

2030 Senaryosunda Türkiye'nin En Büyük Dağıtım Şebekelerinin Pilot Bölgelerinde Elektrikli Araçların Şebekeye Etki Analizleri

IV. GÜÇ VE ENERJİ SİSTEMLERİ SEMPOZYUMU

Osman Bülent Tör, Saeed Teimourzadeh, Mehmet Koç - EPRA Elektrik Enerji

Değer Saygın - SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi

Hülya Akınç - Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.

Özlem Gemici - Enerjisa Enerji A.Ş.

Cem Bahar - Eşarj Elektrikli Araçlar Şarj Sistemleri A.Ş.

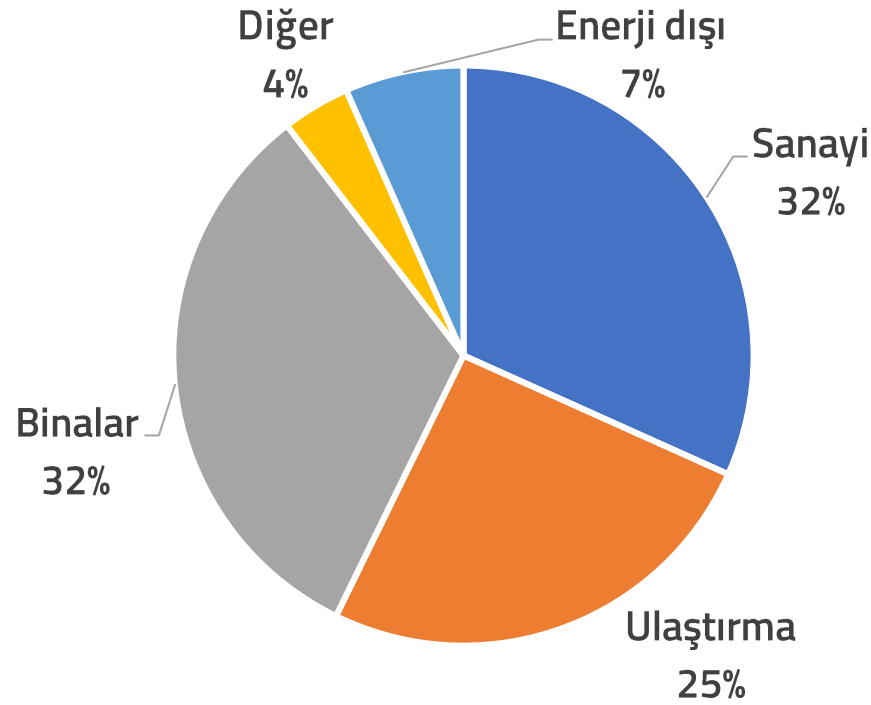
İzmir, 18 Ekim 2019, 15.00-15.30

Ana bulgular

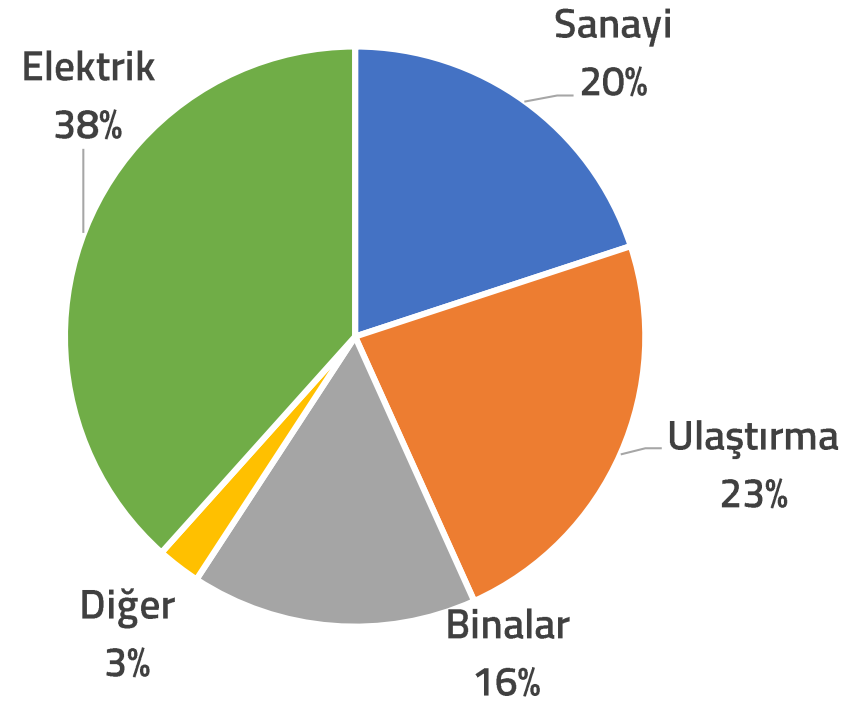
- Stoktaki elektrikli araç sayısının «Hızlı Gelişim» ve «Orta Gelişim» senaryolarına göre 2030 yılında sırasıyla **2,5 milyon ve 1 milyon** seviyelerine ulaştığı iki senaryo çalışılmıştır (ilave elektrik ~4 milyar kWh) (hibrit araç hariç)
- Bu araçların şarjı için farklı noktalarda (ev, işyeri ve halka açık alanlarda) **1 milyona yakın şarj noktası** öngörülmüştür
- Türkiye’de ilk elektrikli araç pazarının oluşması beklenen **Akdeniz, Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgelerini temsil eden dağıtım şebekelerinin 2018 ve 2030 yılları arasındaki yatırımları ve işletimi**, elektrikli araçların farklı şarj alışkanlıkları, bağlantı noktaları ve satış miktarları, saatlik çözünürlükteki bir şebeke modeli yoluyla hesaplanmıştır
- Yıllık elektrik yük artışının **%5 seviyesinde olduğu ve bunu karşılayacak dağıtım şebekesi yatırımlarının devam ettiğinin tahmin edildiği bir senaryoda**, elektrikli araçları şebekeye entegre etmek için **az miktarda ek yatırım gerekmektedir**
- Bu sonuçlar ancak, **şebeke yatırımlarının devam etmesi ve şarjın şebekeye etkisini en aza indirecek saatlerde şarj alışkanlıklarını** (özellikle işyeri ve halka açık alanlarda) **destekleyecek mekanizmalar ve elektrik fiyatlandırma stratejileri, diğer enerji piyasası düzenlemeleri ve şarj noktalarının bölgesel dağılımının optimum şekilde planlanması** yoluyla mümkün olacaktır
- Bu anlamda **yenilenebilir enerjinin kilit rol oynayacağı ve dağıtık sistemlerin şebekeye olan etkilerin en aza indirilmesinde yardımcı olacağı görülmüştür**. Özellikle yaz döneminde klima kullanımından dolayı elektrik tüketiminin arttığı zamanlarda, dağıtık sistemlerin elektrikli araçların entegrasyonu için önemli olduğu görülmüştür

Ulaştırma sektörü Türkiye toplam nihai enerji tüketiminin %25'inden sorumlu (2016/17)

Toplam nihai enerji tüketimi
(111 Mtep)

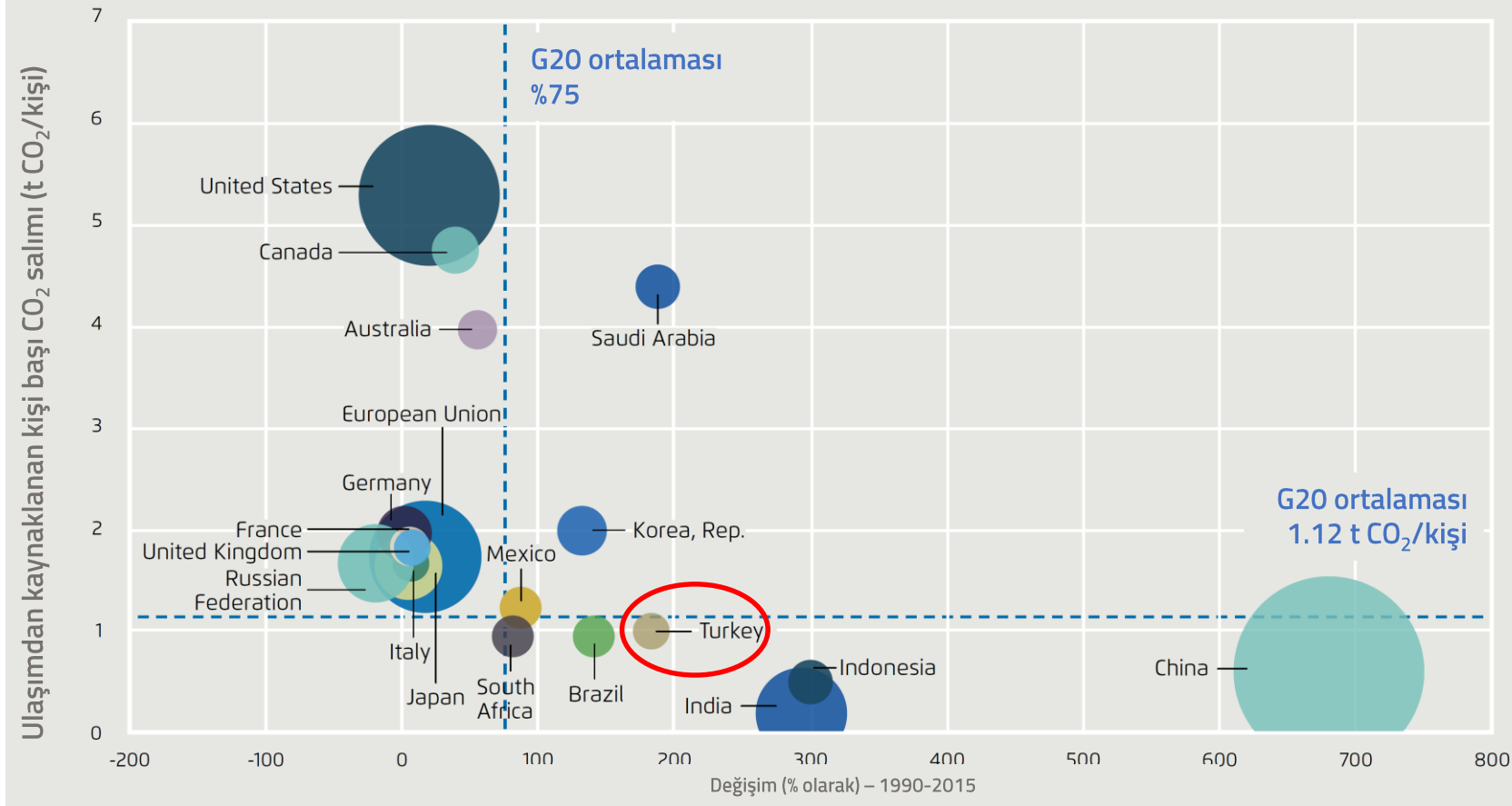


Enerji tüketimiyle ilgili
karbondioksit emisyonu (339 Mt)



Ulaştırma sektörünün enerji tüketiminin %99'unu petrol ürünleri oluşturmakta
Emisyonlar açısından ulaştırma, elektrik sektörünün ardından ikinci en büyük sektör

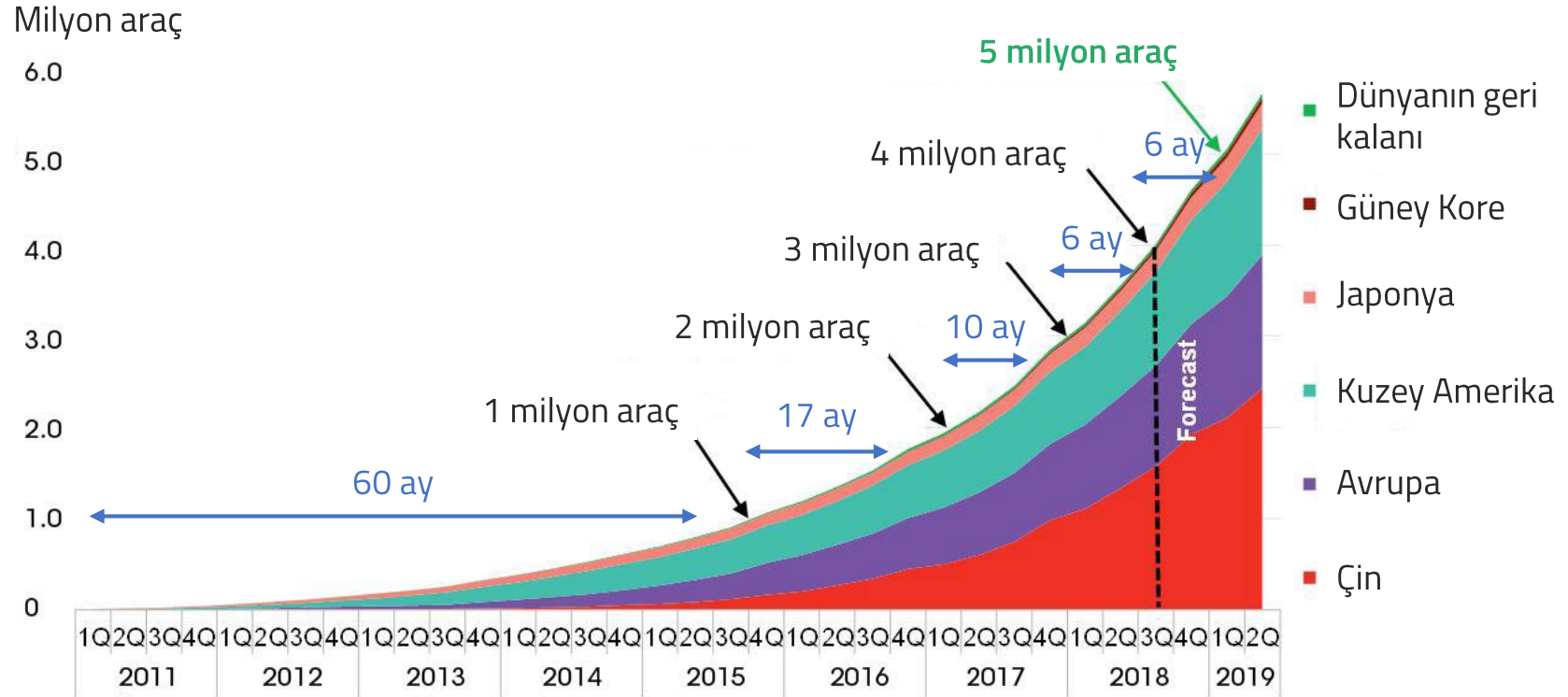
Türkiye kişi başına düşen CO₂ salımında, G20 içerisinde en hızlı büyüyen birkaç ülkeden biri



