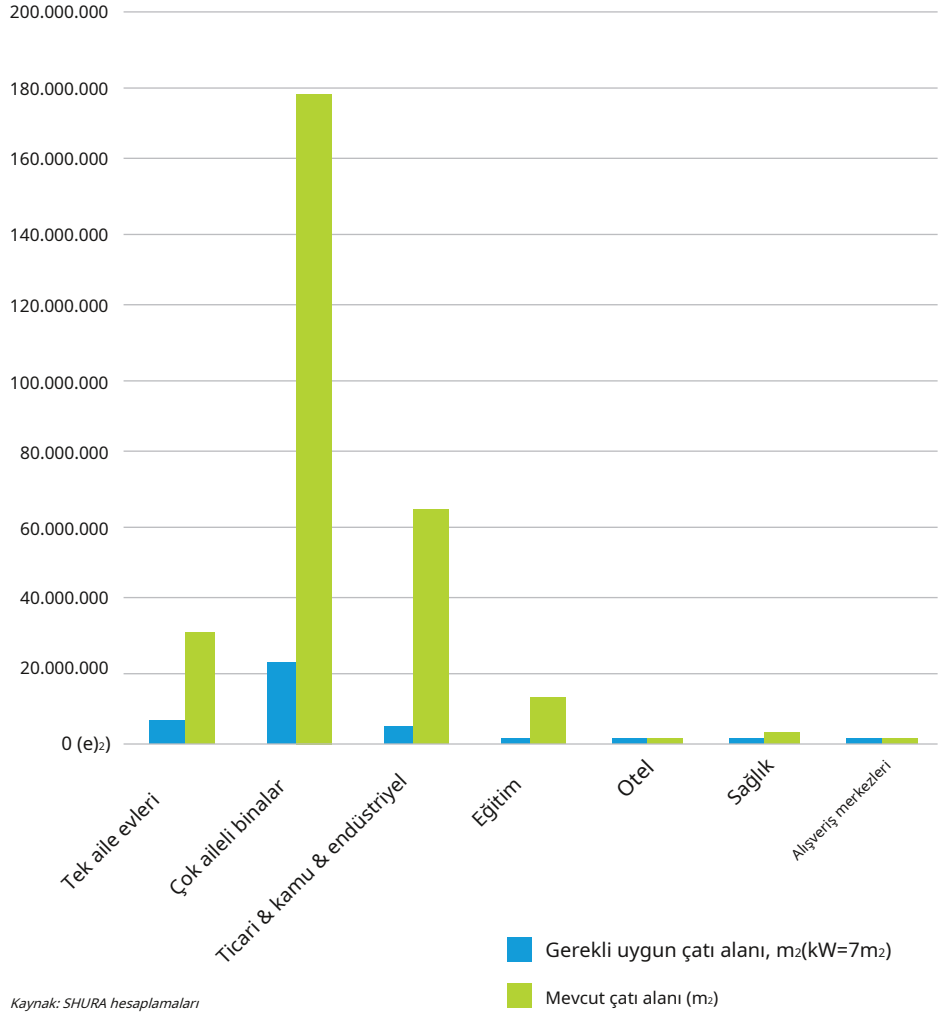
Türkiye'de binaların enerji talebini karşılamada çatı PV sistemlerinin potansiyelini ölçmek için başka bir yöntem de uygulanmıştır. Binaların enerji tüketimine dayanarak, %25 enerji verimliliği potansiyelini karşılamak için bina tipi başına gereken çatı alanı hesaplanmıştır. Farklı bina tiplerinin çatı alanları bu hesaplama göre değerlendirilmiştir. Birinci iklim bölgesinde %25 enerji verimliliği potansiyeline ulaşmak için mevcut ve gereken çatı alanının karşılaştırması Şekil 9'da verilmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre, toplam bina enerji tüketiminin %25'ini karşılamak için gereken çatı alanı; tek ailelik konutların toplam çatı alanının yaklaşık %20'si, çok aileli binaların %12'si, ticari, kamusal ve endüstriyel binaların %6'sı, eğitim binalarının %3'ü, otellerin %18'i, sağlık binalarının %28'i ve alışveriş merkezlerinin %63'ü kadardır.

Tüm bina tiplerinin PV sistemlerinin toplam enerji tüketiminin %25'ini karşılaması için gereken alana sahip olduğu görülebilir. Ancak, her bina tipinin bu kapasiteye ulaşmak için yeterli radyasyon ve PV verimliliğine izin verecek uygun bir çatı alanına sahip olup olmadığı gözden geçirilmelidir. Bina tipleri ve güneşe bakan çatılar için PV uygunluk varsayımları tahmini alanlara göre değerlendirilmeli ve gerekirse hesaplamalar yeniden gözden geçirilmelidir.

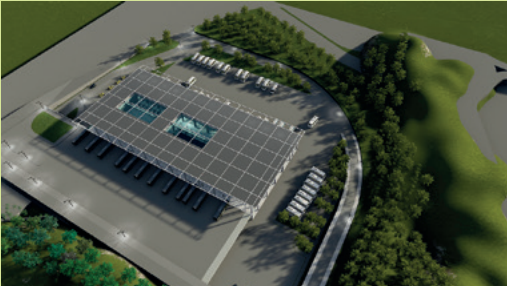
Şekil 9: Çatı sistemlerinin enerji tüketiminin %25'ini karşılaması için gereken alan

İklim bölgesi 1



Kaynak: SHURA hesaplamaları

Bilgi Kutusu 3: Muğla Büyükşehir Belediyesi Menteşe Otogarı – 280 kW



Menteşe Şehirlerarası Otobüs Terminali, Türkiye'de çatı üstü PV sistemine sahip ilk kamu binasıdır. Muğla Büyükşehir Belediyesi bu binanın inşasına 11 milyon TL yatırım yapmıştır. Tüketilenden 2,5 kat daha fazla enerji üreterek çevreye ve belediye bütçesine büyük katkı sağlamıştır. Ekim 2019 verilerine göre Menteşe Şehirlerarası Otobüs Terminali toplam 25.636.679 kWh elektrik (20.000 TL değerinde) üretmiş olup bu miktarın 9.636 kWh'ını kullanmıştır. Tükettiğinden 16.000 kWh daha fazla elektrik üreten otobüs terminali, bu fazlalığı satarak yılda 12.300 TL tasarruf sağlamıştır.

Muğla Menteşe Otobüs Terminali, Türkiye'nin ilk güneş enerjisi sistemi ve Türkiye'nin güneş PV sistemiyle donatılmış en büyük binası olarak Şubat 2019'da açıldı. 4.670 m²'lik bir işletme alanına sahip; 19.550 m yükseklikteki bir arazide yer almaktadır; site, otobüs istasyonunun 3.840 m²'lik bir çatı alanına sahip; Çatıda şu anda 1.760 adet güneş paneli bulunuyor.

Kaynak: (Enerji Günlüğü, 2019)

4. Çatı fotovoltaik sistemlerinin maliyet-fayda analizi

1.500 ABD doları maliyet aralığı
Konut binalarında kW başına
2.000 öngörülmektedir
2020'de Türkiye.

2018 yılında, Türkiye'de yeni kamu ölçeğindeki PV sistemlerinin ortalama maliyeti kW başına 1.200 ABD dolarıydı (IRENA, 2019a). 2016 yılının ikinci çeyreğinde, konut PV sistemi maliyetleri dünyanın farklı bölgelerinde kW başına 1.800 ABD dolarından 5.000 ABD dolarına kadar değişiyordu (IRENA, 2017). PV sistemlerinin yatırım maliyetleri her yıl %10 ila %15 oranında azalmaktadır. Paydaşlarla yapılan görüşmelere bakıldığında, 2020 yılında Türkiye'deki konut binaları için kW başına yaklaşık 1.500-2.000 ABD doları maliyet beklenmelidir. Diğer bina türlerindeki daha büyük kapasiteler için (10 ila 1.000 kW), yatırım maliyetleri kW başına 600 ABD dolarından 1.200 ABD dolarına kadar değişmektedir.

PV sistemlerinin farklı bina tiplerinde uygulanabilirliğini karşılaştırabilmek için, PV sistem yatırımlarının LCOE'leri hesaplanır. LCOE hesaplamalarında, %8'lik bir iskonto oranı (Türkiye'deki enerji projelerinin iç getiri oranını yansıtır), 20 yıllık bir ömür, %2 işletme maliyeti ve %0 verimlilik kaybı varsayılır (ETIP, 2018).

Her bina tipi için LCOE hesaplamalarında, Tablo 3'te gösterilen paydaş görüşmelerinden elde edilen yatırım maliyetleri dikkate alınmıştır. Referans kapasitelerin Tek aileli evlerde 1-5 kW, Çok aileli binalarda 1-10 kW ve diğer bina tiplerinde 10-1.000 kW arasında değiştiği varsayılmıştır.

Tablo 3:Farklı bina tiplerinde kW başına fotovoltaik yatırım maliyetleri

Bina Tipi	Bekar-aile evler	Çok aileli binalar	Reklam, kamu ve endüstriyel	Eğitim	Otel	Sağlık	Alışveriş alışveriş merkezi
Yatırım Maliyet (USD/kW)	1.800	1.600	600-1.000	700-1.200	700-1.200	700-1.200	700-1.200

Kaynak: Paydaş toplantıları

Elektrik enerjisinin seviyelendirilmiş maliyeti ve geri ödeme süresi formülleri aşağıda verilmiştir:

$$LCOE = ((CAPEX * (8\% / (1 - (1 + 8\%)^{-20})) + CAPEX * 0,02)) / ((365 * 24 * \text{Kapasite faktörü} / 100)) * 100 \text{ Geri}$$

$$\text{Ödeme Süresi} = CAPEX / (\text{Yıllık Tasarruflar} - OPEX)$$

LCOE: Elektriğin dengelenmiş maliyeti (ABD\$/kWh)

CAPEX: yatırım maliyeti (ABD\$/kW)

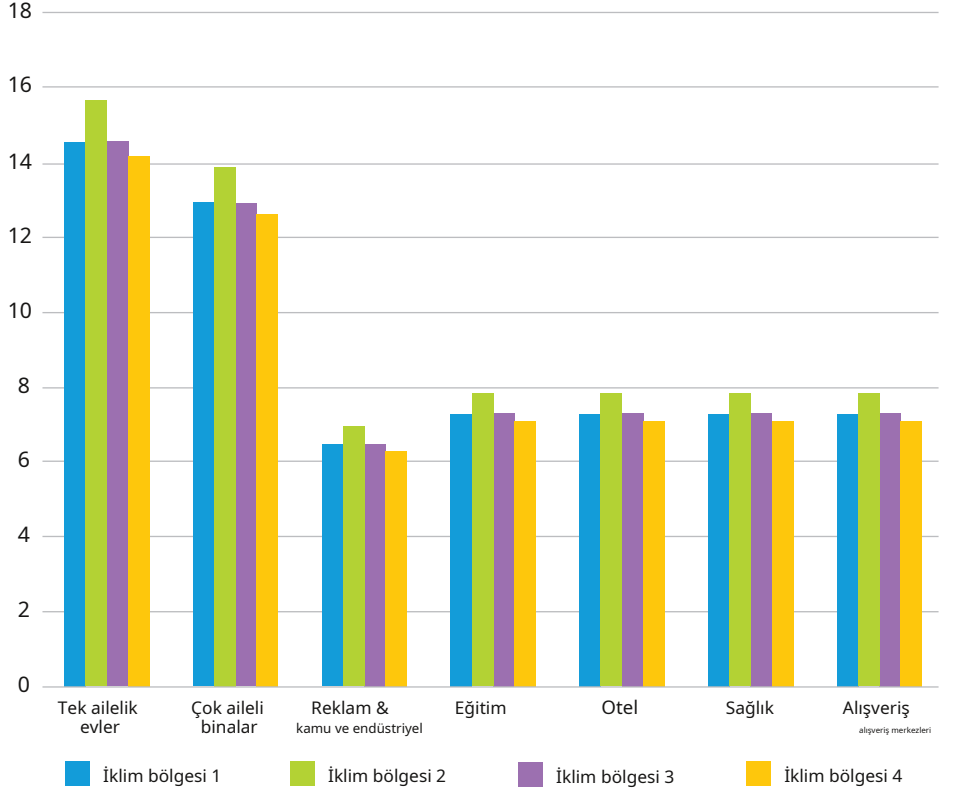
OPEX: işletme giderleri (ABD\$/kW yıl)

Yıllık tasarruflar (ABD\$/yıl)

Hesaplamalara göre, LCOE, dördüncü iklim bölgesindeki ticari binalara kurulan sistemlerde kWh başına 6,3 ABD doları sentten, ikinci iklim bölgesindeki tek aileli evlerde kWh başına 15,6 ABD doları sente kadar değişmektedir. Çok aileli binalardaki LCOE, tek aileli evlere yakındır. Eğitim, otel, sağlık ve alışveriş merkezi binalarında LCOE, kWh başına 7-8 ABD doları sent olarak kaydedilmiştir. İkinci iklim bölgesindeki diğer bölgelere kıyasla daha düşük kapasite faktörleri, birim maliyetlerde artışa yol açmıştır. Dengelenmiş maliyetler Şekil 10'da gösterilmiştir.

Şekil 10:Bina tiplerine ve iklim bölgelerine göre LCOE dağılımı

Elektriğin dengelenmiş maliyeti (ABD\$ sent/kWh)



Kaynak: SHURA hesaplamaları

1 Ekim 2019 tarihi itibarıyla (1 ABD Doları = 5,73 TL) haneler için şebeke tarifi kwh başına yaklaşık 10 ABD Doları senttir (düşük voltaj, tek dönemli tarife, vergiler ve fonlar hariç), ticari binalar için kwh başına 13,21 ABD Doları senttir ve endüstriyel binalar için kwh başına 11,46 ABD Doları senttir (TEDAŞ, 2019).

