



Avrupa Birliği
tarafından finanse edilmektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı Işığında;

Herkes İçin
Temiz, Uygun Fiyatlı ve Güvenli Elektrik
Projesi

TALEP TARAFINA YÖNELİK FİZİBİLİTE RAPORU

Nisan 2026



Elder

Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği





İçindekiler

Şekiller	3
Tablolar	4
Kısaltmalar	5
Yönetici Özeti	6
Executive Summary	8
1. Giriş	10
2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi.....	12
2.1 Çalışmanın Amacı	12
2.2 Talep Tarafına Yönelik Fizibilite Çalışmasının Kapsamı	12
2.3 Yöntem ve Analitik Çerçeve	15
2.4 Veri Kaynakları ve Varsayımlar	18
2.5 Sınırlılıklar.....	18
3. Türkiye'deki Mevcut Durum Analizi.....	20
3.1 Türkiye'de Talep Tarafı Yönetiminin Genel Görünümü.....	20
3.2 Elektrik Dağıtım Şirketleri Açısından Mevcut Yapı	21
3.3 Hane Tüketim Verilerinin Niteliği ve Kullanım Düzeyi.....	21
3.4 Ölçüm ve Veri Altyapısının Değerlendirilmesi	22
3.5 Talep Tarafı Yönetimi Açısından Güncel Düzenleyici Gelişmeler	23
4. Uluslararası İyi Uygulamalar ve Düzenleyici Çerçeve	25
4.1 Uluslararası Yaklaşımlar ve Uygulama Örnekleri.....	25
4.2 AB Akıllı Hazırlık Göstergesi (Smart Readiness Indicator - SRI) Yaklaşımı.....	32
4.3 Avrupa Enerji Düzenleyicileri İş Birliği Ajansının Talep Katılımı Yaklaşımı	33
4.4 Türkiye İçin Temel Çıkarımlar	33
4.5 Ulusal Mevzuat ve AB Direktifleri Açısından Uyum Çerçevesi	36
5. Etki Analizleri ve Fizibilite Değerlendirmesi	39
5.1 Teknolojik Etki Analizi.....	39
5.2 Ekonomik Etki Analizi	43
5.3 Finansal Etki Analizi	46
5.4 Çevresel Etki Analizi.....	48
5.5 Sosyal Etki Analizi	52
5.6 Kurumsal Etki Analizi	55
5.7 Düzenleyici Etki Analizi	58
6. Sonuçlar	61
7. Ekler	66
Pilot Hane Anket Formu	66

Şekiller

Şekil 1. Faaliyetlerin akış şeması ve çıktıları.....	10
Şekil 2. Talep Tarafı Etki Analizi – Odaklanılacak Başlıklar	15
Şekil 3. Pilot Hanelerde Ölçüm Kapsamı ve Yük Grupları Matrisi	17
Şekil 4 Pecan Street Örneğinde Yüksek Çözünürlüklü Tüketim Verisinin Görselleştirilmesi	27
Şekil 5. Uluslararası Çerçeveden Türkiye’ye Uyum Akışı.....	28
Şekil 6. Talep Tarafı Yönetiminde Düzenleyici ve Operasyonel Katmanlar	38
Şekil 7 Pilot Ölçüm Verilerinden Yük Profillemeye ve Karşılaştırmalı Analiz Akışı	40
Şekil 8. Yüksek Çözünürlüklü Ölçüm Verisi ile Cihaz Bazlı Güç Değişiminin İzlenmesine Örnek	41
Şekil 9. Teknolojik Etkinin Dört Temel Boyutu	42
Şekil 10. Fider Bazlı Esneklik Değerlendirme Çerçevesi	43
Şekil 11. Puant Yük Azaltma ve Yük Kaydırma Yaklaşımlarının Karşılaştırması.....	46
Şekil 12. Kurumsal İşleyişte Talep Tarafı Yönetimi Entegrasyonu	58
Şekil 13. Talep Tarafı Yönetimi İçin Düzenleyici Etki Analizi Çerçevesi	58
Şekil 14. Fizibilite Değerlendirmesinden Pilot Uygulamaya Geçiş Çerçevesi.....	63
Şekil 15. Talep Tarafı Yönetimi İçin Aşamalı Yol Haritası	64

Tablolar

Tablo 1. Projede gerçekleştirilecek çalışmalar ve çıktıları.....	10
Tablo 2 Hane Bazlı Kategorizasyon	13
Tablo 3. Karşılaştırmalı Analiz	14
Tablo 4. Pilot Hane Seçim Kriterleri ve Beklenen Analiz Çıktıları.....	16
Tablo 5. Çalışmanın Analitik Çerçevesi.....	17
Tablo 6. Mevcut Durum Analizinde İncelenen Başlıca Unsurlar	23
Tablo 7 Pecan Street Örneğinden Çıkan Analiz Perspektifleri.....	26
Tablo 8. Literatürde Öne Çıkan Veri Yaklaşımları, İzlenen Parametreler ve Analiz Çıktıları	31
Tablo 9. Uluslararası Örneklerde Veri Yaklaşımı ve Türkiye İçin Temel Çıkarımlar.....	34
Tablo 10. Uluslararası ve Ulusal Çerçevenin Karşılaştırmalı Özeti	37
Tablo 11. Teknolojik Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar	42
Tablo 12 Ekonomik Etki Analizinde Örnek Karşılaştırmalar ve Beklenen Çıktılar	45
Tablo 13. Finansal Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar.....	48
Tablo 14. Çevresel Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Göstergeler.....	52
Tablo 15. Sosyal Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar	54
Tablo 16. Pilot Ölçüm Verilerinin Kurumsal Karar Başlıkları ile İlişkisi	55
Tablo 17. Kurumsal Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar	57
Tablo 18. Düzenleyici Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar	60
Tablo 19. Sonuç ve Öneriler Çerçevesinde Yol Haritası	64