Araç sahiplik oranı ise hızla artmakta (günümüzde >150 araç/1000 kişi)

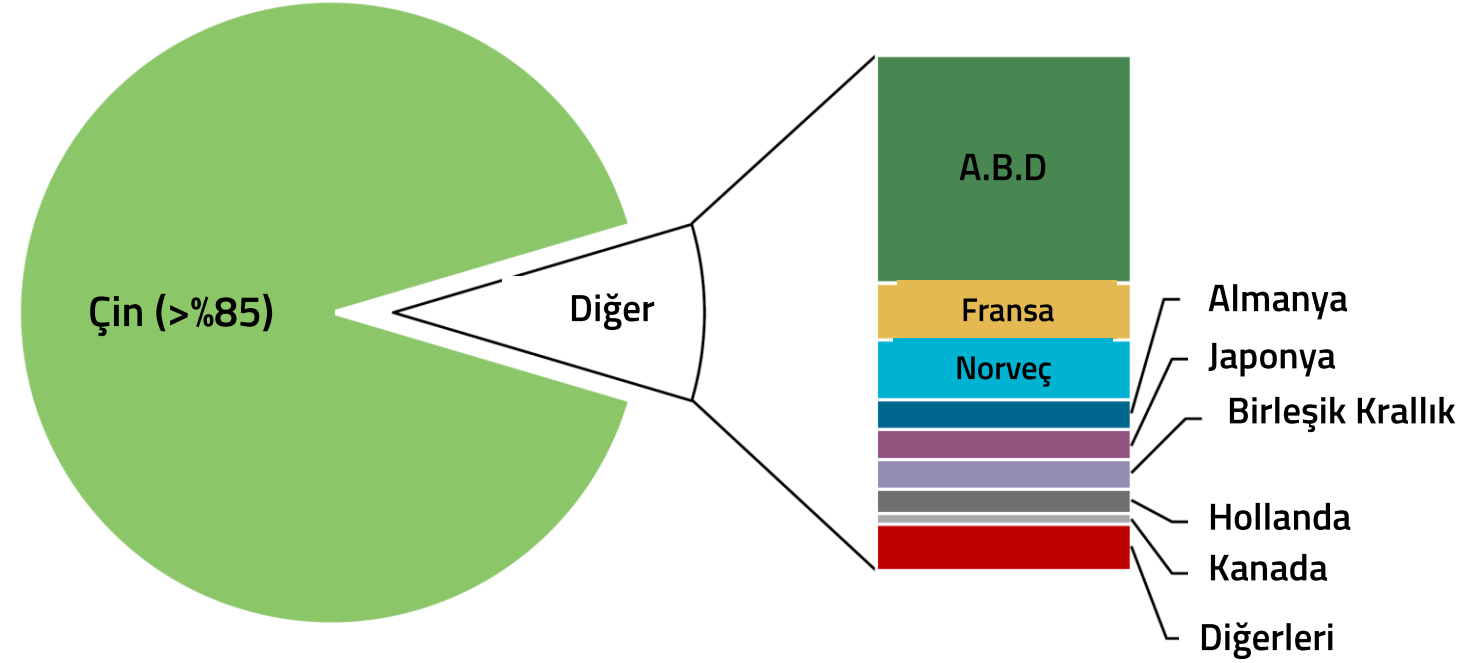
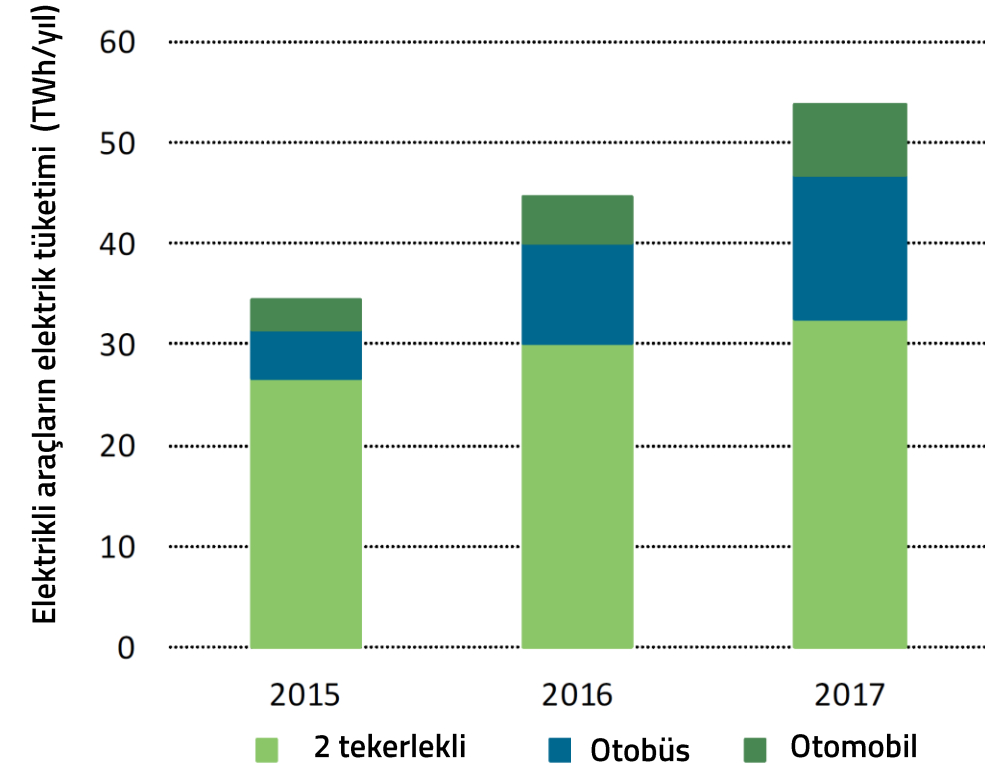
Ulaştırma sektörü dönüşümü için: yenilenebilir ile elektrifikasyon, verimlilik ve alternatif yakıtlar

Son 6 yılda toplam elektrikli araç satış sayısı %57 oranında arttı



2018 yılı sonunda küresel seviyede 5 milyondan fazla elektrikli araç (hibrit araç hariç)
Her 1 milyonuncu aracın satışı için gereken süre kısalıyor

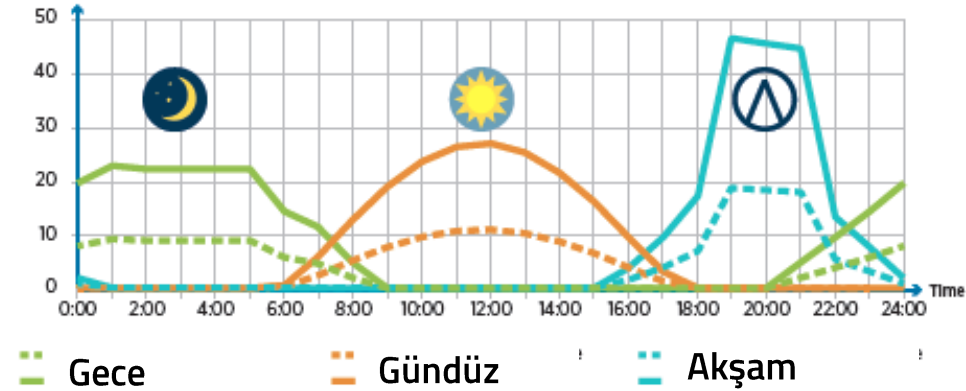
Elektrikli araçların toplam elektrik tüketimi (2017)



Elektrikli araçlarla ilgili elektrik tüketimin çoğu Çin'deki tüketimden kaynaklanmakta
Yılda en hızlı artış gösteren araç segmenti ise otomobiller

Şarj karakteristiklerine göre, elektrikli araçlar güneş ve rüzgar entegrasyonu için önemli rol oynayabilir

Araç şarj talebi (MW)



Akşam

- İşten eve döndükten sonra şarj
- Bir düzenleme olmadığı durumda beklenen
- Akşam yük talebini artıracaktır
- Bunun fiyat politikaları ve kamuya açık şarj istasyonları ile azaltılmasına yardımcı olur



Gece

- Fiyat politikaları ve akıllı şebekelerle akşamdan geceye geçiş sağlanır
- Evlerde şarj etmek için daha uygundur
- Gelecekte araçtan-şebekeye yöntemiyle, araçların hizmet karşılığı şebekeye katkıda bulunmaları sağlanır



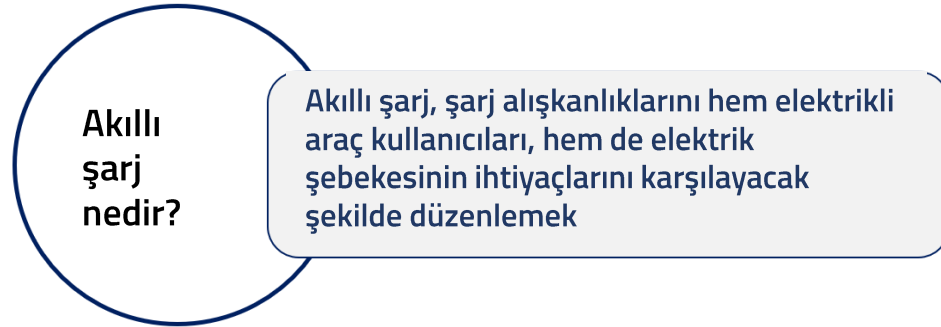
Gündüz

- Yenilenebilir enerji payının en yüksek olduğu zamandır
- Yenilenebilir enerji kesintisini azalmasına yardımcı olur
- Ek yenilenebilir enerji kapasite kurulumuna destek verir
- Fakat kamuya açık şarj istasyonlarına ihtiyaç vardır



Elektrikli araçlar zaman planlı şarj edildiklerinde, yük yönetimine katkıda bulunurlar

Akıllı Şarj «smart charging» ne anlama geliyor?



Akıllı şarj nasıl sağlanabilir:

- Time of use tariff (Çin, Almanya, Japonya, ABD...)
- Tek yönlü kontrol (V1G) – dinamik elektrik tarifeleri (AB ve ABD’de şebeke yatırımlarını %50-%70 oranında azaltan projeler)
- Çift yönlü etkileşim (V2G & G2V) (DK, NL, RoK sistem operatörleriyle projeler) – frekans kontrolü, yan hizmetler gibi hizmetlerin alınması
- V2X – yenilenebilir enerji, depolama ile entegrasyon (NL, JP)
- Dinamik elektrik tarifeleri (Norveç, ABD)