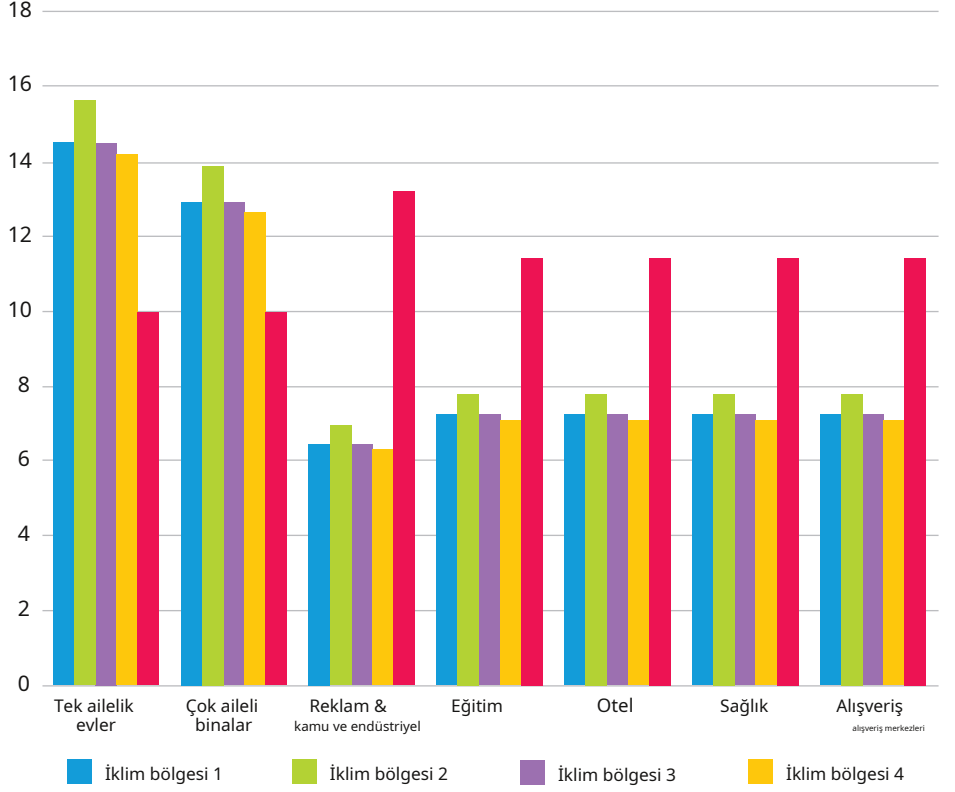
Çatı PV sistemlerinin LCOE'si konut binalarında şebeke tarifesinden yaklaşık %30 ila %50 daha yüksekken, konut dışı binalarda bu çok daha yüksek görünüyor

daha düşük.

Şekil 11'de, LCOE değerleri bina tipi ve iklim bölgesi bazında şebeke tarifeleriyle karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırmada, tüm konut dışı binalar için şebeke tarifeleri, ticari ve endüstriyel binaların tarife fiyatının ortalaması olan 12,34 ABD\$ sent olarak alınmıştır (TEDAŞ, 2019). Bu grafiğe göre, konut binaları için çatı PV sistemlerinin LCOE'si şebeke tarifesinden yaklaşık %30 ila %50 daha yüksektir. Konut dışı binalar için LCOE'nin şebeke tarifelerinden çok daha düşük olduğu görülmektedir. LCOE değerleri, tüm binaların yaklaşık %10'u için şebeke paritesine ulaşmıştır (toplam 14,9 GW teknik potansiyelin %30'u). Bu, toplamda yaklaşık 6,6 TWh'lik (4,5 GW ile) bir ekonomik potansiyel ortaya koymaktadır. Şebeke paritesi, çatı PV sistemlerinin fiyat rekabet gücünü değerlendirmek için bir gösterge olarak kullanılmaktadır.

Şekil 11:Farklı bina tiplerinde LCOE'nin şebeke tarifeleriyle karşılaştırılması

Elektriğin dengelenmiş maliyeti (ABD\$ sent/kWh)



Kaynak: SHURA hesaplamaları

Konut binalarında PV geri ödeme süreleri yaklaşık 14-16 yıldır.

diğerlerinden daha uzun görünüyor

4-6 katlı bina tipleri Yıllar.

Tablo 4'te farklı bina tiplerindeki PV geri ödeme süreleri ve diğer göstergeler gösterilmektedir. Tabloya göre, Tek aileli evler ve Çok aileli binaların PV geri ödeme süreleri yaklaşık 14-16 yıldır ve bu süreler diğer bina tiplerindeki 4-6 yıllık sürelerle kıyasla oldukça uzundur. En kısa geri ödeme süresi ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda yaklaşık 4,5 yıldır. Dahili getiri oranı%21,8'lik getiri oranıyla ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda en yüksektir.

İç getiri oranı, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitler. Başka bir deyişle, nakit girişlerinin bugünkü değerini nakit çıkışlarının bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranıdır. İç getiri oranı ayrıca yatırımın ne kadar katma değer yaratacağını da gösterir.

Tablo 4:Türkiye'de fotovoltaik yatırım sonuçları (tüm iklim bölgeleri)

Bina Tipi	Toplam Yatırım Maliyet (ABD\$)	Aylık Tasarruflar (ABD\$/ay)	Net Mevcut Değer (NPV) (ABD\$)	Dahili Oranı Getiri (IRR) (%)	Geri ödeme süresi (Yıl)
Tek ailelik evler	2.481.328.929	16.914.511	(854.170.007)	%2,74	16.18
Çok aileli binalar	14.514.511.429	110.104.857	(3.778.619.346)	%4.12	14.08
Reklam, Kamu ve Endüstriyel	2.763.066.429	55.629.147	3.062.734.099	%21.77	4.51
Eğitim	723.746.571	11.230.000	437.738.717	%15.82	6.02
Otel	42.481.607	657.633	25.526.715	%15.78	6.03
Sağlık	160.167.857	2.480.990	96.409.420	%15.79	6.03
Alışveriş merkezi	8.670.536	134.754	5.267.892	%15.86	6.01

Kaynak: SHURA hesaplamaları

Şu anda, finansal destek olmadığı varsayıldığında, sonuçlar Tablo 4'te gösterildiği gibidir. Bu sistemlerin yatırım maliyetlerini konut binaları için 1.200 ABD Doları/kW ve altına düşürerek şebeke eşitliğine ulaşılabilir. Ayrıca, yaklaşık %5'lik bir indirim oranı bu sistemlerin maliyet açısından daha rekabetçi olmasını sağlayacaktır.

Türkiye ve dünyadaki yeni gelişmelere paralel olarak yatırım maliyetlerinde %30 oranında bir düşüş ve %5 oranında bir iskonto oranı varsayıldığında, dördüncü iklim kuşağındaki farklı iklim bölgeleri ve yapı tipleri için sonuçlar Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tabloya göre konut binalarında geri ödeme süresi 8-10 yıl, diğer bina tiplerinde ise 3-4 yıldır. En kısa geri ödeme süreleri ticari, kamusal ve endüstriyel binalarda görülmektedir. Tüm binalar için en iyi performans sonuçları dördüncü iklim bölgesindedir. Diğer iklim bölgelerine ait sonuçlar Ek'te verilmiştir. Yatırım maliyetleri 2030 yılına kadar daha da düşerse PV yatırımları daha cazip hale gelecektir. Konut binalarına yönelik teşvikler ve vergi indirimleri gibi finansal destekler de PV yatırımlarının geri dönüşünü diğer binalara yakınlaştıracaktır.

Tablo 5: %30 daha düşük maliyet ve %5 iskonto oranıyla ekonomik sonuçlar (dördüncü iklim bölgesi)

Bina Tipi	Toplam Yatırım Maliyet (ABD\$)	Aylık Tasarruflar (ABD\$/ay)	Net Mevcut Değer (NPV) (ABD\$)	Dahili Oranı Getiri (IRR) (%)	Geri ödeme süresi (Yıl)
Tek ailelik evler	292.986.044	2.987.528	76.917.372	% 8.07	9.77
Çok aileli binalar	781.139.087	8.960.781	346.876.389	% 10.02	8.50
Reklam, Kamu ve Endüstriyel	186.111.562	5.640.579	581.933.492	% 34.27	2.91
Eğitim	37.236.763	870.265	79.645.042	% 25.78	3.84
Otel	2.540.043	59.364	5.432.853	% 25.78	3.84
Sağlık	8.248.716	192.782	17.643.030	% 25.78	3.84
Alışveriş merkezi	601.133	14.049	1.285.753	% 25.78	3.84

Kaynak: SHURA hesaplamaları

Tablo 6'da gösterilen LCOE değerleri, Ekim 2019 seviyeleri, %5 iskonto oranı, 20 yıllık ömür ve %2 işletme maliyeti ile yatırım maliyetlerinde %30 azalma kullanılarak elde edilmiştir. Tüm bu değerler şebeke tarifesinin altında görünmektedir.

Tablo 6: Yatırım maliyetlerinin %30 düşürülmesiyle LCOE

ABD senti/kWh	Bekar- aile evler	Çok aileli binalar	Reklam, kamu ve endüstriyel	Eğitim	Otel	Sağlık	Alışveriş alışveriş merkezi
İklim Bölgesi 1	8.4	7.5	3.7	4.2	4.2	4.2	4.2
İklim Bölgesi 2	9.0	8.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5
İklim Bölgesi 3	8.4	7.5	3.7	4.2	4.2	4.2	4.2
İklim Bölgesi 4	8.2	7.3	3.6	4.1	4.1	4.1	4.1

Kaynak: SHURA hesaplamaları

Yatırım maliyetlerinin ve iskonto oranlarının düşürülmesine ek olarak, %1 kadar düşük işletme maliyetleri ve %20 vergi fonlu tarife fiyatları dikkate alındığında, SHURA'nın hesaplamalarına göre, konut binalarında geri ödeme süreleri 6-7 yıldır. Diğer tüm bina tiplerinde, bu süreler 2-3 yıla düşer. Fazla üretimin çeşitli politikalarla desteklendiği olası sistemlerle, bu sürelerin daha da azalma potansiyeli olacaktır.

Azalan maliyetlere sahip konut binalarında geri ödeme süreleri 6-7 yıla düşüyor yatırım maliyetleri ve indirim oranları ve 2-3 diğer binada yıllar türleri.

14,9 GW potansiyeli olan bir çatı PV sistemi kurmak toplamda yaklaşık 20,7 milyar ABD doları yatırım hacmi gerektiriyor. Binaların enerji talebini karşılamak için çatı PV sistemlerine geçişin çevresel etkileri göz önüne alındığında çarpıcı sonuçlar görülüyor. Ekonomik potansiyellerine göre yılda 6,6 TWh elektrik üreten çatı PV sistemleri CO2 emisyonlarını azaltacaktır. Aynı miktarda elektriğin kömür yerine çatı PV sistemleri ile üretilmesi durumunda, 855 gram CO2/kWh emisyon yoğunluğu ile her yıl 5,6 milyon ton (Mt) CO2 emisyonu azaltılabilir. Bu değer, Türkiye'deki elektrik sektörünün toplam CO2 emisyonunun %3,5'ine denk geliyor.

PV sistemlerinin kullanımı, elektrik üretimi için ithal edilen fosil yakıtların maliyetini de azaltacaktır. PV sistemlerini doğal gazla değiştirerek yıllık 6,6 TWh elektrik üretmek, yakıt ithalatında 300 milyon ABD doları tasarruf sağlayabilir (%40 santral verimliliği, 36,6 MJ/m³ gaz ısıtma değeri ve 250 ABD doları/1.000m³ gaz ithalat maliyeti, hepsi daha düşük ısıtma değerine dayanmaktadır) (SHURA, 2019). Bu değer, Türkiye'nin toplam enerji ithalat harcamalarının yaklaşık %0,8'ine karşılık gelmektedir (Enerji İthalatı, 2019).

Bilgi Kutusu 4: Muğla Büyükşehir Belediyesi Konacık hizmet binası – 52,4 kW

Muğla Büyükşehir Belediyesi tesisleri, Türkiye'nin ilk PV entegre yapısı olan 280 kWh kapasiteli Menteşe Terminali, 105,4 kWh kapasiteli Menteşe Mezbaha Tesisi PV'si, 52,4 kWh kapasiteli Konacık İdari Binası Çatı PV'si ve kurulduğunda kapasitesi 630 kWh olacak Bodrum Terminali çatısı olmak üzere toplam 1.067 kWh kurulu güce ulaşacak. Muğla Büyükşehir Belediyesi, güneş enerjisi santralleriyle yılda yaklaşık 1.000 hanenin enerji ihtiyacını karşılayacak.



Tesisler yılda 1.400 MWh enerji üretmenin yanı sıra 30 ton kağıdın geri dönüşümünü sağlayacak ve atmosfere 840 ton CO₂ salınımını önleyecek.

Kaynak: (Enerji Günlüğü, 2019)

5. Fotovoltaik sistemler için finansman modelleri

Ekim 2019'da SHURA, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve dağıtılmış enerji üretimini değerlendiren ve çatı PV sistemlerine vurgu yapan Türkiye'de Enerji Geçişinin Finansmanı raporunu yayınladı. Bu konuyu nasıl çözeceğimize dair sektörel görüşler, beklentiler, tahminler ve öneriler dikkate alındığında, dağıtılmış enerji üretiminin dağıtımı ve güvenilirliği son derece kritiktir (SHURA, 2019).

*Dağıtık sistem şu anlama gelir
yenilenebilir enerji kaynakları
kullanılarak yerinde tüketime
yönelik elektrik üretimi.*

Dağıtılmış üretim, yenilenebilir enerji kaynaklarından yerinde ve kendi kendine tüketim için üretim anlamına gelir ve hanelerin endüstriyel ve ticari tüzel kişilerle birlikte "üretici-tüketicisi" olarak konumlandırılması anlamına gelir. Değişken yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişmeler, özellikle gelişmiş talep tepkisi modelleriyle kaynak elde etme ve piyasa verimliliğinde, dijitalleşmenin, özellikle akıllı şebekelerin daha faydalı kullanımlarına işaret ediyor.

Yerel bankalar ve leasing şirketleri, endüstriyel ve ticari kuruluşların öz tüketim yatırımlarını finanse etmek için ürünler geliştirmektedir. Aynı trafoya bağlı çatı sistemleri veya kamu ölçeğindeki güneş enerjisi santralleri için on yıla kadar TL cinsinden finansman sağlanabilmektedir (SHURA, 2019). Kurumsal ve finansal olarak iyi yapılandırılmış kuruluşların önceliklendirileceği bilinmekle birlikte, elektrik giderlerinden ve varsa elektrik satış gelirlerinden yapılan tasarruflara dayalı olarak da teminatlı krediler sağlanmaktadır. Ancak, öz tüketim yatırımlarının yaygınlaşması önünde teknik engellerin varlığı ve ek düzenlemelere ve sigorta ürünlerinin geliştirilmesine duyulan ihtiyaç açıktır. Ayrıca, yabancı para cinsinden yapılan yatırımların yerel para birimine dayalı finansmanın genişlemesini engellediği de bilinmektedir.