Kısaltmalar

Kısaltma	Açılımı
AB	Avrupa Birliği
ACER	Agency for the Cooperation of Energy Regulators (Avrupa Enerji Düzenleyicileri İş Birliği Ajansı)
AMPds	Almanac of Minutely Power Dataset (Dakikalık Güç Verisi Derlemesi)
BLUED	Building-Level FULLy Labeled Electricity Disaggregation Dataset (Bina Düzeyinde Tam Etiketli Elektrik Ayırıştırma Veri Seti)
CAPEX	Capital Expenditure (Sermaye Yatırımı / Yatırım Harcaması)
CO₂	Carbon Dioxide (Karbondiyoksit)
COOLL	Controlled On/Off Loads Library (Kontrollü Açma/Kapama Yükleri Kütüphanesi)
DRED	Dutch Residential Energy Dataset (Hollanda Konut Enerji Veri Seti)
DSM	Demand Side Management (Talep Tarafı Yönetimi)
EDAŞ	Elektrik Dağıtım Şirketi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EV	Electric Vehicle (Elektrikli Araç)
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GWh	Gigawatt-hour (Gigavatsaat)
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IHD	In-Home Display (Ev İçi Tüketim Gösterim Ekranı)
kWh	Kilowatt-hour (Kilovatsaat)
MASS	Milli Akıllı Sayaç Sistemi
MWh	Megawatt-hour (Megavatsaat)
NILM	Non-Intrusive Load Monitoring (Müdahalesiz Yük İzleme / Yük Ayırıştırma)
NPV	Net Present Value (Net Bugünkü Değer)
NREL	National Renewable Energy Laboratory (Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı)
Ofgem	Office of Gas and Electricity Markets (Birleşik Krallık Gaz ve Elektrik Piyasaları Düzenleyici Kurumu)
OPEX	Operational Expenditure (İşletme Gideri)
OSOS	Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
PLAID	Plug Load Appliance Identification Dataset (Elektrik Priz Yüklerine Bağlı Cihaz Tanımlama Veri Seti)
PV	Photovoltaic (Fotovoltaik)
REDD	Reference Energy Disaggregation Dataset (Referans Enerji Ayırıştırma Veri Seti)
SKTT	Son Kaynak Tedarik Tarifesi
SRI	Smart Readiness Indicator (Akıllı Hazırlık Göstergesi)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
ToU	Time-of-Use Tariff (Zaman Bazlı Tarife)
TRL	Technology Readiness Level (Teknoloji Hazırlık Seviyesi)
UK-DALE	UK Domestic Appliance-Level Electricity Dataset (Birleşik Krallık Konut Cihaz Düzeyi Elektrik Veri Seti)
VRE	Variable Renewable Energy (Değişken Yenilenebilir Enerji)
WHITED	Wide-scale High-resolution Electrical Traits Dataset (Geniş Ölçekli Yüksek Çözünürlüklü Elektriksel Özellikler Veri Seti)

Yönetici Özeti

Bu rapor, Türkiye’de elektrik dağıtım şirketlerinin talep tarafı yönetimi ve enerji verimliliği alanlarında veri temelli karar alma kapasitesini güçlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma, talep tarafı yönetiminin teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici boyutlarını bütüncül bir fizibilite yaklaşımı içinde değerlendirmekte; aynı zamanda bir sonraki aşamada yürütülecek olan hane halklarında talep yönetimi potansiyeli değerlendirme amaçlı pilot uygulama için analitik ve yöntemsel bir zemin oluşturmaktadır.

Raporun temel bulgularından biri, Türkiye’de talep tarafı yönetimi açısından tamamen boş olmayan, ancak önemli veri ve uygulama eksikleri içeren bir başlangıç zemini bulunduğu. Özellikle yüksek çözünürlüklü ve mümkün olduğunca cihaz kırılımlı hane verisinin yaygın biçimde bulunmaması, talep esnekliği potansiyelinin, puant yük davranışlarının ve kullanıcı tarafı müdahale alanlarının ayrıntılı biçimde anlaşılmasını güçleştirmektedir. Mevcut yapı büyük ölçüde sayaç temelli toplam tüketim verisine dayanmakta; bu durum kullanıcı davranışı, cihaz bazlı yük örüntüsü ve gerçek zamanlı esneklik potansiyelinin analizini sınırlamaktadır.

Uluslararası iyi uygulamalar, talep tarafı yönetiminin yalnızca enerji tasarrufu sağlayan bir araç olmadığını; aynı zamanda sistem verimliliğini artıran, yenilenebilir enerji entegrasyonunu destekleyen ve kullanıcı katılımını güçlendiren stratejik bir alan olduğunu göstermektedir. Birleşik Krallık’taki akıllı sayaç uygulamaları zaman bazlı veri üretiminin, Pecan Street örneği cihaz bazlı yüksek çözünürlüklü veri kullanımının, NILM yaklaşımı ise yazılım tabanlı ayırıştırmanın önemini ortaya koymaktadır. Bu karşılaştırmalar, Türkiye’de eksik olan temel unsurun yüksek çözünürlüklü hane verisi olduğunu göstermekte; bu rapor kapsamında önerilen pilot uygulama ise söz konusu boşluğu Türkiye koşullarında azaltmaya dönük önemli bir başlangıç niteliği taşımaktadır. Bu nedenle rapor kapsamında ele alınan literatür örnekleri, pilot uygulamada hangi parametrelerin ölçüleceği, hangi karşılaştırmaların yapılacağı ve bu karşılaştırmaların hangi karar alanlarına girdi sağlayacağı bakımından referans olarak kullanılmıştır.