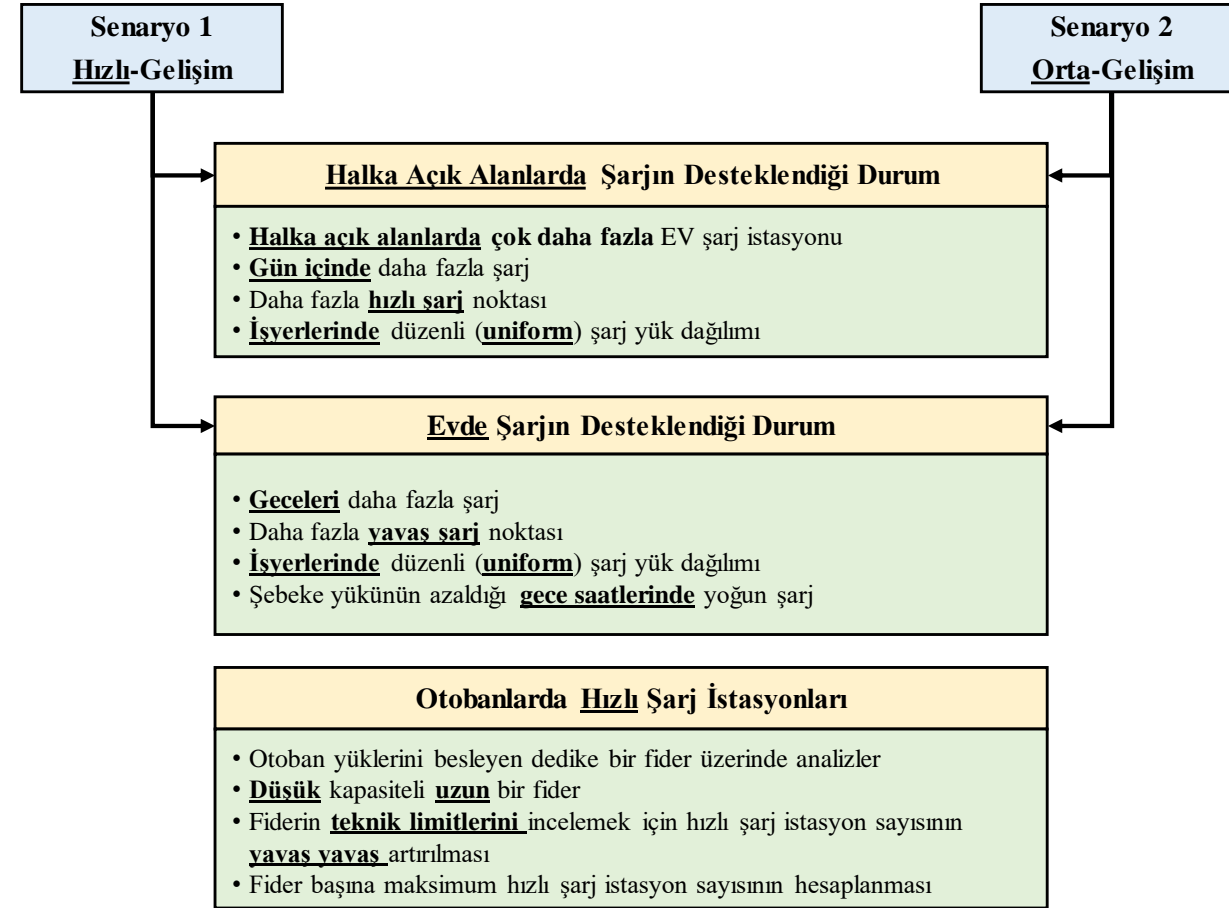
Akıllı şarj stratejilerinin önündeki bazı soru işaretleri:

- Hızlı şarj sistemlerinin geliştirilmesi elektrikli araç piyasasının gelişmesi için öncelik
- Daha yavaş şarj sistemleri, şebeke yönetimi ve şebeke esnekliğini artırmak açısından avantajlı
- Hızlı şarj sistemleri bunlar destekleyecek nitelikte ve doğru bölge planlamasıyla şebeke etkileri azaltılabilir
- Batarya depolama teknoloji ve kapasite büyüklüklerindeki gelişmeler

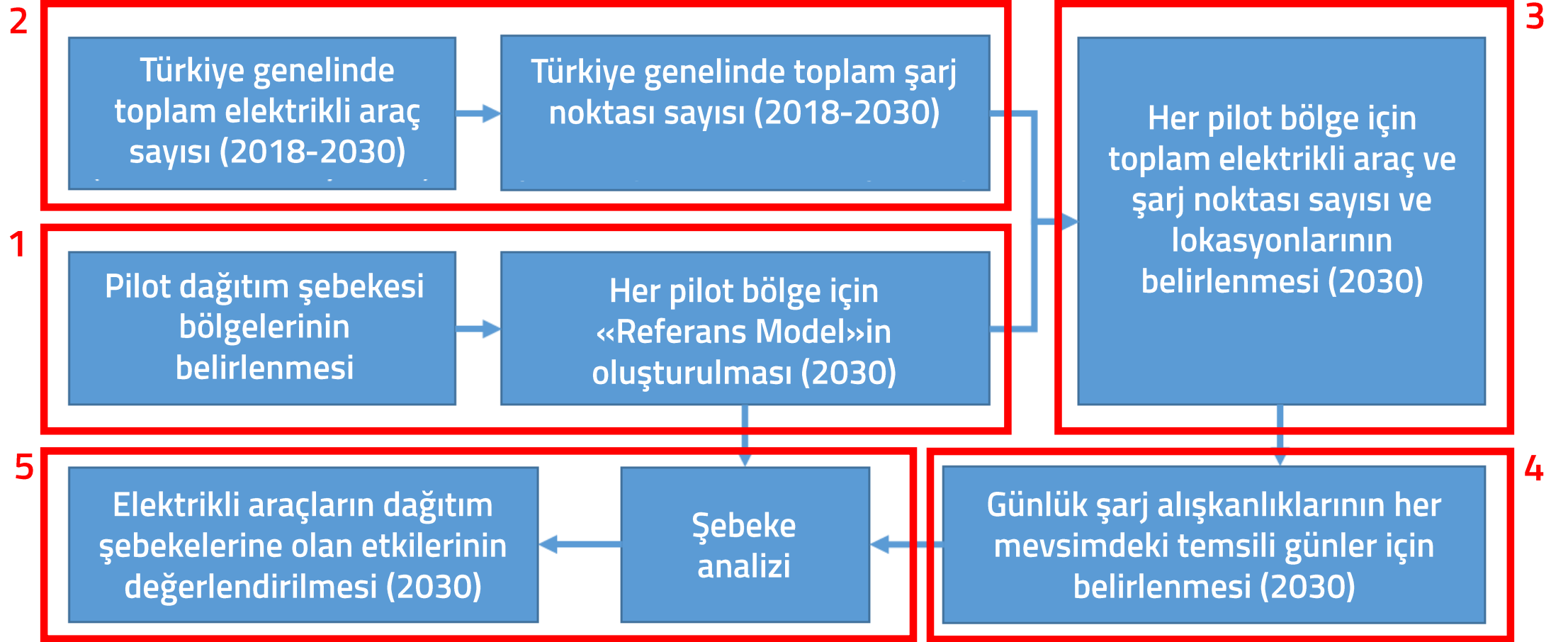
→ Yeni mevzuat ve iş modellerinin geliştirilmesi açısından bu ilişki ve etkilerin anlaşılması önemli

Çalışmanın kapsamı

- «Hızlı Gelişim» (2,5 milyon) ve «Orta Gelişim» (1 milyon) senaryosu olmak üzere iki ayrı elektrikli araç pazar senaryosu ve bunu destekleyen şarj istasyonu sayısı ve lokasyonları 2018-2030 yılları için değerlendirildi
- Elektrikli araçlar şarj edilebilir bataryalı ve plug-in hibrit otomobil sınıfındaki araçları kapsamakta olup, kamyon, otobüs, motosiklet, bisiklet, traktör, ticari ve filo araçlar çalışma kapsamı dışında bırakıldı
- Ayedaş, Başkent, Gediz ve Toroslar dağıtım şebekelerinde, 8 pilot TM bölgesi (4 metropol ve 4 kırsal) ve İstanbul-Ankara otoyolu değerlendirildi
- Her pilot TM bölgesi için aşağıdaki değerler belirlendi
 - Elektrikli araç sayısı, kullanım ve şarj alışkanlıkları
 - Şarj istasyonu sayısı, teknoloji ve lokasyonları
- Şarj alışkanlıkları her pazar senaryosu için daha çok «Evde» veya «Halka açık alanlarda» şarjın desteklendiği iki ayrı senaryo için değerlendirildi
- Günlük şarj alışkanlıkları senenin 4 farklı mevsiminde, 4 tam gün içerisindeki elektrik yüküne ilave olacak şekilde saatlik modellendi
- Elektrikli araçların şarjının şebeke üzerindeki etkileri araştırmak için, 4 gösterge incelendi:
 - Ekipman aşırı yüklenmeleri
 - Gerilim düşümleri
 - Şebeke kapasite kullanım faktörleri
 - İlave yatırım gereksinimleri



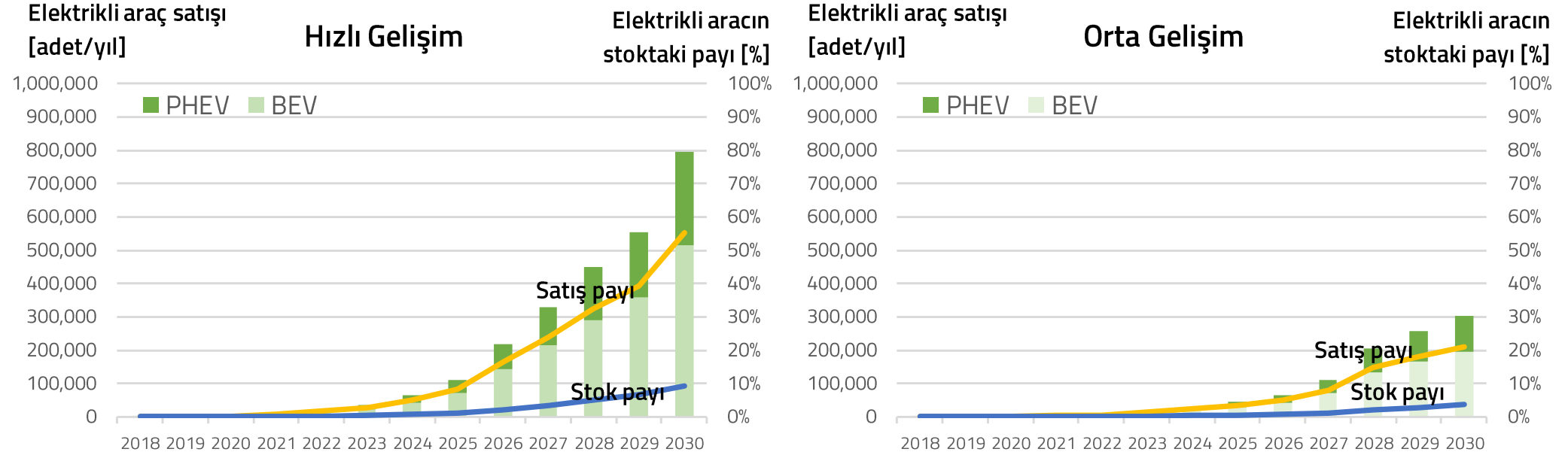
Modelleme yönteminin adımları



Dağıtım şebekesi modeli (1/4)

- Elektrikli araç satışlarının öngörülmediği (Referans Model) ve araç satışlarının «Hızlı Gelişim» ve «Orta Gelişim» senaryolarındaki araç sayısını entegre edebilmek için yatırım ve işletim önlemlerinin alındığı iki ayrı dağıtım şebekesi modeli geliştirilmiştir
- Yük verisi: Aralık 2017'den Aralık 2018'e kadar (saatlik çözünürlükte)
- Yük Artışı: Ortalama her yıl %5 (2018'den 2030'a kadar)
- 2030 için yük karakteristikleri hesaplandı ve modele aktarıldı

Elektrikli araç satış projeksiyonları (2/4)

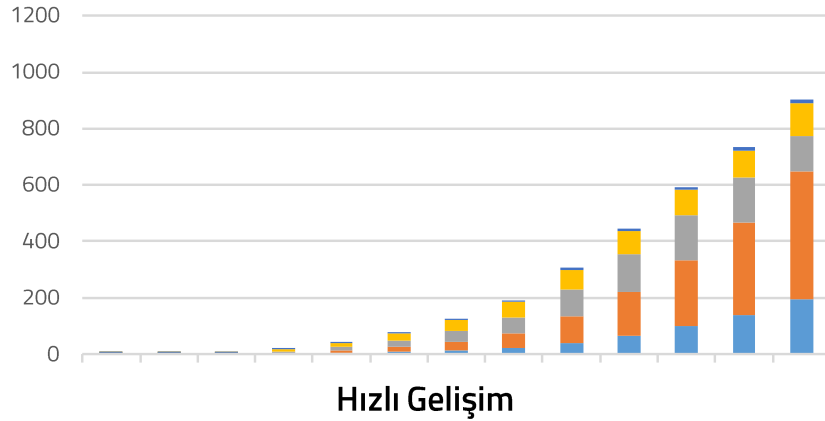


- Araç sahiplik oranı 2030'da 300/1000 kişi seviyesine ulaştığı varsayılmıştır (günümüzde: 154/1000 kişi)
- Toplam araç satışlarındaki elektrikli ve hibrit araç payı %20-%55 seviyesine ulaştığı varsayılmıştır
- Toplam elektrikli araç sayısı 2030 yılında 1,0-2,5 milyon seviyesine erişiyor (hibrit araçlar hariç)
- Toplam elektrikli araç ve hibrit araç satışlarının 2030 yılı için kırılımı:
 - Hızlı Gelişim: %15 hibrit, %55 bataryalı elektrikli araç, %30 plug-in hibrit
 - Orta Gelişim: %30 hibrit, %45 bataryalı elektrikli araç, %25 plug-in hibrit
- Çalışmada varsayılan ortalama elektrikli araç karakteristikleri: 17 kWh/100 km ; 10.000 km/yıl sürüş

Gerekli şarj istasyonu projeksiyonu (Hızlı Gelişim senaryosu için) (2/4)