Kamu binaları, yerel yönetim binaları ve otoparklar ve pazar yerleri gibi kamusal alanlar dağıtılmış sistem yatırımları için yüksek potansiyele sahiptir. Konut çatı sistemleri üzerinde pilot çalışmalar olmasına rağmen, teknolojinin daha fazla geliştirilmesi, yatırım maliyetlerinin düşürülmesi ve özellikle çok aileli binalardaki çatı sistemleri için panellerin daha küçük olması gerekir. Tek aileli evlerdeki sistemler veya yüksek radyasyonun mevcut olduğu kamusal ölçekteki sistemler için geri ödeme sürelerinin kısa olduğu değerlendirilmesi doğrultusunda, şu anda finansal ürünler geliştirme çabaları devam etmektedir. Öz tüketim için kurulan çatı sistemleri için baskın görüş, kullanıcılar için önceliğin endüstriyel ve ticari binalar olduğu ve konut binalarında uygulanabilirlik için daha fazla zamana ihtiyaç duyulduğudur.

Türk bankacılık sisteminin sağladığı uzun vadeli kredilere dayalı finansman modelleri önemli olmaya devam edecektir. Ancak, mevcut modellere ek olarak alternatif finansman araçları geliştirilmelidir. Yenilenebilir enerji sektöründeki artan yatırım seviyeleri ve değişen iş modelleri yeni araçlar gerektirmektedir. Tüketici finansman kuruluşlarının konut segmenti için çatı sistemlerini finanse etme çabaları, perakende çözümlerinin de gündemde yer alabileceğini göstermektedir.

Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği finansmanında, leasing şirketleri bankalara alternatif olarak finansman sistemine dahil edilebilir. Müşterilerin teminat sorunlarını kısmen aşmasını sağlayan leasing şirketleri, öz tüketim ve çatı sistemleri finansmanında leasing modellerinin yaygın kullanımını teşvik eder.

Yerel yönetimler ve belediye ağırları dağıtılmış üretim projeleriyle dikkat çekmektedir. Merkezi belediye fonları kullanmak yerine, doğrudan belediyeler aracılığıyla çalışan fon sağlayıcılar yerel yönetimler için yeni finansman modellerinin geliştirilmesini sağlayabilir. Belediye projeleri, küçük ölçekte bile olsa, fonların finansal kuruluşlar tarafından tahvillere dönüştürülmesi için uygun görünmektedir; dünya çapında en iyi uygulamaların birçok örneği vardır.

Dağıtılmış sistem finansmanında, kurumsal ve ticari kredilere ek olarak, bireysel kredi tabanlı modeller içinde henüz geliştirilmemiş birkaç alan bulunmaktadır. Azaltılmış riskli tüketici kredileri bankaların daha fazla ilgisini çekecektir (SHURA, 2019).

Bilgi Kutusu 5: Yerel yönetimler dışındaki çatı sistemlerine örnekler

Yıl	Proje	Konum	Güç
2014	Has Çelik Güneş Santrali	Kayseri	4,43 MW
2017	Tiryaki Agro Mersin Tarsus OSB GES	Mersin	4.00 MW
2017	Mimar Sinan OSB GES	Kayseri	3,92 MW
	Güven Tekstil GES	Kahramanmaraş	2,00 MW
2016	Irmak Oto GES	İzmir	2,00 MW
2015	Arena (Stadyum) SPP	Antalya	1,24 MW
2016	EMTA Kablo GES	Osmaniye	1,17 MW
2015	Saray Tarım Hayvancılık YES	Kayseri	1,15 MW
2017	Özdörtler Gıda SPP	Kayseri	1,12 MW
2015	Germencik Tavuk Çiftliği YES	Aydın	1 MW
2014	Beşler Tekstil SPP	Kayseri	1 MW
2015	Dimer Mermer SPP	Diyarbakir	1 MW
2019	PMS Alüminyum Bursa SPP	Bursa	900 kilovat
2017	Nalpaş Gıda GES	Kayseri	770 kilowatt
2017	Erciyes Çay SPP	Kayseri	758 kW

Kaynak: (Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası, 2019)

Finansman modellerinin geliştirilmesine yönelik gereksinimler ve öneriler Dağıtılmış sistem finansmanında yatırım ölçeklerini azaltmak, yeni finansman araçları türleri geliştirmek için fırsatlar sunar. Yatırım ölçeklerini daraltmak kaynak-yatırım eşleşmesinde belirsizlikler yaratırken, bu eşleşmeyi sağlamak için KOBİ'ler veya bireysel segmentler için iklim finansman kaynaklarından finansman sağlayan modeller ve araçlar geliştirmek önemlidir. Bireyler için ürünler geliştirirken düşük riskli krediler dikkate alınmalıdır.

Dağıtık üretim kapsamında bazı politika önerileri getirilmelidir: Dağıtık sistemlere yönelik etkin kamu politikalarının geliştirilmesi, perakende ürünlere yönelik kaynak tahsisi ve uygun finansman modellerinin geliştirilmesi, yüksek teminatlı ve bütünleşik finansman paketleri ile riskleri azaltacak şekilde sigortacılığın geliştirilmesi, iletim kayıplarını azaltan dağıtık sistem yatırım avantajlarının belirli bir süre için teşvik olarak kullanılması.

Dağıtık sistem için kamu politikası mekanizmalarının geliştirilmesi

Dağıtık sistemler finansmanında iklim finansmanı kaynaklarının kullanımını mümkün kılmak için daha doğrudan kamu politikası girişimleri ve yasal gereklilikler uygulanmalıdır.

Dağıtılmış sisteme özgü yerel bankalar aracılığıyla genişletilecek uluslararası finans kuruluşları tarafından kaynak tahsisine ek olarak, yerel bankalar da bu kaynaklarla projeleri eşleştirmek için finansman modelleri ve araçları geliştirmelidir. Buna uygun olarak, yerel bankaların bölgesel ve yerel düzeylerde kapasite iyileştirmelerine ihtiyacı vardır. Enerji şirketleri, yatırımcı veya enerji hizmeti yöneticisi olarak dağıtılmış sistem kapasitesinin geliştirilmesini destekleyerek yeni iş modellerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Aynı zamanda, birleşik dağıtılmış sistem yatırımlarını konsolide etme potansiyeli, uluslararası kurumsal yatırımcıları çekmek için bir fırsattır.

Dağıtılmış sistem yatırımlarının finansmanı için kaynak sağlanması, yatırım portföyünün ölçülmesi

Dağıtılmış sistem yaklaşımını geliştirmek için yeni politika mekanizmaları da uygulanmalıdır. Finansman modelleri ve araçları geliştirilirken kar odaklı yatırımlar ile dağıtılmış sistemleri ayıran düzenlemelerin devam ettirilmesi önerilir. Uluslararası finans kuruluşlarının dağıtılmış sistem yatırımlarını finanse etmek için kaynaklarını artırmaları ve yerel finans kuruluşlarının perakende ürünlerini makul bir maliyet ve vade yapısıyla geliştirmeleri gerekir. Enerji kooperatifleri ve yerel yönetimler için kitle fonlaması, hibeler vb. gibi fonların harekete geçirilmesi de önemlidir.

Çatı sistemleri için risk azaltıcı ürünler geliştirmek, daha kapsayıcı sigorta ürünlerini etkinleştirmek ve finansman paketleri ile fonlamayı entegre etmek

Özellikle konut yatırımları gibi küçük ölçekli yatırımlar için çatı sistemleri için sigorta poliçeleri oluşturmak, teknoloji risklerini en aza indirmek için hayati önem taşır. Bu, uygunsuz teknoloji kullanımı ve uygulama hataları gibi olumsuz sonuçları azaltacak ve en iyi uygulama örnekleri sağlayacaktır. Finansman paketleriyle birlikte sigorta poliçelerini de dahil etmek, gelişmiş finansal çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Yerel finans kuruluşları bu girişimleri yönlendirmelidir.

Dağıtılmış sistemlerin bir faydası olarak iletim kayıplarının azaltılması Dağıtılmış sistemlere yapılan yatırımlar şebekeye bağlanma ihtiyacını azaltacak ve iletim kayıplarını azaltmaya yardımcı olacaktır. Kar, genel olarak enerji dönüşümü ve özellikle dağıtılmış sistem yatırımları için bir destek fonu olarak kullanılmalıdır.

Çatı üstü PV sistemlerine yönelik uygulanabilecek finansal destek mekanizmaları aşağıda açıklanmıştır.

5.1. İmtiyazlı krediler

İmtiyazlı krediler sağlandı
kalkınma finansmanı tarafından
kurumlar finansman
için önemli bir araç olacak
Çatı üstü PV sistemleri.

Kalkınma finans kuruluşları tarafından sağlanan imtiyazlı krediler, çatı PV sistemlerinin finansmanı için önemli bir araç olacaktır. İmtiyazlı krediler, yatırım fizibilitesinin ve tanınmasının nispeten düşük olduğu ilk aşamada özellikle yararlı olacaktır. Bu kredilerin yatırım geri ödeme sürelerini kısaltan uygun faiz oranları ve vadeler içermesi ve ortak kuruluşlar, kullanıcılar ve profesyoneller için teknik destek içermesi de çatı sistemlerinin dağıtımında etkili olacaktır. Dünya Bankası şu anda Türkiye'deki çatı sistemleri için özel bir kredi paketi hazırlıyor.

Çatı sistemleri için imtiyazlı kredilerin üç kanaldan sağlanması öngörülmüyor.

5.1.1. Ortak finansal kuruluşlar

Kalkınma finans kuruluşları tarafından sağlanan krediler, Türkiye'de çatı sistemlerine yatırım yapan şirketlere kalkınma bankaları, ticari bankalar ve leasing kuruluşları aracılığıyla verilebilir. Bu kanal, kalkınma finans kuruluşları tarafından Türkiye'deki yatırımlar için sağlanan krediler için sıklıkla kullanılmıştır. Bu açıdan, hem mevcut bağlantıları kullanma hem de yerel bankaların mevcut müşteri portföylerine erişim açısından en avantajlı yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Öte yandan, bu kanalın konut binalarına, küçük işletmelere ve bireysel tüketicilere erişimde bazı kısıtlamalarla karşılaşabileceği olasılığı nedeniyle bazı alternatif kanallar önerilmiştir.

5.1.2. Toplayıcılar/teknoloji sağlayıcıları/EPC/ESCO şirketleri

Prosumer finansmanında, kredilerin toplayıcılar aracılığıyla kullanılması öngörülmektedir. Toplayıcılar çok sayıda tüketici için teknik destek ve kurulum pazarlığı yapacaktır. Toplayıcıların, ekipman satışına benzer modeller aracılığıyla çatı PV sistemlerinin potansiyel prosumer'larını finanse etmesi veya "tasarruf paylaşımı" gibi modeller aracılığıyla enerji satması beklenmektedir. Bu model kapsamında, kalkınma finans kuruluşları tarafından sağlanan kredilerin toplayıcılar tarafından belirli koşullar altında kullanılması ve toplayıcıların uygun finansal koşullar altında prosumer'lar için sözleşme/danışmanlık yapması öngörülmektedir.

5.1.3. Üreticilere doğrudan krediler

İmtiyazlı kredilerin doğrudan üreticiler tarafından kalkınma finans kuruluşları aracılığıyla verilmesi de mümkündür. Ancak, bu tür kredilerin küçük ve parçalı ölçekleri nedeniyle bu kanalın daha az kullanıldığı varsayılmaktadır. Bu bağlamda, daha büyük endüstriyel kuruluşlar ve enerji kooperatifleri için kredilerin finanse edilmesi mümkün görünmektedir.

5.2. Hibe ve teknik yardımlar

Hibe ve teknik yardım, çatı PV sistemlerinin dağıtımında önemli bir rol oynayacaktır. Uluslararası ve kamu kuruluşları tarafından sağlanan hibe ve teknik yardım, özellikle konut binalarında düşük verimlilik uygulamaları için destekleyici olabilir. Kalkınma finans kuruluşları tarafından sağlanan kredi paketleri ayrıca belirli sayıda hibe ve teknik yardım içerebilir. Teknik yardım, PV sistemlerinin montajı için kalifiye personel eğitimi ve çatı uygulamalarıyla ilgili mali, yasal ve teknik konuların ele alınmasını içerir.

5.3. Risk paylaşım mekanizmaları

5.3.1. Kredi garantileri

Kredi garanti fonlarına benzer mekanizmaların oluşturulması, finansal kuruluşlardan kredi teminini kolaylaştıracak ve çatı sistemlerine yapılan yatırımların kapsamını artıracaktır.

5.3.2. Diğer mekanizmalar

Bu kapsamda ekipmanların gelirini ve teknik performansını garanti altına alan sigorta ürünleri yatırımların yaygınlaşmasında etkili olacaktır.

5.4. Ticari krediler

5.4.1. Tüketici/Prosumer kredileri

Elektrik fiyatlarındaki artış ve zamanla çatı sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, imtiyazlı kredilere ek olarak çatı sistemleri için ticari ve bireysel kredilerin artması bekleniyor. Bu bağlamda, elektrik faturası seviyelerine göre ayarlanmış taksitli kredi ürünleri ve esnek teminatlandırma yöntemlerinin geliştirilmesi yatırımların yaygınlığını artıracaktır.

5.4.2. Kiralama

Ticari kredilerde olduğu gibi, elektrik faturası tutarlarına yakın taksitlerle ve esnek teminatlandırma yöntemleriyle uzun vadede geri ödenebilen leasing ürünleri de yatırımları desteklemede faydalı olacak.

5.5. Diğer mekanizmalar

5.5.1. Kitle fonlaması

Henüz ülkemizde uygulanmayan kitle fonlamasının, ilgili mevzuatın oluşturulmasıyla birlikte uluslararası fonların katılımıyla gelişmesi bekleniyor. Enerji kooperatifleri ve benzeri yapıların uluslararası fonların entegrasyonu ile kitle fonlamasından faydalanabileceği tahmin edilmektedir. Kitle fonlama yöntemi ile orta ve uzun vadede iç piyasadan alternatif finans kaynaklarının yaratılması gündemde olabilir.