Uluslararası literatürde raporlanan nicel bulgular, talep tarafı yönetimi uygulamalarının uygun tasarım altında ölçülebilir etkiler üretebildiğini göstermektedir. Akıllı sayaç ve ev içi tüketim gösterim ekranı uygulamalarında yaklaşık %3 elektrik ve %2,2 gaz tasarrufu; geri bildirim ve sosyal norm temelli uygulamalarda yaklaşık %2–15 aralığında tüketim azalımı; dinamik fiyatlandırma ve kritik puant fiyatlandırması uygulamalarında %3–44 aralığında puant azaltımı; akıllı EV şarj yönetiminde yaklaşık %23 puant azaltımı; PV-batarya uygulamalarında ise bina puant talebinde %30’a kadar azalma raporlanmıştır. Bu oranlar Türkiye için doğrudan kesin sonuç olarak değil; hedef hane segmentleri, cihaz sahipliği, kullanıcı katılımı, tarife tasarımı ve yerel şebeke koşulları dikkate alınarak saha verisiyle doğrulanması gereken potansiyel etki aralıkları olarak değerlendirilmelidir.

Etki analizleri, talep tarafı yönetiminin farklı boyutlarda anlamlı bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Teknolojik açıdan ilk temel değerlendirme alanı, ölçüm altyapısının (izleme) talep tarafı yönetimine uygunluk düzeyidir. Ekonomik açıdan, puant yük azaltımı ve yük kaydırma uygulamalarının sistem maliyetlerini azaltma, mevcut şebeke

varlıklarının kullanımını iyileştirme ve yatırım optimizasyonuna katkı sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Finansal açıdan uygulanabilirlik olumlu görünmekle birlikte, yatırım ölçeği, kullanıcı katılımı ve uygulama tasarımı belirleyici olmaktadır. Çevresel açıdan talep tarafı yönetimi, yalnızca toplam tüketimi azaltarak değil, tüketimin zamanlamasını iyileştirerek ve bekleme modu (standby) gibi gereksiz yükleri görünür kılarak da değer üretmektedir. Sosyal açıdan kullanıcı farkındalığı, veri görünürlüğü, güven ve görünür fayda algısı belirleyici olurken; kurumsal açıdan veri yönetişimi, çok paydaşlı koordinasyon ve yerel esneklik ihtiyacının karar süreçlerine entegrasyonu kritik önemdedir. Düzenleyici açıdan ise Türkiye’de temel zeminin oluşmaya başladığı, ancak veri erişimi, kullanıcı hakları, toplayıcılık, uygulama rehberliği ve veri temelli DSM çerçevesi bakımından daha ayrıntılı düzenlemelere ihtiyaç bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda pilot uygulamadan elde edilecek veriler; EV şarjı, PV/batarya kullanımı, klima ve elektrikli ısıtma-soğutma yükleri, standby tüketim, baz yük ve eşzamanlı kullanım gibi başlıklarda karşılaştırmalı analizler yapılmasına imkân verecektir. Bu analizler yalnızca teknik izleme amacı taşımayacak; ekonomik etki, finansal yatırım planlaması, çevresel emisyon etkisi, kullanıcı farkındalığı, kurumsal karar desteği ve düzenleyici öğrenme alanlarına doğrudan girdi sağlayacaktır.

Bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan pilot uygulama, yalnızca bu raporda tanımlanan etki alanlarının saha koşullarında doğrulanmasına değil; aynı zamanda Türkiye’de bugün yaygın olmayan yüksek çözünürlüklü zaman bazlı tüketim, cihaz grubu tüketimi, kullanım alışkanlığı ve hane profili verilerinin üretilmesine ve analitik çıktılarına dönüştürülmesine de hizmet edecektir. Bu kapsamda pilot uygulama ile hane bazında cihaz tüketim dağılımları, puant saat davranışları, yük kaydırma potansiyeli, standby tüketim oranları, eşzamanlı yük kullanım desenleri, kullanıcı davranışları ve yerel şebeke etkileri somut olarak ortaya konulacaktır. Elde edilecek bulgular; dağıtım şirketleri için yük profili analizi, yerel şebeke planlaması, puant yönetimi ve veri temelli talep tarafı yönetimi karar desteği; TEİAŞ için sistem yük tahmini ve esneklik değerlendirmesi; düzenleyici kurumlar için ise veri çözünürlüğü, teşvik yapıları, veri erişim esasları ve uygulama standartları bakımından öğrenme girdisi sağlayacaktır. Bu yönüyle pilot uygulama; dağıtım şirketleri açısından yük profili oluşturma, fider/trafo kapasite değerlendirmesi, puant katkısı yüksek hanelerin belirlenmesi, yatırım önceliklendirme, kullanıcı segmentasyonu ve yerel esneklik ihtiyacının tanımlanması için örnek bir karar destek altyapısı sunacaktır.

Sonuç olarak, talep tarafı yönetimi Türkiye’de uygulanabilir ve stratejik bir gelişim alanıdır. Ancak bu alanın başarıya ulaşması, yalnızca teknik altyapının değil; veri çözünürlüğünün, kullanıcı katılımının, kurumsal kapasitenin ve düzenleyici açıklığın birlikte geliştirilmesine bağlıdır. Bu nedenle talep tarafı yönetimi, tek adımda yaygınlaştırılabilecek hazır bir çözüm olarak değil; fizibilite değerlendirmesi, pilot doğrulama, kurumsal öğrenme ve kademeli yaygınlaştırma adımlarıyla ilerleyen aşamalı bir dönüşüm alanı olarak ele alınmalıdır.

Executive Summary

This report has been prepared to strengthen the data-driven decision-making capacity of electricity distribution companies in Türkiye in the fields of demand-side management and energy efficiency. It assesses the technological, economic, financial, environmental, social, institutional and regulatory dimensions of demand-side management within an integrated feasibility framework, while also establishing the analytical and methodological basis for the planned household pilot application.