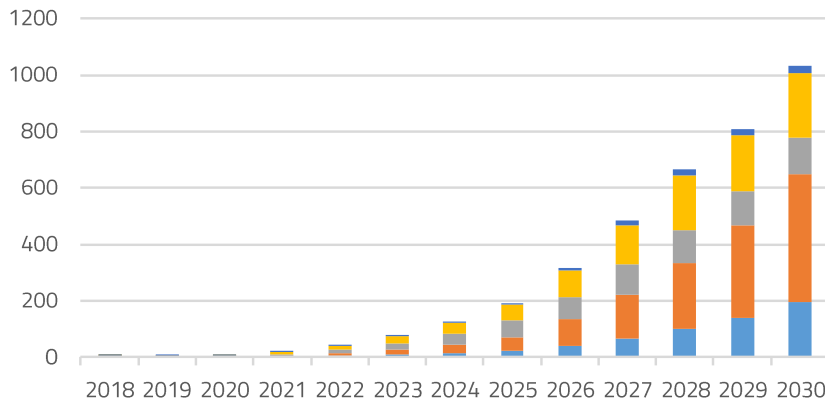
Hızlı Gelişim

Şarj istasyonu sayısı [1000 adet] - Evde şarjın desteklendiği senaryo



Hızlı Gelişim

Şarj istasyonu sayısı [1000 adet] - Halka açık şarjın desteklendiği senaryo



5 tip şarj noktası:

Level 1/AC (ev - 2,3 kW)

Level 2/AC (ev, işyeri, halka açık - 3,7-22 kW)

Level 3/DC (halka açık – 100 kW)

«Evde Şarjın Desteklendiği» senaryoda, 2030'da:

- Araç sahiplerinin %25'i 2030'da evde şarj cihazına sahip
- İşyerlerinde 10 araç başına bir cihaz
- Halka açık alanlarda 10 araç başına bir cihaz

«Halka Açık Alanlarda Şarjın Desteklendiği» senaryoda, 2030'da

- Halka açık alanlarda 5 araç başına bir cihaz
- Diğer varsayımlar «Evde Şarjın Desteklendiği» senaryo ile aynı

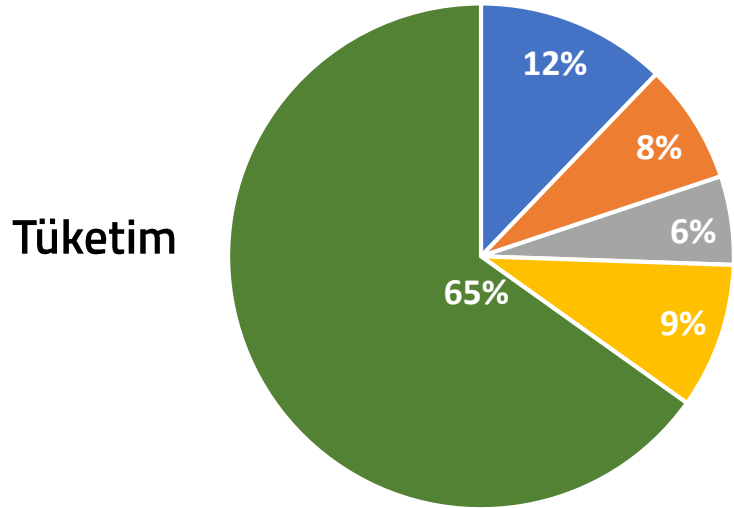
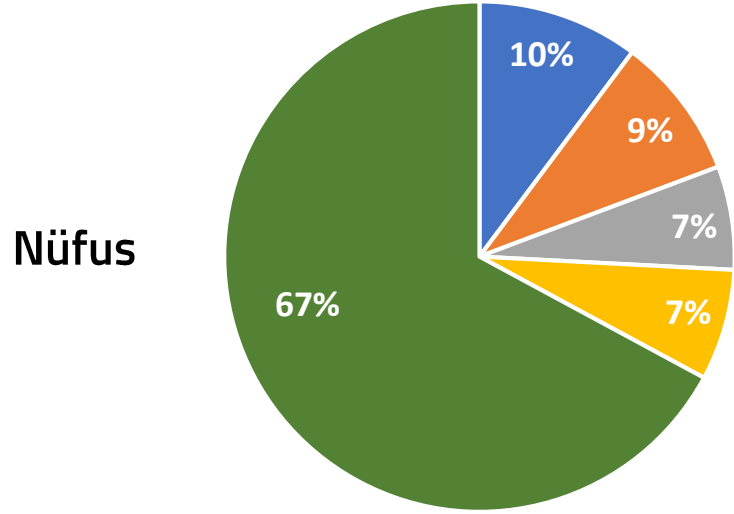
Ev şarj noktalarında toplam şarj miktarı,

- %30 level 1 ve %70 level 2 olarak

Halka açık alanlardaki şarj noktalarında toplam şarj miktarı,

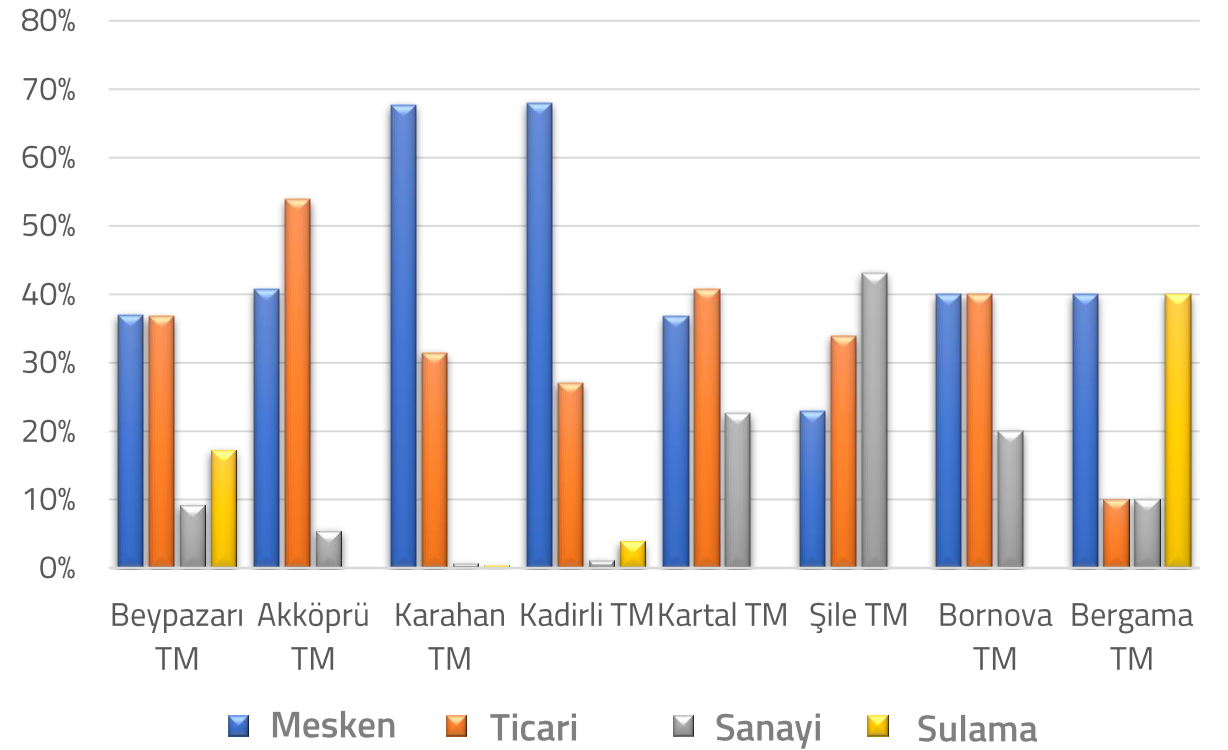
- %90 level 2 ve %10 level 3 olarak varsayılmıştır

Modellenen dağıtım şebekesi bölgeleri (2017) (3/4)



■ TOROSLAR ■ BAŞKENT ■ AYEDAŞ ■ GDZ ■ Türkiye'nin kalan kısmı

Pilot bölgelerde abone gruplarının dağılımı



Pilot bölgelerde araç ve şarj noktası sayısı (3/4)

EA araç sayıları (Türkiye - 2030)

	Hızlı Gelişim	Orta Gelişim
100% elektrikli araç	1,676,729	672,570
Plug-in	909,311	369,556
Toplam	2,586,040	1,042,127

EA şarj noktası sayıları (Türkiye - 2030)

Hızlı gelişim senaryosu (1000 tane)	Evde Şarj	Halka Açık Şarj
AC1 – ev (AC1 H)	194	194
AC2 – ev (AC2 H)	453	453
AC2 – işyeri (AC2 W)	129	129
AC2 – halka açık (AC2 P)	116	233
DC3 – halka açık (DC3 P)	13	26
Toplam	905	1.034

EA araç sayıları (Pilot Bölgeler - 2030)

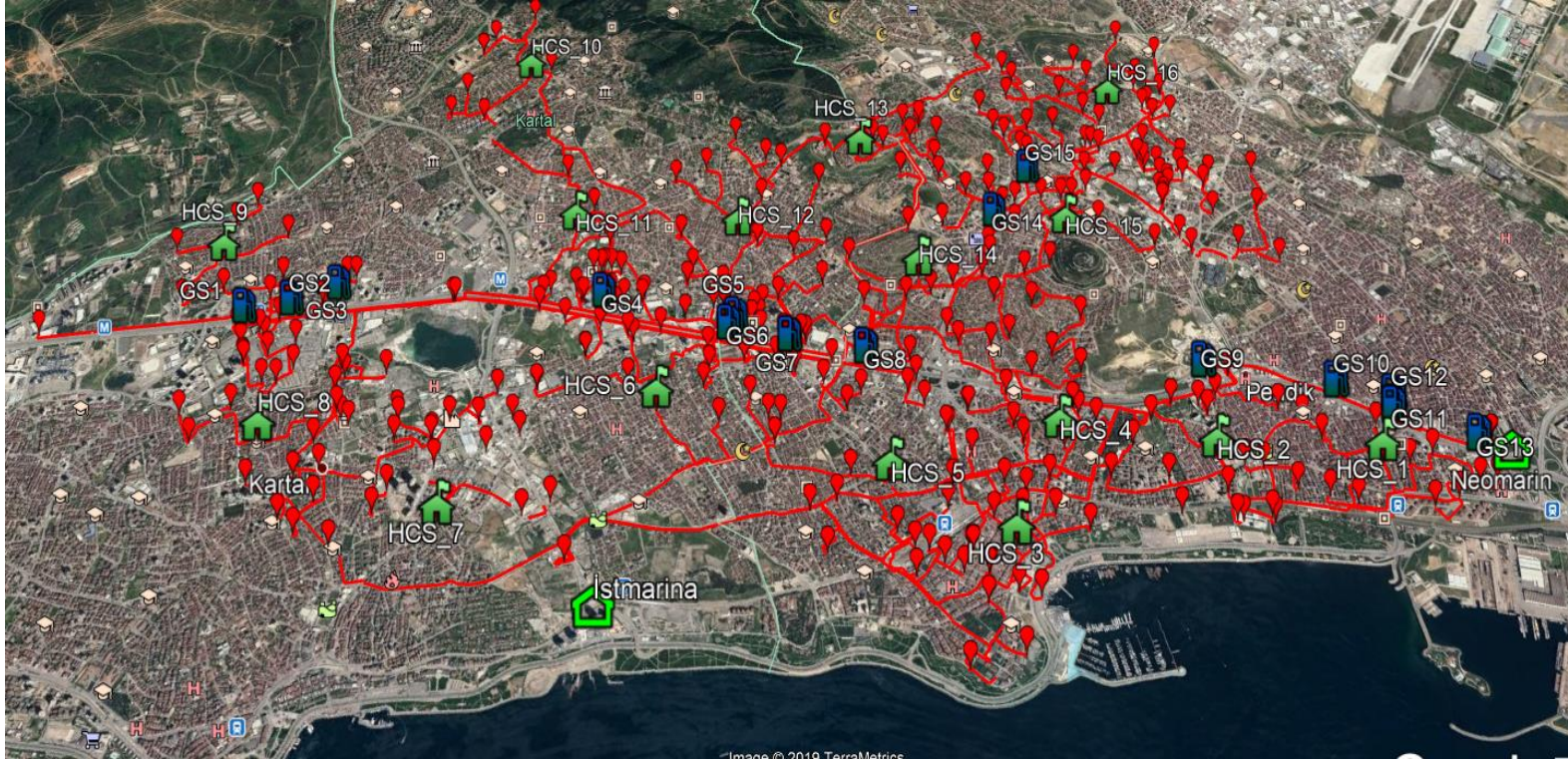
Pilot Bölge	Hızlı Gelişim	Orta Gelişim
Akköprü	9,112	3,672
Beypazarı	798	322
Kartal	9,636	3,883
Şile	1,812	730
Karahan	4,074	1,642
Kadirli	478	193
Bornova	8028	3236
Bergama	1914	772






EA şarj noktası sayıları (Pilot Bölgeler - 2030)

Pilot Bölge	Hızlı Gelişim		Orta Gelişim	
	Evde şarj	Halka Açık Şarj	Evde şarj	Halka Açık Şarj
Akköprü	3,190	3,645	1,286	1,469
Beypazarı	280	319	113	129
Kartal	3,373	3,855	1,360	1,554
Şile	635	725	256	292
Karahan	1,426	1,630	575	657
Kadirli	167	191	68	77
Bornova	2810	3212	1133	1295
Bergama	670	766	270	309