5.5.2. Sermaye finansmanı

Orta ve uzun vadede, özellikle konsolide finansman olmak üzere, girişim sermayesi, risk sermayesi ve benzeri öz sermaye finansman yöntemlerinin geliştirilmesi bekleniyor. Bu bağlamda, uluslararası fonların harekete geçirilmesi önemli olacak.

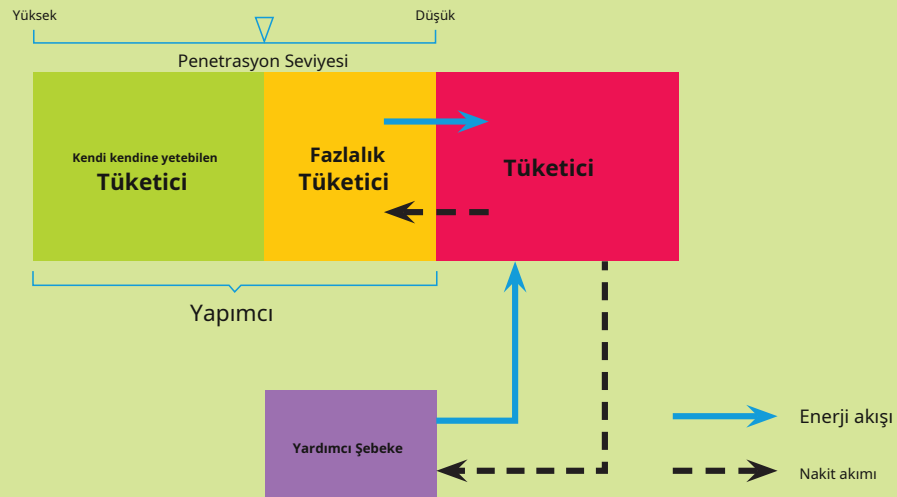
Bilgi Kutusu 6: Dağıtık üretim, prosumer'ı güçlendiriyor

Son kullanıcılar artık enerji geçişinde tedarik güvenliği, ekonomik erişimin sağlanması ve sürdürülebilirlik hedeflerinde ana aktörlerdir. İstenilen son kullanım verimliliği seviyelerine ulaşamamasının belirgin nedenleri şu şekilde özetlenebilir:

- Enerji piyasasındaki belirsizlikler,
- Son kullanıcıların davranışları,
- Enerji tüketiminin anlık ve şeffaf bir şekilde izlenememesi.

Verimlilik başlı başına bir araştırma konusudur ve ilerleme kaydetmek için bu nedenlerin her birini ayrı ayrı ele almak gerekir. Öte yandan, enerji dönüşümünün, doğrudan son kullanım verimliliğine, şeffaflığa ve izlenebilirliğe katkıda bulunacak, inovasyon ve dijitalleşme süreçlerini takip edecek, verimliliğe doğru atılacak adımları destekleyecek, piyasaların gücü ve öngörülebilirliği ile birlikte yöntemleri, araçları ve bir zihniyeti bünyesinde barındırması ümit verici bir gerçektir. Bu şekilde, tüketici davranışlarının durgun kalmayacağını, aksine olumlu bir şekilde gelişeceğini öngörebiliriz. Bu adımlar, özel sektör için de temel iş alanlarında faydalı olacaktır. Mal veya hizmet üreten sistemlerin neredeyse tamamının enerjiye bağımlı olduğu gerçeği göz önüne alındığında, ekipmanların enerji verimliliğinin izlenmesi, genel üretim verimliliğine de ışık tutacak ve operasyonel optimizasyon için gerekli veri altyapısını hazırlamaya yardımcı olacaktır. Böylece, özel sektör işletmeleri yalnızca enerjiyi verimli kullanmakla kalmayacak, aynı zamanda iyileştirmeleri gereken operasyonel departmanları da belirleyebileceklerdir (SHURA, 2018b).

Dağıtılmış enerji üretimi dünya çapında daha yaygın hale geldikçe, prosumer'lar için yeni fırsatlar ve mekanizmalar gelişmeye başladı. Çatı PV sistemleriyle elektrik üreten prosumer'lar artık fazla elektriği komşularına satarak yeni gelir yolları yaratabilecekler. Bu sistem kurulduğu ölçüde, sosyoekonomik faydalar hızla artacak ve birçok kişi üretime katılacak, bu da enerji yoksulluğunu azaltmaya yardımcı olacak. Enerjiye sürekli erişim mümkün olacak ve üreticiler gelirlerini artıracak ve elektriği daha verimli tüketebilecekler. Dünya çapında gelişen mekanizmalar, aşağıdaki örnekte gösterildiği gibi prosumer-tüketici ilişkilerini destekliyor.



Yeni eşler arası (P2P) enerji ticareti

Kaynak: (Kuruseelan, S. ve Vaithilingam, C., 2019)

5.6. Türkiye'deki mevcut destek ve sigorta mekanizmaları

5.6.1 Tüketici kredisi - Örnek

Enerji şirketlerinin bu kredi türüne katkıları, çatı PV sistemlerinin yüzdesi olarak belirlenir. Başka bir deyişle, enerji şirketleri başlangıçta müşteri yatırımını destekler ve dolayısıyla ödenecek faiz miktarını düşürür. Proje tesliminden sonra, enerji şirketleri bankadan ödeme alır ve müşteri krediyi taksitler halinde bankaya geri öder. Bu şekilde, müşteri kurulu sistem için elektrik faturalarını ödemeye benzer şekilde enerji şirketinin desteğiyle doğrudan bankaya ödeme yapar. Bu kredinin sekiz aya kadar faizi yoktur. Tablo 7, 100.000 TL'lik bir kredi için örnek bir geri ödeme şemasını göstermektedir. Faiz oranları aylık olarak güncellenmektedir.

Tablo 7: Örnek kredi geri ödeme tablosu

Kredi: 100.000,00

Olgunluk	TÜKETİCİ İÇİN		
	Faiz oranı	Taksit (TL)	Toplam (TL)
3	0,00%	33.333,33	100.000,00
4	0,00%	25.000,00	100.000,00
5	0,00%	20.000,00	100.000,00
6	0,00%	16.666,67	100.000,00
7	0,00%	14.258,71	100.000,00
8	0,00%	12.500,00	100.000,00
9	0,09%	11.168,82	100.519,4
10	0,21%	10.139,82	101.393,7
11	0,31%	9.297,53	102.272,8
12	0,40%	8.596,40	103.156,7
13	0,48%	8.003,51	104.045,6
14	0,54%	7.495,66	104.939,3
15	0,60%	7.055,86	105.837,9
16	0,65%	6.671,34	106.741,4
17	0,69%	6.332,34	107.649,8
18	0,73%	6.031,28	108.563,0
19	0,77%	5.762,17	109.481,2
20	0,80%	5.520,21	110.404,2
21	0,83%	4.921,86	111.332,2
22	0,86%	5.102,95	112.265,0
23	0,88%	4.921,86	113.202,7
24	0,91%	4.756,05	114.145,3
25	0,96%	4.603,71	115.092,7
26	0,95%	4.463,27	116.045,0
27	0,96%	4.333,41	117.002,2
28	0,98%	4.312,01	117.964,2
29	1,00%	4.101,07	118.931,0
30	1,01%	3.996,76	119.902,7
31	1,02%	3.899,33	120.879,3
32	1,04%	3.808,14	121.860,6
33	1,05%	3.722,63	122.846,8
34	1,06%	3.642,29	123.837,7
35	1,07%	3.566,67	124.833,5
36	1,08%	3.495,39	125.834,1

Kaynak: CW Enerji

Konutlar ve küçük işletmeler için tüzel kişilerden veya bireysel müşterilerden talep edilen kişisel bilgiler bankanın sistemine girilir. Kredi notu yeterliyse müşteriye kredi hakkında daha fazla bilgi gönderilir. Müşterinin kredisi, sözleşmenin imzalanmasından itibaren 30 gün içinde onaylanır.

5.6.2 İmtiyazlı kredi – Örnek 1

Banka, çatı üstü PV yatırımlarıyla üretilen elektriğin öz tüketimine yönelik uygun koşullarda kredi imkânı sunarak finansman desteği sağlıyor.

Yatırımcılar, en fazla bir yıl anapara ödemesiz, on yıla kadar vadeli TL, Amerikan Doları veya Euro cinsinden kredi kullanabilecek ve krediyi fatura ödemelerine benzer şekilde esnek bir şekilde veya eşit aylık taksitlerle geri ödeyebilecekler.

İşletmeler, çoğunlukla endüstriyel ve ticari binalara sağlanan kredi tasarrufları ile tasarruflara yatırım yapabilir ve rekabet avantajı elde edebilirler.

5.6.3 İmtiyazlı kredi – Örnek 2

Bu tür bir finansman programına örnek olarak, uluslararası bankaların katılımcı bankalar aracılığıyla KOBİ'lere uygun enerji verimliliği ve küçük ölçekli yenilenebilir enerji yatırımlarını finanse etmek için sağladığı yaklaşık 500 milyon avruluk kredi paketi verilebilir. 2010 yılından bu yana devam eden program, katılımcı yerel bankaları da kapsamaktadır. Bu program kapsamında, projeleri belirli bir enerji verimliliği seviyesinde olan yatırımcılar 5 milyon avroya kadar kredi alabilirler. Müşterilerin kredi başvurusunda bulunmak için finansal olarak uygun olmaları, katılımcı bankaların kriterlerini karşılamaları ve kredi onay süreçlerinden geçmeleri gerekmektedir. 2015 yılı sonu itibarıyla bu program kapsamında çeşitli lisanssız projelere yaklaşık 152 MW PV sistem finansmanı sağlanmıştır (GÜNDER, 2019b).

Lisanssız dağıtılmış üretim için yeni düzenleme, elektrik üretmek isteyenlere aylık net ölçüm mekanizmaları gibi fırsatlar sunuyor. Aşağıdaki kişiler bu finansman modeline başvurabilir:

- Çatı üstü PV sistemlerine yatırım yapmayı planlayan sanayi ve ticari işletmeler, 250'den az tam zamanlı çalışanı bulunan ve cirosu 50 milyon avroyu aşmayan şirketler ve toplam yıllık bilançosu 43 milyon avroyu aşmayan şirketler;
- Çatı üstü PV sistemlerine yatırım yapmak isteyen belediyeler ve diğer kamu kuruluşları;
- Enerji performans sözleşmeleri ile başvuran büyük ölçekli işletmeler.

Finansman programı danışmanları projelerin düzgün bir şekilde uygulanmasını sağlar (Enerji Panorama, 2019).

5.6.4 İmtiyazlı kredi – Örnek 3

Yerel bankalar, lisanssız üretim projeleri ve 1 MW'ın altındaki tesis kurulumları ile büyük enerji üreticilerine destek sunuyor. Bu kredi, iki yıla kadar geri ödemesiz kredi olanakları sunuyor. Kredi koşulları şu şekildedir:

- En az bir şebeke aboneliği bulunan ve güneş fotovoltaik sistemleriyle lisanssız elektrik (1 MW ve altı) üretmek isteyen gerçek veya tüzel kişiler başvuruda bulunabilir.
- Kredilerin kullanılabilmesi için dağıtım sistem işletmecisi ile bağlantı sözleşmesi imzalanması gerekmektedir.
- İki yıllık geri ödemesiz bir plan sunulmalıdır.

- KOBİ'lerin ve sabit gelirli bireylerin nakit akışlarına uygun olarak geri ödeme planları oluşturulabilir.
- Krediler TL veya ABD Doları cinsinden olabilir.
- Yıllık tüketim 1 MWh'ın altında ise, üretim fazlası yasal düzenleme ile devlete satılabilir, kredi ödemelerine destek sağlanabilir. Yasaya göre on yıllık alım garantisi geçerlidir.

5.6.5 İmtiyazlı kredi – Örnek 4

Yerel bankalar, 200 milyon ABD doları tutarında "sürdürülebilir enerji ve altyapı kredisi" sağlayan bir başka uluslararası bankayla yeni bir kredi anlaşması imzaladı.

Hazine ve Maliye Bakanlığı geri ödeme garantisi kapsamında sağlanan bu kredi, Türkiye genelinde yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, ulaştırma, enerji iletimi, atık su yönetimi ve telekomünikasyon yatırımlarının finansmanında kullanılmaktadır.

Yerel bankanın kredi portföyünün yüzde altmış sekizi sürdürülebilirlik temelli yatırımlardan oluşuyor. 2002'den bu yana orta ve uzun vadeli fonlarla şimdiye kadar iki yüz kırk beş yenilenebilir enerji ve 78 enerji verimliliği projesi finanse edildi.

Asya'da sürdürülebilir altyapı projelerinin desteklenmesi amacıyla 2016 yılında kurulan ve bu kapsamda üye ülkelerdeki yatırımlara doğrudan finansman sağlayan uluslararası bankadan alınan kredi, küresel bağlamda bir yenilik niteliğindedir (TSKB, 2019).

5.6.6 İmtiyazlı kredi – Örnek 5

Almanya'daki iki banka ile Türkiye Hazine ve Maliye Bakanlığı arasında 45 milyon avro tutarında kredi anlaşması imzalandı.

Bankadan yapılan açıklamaya göre, Türkiye'de PV yatırımlarına 40 yıllık vadede finansman sağlanıyor.

Yatırımcılar, Türkiye'nin çevre mevzuatı gerekliliklerine uygun, biyolojik çeşitliliğe olumsuz etkisi olmayan ve toplumun sosyo-ekonomik refahına katkıda bulunan güneş enerjisi projeleri geliştirmeleri koşuluyla bu kredilerden faydalanabilmektedir (Yeşil Ekonomi, 2019).

5.6.7 Enerji fonu – Örnek

Dünya Bankası, 5 Kasım 2019'da "Türkiye'de Kamu Binalarında Enerji Verimliliği" projesi için 200 milyon ABD doları tutarında bir fon onayladı. Bu fonun 150 milyon ABD dolarını uluslararası bir banka, 50 milyon ABD dolarını ise Temiz Enerji Fonu sağlıyor.

Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın mali güvencesiyle, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı işbirliğinde yürütülecek projenin amacı, kamu binalarında enerji kullanımının azaltılması amacıyla bir geçiş planı oluşturmak ve ulusal programı destekleyecek uygun sürdürülebilir finansman ve kurumsal mekanizmaları geliştirmektir.