One of the key findings of the report is that Türkiye has a partially developed starting point for demand-side management but still faces important data and implementation gaps. In particular, the limited availability of high-resolution and, where possible, appliance-level household data makes it difficult to assess flexibility potential, peak demand behavior and user-side intervention opportunities in sufficient detail. The current structure largely relies on meter-based aggregate consumption data, which constrains the analysis of user behavior, appliance-specific load patterns and real-time flexibility potential.

International good practices show that demand-side management is not merely an energy-saving tool, but also a strategic instrument that supports system efficiency, renewable energy integration and stronger user participation. Smart meter applications in the United Kingdom illustrate the importance of time-based data, while the Pecan Street example demonstrates the value of high-resolution appliance-level data. In addition, Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) highlights the role of software-based disaggregation in understanding end-use consumption patterns. Taken together, these examples indicate that the critical missing element in Türkiye is high-resolution household demand data. The pilot application proposed in this report is therefore positioned as an important first step toward filling that gap under Turkish conditions. The key lesson from international examples is that data collection alone is not sufficient; data should be analyzed together with appliance groups, time-of-use patterns, user behaviour and grid impacts. Therefore, the international cases reviewed in this report are used as references for defining which parameters should be measured in the pilot, which comparisons should be made and which decision areas these analyses can support.

International literature shows that demand-side management practices can generate measurable impacts when designed appropriately. Smart metering and feedback-based interventions have been associated with approximately 2%–15% reductions in household energy consumption, while dynamic pricing and critical peak pricing schemes have reported peak demand reductions in the range of 3%–44%. In addition, smart EV charging strategies have demonstrated around 23% peak demand reduction, and PV-battery applications have shown the potential to reduce building peak demand by up to 30%. These figures should not be interpreted as direct forecasts for Türkiye; rather, they represent potential impact ranges that need to be validated through field data, taking into account target household segments, appliance ownership, user participation, tariff design and local grid conditions.

The impact analyses in the literature show that demand-side management has meaningful potential across multiple dimensions. From a technological standpoint, the

first key area of assessment is the suitability of the measurement infrastructure (monitoring) for demand-side management. Economically, peak shaving and load shifting applications may help reduce system costs, improve the utilization of existing grid assets and support investment optimization. Financially, feasibility appears promising, although results remain sensitive to investment scale, user participation and program design. Environmentally, demand-side management creates value not only through lower total electricity consumption but also through improved timing of electricity use and by making hidden loads such as standby consumption more visible. Socially, user awareness, data visibility, trust and perceived benefits are critical determinants of participation. Institutionally, stronger data governance, multi-stakeholder coordination and integration of local flexibility needs into decision processes are key requirements. From a regulatory perspective, Türkiye has begun to establish a basic enabling framework, but more detailed provisions are still needed regarding data access, consumer rights, aggregation, implementation guidance and a more explicit data-based DSM framework. In this context, the pilot data will enable comparative analyses on EV charging, PV/battery use, air-conditioning and electric heating/cooling loads, standby consumption, base load and simultaneous appliance use. These analyses will not only serve technical monitoring purposes, but will also provide direct input to economic assessment, financial investment planning, environmental emissions analysis, user awareness, institutional decision support and regulatory learning.

A major conclusion of the report is that the feasibility assessment should be directly linked to the planned household pilot application. The pilot will not only validate the impact areas defined in this report under real-life conditions but will also generate the kind of high-resolution household data that is currently not widely available in Türkiye. Through the pilot, appliance-level consumption patterns, peak-hour behavior, load shifting potential, standby consumption, simultaneous load use, user behavior and local grid effects can be observed in a structured way. The resulting findings are expected to support distribution companies in load profile analysis, local grid planning, peak management and data-driven DSM decision support; TEİAŞ in system load forecasting and flexibility assessment; and regulatory bodies in understanding data resolution needs, incentive structures, data access arrangements and implementation standards. In this respect, the pilot application will provide an example decision-support basis for distribution companies by enabling load profiling, feeder/transformer capacity assessment, identification of households with high peak contribution, investment prioritization, user segmentation and definition of local flexibility needs.

In conclusion, demand-side management represents a feasible and strategically important development area for Türkiye. However, successful implementation depends not only on stronger technical infrastructure, but also on improvements in data resolution, user participation, institutional capacity and regulatory clarity. Demand-side management should therefore be addressed not as an immediately scalable ready-made solution, but as a phased transition area progressing through feasibility assessment, pilot validation, institutional learning and gradual scaling.