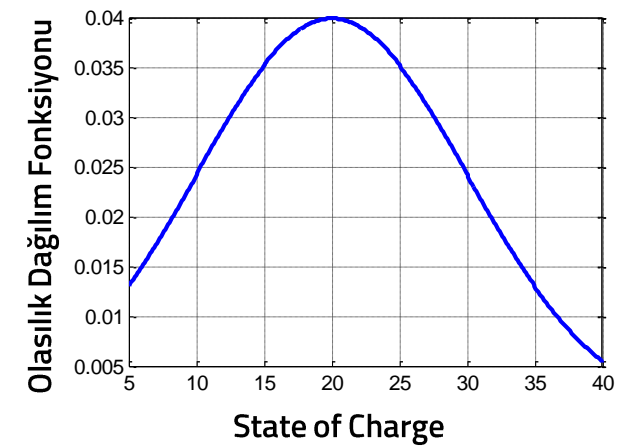
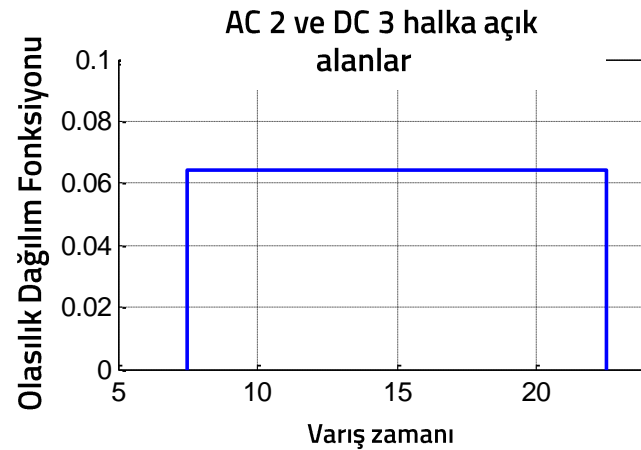
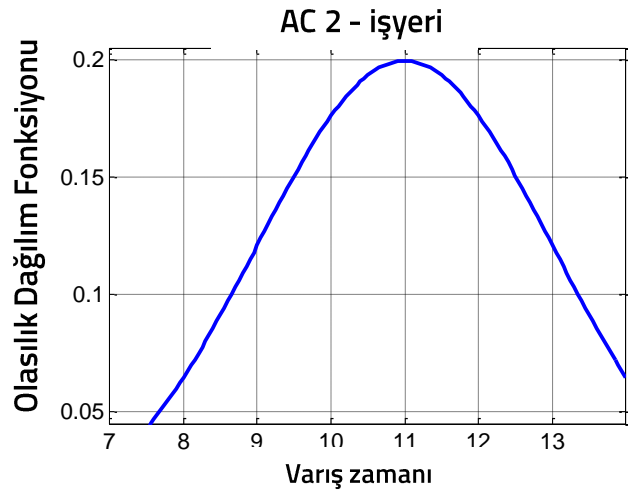
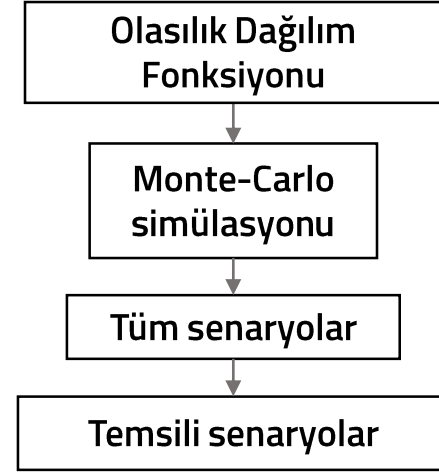
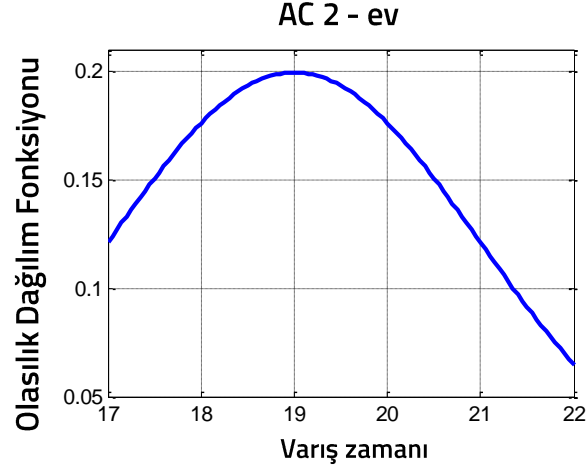
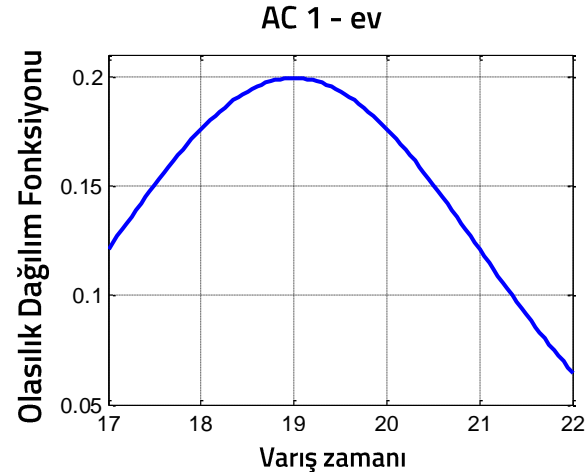
Bölgelere dağılım elektrik tüketimi, nüfus, gelir ve diğer sosyal-ekonomik göstergeler göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

Pilot bölgelerdeki şarj istasyonlarının coğrafi dağılımı (Kartal örneği) (3/4)

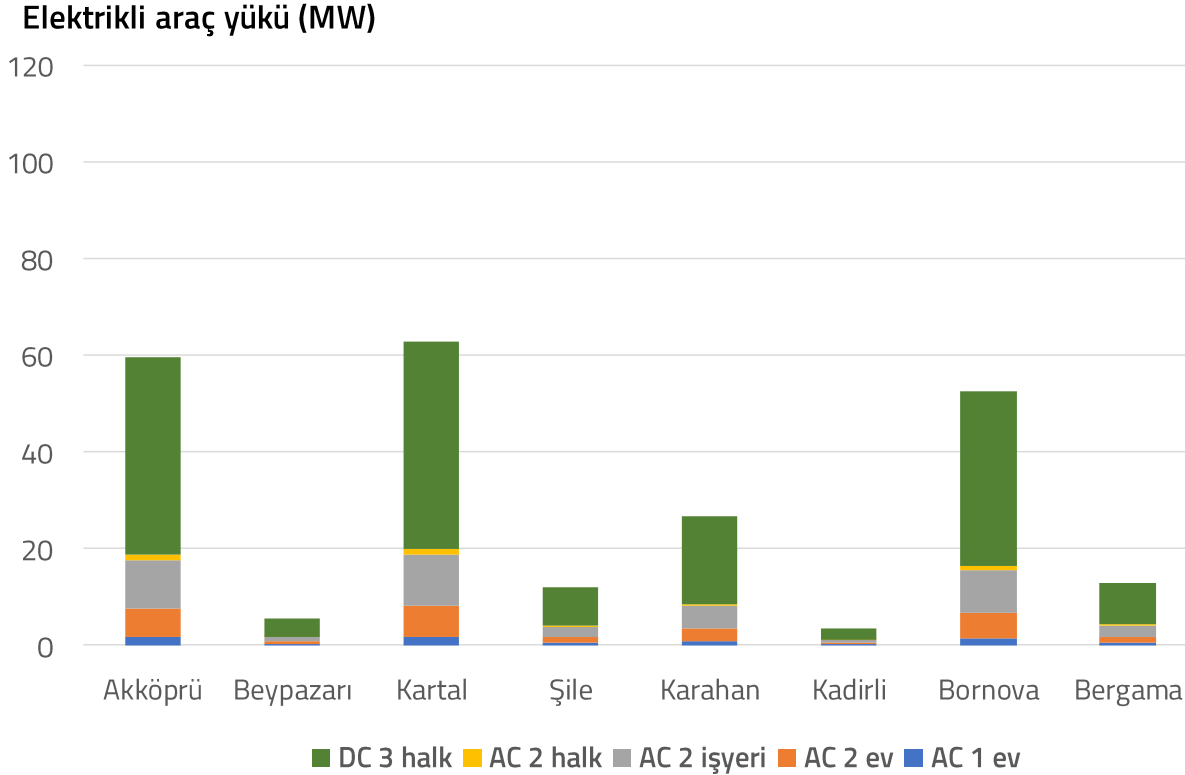


-  Evde şarj noktaları (HCS)
-  AVM – halka açık alanlardaki şarj noktaları
-  Benzin istasyonları (GS) – halka açık alanlardaki şarj noktaları
-  Tüketim noktaları
-  Orta gerilim hattı

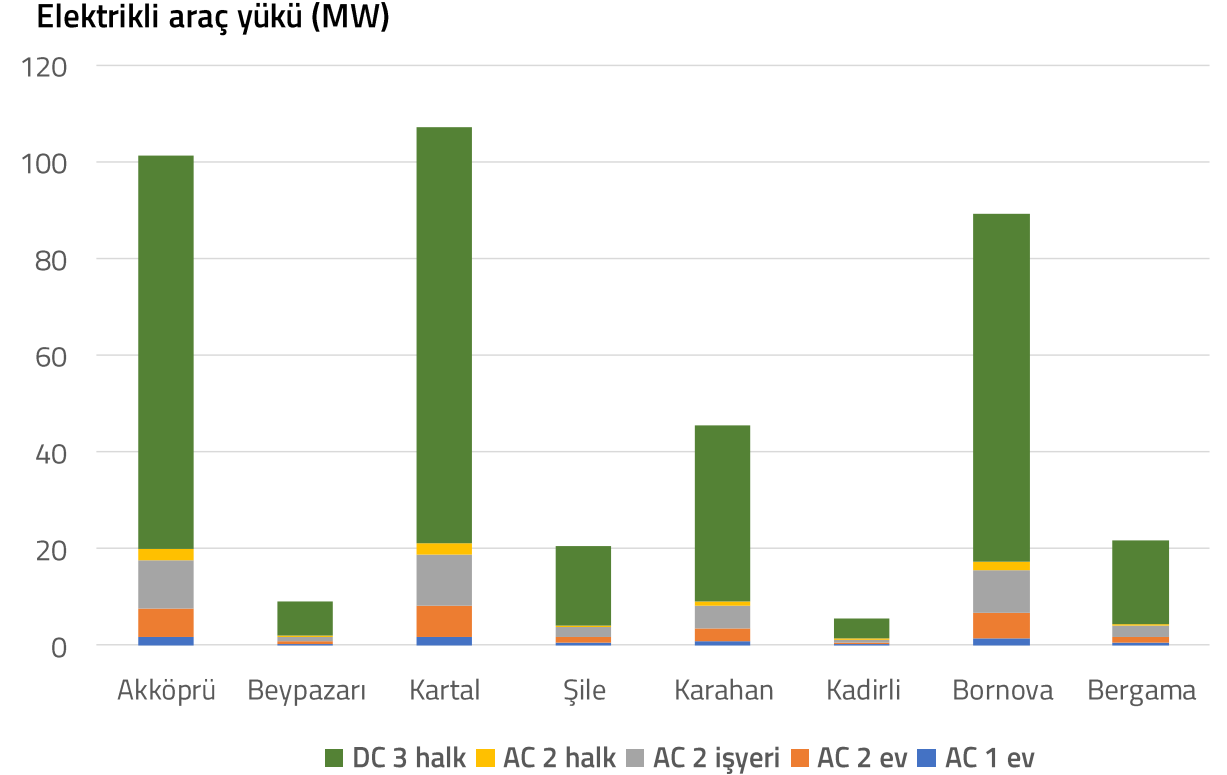
Günlük şarj alışkanlıkları için stokastik yaklaşım (4/4)



Pilot bölgelerdeki yük dağılımı (Hızlı Gelişim senaryosu)