Beş yıllık proje kapsamında Türkiye'de kamu binalarında (okullar, hastaneler, idari binalar, üniversite kampüsleri vb.) enerji etütlerinin yapılması,

Enerji etiketleme belgelerinin düzenlenmesi, enerji tasarruf seviyelerinin belirlenmesi ve yatırım maliyetlerinin raporlanması, uygun kamu binalarında mekanik ve elektriksel yenileme projeleriyle birlikte planlanmaktadır.

Projenin amacı, kamu binalarında enerji verimliliğinin sağlanması, enerji maliyetlerinin azaltılması ve tasarruf sağlanması, ulusal düzeyde sosyal ve ekonomik fayda sağlanması ve kamu binalarında enerji verimliliği konusunda farkındalığın artırılmasıdır (Yeşil Ekonomi, 2019).

5.6.8 Kiralama – Örnek 1

Leasing bankası ile Solarçatı arasında çatı üstü PV sistem projelerini kapsayan bir işbirliği protokolü imzalandı. Şirketten yapılan açıklamaya göre protokol kapsamında danışmanlık ve kurulum hizmetleri Solarçatı tarafından yürütülüyor ve leasing bankası da çözüm ortağı konumunda bulunuyor.

Güneş enerjisi sektöründe yapılan son yönetmelik değişiklikleriyle işletmeciler, ilk beş yıl için kira taksitleri ödeyerek çatı tipi PV sistemi edinebiliyor (Enerji Panorama, 2019).

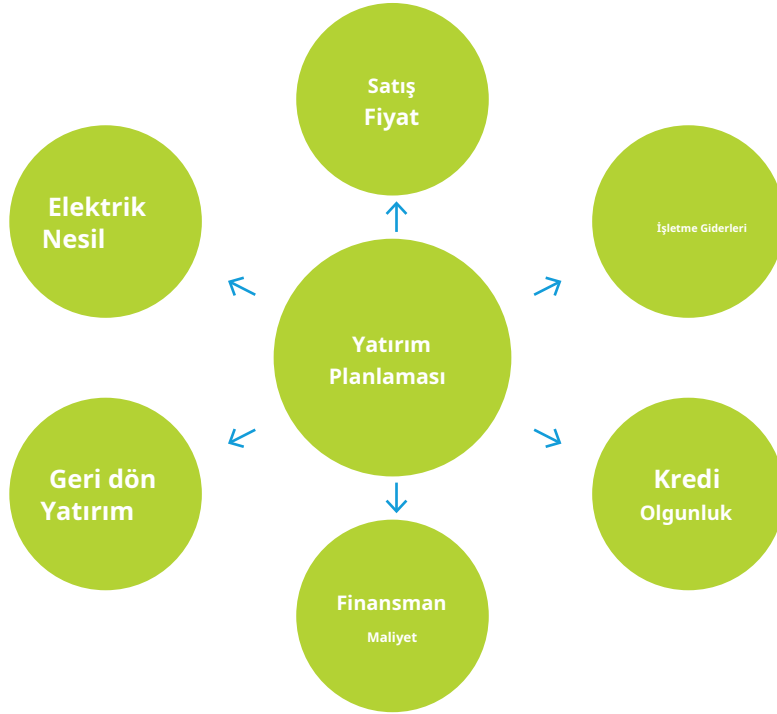
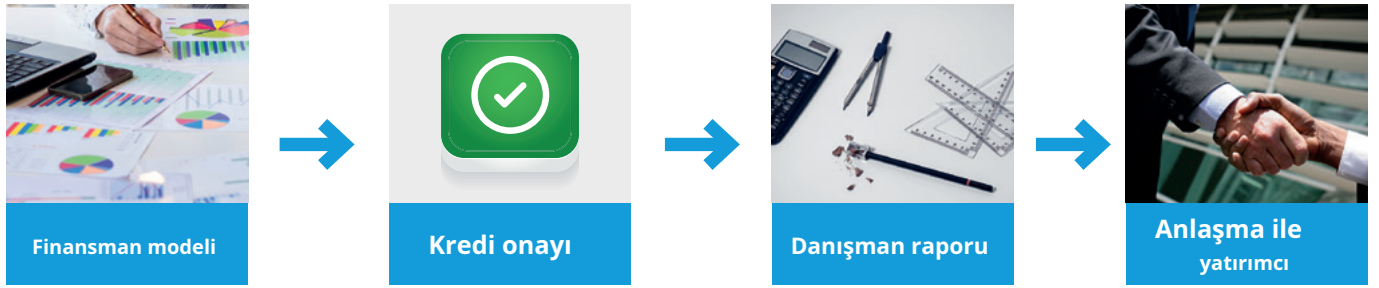
5.6.9 Kiralama – Örnek 2

İlgili mevzuat değişikliğinin 2013 yılında yapılmasından bu yana, 150 MW seviyesindeki lisanslı ve lisanssız kamu ölçekli PV sistemlerinin finansmanı, banka finansal hizmetler grubunun bir iştiraki olan Finansal Kiralama A.Ş. tarafından sağlanmaktadır.

Bu bağlamda Finansal Kiralama A.Ş., yenilenebilir enerji yatırımcılarına yönelik ilk finansman modelini ve sürdürülebilir finansman için 120 aya varan vadelerle ABD doları bazında finansman imkânı sunan ilk kuruluşlardan biri olma özelliğini taşıyor.

Finansal modelleme/yatırım planlaması Şekil 12'deki şemada görüldüğü gibi yapılmaktadır.

Şekil 12: Yatırım planlaması



Kaynak: Denizbank

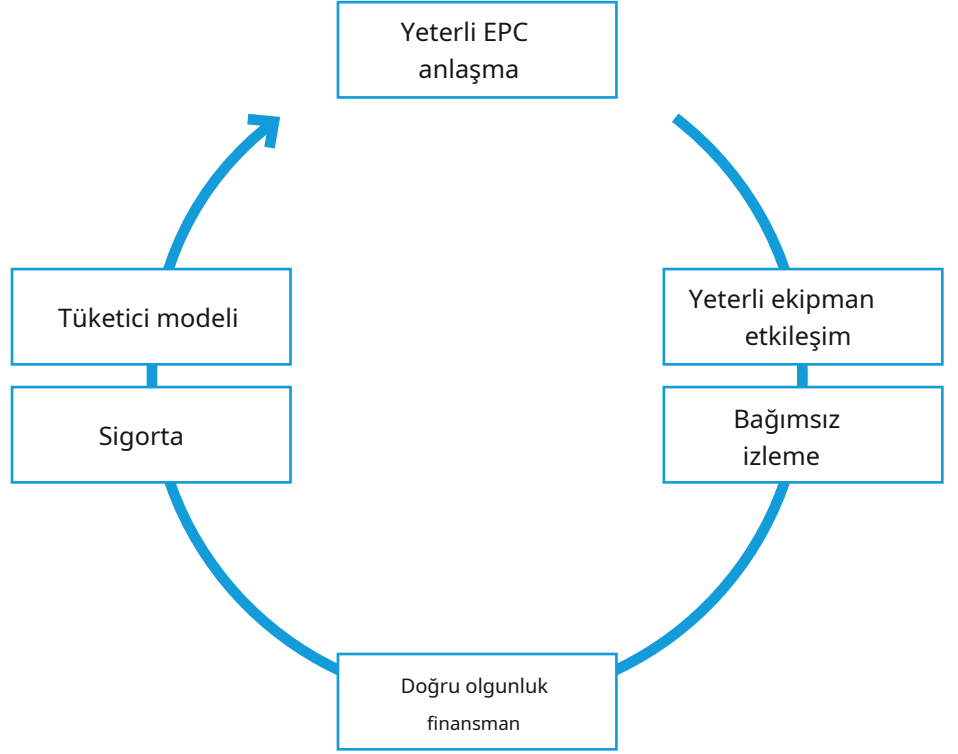
Ekipman ve teknik danışmanlık raporları üzerinden analiz edilen projelerde, proje süresince yaratılan nakdin yatırımcılara gelir ve proje OPEX kalemleri oluşturacağı uygulanabilir yatırım dönemi planlanır.

Türkiye'nin farklı bölgelerine, istikametlerine ve lokasyonlarına dağılmış projelerden elde edilen veriler ve zaman zaman meteorolojik tahminler ve uyarılar dikkate alınarak, nakit akış döngüsü revize edilebilir veya gerektiğinde yatırımcıların yönlendirilmesi sağlanabilir.

Ana faaliyet ve odak alanı yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanı olan banka, son üç yıldır 05/12/2019 tarihli en yeni net ölçüm mevzuatı çerçevesinde faaliyetlerini geliştirmiştir (GÜNDER, 2019a). Yatırımcılara, öz tüketim nakit akış modeliyle 50 MW gücünde bir çatı PV sistemi sunulmuş olup, finansman hazırlıkları tamamlanmıştır.

Öz tüketim amaçlı PV projelerinin finansmanında, Şekil 13'teki modele uygun olarak düşük maliyetli kaynak kullanımı ve düşük kullanım oranı ile çalışmalar devam etmektedir.

Şekil 13:Kaynak kullanım modeli



Kaynak: Denizbank

5.6.10 Sigorta - Örnek

Sigorta şirketleri, PV sistemlere sağlanan garantilerin yanı sıra mücbir sebeplerden dolayı sistemde meydana gelebilecek hasarlara karşı cihaz, donanım gibi sistem bileşenlerine yönelik teminatlar ile kar kaybı ve performans kaybı garantileri de sağlamaktadır.

Kar Kaybı: Meydana gelen hasarlar (yangın, fırtına, voltaj dalgalanması, makine arızaları vb.) sonrasında sigorta şirketi cihazların bozulması nedeniyle enerji üretiminde oluşan azalmayı tazmin eder.

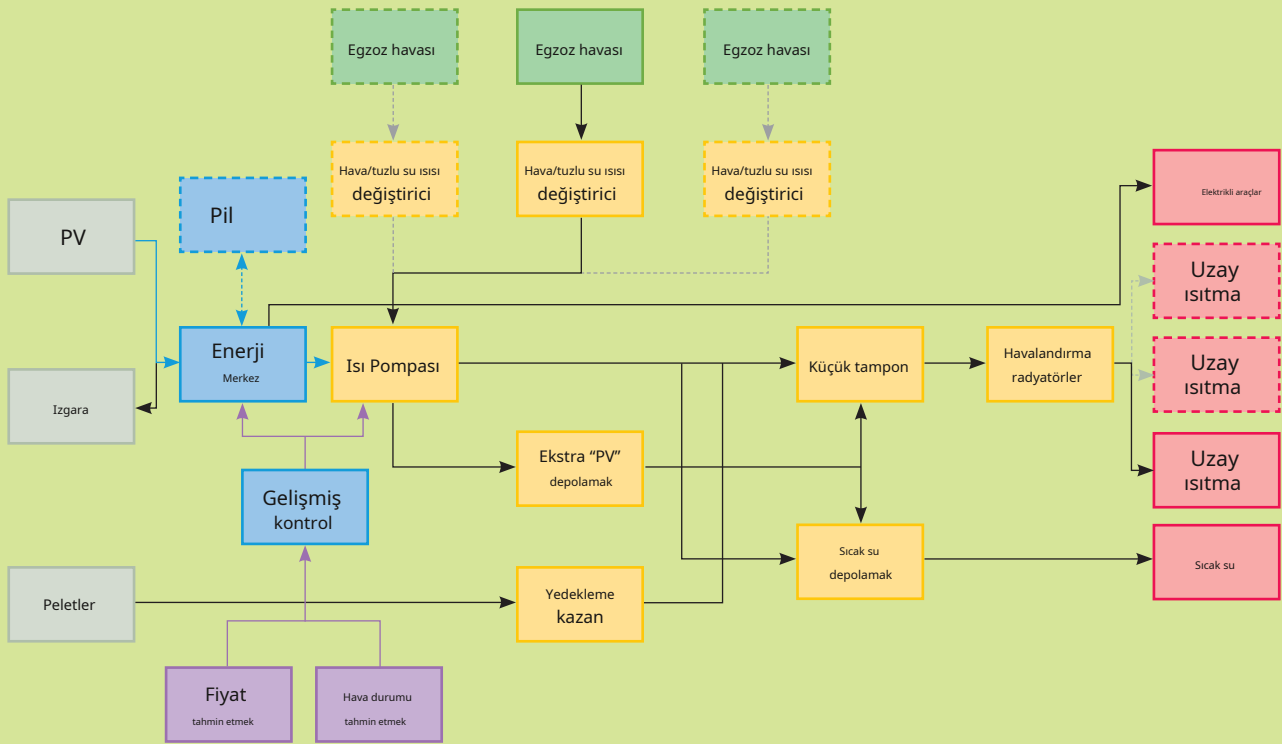
Performans Kaybı: Sigorta şirketi düşük radyasyondan dolayı enerji üretiminde oluşan azalmaları telafi eder.

Garantiler şu şekilde çalışır: Tazminat hesaplanırken, enerji üretim raporuna göre üretilen tahmini yıllık enerjinin %90'ı, sigortalı PV ünitesinin çıkış sayacında ölçülen gerçek yıllık enerji üretimiyle karşılaştırılır. Sayaç okumaları ilgili sigorta yılının başında ve sonunda kaydedilir. Gerçek yıllık enerji üretiminin daha düşük olduğu bulunursa, bir üretim eksikliği ortaya çıkar ve bu miktar ilgili enerji tedarikçisi tarafından ödenen tarife garantileriyle çarpılır.

Özellikle performans ve kar kaybı garantileri yatırımcıların finansal istikrara kavuşmalarına ve daha net yatırım kararları almalarına yardımcı oluyor.

Bilgi Kutusu 7: Esnek yöntemlere sahip çatı fotovoltaik sistemleri

Dünya çapında dağıtılmış enerji üretimine geçiş aşamasında, binalarda yenilenebilir enerji üretimini verimli bir şekilde artıran esnek seçenekler daha yaygın hale geldi. Bu esnek seçenekler arasında elektrikli araçların şarj edilmesi, talep yanıtı ve ısı pompaları kullanılarak ısıtma ve soğutma için elektrikleendirme yöntemleri yer alıyor. Binalardaki bu entegre yapılar, örneğin elektrikli araçlar gibi öğeleri, çatı PV sistemlerinden üretilen zamanla değişen elektrik miktarlarının tüketimden daha yüksek olduğu noktalarda şarj edebilir. Ekstra enerji pillerde depolanır ve üretim tüketimden az olduğunda kullanılır, böylece akıllı enerji yönetimi ile değişken kullanım zamanları uygulanarak tüketim azaltılır. Isı pompaları, elektrik talebini artıran ancak karbonu azaltan bir yöntem olarak doğal gaz bazlı ısıtmanın yerini aldığından, elektrikli araçlar da ulaşımda karbonsuzlaştırma için bir miktar destek sağlayabilir. Şu anda maksimum verimlilik ve fayda sağlayan entegre sistemler üzerinde araştırmalar yürütülmektedir. Böyle bir sistemin bir örneği aşağıdaki diyagramda gösterilmektedir.