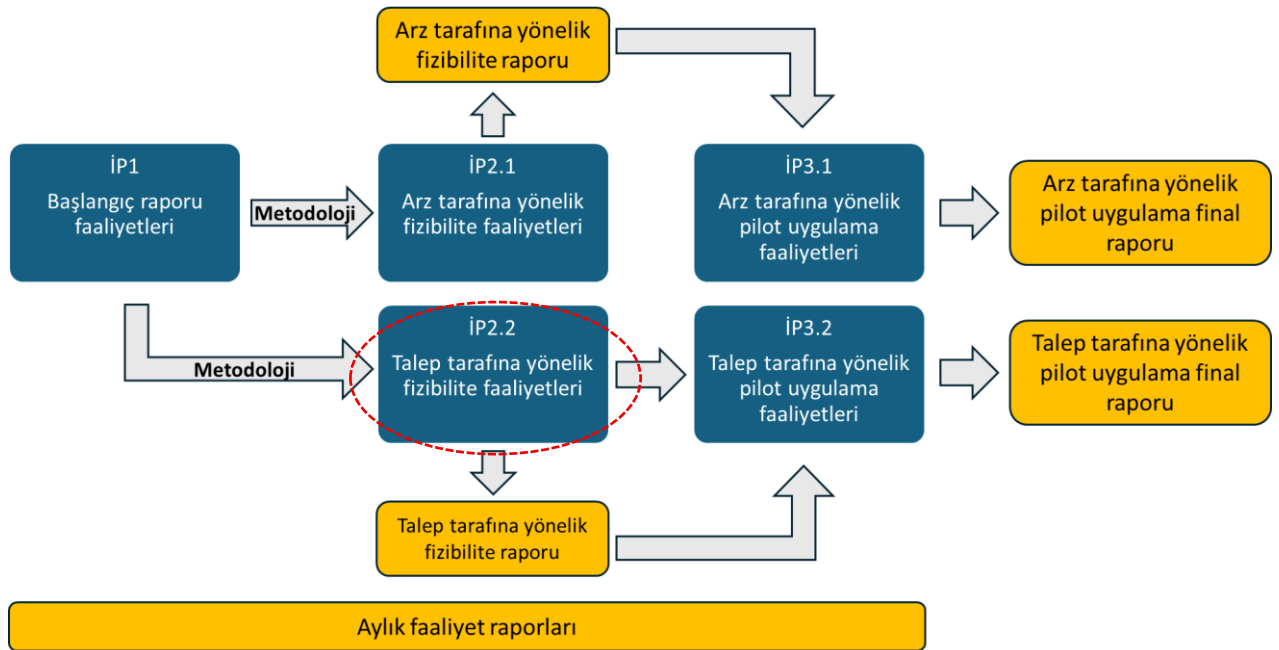
1. Giriş

“Arz ve Talep Tarafına Yönelik Fizibilite ve Pilot Uygulama Projesi”, Türkiye’de elektrik dağıtım sektörünün Avrupa Yeşil Mutabakatına uyumunun desteklenmesi amacıyla ELDER - Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği tarafından, Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu desteğiyle yürütülen “Avrupa Yeşil Mutabakatı Işığında: Herkes için Temiz, Uygun Fiyatlı ve Güvenli Elektrik” başlıklı hibe projesi kapsamında gerçekleştirilmektedir. Proje çerçevesinde, Türkiye’nin karbonsuzlaşma hedefleri doğrultusunda elektrik dağıtım sektörünün arz ve talep taraflarına yönelik fizibilite ve pilot uygulamalarının yürütülmesi öngörülmüştür. Bu kapsamda arz tarafında elektrik dağıtım şirketleri için ortak kurumsal karbon ayak izi hesaplama metodolojisinin geliştirilmesi, talep tarafında ise hanehalkının cihaz ve zaman bazlı tüketim profillerinin analiz edilerek enerji verimliliği ve talep tarafı yönetimi stratejilerinin oluşturulması hedeflenmektedir.

Faaliyetler ile ilgili çıktılar Tablo 1’de, faaliyetlerin birbirleriyle ilişkisi ve akış yapısı ise Şekil 1’de sunulmaktadır. Şekilde de görüldüğü üzere, proje başlangıç faaliyetleri kapsamında oluşturulan metodolojik çerçeve hem arz tarafına hem de talep tarafına yönelik fizibilite çalışmalarına girdi oluşturmakta; fizibilite çalışmalarından elde edilen bulgular ise pilot uygulama aşamalarına temel teşkil etmektedir.

Tablo 1. Projede gerçekleştirilecek çalışmalar ve çıktılar

No	Faaliyet	Çıktı
-	Proje başlangıç toplantısı	Toplantı tutanağı
1	Proje başlangıç faaliyetleri	Konsolide proje başlangıç raporu
2.1	Arz tarafına yönelik fizibilite çalışması	Arz tarafına yönelik fizibilite raporu
2.2	Talep tarafına yönelik fizibilite çalışması	Talep tarafına yönelik fizibilite raporu (bu rapor)
3.1	Arz tarafına yönelik pilot uygulama çalışması	Arz tarafına yönelik pilot uygulama final raporu
3.2	Talep tarafına yönelik pilot uygulama	Talep tarafına yönelik pilot uygulama raporu



Şekil 1. Faaliyetlerin akış şeması ve çıktılar

Bu rapor, söz konusu proje yapısı içerisinde talep tarafına yönelik fizibilite çalışması kapsamında hazırlanmıştır. Dolayısıyla rapor, proje başlangıç faaliyetleri çerçevesinde geliştirilen yöntemsel yaklaşımı esas almaktadır. Bu rapor, projenin başlangıç aşamasında oluşturulan metodolojik çerçeveden hareketle talep tarafına ilişkin mevcut durumun, veri altyapısının, uygulama potansiyelinin ve çok boyutlu etkilerin değerlendirilmesini amaçlayan bağımsız bir fizibilite raporu niteliği taşımaktadır. Bu kapsamda rapor, yalnızca mevcut durumun değerlendirilmesine odaklanmamakta; aynı zamanda pilot uygulamada hangi verilerin üretileceğini, bu veriler üzerinden hangi analizlerin yapılabileceğini ve söz konusu analizlerin dağıtım şirketleri, sistem işletmecisi ve düzenleyici kurumlar açısından hangi karar alanlarına girdi sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Enerji sistemlerinde artan talep, yük eğrilerindeki değişkenlik, yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem ölçeğinde artan payı ile dağıtık üretim ve öz tüketim uygulamalarının yaygınlaşması; şebeke esnekliği ihtiyacının giderek artırarak talep tarafı yönetimini elektrik sektörünün temel çalışma alanlarından biri hâline getirmiştir. Bu kapsamda hanehalkı tüketim verilerinin cihaz ve zaman kırılımında analiz edilmesi hem kullanıcı davranışlarının anlaşılması hem de enerji verimliliği ile talep esnekliği uygulamalarının tasarlanması bakımından kritik önem taşımaktadır.