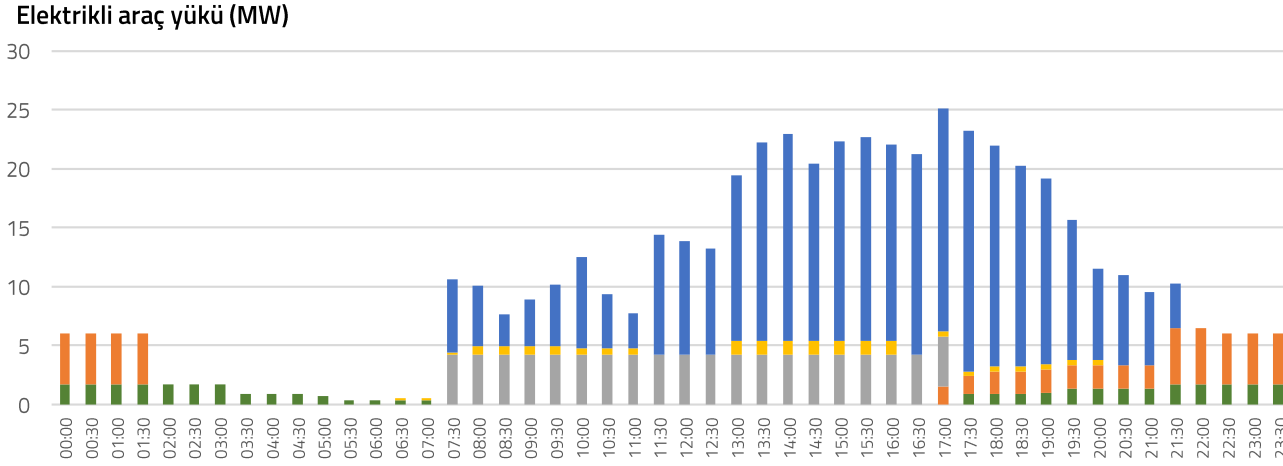
**Evde şarjın
desteklendiği**



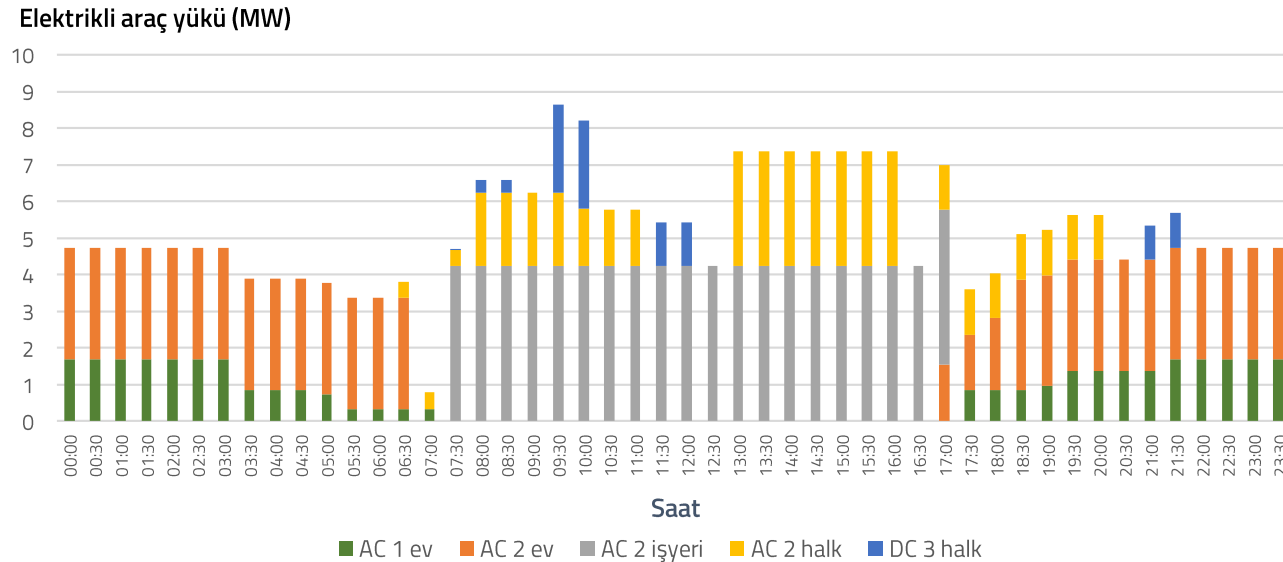
**Halka açık
alanlarda şarjın
desteklendiği**

Farklı şarj destek senaryolarına göre beklenen şarj alışkanlıklarının gün içindeki dağılımı

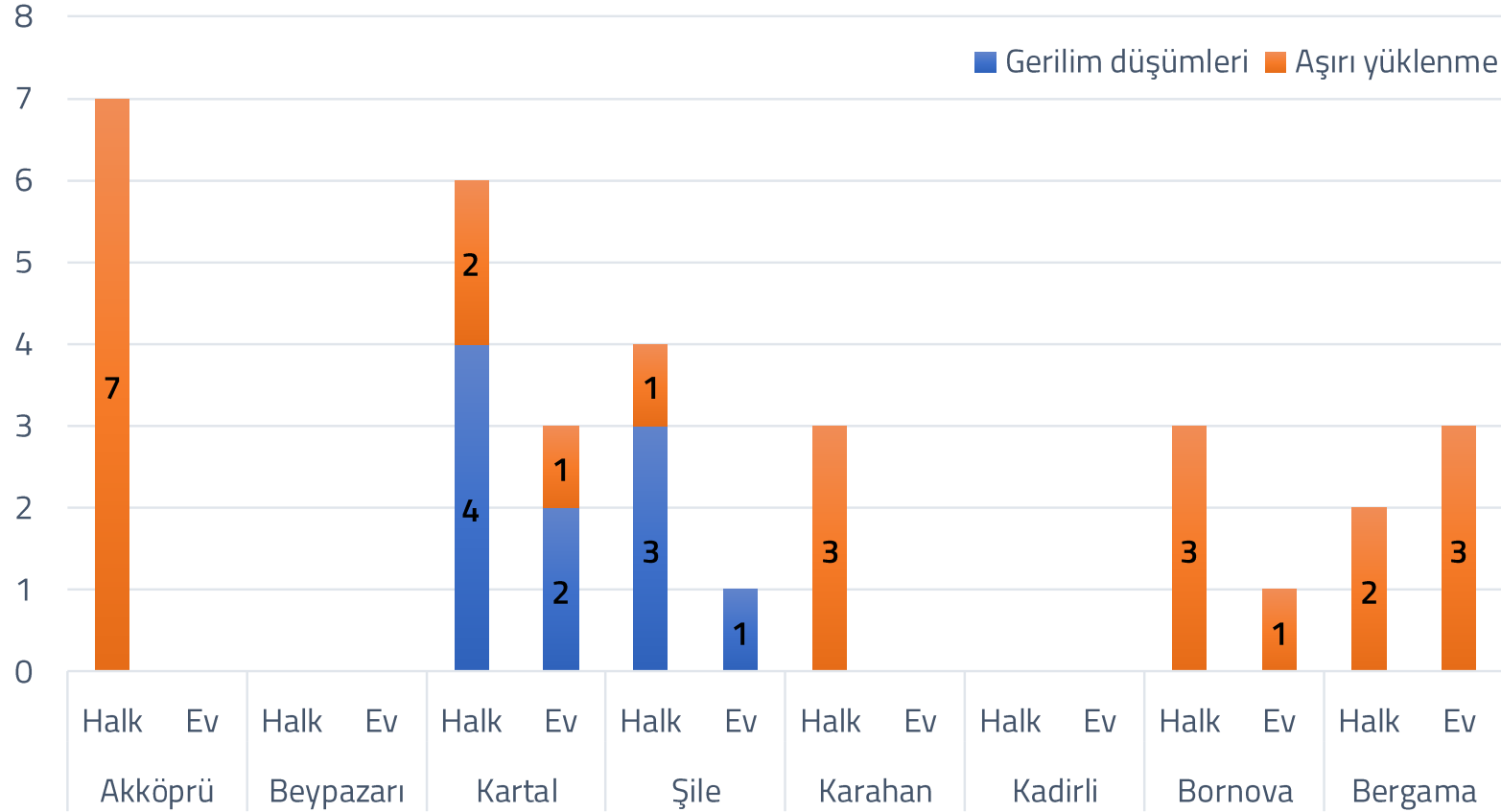
Halka açık alanlarda şarjın desteklendiği



Evde şarjın desteklendiği



Elektrikli araçların etkisi (Hızlı Gelişim senaryosu)

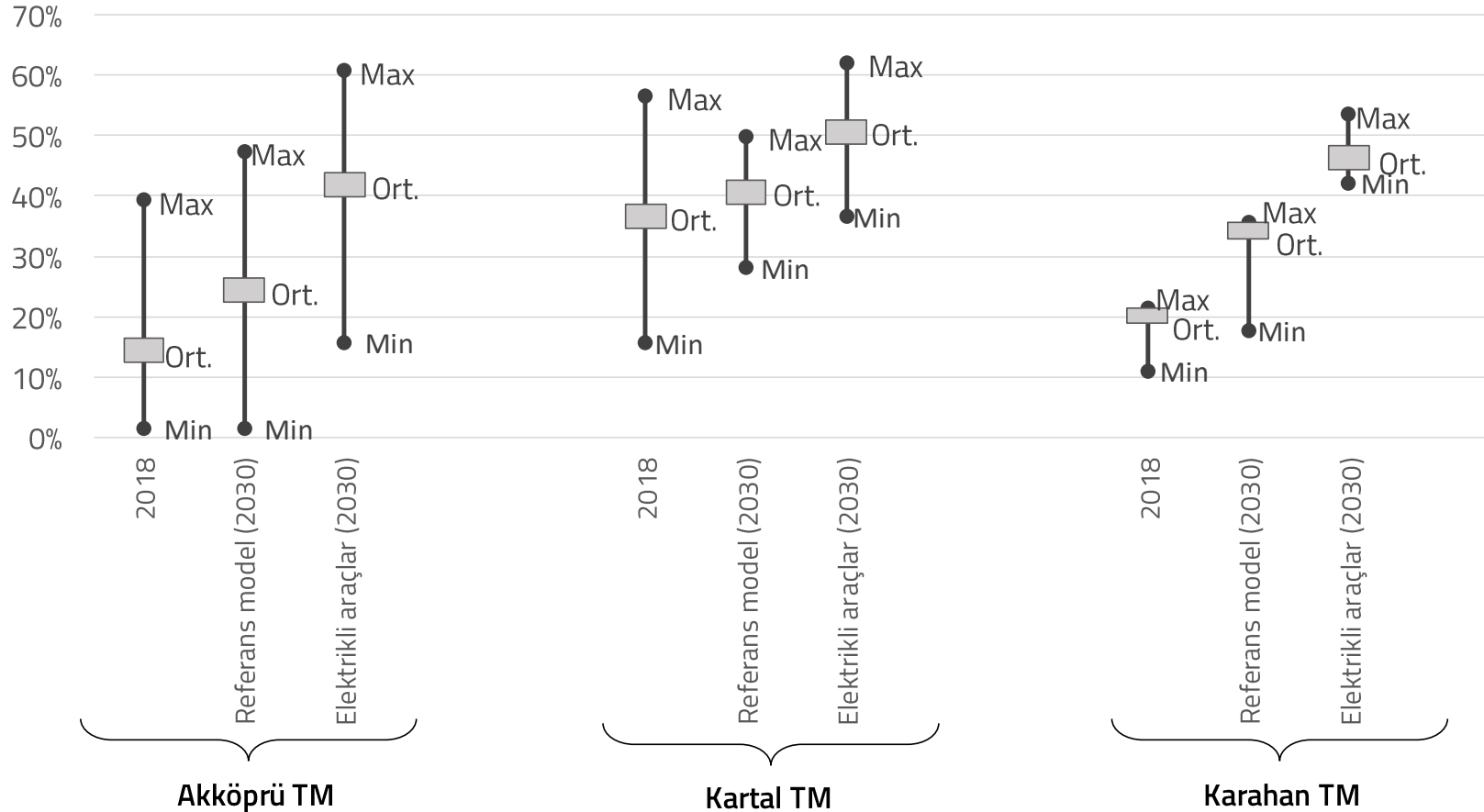


Referans Model'de gerçekleştirilen şebeke yatırımları sayesinde OG ve AG şebekesinde yeterli ölçüde kapasite mevcut

Bu sayede elektrikli araçların entegrasyonu için ilave yatırıma gerek yok fakat OG/AG trafolarında görülen aşırı yüklenmenin önüne geçilmesi için yatırımlara ihtiyaç var

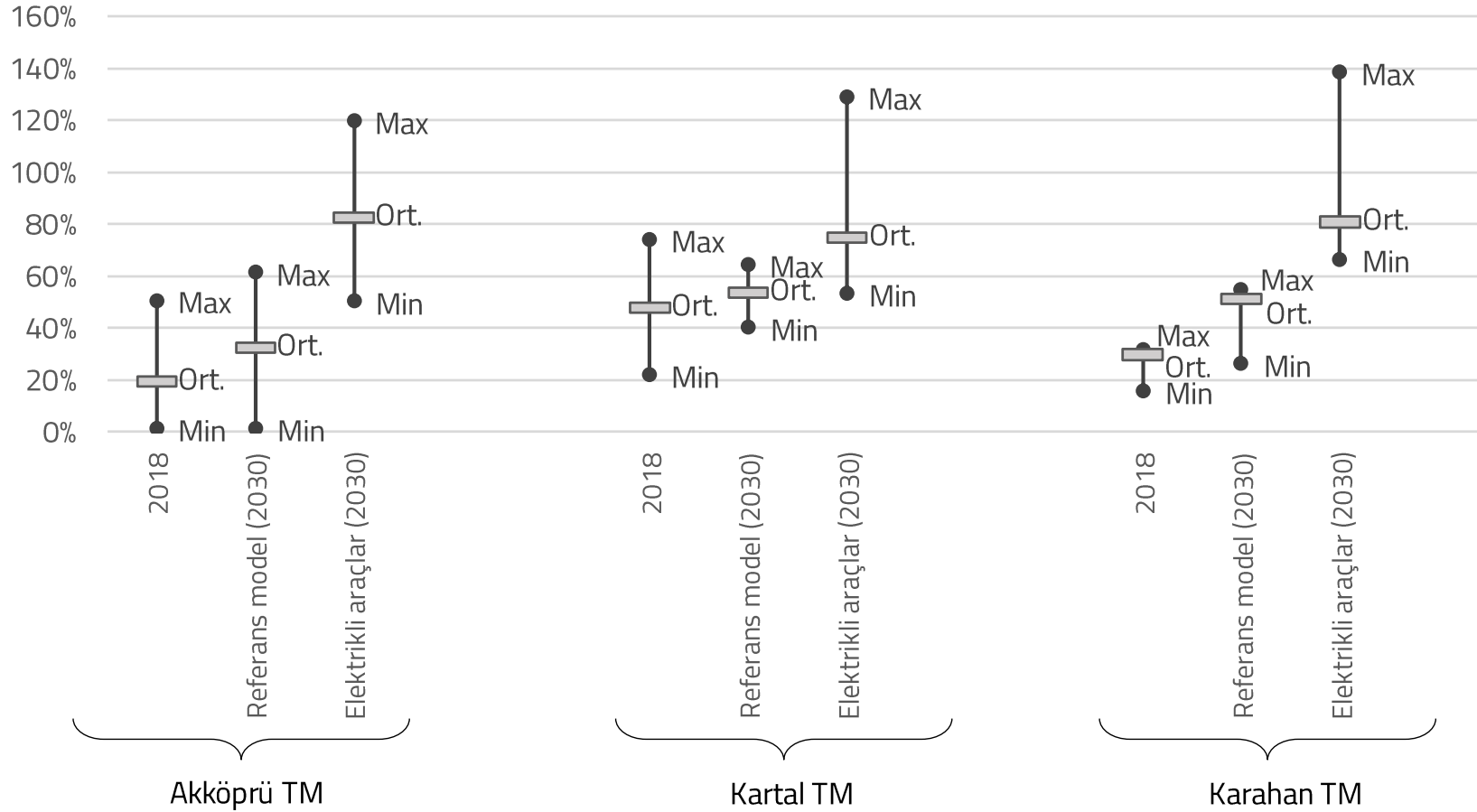
Elektrikli araçların etkisi (Hızlı Gelişim senaryosu)