Kaynak: (Huang vd, 2019)



6. Dağıtık üretimi düzenleyen politika mekanizmaları

Dağıtık üretimin payı dünya çapında hızla artmaktadır. Dünyadaki toplam kurulu güneş enerjisi kapasitesinin yaklaşık %40'ı dağıtık sistemlerden oluşmaktadır ve bunların büyük çoğunluğu çatı üstü PV sistemlerini kullanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'deki bina çatı kapasiteleri ve enerji talep değerleri baz alınarak 14,9 GW dağıtık enerji üretmenin teknik potansiyeli ve 4,5 GW üretmenin ekonomik potansiyeli incelenmiştir. Bunun da ötesinde, SHURA'nın Mayıs ve Ekim 2018'de yayınlanan çalışmalarında ortaya konulan iletim şebekesi modelleme sonuçlarına göre (SHURA, 2018a) 10 GW üretme potansiyeli bulunmaktadır (SHURA, 2018c). Tüm bu potansiyeller, Şubat 2018'de yayınlanan Dünya Bankası çalışmasındaki (Dünya Bankası, 2018) 4-47 GW ve Türkiye'deki özel 10-30 GW aralığında (Enerji Panorama, 2019) kalmaktadır.

*İyi tasarlanmış bir elektrik
fiyatlandırma sistemine ihtiyaç var
başarılı olanlar için
dağıtılmış dağıtım
nesil.*

Dağıtılmış üretimin başarılı bir şekilde devreye alınması için iyi tasarlanmış bir elektrik fiyatlandırma sistemi gereklidir. Talep seviyeleri bazen beklenenden düşük olabilir veya bir yatırımın uygulanabilir olması için üretilen elektriğin belirli bir miktarının şebekeye satılması gerekebilir. Bu bağlamda, birçok politika alternatifi mevcuttur. Ek Bilgi kutusunda bazı ülke örnekleri verilmiştir. Elektrik talebi yapısı, perakende elektrik tarifeleri, teknik komplikasyonlar, işletme ve bakım maliyetleri ile vergi yükümlülükleri ve şebeke tarifeleri için yürürlükteki politika mekanizmalarını anlamak önemlidir (SHURA, 2020). Aşağıdaki bölümler, dünya çapında yaygın olarak uygulanan birkaç politika mekanizmasını incelemektedir.

6.1. Besleme tarifeleri

Garantili satın alma tarife mekanizmaları kapsamında, dağıtılmış enerji üreticilerine genellikle yenilenebilir bir enerji sisteminin brüt üretimi için sabit bir tarife (örneğin, üretimlerinin %100'ü) ödenir. Almanya'nın garantili satın alma tarife mekanizmasında durum böyledir. Bu mekanizma, bireylerin ve işletmelerin herhangi bir öz tüketim olmadan güneş enerjisi sistemlerini finanse etmelerine olanak tanır. Son yıllarda, garantili satın alma tarife seviyeleri azaldıkça, giderek artan sayıda kullanıcı ürettikleri elektriği tüketmeye başladı. Şebeke elektriği fiyatları arttıkça, şebeke elektriği tüketimini azaltma eğilimi arttı.

Ülke örneği: Almanya'da dağıtılmış üretime bir besleme tarifi uygulanır. Alman örneği, özel sektör ve sivil toplumun dağıtılmış üretime yatırım yapmaya devam etmesi için gerekli olan güvenli ve uzun vadeli bir politika çerçevesi oluşturmada hükümetlerin oynadığı kritik rolün altını çizer. 1990'lardan bu yana, Almanya'da yenilenebilir enerjinin dağıtımı çeşitli düzenleyici araçlarla, özellikle Yenilenebilir Enerji Yasası (*Erneuerbare Energien Gesetz, EEG*), 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. EEG, yenilenebilir enerji üreticileri için güvenilir yatırım koşulları sağlar. O zamandan beri, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji konusunda ulusal bir fikir birliğine varıldı ve hem KOBİ'ler hem de vatandaşlar enerji geçişini destekliyor. Büyük ve küçük ölçekli yenilenebilir enerji üretimi için besleme tarifeleri yatırımcıları teşvik ederek ülke çapında 1,65 milyondan fazla güneş enerjisi sistemi ve 30.000 rüzgar türbinini teşvik etti. Bu çatı PV sistemlerinin çoğu, konut binalarına ve yerel kooperatifler tarafından geliştirilen ve satın alınan rüzgar türbinlerine yerleştirilmiştir.

6.2. Net besleme tarifeleri

Net besleme tarifelerinde, sabit satın alma tarifi yalnızca kullanıcının üretim fazlası (sistem kullanıcısı tarafından tüketildikten sonra üretilen elektriğin kalan miktarı) için geçerlidir.

*Ülke örneği:*Avustralya örneğinde, fazla üretim net besleme tarifi sistemi içinde satılır. Bu sistemde, güneş enerjisi üreticilerine yalnızca fazla elektrik için ödeme yapılır. Örneğin, gündüz tüketilmeyen elektrik şebekeye satılabilir.

Avustralya'da kullanılan net besleme tarifeleri, özellikle konut ölçeğinde dağıtılmış güneş enerjisi üretimine destek sağlamaya odaklanır. Her projenin üst sınırları, kurulu kapasiteye göre belirlenmiştir (örneğin, 10 kW). Bu tarife sistemi, güneş termal projeleri veya büyük rüzgar kapasiteli kurulumlar gibi projeleri desteklemez, yalnızca PV sistemlerini destekler.

6.3. Prim sistemleri

Bazı ülkeler, sabit besleme tarifi mekanizması yerine toptan piyasa fiyatının üzerinde sabit veya değişken prim sistemi kullanır. Prim tarifeleri gibi piyasa tabanlı destek programları, üretimin talebe göre ayarlanabildiği yenilenebilir enerji teknolojileri için oldukça uygundur (örneğin, biyokütle ve jeotermal teknolojiler). Ancak rüzgar ve güneş gibi değişken üretime sahip yenilenebilir enerji teknolojilerinin arz miktarını ayarlama ve piyasa fiyat sinyallerine uyum sağlama olanakları sınırlıdır. Bu teknolojiler için prim tarifeleri ek maliyetlere neden olabilir.

*Ülke örneği - I:*Danimarka'nın yenilenebilir enerji teknolojilerinden yararlanmaya yönelik en önemli teşviklerinden biri şebeke satış primleridir. Danimarka, yenilenebilir elektrik üretimini prim tarifi aracılığıyla teşvik eder. Tesis operatörleri piyasa fiyatının üzerinde değişken bir prim alırlar. Prim ve piyasa fiyatının toplamı, tesisin devreye alınma tarihine ve kullanılan enerji kaynaklarına göre belirlenen yasal azami değeri aşmamalıdır. Bazı durumlarda tesis operatörlerine piyasa fiyatında garantili bir prim sağlanır. Bu gibi durumlarda azami destek seviyeleri yasal olarak tanımlanmamıştır.

*Ülke örneği - II:*Almanya'da EEG reformuyla 2014 yılında uygulamaya konulan piyasa prim sistemi, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin desteklenmesi için model program haline gelmiştir. Bu sistem yalnızca belirli büyüklükteki projeler için geçerlidir. Prim, sabit satın alma fiyatı seviyesi ile aylık satılan elektriğin piyasa değeri arasındaki fark olarak hesaplanır. Tesis işletmecisi üretilen elektriği doğrudan şebekeye satmak zorundadır. Üçüncü bir taraf, bir güç satın alma sözleşmesiyle entegre edilebilir veya spot piyasada satılabilir. EEG'de 2017 yılında yapılan değişikliğe uygun olarak, çoğu teknoloji için prim seviyeleri açık artırmalar yoluyla belirlenmektedir.

6.4. Net ölçüm

Besleme tarifeleri, net besleme tarifeleri ve prim sistemlerinin aksine, net ölçüm politikası mekanizmaları doğrudan elektrik satışını gerektirmez. Yerinde elektrik üretim sistemi kullanıcıları dağıtım şebekesine bağlanır ve üretim fazlaları için prim alırlar. Net ölçüm genellikle belirli bir kapasite üst sınırına sahip sistemler için geçerlidir ve faturalama dönemleri saatlerden aylara kadar değişebilir. Net ölçüm modellerinin kullanım ülkesi/bölgesi/alanının özel ihtiyaçlarına göre tasarlanması ve düzenli olarak güncellenmesi önerilir.

*Türkiye'deki net ölçüm yönetmeliğine
göre şebekeden beslenen
**elektrik ve tüketilen
şebeke elektriği tabidir
aylık üretime**
telafi etme.*

Türkiye'de, net ölçüm politikası Mayıs 2019'da Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimi Direktifi ile başladı. Yönetmeliğe göre, sadece çatı ve cephe PV sistemleri elektrik üretebilir ve konutlarda 10 kW'a ve ticari ve kamu binalarında 5 MW'a kadar PV sistemlerinin fazla üretimi şebekeye satış için desteklenmektedir. Yönetmeliğe göre, şebekeden beslenen elektrik ve tüketilen şebeke elektriği aylık üretim dengelemesine tabidir (GÜNDER, 2019a).

Net ölçümleme, AB üye ülkeleri, ABD dahil olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde yaygın olarak uygulanmaktadır. ABD, Malezya, ABD, Massachusetts'te aylık bazda uygulanan bir net ölçüm modeli vardır. Her ayın sonunda, kendi üretimi ve şebekeden tüketilen elektrik miktarı karşılaştırılır. Kullanıcının ay sonunda üretim fazlası olması durumunda, bu fazlalık bir sonraki ayın elektrik faturalarına borç olarak yansıtılır. Aralık 2015'te Nevada Kamu Hizmetleri Komisyonu, Nevada'nın güneyindeki çatı PV kullanıcılarına ödenen net ölçüm oranında bir düşüş tespit etti. Komisyon harekete geçti ve hükümet, net ölçüm mekanizmasında ödenen oranı diğer güç kaynaklarına ödenen oranla eşitledi. Komisyon ayrıca çatı PV sistemi kullanıcıları için düşük bir enerji maliyeti belirledi ve ayrı bir müşteri sınıfı oluşturdu.

Saatlik net ölçüm modelinin bir örneği Danimarka'da uygulanmaktadır. "Kendi İhtiyaçları İçin Elektrik Üreticileri İçin Net Ölçüm" düzenlemesi, elektrik üreticilerini şebekeye satılan elektrik miktarı için çeşitli vergiler ödemekten muaf tutar. Yenilenebilir enerji teknolojilerinden (6 KVA jeotermal enerji hariç) elektrik üreten tüm üreticiler bu muafiyetten yararlanabilir. Tüm kurulu kapasite şebekeye entegre edilmeli, elektriğin tüketildiği yerlere kurulmalı ve kullanıcılara ait olmalıdır. Fazla elektrik, besleme tarifeleri aracılığıyla ödünç verilir.

Hollanda'da yıllık net ölçüm modeli uygulanmaktadır. Belirli güç sınırlamaları içinde olan ve kullanıcıları "küçük kullanıcılar" (3 x 80 A'dan az kapasiteli sistem sahipleri) olarak belirlenen güneş enerjisi sistemleri yıllık net ölçüm düzenlemesine tabidir. Tüketilmeyen tüm elektrik şebekeye verilir ve gelecekteki tüketim için akredite edilir. Önceden belirlenmiş bir fiyat seviyesine (kWh başına 5 ABD senti) dayalı bir kredi mekanizması fazla üretime uygulanır.

^aABD'nin 44 eyaletinde net ölçüm politikası benimsenmiştir.

6.5. Net faturalama

Bu mekanizmaya göre, fazla elektrik üretimi şebekeye perakende tarife fiyatından farklı bir oranda satılır. İtalya gibi bazı ülkeler son yıllarda “net ölçüm”den “net faturalama”ya geçmiştir.

*Ülke örneği:*İtalya, net faturalama sistemi aracılığıyla tüketilen ve üretilen elektrik için “scambio sul posto” adı verilen farklı fiyatlar belirler. Bu sistem ayrıca ek özellikler (garantili ihracat fiyatı gibi) sunarak finansal tazminat da sağlar. Üreticilerin belirli bir anda üretilen ve kullanılan elektrik ile şebekeye verilen/şebekeden kullanılan elektriği dengelemesini sağlar. Güç sistemi, fazla elektriğin sanal depolanması için bir araç olarak kullanılır. Scambio sul posto, vergi indirimleri gibi diğer araçlarla birlikte de uygulanabilir.

Ek Bilgi: Kullanım zamanına göre fiyatlandırma

Gerçek zamanlı olarak prosumer'lar için kullanılan kullanım zamanı fiyatlandırma sistemi, dağıtılmış enerji kullanımını destekleyen önemli bir kolaylaştırıcıdır. Bu sistem, üreticilerin fazla elektriği spot piyasalara satmasını veya kullanım zamanına göre farklı bir piyasa fiyatı belirlemesini gerektirir. Bu fiyat yapısı, kullanıcılara sistemin durumu hakkında bilgi vererek fiyat sinyalleri gönderir ve prosumer'lar için iki ana fayda sağlar: Birincisi, prosumer, yoğun saatlerde şebekeye verilen fazla üretim için daha fazla ödeme alabilecektir. İkincisi, prosumer'lar yoğun saatlerde kendi tüketimleri yoluyla yüksek tarife fiyatlarından kaçınabilirler. Ticari müşterilere ait daha büyük ölçekli güneş enerjisi sistemleri için farklı fiyatlandırma sistemleri uygulanabilir. Toplayıcılar, küçük miktardaki üretim fazlasının yüksek maliyetli ölçüm altyapıları gerektirdiği durumlarda bir hizmet paketi sunarak ve önemli sistem faydaları sağlayarak çok sayıda prosumer'a da yardımcı olabilir. Artan talep yanıtı, azaltılmış yoğun yük ve azaltılmış yatırım gereksinimleri bu faydaların bazı örnekleridir. Toptan ve perakende pazarlarını birbirine bağlayan otomasyon ve dinamik fiyatlandırma için dijital teknolojilerin kullanılması, bu yöntemlerin uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

Bir dizi kullanım zamanı fiyatlandırma modeli vardır:

Gerçek zamanlı elektrik fiyatlandırması (Dinamik fiyatlandırma)-Gerçek zamanlı elektrik fiyatlandırmasında, elektrik oranları gün boyunca sıklıkla değişir. Fiyatlar çok kısa aralıklarla (örneğin, her bir saatte) değişir ve tüketici her aralık için farklı bir fiyat sinyali alır. Bu sinyal, ilgili aralıktaki elektrik üretim maliyetlerini yansıtır. Bu fiyatlandırma modeli, yüksek fiyat oynaklığına yanıt verebildikleri için genellikle büyük ticari müşteriler için kullanılır. Örneğin, fiyatlar belirli bir sınırın üzerine çıktığında makineleri kapatan teknolojiler kullanabilirler.