Talep tarafı esnekliği uygulamaları günümüzde iki temel eksenle ele alınmaktadır. Bunlardan ilki, **puant yük azaltma (peak shaving)** yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda amaç, özellikle akşam puantı gibi marjinal saatlerde toplam yükü azaltarak daha pahalı ve çoğu durumda daha yüksek emisyonlu konvansiyonel üretim ihtiyacını düşürmektir. Diğer ise **talep kaydırma (load shifting)** yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda son dönemlerde öne çıkan amaç, yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlerde talebi bu saatlere yönlendirerek yenilenebilir kaynaklara dayalı üretim kesintilerini azaltmak ve daha fazla temiz üretimin sistemde kalmasını sağlamaktır.

Özellikle elektrik dağıtım şirketleri açısından bakıldığında, hanehalkı tüketim profillerinin daha ayrıntılı izlenebilmesi, cihaz ve zaman bazlı veri üretilebilmesi ve bu verilerin karar alma süreçlerine entegre edilebilmesi hem şebeke işletim süreçlerinin iyileştirilmesi hem de enerji verimliliği odaklı uygulamaların geliştirilmesi bakımından kritik önem taşımaktadır. Talep tarafına ilişkin verilerin yalnızca izleme amacıyla değil, aynı zamanda planlama, öngörü, esneklik yönetimi ve politika geliştirme süreçlerinde kullanılabilir hâle gelmesi, dağıtım şirketlerinin karar alma kapasitesini güçlendiren temel unsurlardan biridir. Ayrıca dağıtık yenilenebilir üretimin yoğun olduğu fiderlerde talebin düşük kaldığı zaman dilimlerinde ortaya çıkabilecek gerilim yükselmesi ve yerel esneklik ihtiyacı da talep tarafı yaklaşımının dağıtım şebekesi işletimiyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında üretilecek yüksek çözünürlüklü hane verisinin; yük profili oluşturma, puant katkısı analizi, yük kaydırma potansiyeli, cihaz grubu etkisi, kullanıcı segmentasyonu, fider/trafo planlaması ve düzenleyici öğrenme gibi karar başlıklarıyla ilişkilendirilmesi hedeflenmektedir.

Çalışmada mevcut veri ve ölçüm altyapısı ile uygulama kapasitesi değerlendirilmiş; uluslararası iyi uygulamalar ve ilgili mevzuat çerçevesi incelenmiş; teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici etkiler bütüncül bir yaklaşımla analiz

edilmiştir. Bu çerçevede hazırlanan raporun, elektrik dağıtım şirketlerinin talep tarafı yönetimine ilişkin mevcut durumunu ortaya koyması, uygulama potansiyelini çok boyutlu olarak değerlendirmesi ve karar vericilere yol gösterici bir çerçeve sunması amaçlanmaktadır. Bu rapor ayrıca, bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan “Talep tarafına yönelik pilot uygulama” çalışması için ölçüm kapsamı, analiz başlıkları, karşılaştırmalı değerlendirme alanları ve karar destek çıktıları bakımından temel girdi niteliği taşımaktadır.

2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Bu bölümde, talep tarafına yönelik fizibilite çalışmasının amacı, kapsamı, yöntemsel yaklaşımı, veri kaynakları ve temel sınırlılıkları sunulmaktadır. Bu çerçevede bölüm, yalnızca genel fizibilite yaklaşımını değil; aynı zamanda bir sonraki aşamada yürütülecek talep tarafı pilot uygulamasının ölçüm ve veri üretim yaklaşımına, değerlendirme alanlarına ve bu süreçten beklenen analitik çıktılara da çerçeve sunmaktadır.

2.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’deki elektrik dağıtım şirketlerinin talep tarafı yönetimi ve enerji verimliliği alanlarında veri temelli karar alma kapasitesini güçlendirecek bir fizibilite çerçevesi oluşturmaktır. Bu kapsamda, hanehalkı tüketim profillerine ilişkin cihaz ve zaman kırılımlı veri kullanımının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi, talep tarafı esnekliği uygulamalarının çok boyutlu etkilerinin ortaya konulması ve uygulamaya esas olacak öncelik alanlarının belirlenmesi hedeflenmektedir.

Çalışma, yalnızca mevcut durumun tanımlanması ile sınırlı değildir. Aynı zamanda talep tarafı uygulamalarının hangi koşullar altında geliştirilebileceğini, hangi alanlarda iyileştirmeye ihtiyaç bulunduğunu ve elektrik dağıtım şirketlerinin bu sürece nasıl daha etkin biçimde entegre olabileceğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu değerlendirme; uluslararası iyi uygulamalar, ilgili ulusal mevzuat ve politika belgeleri ile teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici boyutları içeren etki analizi yaklaşımı birlikte dikkate alınarak yürütülmektedir. Bu yönüyle rapor, karar vericilere yol gösterici bir fizibilite belgesi niteliği taşımaktadır.

Bu kapsamda elde edilecek bulguların; talep tarafı pilot uygulamasının tasarımı, hanehalkı segmentasyonu, enerji verimliliği ve talep esnekliği stratejileri, dağıtım şirketlerinin veri temelli karar süreçleri ve uygulama odaklı düzenleyici değerlendirmeler için girdi sağlaması beklenmektedir.

2.2 Talep Tarafına Yönelik Fizibilite Çalışmasının Kapsamı

Talep tarafına yönelik fizibilite çalışması, Türkiye’deki elektrik dağıtım şirketlerinin talep tarafı yönetimi ve enerji verimliliği alanlarında veri temelli karar alma süreçlerinin güçlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu kapsamda, hanelerin tüketim profillerine ilişkin mevcut veri yapıları, cihaz ve zaman kırılımlı veri üretim imkânları, mevcut uygulamalar ve ölçüm altyapısının kullanım düzeyi değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, uluslararası iyi uygulamalar ile ulusal düzenleyici çerçeve birlikte ele alınarak, Türkiye koşullarına uygun bir değerlendirme zemini oluşturulmuştur.

Bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan pilot uygulama, yalnızca belirli sayıda haneden veri toplanmasını değil; Türkiye’de konut elektrik tüketimini etkileyen iklimsel, mekânsal, yapısal ve davranışsal farklılıkların dengeli biçimde temsil edilmesini de esas almaktadır. Bu doğrultuda haneler; sıcak/nemli, ılıman/karma ve soğuk iklim bantları; kentsel, kent altı ve kırsal yerleşim tipleri; apartman/site ve müstakil/villa konut tipleri; ayrıca düşük, orta ve yüksek doluluk düzeyleri dikkate alınarak seçilmiştir. Bu nedenle pilot örnekleme yer alan hanelerin somut kategorizasyonu Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2 Hane Bazlı Kategorizasyon

Hane Tipi	Hane Kategorisi
A1	Sıcak/Nemli; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Klima Isıtma/Soğutma
A2	Sıcak/Nemli; Kent; Müstakil/Villa; Düşük Doluluk (1–2); Klima Isıtma/Soğutma
A3	Sıcak/Nemli; Kent; Apartman; Yüksek Doluluk (>5); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
A4	Sıcak/Nemli; Kent altı; Apartman; Düşük Doluluk (1–2); Klima Isıtma/Soğutma
A5	Sıcak/Nemli; Kırsal; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); EV Şarjı; Çatı PV
A6	Sıcak/Nemli; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
A7	Sıcak/Nemli; Kent; Apartman; Düşük Doluluk (1–2); Klima Isıtma/Soğutma
A8	Sıcak/Nemli; Kent altı; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); EV Şarjı; Çatı PV
A9	Sıcak/Nemli; Kent; Apartman; Yüksek Doluluk (>5); Klima Isıtma/Soğutma
A10	Sıcak/Nemli; Kent; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
A11	Sıcak/Nemli; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
B1	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Düşük Doluluk (1–2); Klima Isıtma/Soğutma
B2	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Yüksek Doluluk (>5); Klima Isıtma/Soğutma
B3	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
B4	Ilıman/Karma; Kent altı; Apartman; Düşük Doluluk (1–2); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
B5	Ilıman/Karma; Kırsal; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); EV Şarjı; Çatı PV
B6	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
B7	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Düşük Doluluk (1–2)
B8	Ilıman/Karma; Kent altı; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); EV Şarjı; Çatı PV
B9	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Klima Isıtma/Soğutma
B10	Ilıman/Karma; Kent; Apartman; Yüksek Doluluk (>5)
B11	Ilıman/Karma; Kırsal; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
C1	Soğuk; Kent; Apartman; Düşük Doluluk (1–2)
C2	Soğuk; Kent; Apartman; Yüksek Doluluk (>5); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
C3	Soğuk; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4)
C4	Soğuk; Kent; Apartman; Yüksek Doluluk (>5)
C5	Soğuk; Kent; Apartman; Düşük Doluluk (1–2); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
C6	Soğuk; Kırsal; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); EV Şarjı; Çatı PV
C7	Soğuk; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Yüksek Cihaz Yoğunluğu
C8	Soğuk; Kent altı; Müstakil/Villa; Orta Doluluk (3–4); EV Şarjı; Çatı PV
C9	Soğuk; Kent altı; Apartman; Düşük Doluluk (1–2)
C10	Soğuk; Kırsal; Apartman; Orta Doluluk (3–4)
C11	Soğuk; Kent; Apartman; Orta Doluluk (3–4); Klima Isıtma/Soğutma

Tablo 2’de görüldüğü üzere, pilot örneklem yalnızca genel seçim kriterlerine göre değil; farklı iklim, yerleşim, konut tipi, doluluk düzeyi ve özel tüketim senaryolarını birlikte

içerecek şekilde yapılandırılmıştır. Bu yapı, pilot uygulama kapsamındaki her hanenin belirli bir tüketim profiline ve analiz rolüne karşılık gelmesini sağlamaktadır.

Çalışmanın kapsamı, talep tarafı esnekliğini iki tamamlayıcı eksenle ele almaktadır. Bunlardan ilki, puant yük azaltma (peak shaving) yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda amaç, yaz döneminde soğutma yüklerine bağlı gündüz/öğle puantı ve diğer dönemlerde akşam puantı gibi sistem açısından kritik saatlerde toplam yükün azaltılması; böylece sistem üzerindeki maliyet ve emisyon baskısının düşürülmesidir. Diğer ise talep kaydırma (load shifting) yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda yalnızca tüketimin daha düşük maliyetli zaman dilimlerine yönlendirilmesi değil, aynı zamanda yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlerde talebin bu saatlere kaydırılması da kapsam dâhilinde değerlendirilmektedir.

Çalışma kapsamında talep esnekliğinin yalnızca sistem geneli bakımından değil, dağıtım şebekesi işletimi bakımından da değerlendirilmesi esas alınmıştır. Özellikle dağıtık yenilenebilir üretimin yoğun olduğu ve talebin görece düşük kaldığı zaman dilimlerinde, bazı fiderlerde gerilim yönetimi ve yerel esneklik ihtiyacının öne çıkabileceği dikkate alınmıştır. Bu nedenle talep esnekliği ihtiyacının değerlendirilmesinde; fider yükü, yükün esneklik kapasitesi, fider üzerindeki yenilenebilir üretim miktarı ve yerel işletme koşullarının birlikte ele alınması benimsenmiştir.