Kapasite faktörü



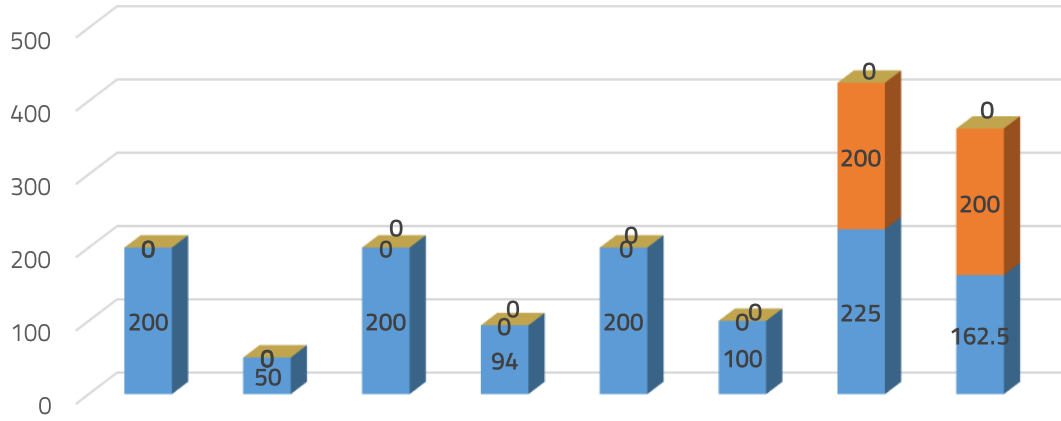
Elektrikli araçların etkisi (Hızlı Gelişim senaryosu)

Yüklenme karakteristikleri

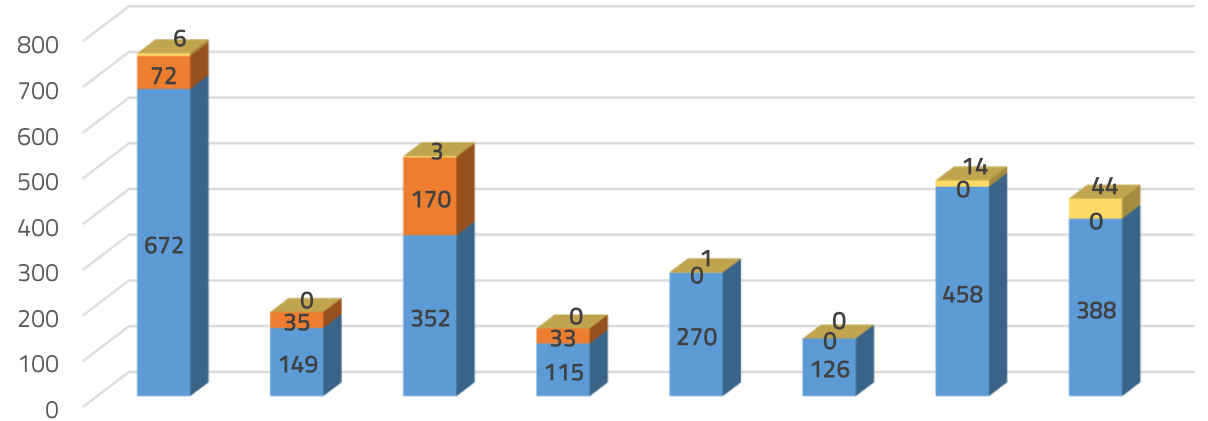


Elektrikli araçların etkisi (Hızlı Gelişim senaryosu)

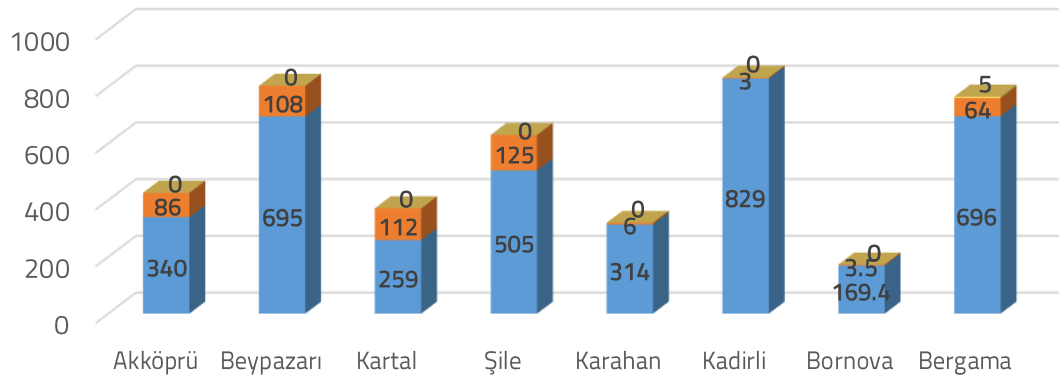
YG/OG trafo kurulu gücü (MVA)



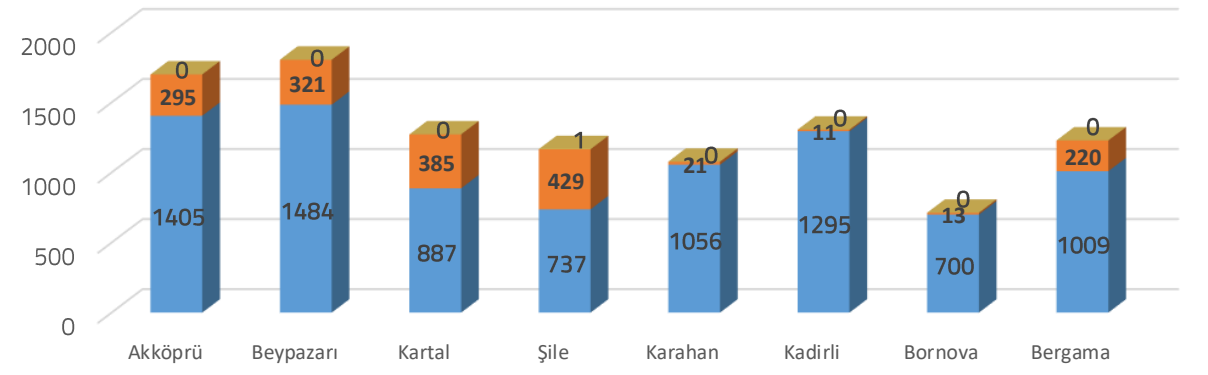
OG/AG trafo kurulu gücü (MVA)



OG şebekesi hat uzunluğu (km)



AG şebekesi hat uzunluğu (km)

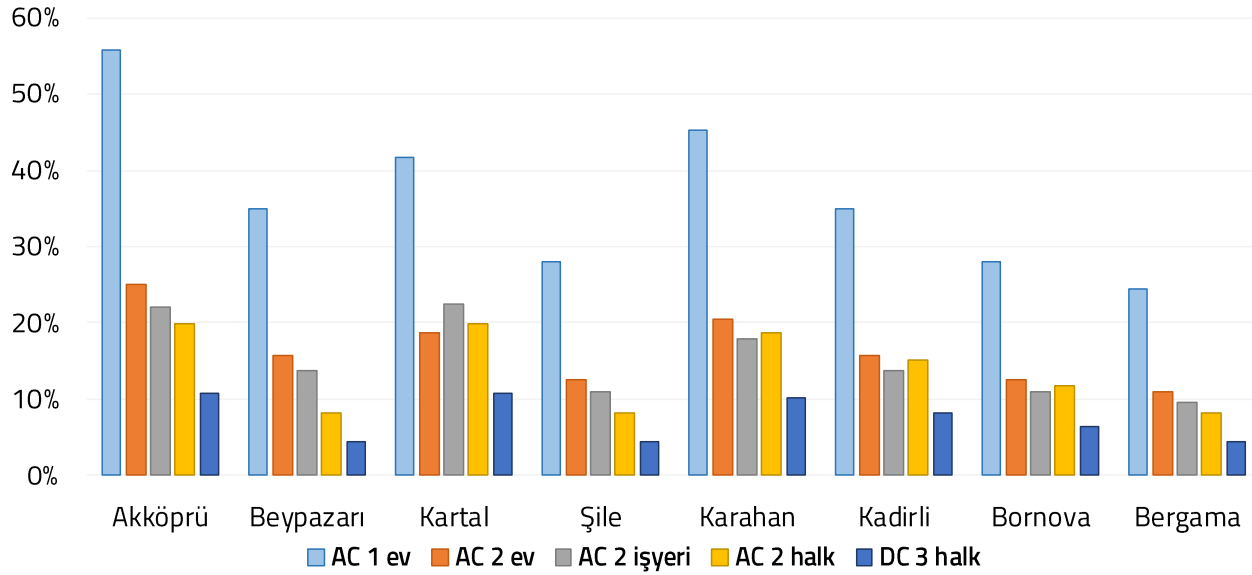


■ 2030 yılına kadar elektrikli araç entegrasyonu için ilave kapasite
■ Referans Model'de 2030 yılına kadar ilave kapasite
■ 2018

■ 2030 yılına kadar elektrikli araç entegrasyonu için ilave kapasite
■ Referans Model'de 2030 yılına kadar ilave kapasite
■ 2018

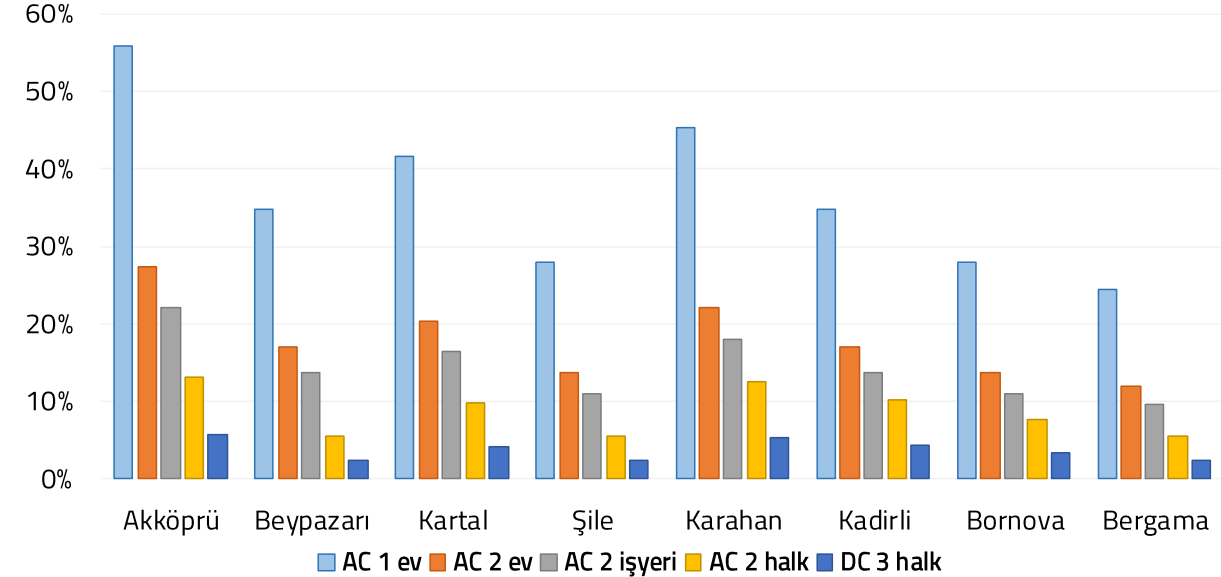
Elektrikli araçların etkisi (Hızlı Gelişim senaryosu)