Örnek: New York'taki büyük ticari müşteriler gerçek zamanlı (saatlik) elektrik fiyatlandırmasına tabidir. Illinois'te iki kuruluş (Commonwealth Edison ve Ameren) konut kullanıcıları için gerçek zamanlı bir elektrik fiyatlandırma modeli uygulamaya başladı. Bu tür fiyatlandırma, ayrıntılı günlük kullanım verileri sağlayan ve servis sağlayıcıların her saatlik aralıkta enerji kullanımını ölçmesine ve kaydetmesine olanak tanıyan akıllı sayaçların kullanımını gerektirir.

Kullanım zamanına göre fiyatlandırma (Statik fiyatlandırma)-En yaygın kullanılan fiyatlandırma modeli olan kullanım saati fiyatlandırması, günü iki veya üç büyük aralığa böler ve her aralık için farklı bir elektrik fiyatı belirler. Fiyatlar, düşük yoğunluklu fiyatlar (genellikle gece yarısından sabahın erken saatlerine kadar), yarı yoğunluklu fiyatlar (gündüz ve akşam) ve yoğunluklu fiyatlar (elektrik yoğunluğunun en yüksek olduğu saatler - genellikle öğleden sonra/akşam) olarak belirlenebilir. Bu günlük oranlar bir sezon boyunca sabit kalır ve sonraki sezonlarda güncellenebilir. Bu basit fiyatlandırma yöntemi, tüketicileri yoğun saatlerde elektrik kullanımını azaltmaya teşvik eder. Ancak, sıcak hava dalgaları gibi yoğun dönemlerde elektrik kullanımını azaltmayı teşvik etmez. ABD'deki birçok dağıtım şirketi, elektrik kullanıcılarına gönüllü kullanım saati fiyatlandırması sunmaktadır; ancak bu fiyatlandırma sistemi yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Değişken pik yük fiyatlandırması-Bu fiyatlandırma sistemi statik ve dinamik fiyatlandırma yöntemlerinin bir karışımıdır. Değişken fiyatlandırma dönemleri bu modelde önceden tanımlanmıştır. Tepe yük dönemleri için gerçek fiyatlar piyasa koşullarına göre değişir.

Kritik pik yük fiyatlandırması-Bu fiyatlandırma sistemindeki kullanıcılar, elektrik fiyatının ertesi gün veya saatlerde önemli ölçüde artacağını belirten bir sinyal (e-posta, kısa mesaj veya telefon görüşmesi gibi) alırlar. Müşteriler, yüksek talep dönemlerinde elektrik kullanımını ve/veya kendi tüketimini azaltarak ve/veya şebekeye elektrik satarak gelir elde ederek yüksek ücretler ödemekten kaçınabilirler. Kritik pik yük fiyatlandırması, ABD genelindeki pilot programlar aracılığıyla çeşitli eyaletler ve kuruluşlar tarafından uygulanmıştır (örneğin, Oklahoma'da).

Kritik pik yük indirimi-Kritik tepe yük fiyatlandırmasına benzer şekilde, bu modelde dağıtım şirketleri, kritik tepe zamanlarında ortalama tüketimden tasarruf edilen her kWh elektrik için elektrik kullanıcılarına ödeme yapar. Kritik tepe yük indirim modeli, ilgili politika uygulamalarına göre Washington, DC ve Baltimore'daki tüm kullanıcılara sunulur.

Kaynak: (IRENA, 2019b)

Bilgi Kutusu 8: İstanbul ilçe belediyelerinin çevresel performansı

Yeşil Gelecek Derneği, İstanbul'daki ilçe belediyelerinin çevre sorunlarını ele alma konusundaki mevcut durumlarını ve yaklaşımlarını incelemek amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Bu kapsamda İklim Krizi, Biyoçeşitlilik, Atık, Hava, Su, Ulaşım, Arazi Kullanımı, Enerji, Çevre Yönetimi ve Gürültü-Görüntü-Elektromanyetik-Işık başlıkları altında çeşitli analizler yapılmıştır. Belediyelerin genel puanı ve her bir başlık altındaki puanları belirlenerek, bu puanlama sistemine uygun olarak Yeşil Belediye Puan Kartları oluşturulmuştur. Puanlama, belediyelerin 2015-2019 stratejik planları, 2016-2019 yıllarına ait performans ve faaliyet raporları ile resmi web sitelerinin değerlendirilmesine göre yapılmıştır. 37 ilçe belediyesinin dokümanları incelenerek gösterge setinde "evet" cevabı verenlere "evet", "hayır" cevabı verenlere "0" girilmiştir. Analizler 249 gösterge doğrultusunda yapılmıştır.

Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliğine ilişkin göstergeler aşağıda verilmiştir:

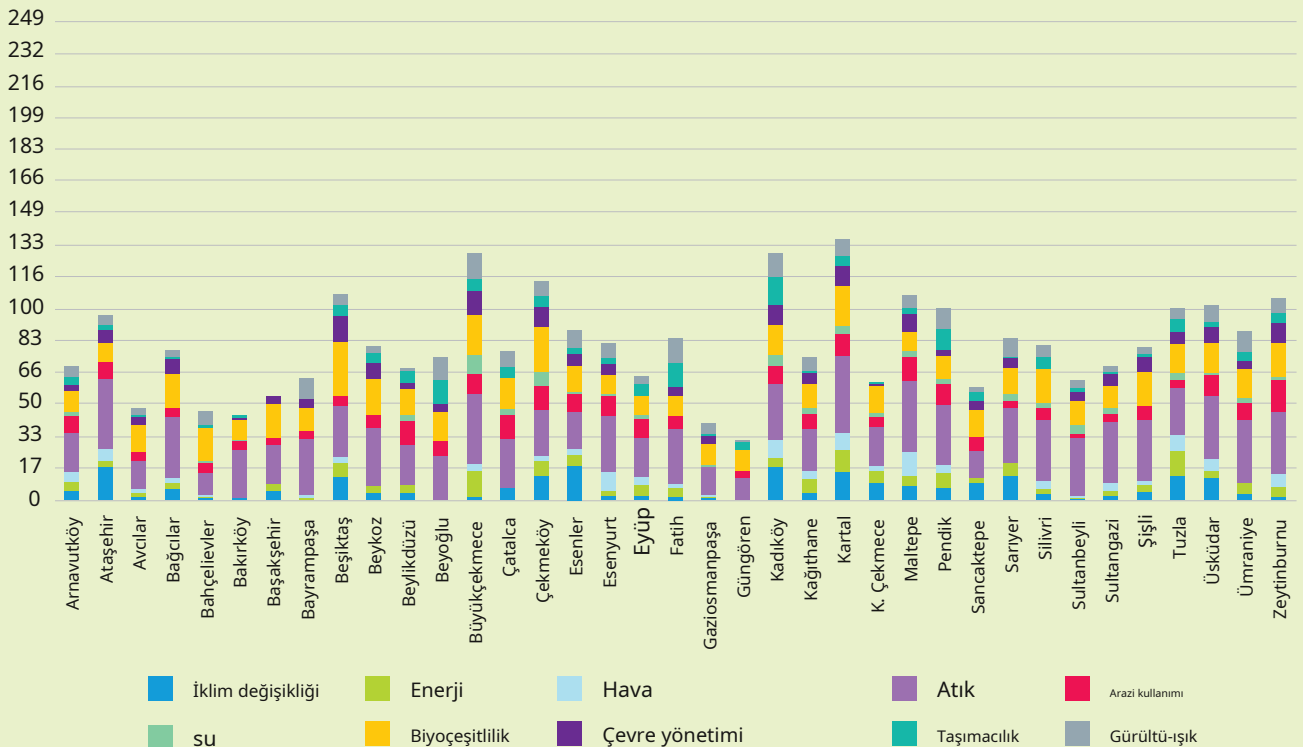
Belediyede kurum içi enerji birimi var mıdır? / Temiz yenilenebilir enerji santralleri var mıdır? / Temiz yenilenebilir enerji santrallerinin niceliği ve niteliği kamuoyuyla paylaşıyor mu? / Elektrik tasarrufu konusunda bir çalışma var mıdır? / Kamuoyu, internet sitesi ve yerel kaynaklar aracılığıyla enerji tasarrufu çalışmaları konusunda bilgilendiriliyor mu? / Belediye temiz yenilenebilir enerji üretimini destekliyor mu? / Yenilenebilir enerji üretimini desteklediğini duyurdu mu? / Kurum içi temiz yenilenebilir enerji konusunda eğitim var mıdır? / Belediye, kurum içi yenilenebilir enerji eğitiminin niteliğini ve içeriğini kamuoyuyla paylaşıyor mu?

Kurumda enerji verimliliği konusunda kurum içi eğitim yapılıyor mu? / Kurum içi yenilenebilir enerji eğitimlerinin niteliği ve içeriği kamuoyuyla paylaşıyor mu? / Belediye binalarında ısı yalıtımı kullanılıyor mu? / Belediye binalarında kullanılan ısı yalıtımının niceliği ve niteliği kamuoyuyla paylaşıyor mu? / Belediye, ilçe sınırları içerisinde enerji verimliliğini desteklemeye yönelik kamu faaliyetleri yürütüyor mu? / Enerji verimliliğini destekleyen bu kamu faaliyetleri ilçe sınırları içerisinde teşvik ediliyor mu? / Şehir aydınlatmasında enerji tasarrufu çalışmaları yapılıyor mu? / Şehir aydınlatmasında enerji tasarrufu çalışmaları kamuoyuna duyuruluyor mu?

Araştırmanın sonuçlarına göre belediyelerin her başlıktaki performansı aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.

Başvuru sayısı

Göstergelerin sayısı



Kaynak: (Yeşil Gelecek Derneği, 2019)

Bilgi Kutusu 9: Cezeri yeşil okul binası – Ankara

Binalarda Enerji Verimliliğini Artırma Projesi kapsamında bütünleşik bir tasarım yaklaşımı kullanma hedefiyle tasarlanan Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Kampüsü, Türkiye'deki kamu binalarında enerji tüketiminin ve buna bağlı sera gazı emisyonlarının nasıl etkili bir şekilde azaltılabileceğini göstermek için bir model olarak inşa edildi. Bu tasarım Ekodenge liderliğinde ve Alman mimarlık firması Willen Associates, İngiliz sürdürülebilirlik mühendislik firması Atelier Ten ve bu uluslararası konsorsiyumun diğer ekipleri ve değerli uzmanlarının katkılarıyla gerçekleştirildi.



Sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik kriterlerinin değerlendirildiği ve tüm yönleriyle çözümlerin sunulduğu bir tasarım hazırlandı. Tasarım aşamasında tüm çalışmalarda en üst düzeyde bina performansı, kullanıcı konforu ve sağlık elde edilmesi hedeflendi. Enerji verimliliğine ilişkin teknik özellik ve parametrelerin analiz edilebilmesi amacıyla bina bilgi ve enerji modelleme çalışmaları yapıldı. Bina yönelimi, iklim verileri, bina yapısı, ısıtma, soğutma, iklimlendirme, termal konfor, yenilenebilir enerji sistemleri ve aydınlatma gibi tasarım kararları bu analiz ışığında verildi. Maliyet ve yaşam döngüsü etki analizleri de yapıldı. Yapılan iyileştirmeler sonrasında uygulama projeleri ve çevre dostu tasarım şartnameleri oluşturuldu ve mimari ürün aynı zamanda sürdürülebilirlik konusunda eğitim aracı olarak bağlamlandırıldı.

Enerji ve malzeme verimliliğini elde etmek için güneş yönelimi gibi mimari ve pasif tasarım prensipleri değerlendirildi. Yüksek performanslı bir bina zarfı tasarlayarak, ahşap işçiliği özellikleri ve detaylarıyla ısı kayıpları en aza indirildi. Peyzaj tasarımı binanın önemli bir bileşeni olarak kabul edildi ve enerji verimliliğini destekleyecek şekilde tasarlandı. Tasarıma güneş enerjisi, yenilenebilir enerji sistemleri ve ısı geri kazanımlı klima üniteleri gibi en son teknolojiler dahil edildi. Ayrıca, binanın operasyonları tüm entegre sistemlerin uygun şekilde çalışmasını sağlayacak otomatik bir sistem aracılığıyla yönetiliyor.

Kaynak: (Arkiv, 2017)



7. Sonuç

Bu çalışma, Türkiye'deki binaların enerji talebini %100 öz tüketim varsayımıyla karşılamak için çatı üstü PV sistemlerinin teknik ve ekonomik potansiyelini değerlendirmiştir. Ortalama olarak, ev aletleri ve pişirme hariç olmak üzere binaların toplam elektrik talebinin %17'sini karşılayabilen PV sistemleri, Türkiye'deki binaların tüm birincil enerji ihtiyaçlarının %11'ini karşılayabilir. 55 GW teorik potansiyele sahip olan 14,9 GW'lık teknik potansiyel, yılda 22 TWh elektrik üretebilir. Bu senaryonun ekonomik potansiyeli, şebeke paritesi içinde olan 4,5 GW'tır. Konut binalarında çatı üstü PV sistemlerinin konuşlandırılmasının yatırım maliyeti 1.200 ABD Doları/kW'ın altındadır.

Ekonomik değerlendirmede aksi belirtilmediği sürece, maliyetler ve diğer göstergeler hiçbir finansal destek olmadığı varsayılarak hesaplanır. Dördüncü iklim bölgesindeki ticari, kamusal ve endüstriyel binalar en yüksek ekonomik performansı gösterir. Diğer bina tiplerinde benzer faydalar elde etmek için konut binaları için finansal destek paketlerinin uygulanması gerekir. Maliyet-fayda analizini takiben, bu çalışma dağıtılmış enerjiyi artırmak için ilgili politika mekanizmalarını ve olası finansman araçlarını ve Türkiye'deki bazı güncel çatı PV sistemleri örneklerini ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bu çalışma, besleme tarifeleri, prim sistemleri ve net faturalama gibi net ölçüme alternatif mekanizmaları incelerken, faydalarını değerlendirmek için bu mekanizmaların bir maliyet-fayda analizine ihtiyaç vardır. Bunun dışında, çatı PV sistemlerinin dağıtımını destekleyebilecek krediler, hibeler ve sigorta poliçeleri gibi çeşitli finansman araçları vardır.

Bu çalışmanın amacı, gelecekteki dağıtımlarına yönelik bir yol haritası sunmaktan ziyade çatı PV sistemlerinin potansiyelini değerlendirmektir. Bu çalışmanın, dağıtılmış enerji sistemleri geliştirmek için uygulanacak politikalar ve uygulamalar için ek derinlemesine analizler ve 2023 ve 2030 yılları için projeksiyonlar ve planlamalar yapması beklenmektedir.



8. Referanslar

- Ecofys, İstanbul Aydın Üniversitesi ve İZODER, 2018. "Türkiye Bina Sektörü Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası". Ankara: GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. <https://www.giz.de/de/downloads/giz2019-en-turkishbuilding-sector.pdf>.
- EİGM Denge, 2018. <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.
- EMO, 2019. http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=93667.
- Enerji Atlası, 2019. "Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası". <https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/turkiye>.
- Enerji Günlüğü, 2019. <https://www.enerjigunlugu.net/mentese-otogari-gunesletukettiginden-fazla-elektrik-uretti-35059h.htm>.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2018. "Enerji Denge Tabloları". <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.
- Enerji İthalatı, 2019. BloombergHT. <https://www.bloomberght.com/enerji-haber/2194843-enerji-ithalati-faturasi-2018-de-yuzde-15-6-artti>.
- Enerji Kaynakları, 2018. Enerji Portalı (blog). <https://www.enerjiportalı.com/enerjinedir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>.
- Enerji Panoraması, 2019. <http://www.tenva.org/wp-content/uploads/2013/08/EnerjiPanorama-KAPAK-Kas%C4%B1m-2019-SMALL.pdf>.
- ETİP, 2018. <https://etip-pv.eu/publications/etip-pv-publications/>.
- GEPA, 2019. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>.
- GM Dergi, 2019. <https://www.gmdergi.com/guncel/dunya-otel-haritasinda-turkiye-12-sirada>.
- GÜNDER, 2019b. <https://gunder.org.tr/wp-content/uploads/F%C4%B1nansmanmodelleri.pdf>.
- GÜNDER, 2019a. <https://www.gunder.org.tr/gunder-mahsuplasma-yonetmeliile-turkiyede-gunes-catilardan-yukselecek/>. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190512-1.htm>.
- GÜYAD, 2019b. <http://www.guyad.org/Eklenti/155,2019-yili-kasim-ayi-sonu- itibariyleulkemizin-birincil-.pdf?0>.
- GÜYAD, 2019a. <http://www.guyad.org/TR,183/2018-yenilenebilirin-yili-oldu.html>.
- Huang vd, 2019. <http://www.diva-portal.org/smash/search.jsf?dswid=-5637>.
- IEA, 2019. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/distributed-solar-pv#abstract>.
- IEEFA, 2019. "Çeşitli, Sürdürülebilir ve Kârlı Bir Enerji Ekonomisine Geçişin Hızlandırılması". https://ieefa.org/wp-content/uploads/2019/12/TR_New-Incentives-Brighten-Turkey-Rooftop-Solar-Sector_December-2019.pdf.
- İNTES, 2019. https://intes.org.tr/wp-content/uploads/2019/08/insaat_raporua%C4%9Fustos.
- IRENA, 2019b. Yenilenebilir Enerjiyle Çalışan Bir Gelecek İçin Yenilik Manzarası: Değişken Yenilenebilir Enerjileri Entegre Etmeye Yönelik Çözümler. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Innovation_Landscape_2019_report.pdf.

- IRENA, 2017. "Güneş PV pazarlarını güçlendirme_IRENA". <https://www.irena.org/publications/2017/Sep/Boosting-solar-PV-markets-The-role-of-quality-infrastructure>.
- IRENA, 2019a. "Yenilenebilir-Güç-Üretim-Maliyetleri-2018.pdf" https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf.
- Kabakçı, Oğuz Kürşat, 2018. "BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ". <https://docplayer.biz.tr/167985960-Binalarda-enerji-verimliliği-oguz-kursat-kabakci-enerji-ve-tabii-kaynaklar-uzmani-enerji-verimliliği-ve-cevre-dairesi-baskanlığı.html>.
- Kentsel Dönüşüm, 2019. <https://csb.gov.tr/kentsel-donusum-eylem-plani-aciklandibakanlik-faaliyetleri-28602>.
- Arkiv, 2017. "Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Binası". <http://www.arkiv.com.tr/proje/cezeri-yesil-teknoloji-teknik-ve-endüstri-meslek-lisesi-binası/7271>.
- Resmi Gazete, 2019. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190512-1.htm>.
- Resmi Gazete, 2008. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/10/20081009-2.htm>.
- Roger Andrews, 2016. "ABD'deki Güneş PV Kapasite Faktörleri – EIA Verileri". Energy Matters (blog). <http://euanmearns.com/solar-pv-capacity-factors-in-the-us-the-eiadata/>.
- Kuruseelan, S. ve Vaithilingam, C., 2019. "AC ve DC Mikro Şebeke ile Bağlı Bir Topluluğun Eşler Arası Enerji Ticareti". Enerjiler 12 (19): 3709. <https://doi.org/10.3390/en12193709>.
- ŞURA, 2018c. "Rüzgar ve Güneş Enerjisi Yatırımlarının Sistem Odaklı Yerleştirilmesi". SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi. https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2018/10/rapor_TRweb.pdf.
- ŞURA, 2018b. "Türkiye'de Enerji Dönüşümü ve Özel Sektörün Rolü" <https://www.shura.org.tr/turkiyede-enerji-donusumu-ve-özel-sektörün-rolü/>.
- ŞURA, 2018a. "Türkiye'nin Enerji Sisteminde Yenilenebilir Kaynakların Artan Payı: İletimde Genişleme ve Esneklik Seçenekleri". SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi. <https://www.shura.org.tr/turkiyenin-enerji-sisteminde-yenilenebilir-kaynakların-artan-payıiletimde-genisleme-ve-esneklik-secenekleri/>.
- SHURA, 2019. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (blog). https://www.shura.org.tr/turkiyede_enerji_donusumunun_financemanı/.
- SHURA, 2020. "Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılının ardından yayınlanan politika seçenekleri seçenekleri: şebeke görünümünde rüzgar ve güneş enerjisi kapasite kurulumları. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi". https://www.shura.org.tr/turkiye_enerji_donusumunu_hizlandirmak_icin_2020_yili_sonrasi_duzenleyici_politika_mekanizmasi_secenekleri_sebeke_olceginde_ruzgar_ve_gunes_enerjisi_kapasite_kurulumlari-2/.
- TEDAŞ, 2019. "2019 Ekim Tarifeleri". http://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektriktarifeleri/2019Ekim_Elektriktarifeleri.pdf.
- TEİAŞ, 2019. "YÜK TEVZİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI - KURULU GÜÇ RAPORU-KASIM 2019". TÜRKİYE ELEKTRİK İLETİM A.Ş. https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-12/kurulus_guc_kasim_2019.pdf.
- TEİAŞ, 2020. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari>.

TMMOB, 2009. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/cf3e258fbdf3eb7_ek.pdf.

TSKB, 2019. <https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/finans/tskb-aiib-ile-yeni-kredianlasmasi-imzaladi/646521>.

TÜREB, 2019. <https://www.tureb.com.tr/tr>.

TÜROB, 2019. <http://www.turob.com/tr>.

TÜİK, 2019. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1055.

Uğur, Emin, 2011. "Konutlarda Enerji Kullanımı Eğilimleri ve Tüketime Çevre Faktörleri ile İlişkisi, Bursa Örneği". http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/297644a5f701766_ek.pdf?dergi=1148.

Dünya Bankası, 2018. "Türkiye - Çatı üstü güneş PV pazarı değerlendirmesi: nihai rapor". <http://documents.worldbank.org/curated/en/318801537299381731/Turkey-Rooftop-solar-PV-market-assessment-final-report>.

Yeşil Ekonomi, 2019. <https://yesilekonomi.com/alman-hukumetinden-turkiye-gunesyatirimcilarina-45-milyon-avro-kredi/>.

Yeşil Gelecek Derneği, 2019. "YEŞİL BELEDİYE KARNESİ" <https://yesilgelecekdernegi.org/yesil-belediye-karnesi-2/>.

Yeşilist, 2019. <https://www.yesilist.com/seferihisar-kendi-elektrigini-uretiyor/>.

EK – İklim bölgelerinde %30 daha düşük yatırım maliyeti varsayımına sahip ekonomik göstergeler

Birinci iklim bölgesi

Bina Tipi	Toplam Yatırım Maliyet (ABD\$)	Aylık Tasarruflar (ABD\$/ay)	NPV (ABD\$)	İç verim oranı (%)	Geri ödeme süresi (Yıl)
Tek ailelik evler	328.533.702	3.273.864	75.405.923	7.70%	10.04
Çok aileli binalar	1.775.513.353	19.904.773	722.514.125	9.63%	8.73
Reklam, Kamu ve Endüstriyel	418.118.686	12.384.135	1.266.354.269	33.44%	2,98
Eğitim	93.735.492	2.140.915	193.397.987	%25,12	3.94
Otel	5.808.962	132.676	11.985.231	%25,12	3.94
Sağlık	19.164.884	437.725	39.541.586	%25,12	3.94
Alışveriş merkezi	1.345.005	30.720	2.775.056	%25,12	3.94

İkinci iklim kuşağı

Bina Tipi	Toplam Yatırım Maliyet (ABD\$)	Aylık Tasarruflar (ABD\$/ay)	NPV (ABD\$)	İç verim oranı (%)	Geri ödeme süresi (Yıl)
Tek ailelik evler	664.571.478	6.160.472	86.728.688	6.57%	10.96
Çok aileli binalar	5.115.978.388	53.352.346	1.511.953.848	8.43%	9.51
Reklam, Kamu ve Endüstriyel	864.279.820	23.812.885	2.363.273.859	30,92%	3.22
Eğitim	226.559.700	4.813.595	416.026.712	23.13%	4.26
Otel	14.377.979	305.481	26.401.973	23.13%	4.26
Sağlık	52.809.362	1.122.013	96.972.698	23.13%	4.26
Alışveriş merkezi	2.629.251	55.862	4.828.037	23.13%	4.26

Üçüncü iklim kuşağı

Bina Tipi	Toplam Yatırım Maliyet (ABD\$)	Aylık Tasarruflar (ABD\$/ay)	NPV (ABD\$)	İç verim oranı (%)	Geri ödeme süresi (Yıl)
Tek ailelik evler	450.839.026	4.492.647	103.477.765	7.70%	10.04
Çok aileli binalar	2.487.527.171	27.886.956	1.012.255.704	9.63%	8.73
Reklam, Kamu ve Endüstriyel	465.636.433	13.791.549	1.410.271.065	33.44%	2,98
Eğitim	149.090.646	3.405.225	307.608.464	%25,12	3.94
Otel	7.010.141	160.111	14.463.541	%25,12	3.94
Sağlık	31.894.538	728.470	65.805.804	%25,12	3.94
Alışveriş merkezi	1.493.986	34.123	3.082.438	%25,12	3.94

Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi Hakkında

İstanbul Politika Merkezi (İPM), demokratikleşmeden iklim değişikliğine, transatlantik ilişkilerden çatışma çözümüne ve arabuluculuğa kadar uzanan temel sosyal ve politik konularda uzmanlaşmış küresel bir politika araştırma kuruluşudur. İPM, araştırmalarını üç ana küme altında düzenler ve yürütür: İstanbul Politika Merkezi-Sabancı Üniversitesi-Mercator Stiftung Girişimi, Demokratikleşme ve Kurumsal Reform ve Çatışma Çözümü ve Arabuluculuk. İPM, 2001'den beri karar vericilere, kanaat önderlerine ve diğer önemli paydaşlara nesnel analizler ve yenilikçi politika önerileri sunmaktadır.

Avrupa İklim Vakfı Hakkında

Avrupa İklim Vakfı (ECF), Avrupa'nın düşük karbonlu bir toplumun gelişimini desteklemesine ve iklim değişikliğini azaltmak için daha da güçlü bir uluslararası liderlik rolü oynamasına yardımcı olmak için büyük bir hayırseverlik girişimi olarak kuruldu. ECF, düşük karbonlu geçişin "nasıl"ını ideolojik olmayan bir şekilde ele almayı amaçlıyor. ECF, ortaklarıyla iş birliği içinde, bu geçişteki temel yol bağımlılıklarını ve farklı seçeneklerin etkilerini vurgulayarak tartışmaya katkıda bulunuyor.

Agora Energiewende Hakkında

Agora Energiewende, Almanya, Avrupa ve dünyanın geri kalanında temiz enerji geçişinin başarısını garantilemek için kanıta dayalı ve politik olarak uygulanabilir stratejiler geliştirir. Bir düşünce kuruluşu ve politika laboratuvarı olarak Agora, üretken bir fikir alışverişini mümkün kılarken siyaset, iş dünyası ve akademi dünyasındaki paydaşlarla bilgi paylaşmayı hedefler. Öncelikle hayırsever bağışlarla finanse edilen kar amacı gütmeyen bir vakıf olarak Agora, dar kurumsal veya politik çıkarlara değil, iklim değişikliğiyle mücadele taahhüdüne bağlıdır.



Evliya Çelebi Mh. Kiblelizade Sk.
Eminbey Apt. No:16 K:3 D:4
34430 Beyoğlu / İstanbul
Tel: +90 212 243 21 90 E-
posta: info@shura.org.tr
www.shura.org.tr

SHURA tarafından kurulmuştur

İPM | IPC İSTANBUL POLİTİKALAR MERKEZİ
SABANCI ÜNİVERSİTESİ KAMPUSU
İSTANBUL POLICY CENTER
AT SABANCI UNIVERSITY