Kapasite faktörü



Halka açık alanlarda şarjın desteklendiği

Kapasite faktörü

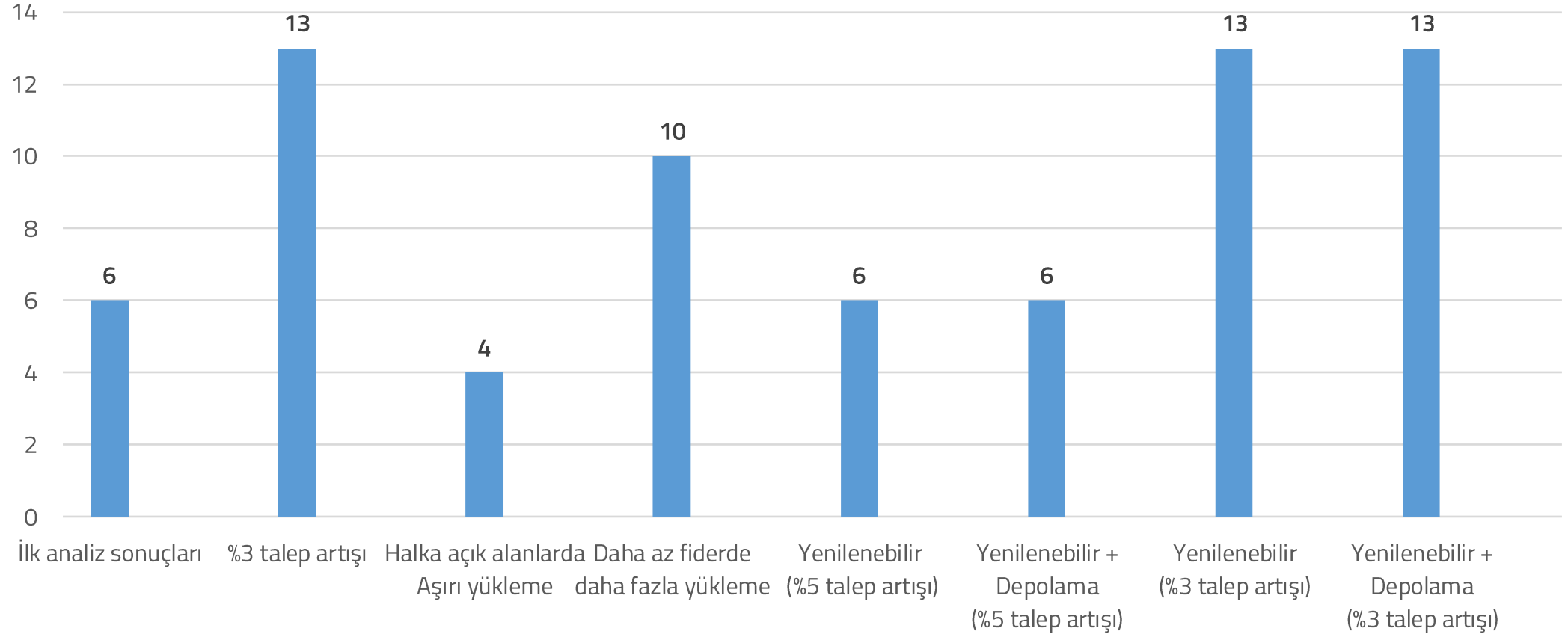


Evde şarjın desteklendiği

Hassasiyet analizi: Kartal TM pilot bölgesi ve Hızlı Gelişim senaryosu için (TASLAK)

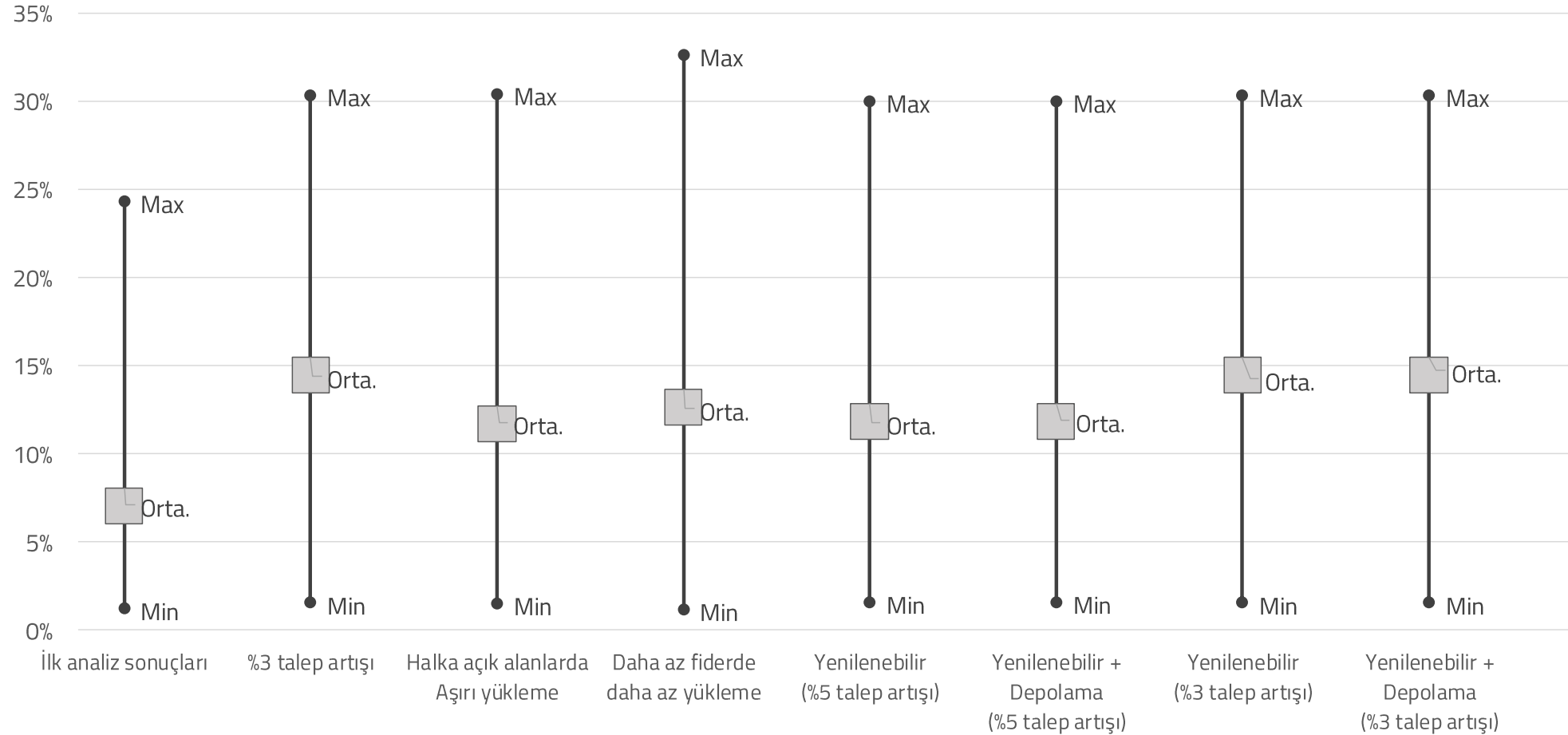
Vaka	Değiştirilen parametreler	İlk varsayılan değerler	Hassasiyet analizi için varsayılan	Remark
I	Yük artışı	Yılda %5 artış	Yılda %3 artış	Referans Modeli'ndeki ilave kapasite tahminleri %5 yerine %3'lük yük artışıyla hesaplanmıştır
II	Halka açık alanlarda şarj	Normal	Aynı saatte aşırı yükleme	Puant yükün olduğu saatlerde halka açık alanlarda daha fazla şarj
III	OG fiderlerinde şarj noktalarının dağılımı	Eşit dağılım	Daha az fiderde daha fazla yükleme	17 şarj noktası yerine 9 şarj noktası
IV	Yenilenebilir enerji entegrasyonu	Yenilenebilir enerji yok	Güneş ve rüzgar enerjisiyle birlikte	10 MW yenilenebilir enerji kurulu gücü (%50 güneş, %50 rüzgar)
V	Batarya depolama entegrasyonu	Batarya depolama yok	Depolama ile birlikte	5 MWh depolama kapasitesi

Hassasiyet analizi sonuçları: Gerilim düşüşü ve aşırı yüklenme sayısı



Hassasiyet analizi sonuçları: Trafo kapasite faktöründeki değişim

Kapasite faktörlerindeki artış



Teşekkürler!

Değer Saygın (deger.saygin@shura.org.tr)



Türkiye'de enerji dönüşümü ve özel sektörün rolü: Dönüşümün enerjisi özel sektör atlayıcıları



Türkiye'nin Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Kaynakların Artan Payı: İletim Şebekesi Yatırım ve Esneklik Seçenekleri

YÖNETİCİ ÖZETİ



"TÜRKİYE'DE DÜŞÜK KARBONLU EKONOMİYE GEÇİŞ İÇİN GEREKEN FİNANSMANIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN SAĞLANMASI" PANELİ ÖZET RAPORU

12 Eylül 2018, İstanbul



Türkiye'de kullanılan elektriğin %50'den fazlası yenilenebilir kaynaklardan sağlanabilir: Rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımlarının sistem odaklı yerleştirilmesi



SHURA Agora

Rüzgâr ve güneş Türkiye'de enerji dönüşümünü nasıl hızlandırabilir: Küresel örnekler

YÖNETİCİ ÖZETİ



Türkiye'de kullanılan elektriğin %50'den fazlası yenilenebilir kaynaklardan sağlanabilir: Enerji dönüşümünü destekleyen düzenleyici çerçeveyi güçlendirilmesi için YEKA ihalelerini daha etkin kılan fırsatlar



@shuraedm



@company/shura



Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Finansmanı



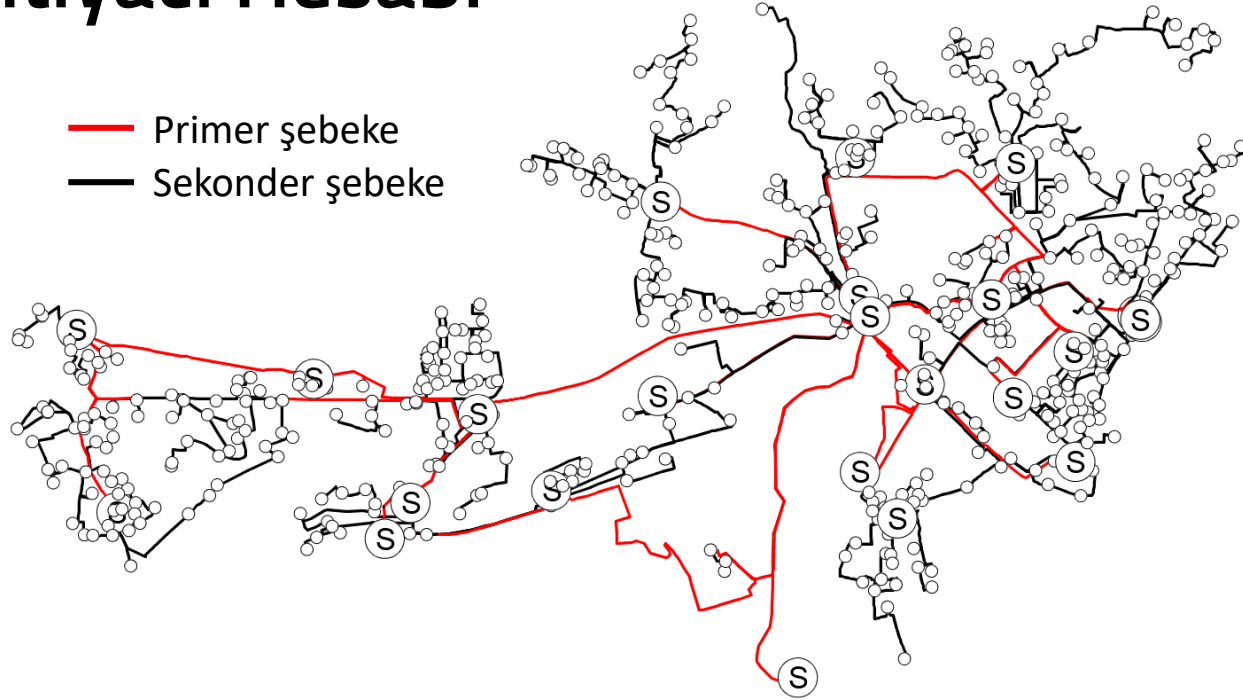
Türkiye'de kullanılan elektriğin %50'den fazlası yenilenebilir kaynaklardan sağlanıyor: Sistem esnekliğinin artırılması için gereken seçeneklerin fayda ve maliyeti



Türkiye enerji sektöründe fiyatlandırma ve piyasa dışı fon akışları

Akköprü TM Pilot Bölgesindeki OG Şebeke Yatırım İhtiyacı Hesabı

Akköprü TM (2018)



Akköprü TM (2018)	2018 OG Hat (km)
Primer	79.63
Sekonder	260.33
Toplam	339.96

$$\frac{\text{Sekonder}}{\text{Primer}} \approx 3.3$$

TM	2018				İlave Yatırımlar (2030 Referans Model)			
	Transformer (MVA)		Line (km)		Transformer (MVA)		Line (km)	
	HV/MV	MV/LV	MV	LV	HV/MV	MV/LV	MV	LV
Akköprü	200	672	340	1,405	0	72	86	295
Beypazari	50	149	695	1,484	0	35	108	321
Kartal	200	346	260	887	0	180	112	385
Sile	94	115	505	737	0	33	125	429
Karahan	200	270	314	1,056	0	0	6	21
Kadirli	100	126	829	1,295	0	0	3	11
Bornova	225	458	169	700	200	0	3,5	13
Bergama	163	388	696	1,009	200	0	64	220

Akköprü TM Referans Model 2030	OG Hat Yatırımları (km)
Primer	20 (simülasyonlar ile hesaplanan)
Sekonder	20*3.3 = 66 (Varsayılan)
Toplam	86