Buna ek olarak çalışma kapsamı, farklı hane profilleri ve özel tüketim senaryoları üzerinden karşılaştırmalı değerlendirme yapılmasını da içermektedir. Bu çerçevede elektrikli araç şarjı yapılan haneler üzerinden yük artışı, şarj zamanlaması ve yük kaydırma potansiyeli; elektrikli ısıtma/soğutma ağırlıklı haneler üzerinden mevsimsel puant etkisi ve uzun süreli yük profilleri; yüksek cihaz yoğunluğuna sahip konutlar üzerinden baz yük ve yük çakışması; çatı tipi PV ve/veya batarya bulunan haneler üzerinden ise öz tüketim, şebekeye bağımlılık ve üretim-tüketim zamanlamasının etkileri değerlendirilecektir. Bu karşılaştırmalı analiz mantığı Tablo 4'te özetlenmektedir.

Tablo 3. Karşılaştırmalı Analiz

Seçim Boyutu	Hane Tipi / Senaryo	Temsil Edilen Yapı	Beklenen Analiz Odağı
İklim bandı	Sıcak / Nemli	Soğutma yükü baskın bölgeler	Yaz dönemi tüketim artışı, klima kaynaklı puant etkisi, akşam-gece yük yoğunlaşması
İklim bandı	Ilıman / Karma	Hem ısıtma hem soğutma etkisinin görüldüğü bölgeler	Mevsim geçişleri, yük değişkenliği, dönemsel talep örüntüsü
İklim bandı	Soğuk	Isıtma ve aydınlatma yükü baskın bölgeler	Sabah-akşam yük yoğunlaşması, kış dönemi tüketim artışı
Yerleşim tipi	Kentsel / Kent altı / Kırsal	Farklı yerleşim yoğunlukları	Mekânsal tüketim farkları, kullanım örüntüsü ve şebeke bağımlılığı
Konut tipi	Apartman / Site	Daha kompakt ve ortak altyapılı yapı	Konut tipi kaynaklı tüketim profili ve cihaz kullanım yoğunluğu
Konut tipi	Müstakil / Villa	Daha geniş ve yaygın cihaz yapısı	Yük yoğunluğu, cihaz çeşitliliği ve baz yük farklılaşması
Doluluk düzeyi	Düşük / Orta / Yüksek doluluk	Gün içi kullanım yoğunluğu farklı haneler	Toplam tüketim, baz yük, eşzamanlı cihaz kullanımı
Özel senaryo	EV şarjı bulunan haneler	Elektrikli araç şarj yükü	Şarj zamanlaması, yük artışı, yük kaydırma potansiyeli
Özel senaryo	Elektrikli ısıtma/soğutma ağırlıklı haneler	Klima / elektrikli ısıtıcı kullanımının baskın olduğu yapı	Mevsimsel puant etkisi, uzun süreli yük profili
Özel senaryo	Yüksek cihaz yoğunluğuna sahip haneler	Aynı anda çok sayıda cihaz kullanılan büyük konutlar	Baz yük, yük çakışması, eşzamanlı kullanım örüntüsü
Özel senaryo	Çatı PV ve/veya batarya bulunan haneler	Yerinde üretim ve depolama yapısı	Öz tüketim, şebekeye bağımlılık, üretim-tüketim zamanlaması

Tablo 4'te pilot uygulama örnekleminde yer alan hane tiplerinin yalnızca sınıflandırma amacıyla değil; mevsimsel yük değişimleri, puant etkileri, baz yük, yük çakışması, yük kaydırma potansiyeli, öz tüketim ve şebekeye bağımlılık gibi başlıkların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine imkân verecek şekilde kurgulandığını göstermektedir. Böylece pilot uygulama, yalnızca veri toplayan bir saha uygulaması değil; farklı tüketim senaryolarını analitik olarak ayrıştıran ve karar desteğine dönüştüren bir değerlendirme zemini oluşturmaktadır.

Bu çerçevede çalışma; teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici etkileri kapsayan çok boyutlu bir fizibilite değerlendirmesi olarak yapılandırılmıştır (Şekil 2). Her bir etki alanı, izleyen bölümlerde ayrı başlık altında detaylandırılmıştır. Bu kapsamda üretilecek bulguların; pilot uygulama tasarımı, hanehalkı segmentasyonu, enerji verimliliği ve talep esnekliği stratejileri, dağıtım şirketlerinin planlama ve analiz süreçleri ile uygulama odaklı düzenleyici değerlendirmeler için girdi sağlaması beklenmektedir.



Şekil 2. Talep Tarafı Etki Analizi – Odaklanılacak Başlıklar

2.3 Yöntem ve Analitik Çerçeve

Çalışmada nitel ve nicel değerlendirme yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Yöntemsel yaklaşım; mevcut durumun incelenmesi, literatür ve mevzuat taraması, karşılaştırmalı değerlendirme ve etki analizi aşamalarından oluşmaktadır. Yöntemsel yaklaşımın bir boyutu da pilot uygulama kapsamında üretilecek yüksek çözünürlüklü tüketim verilerinin hangi tür karşılaştırmalı analizlerde kullanılacağını önceden tanımlanmasıdır. Bu kapsamda zaman etiketli tüketim profilleri üzerinden yük profili oluşturma, yüksek

tüketim noktalarını belirleme, cihaz bazlı örüntüleri ayırt etme, eşzamanlı kullanım durumlarını inceleme ve farklı hane tipleri arasında karşılaştırmalı değerlendirme yapılması öngörülmektedir.

Buna ek olarak yöntem, yalnızca ölçüm verisine değil; pilot hanelerden anket yoluyla toplanacak konut, kullanım alışkanlığı ve teknoloji sahipliği verilerine de dayanmaktadır. Anket kapsamında; yerleşim tipi, konut tipi, konut büyüklüğü, bina yaşı, hanede yaşayan kişi sayısı, gün içi evde bulunma düzeyi, tüketimin yoğun olduğu saatler, sabit ve mobil elektrikli cihazlar, ısıtma/soğutma yapısı, elektrikli su ısıtma durumu, elektrikli araç varlığı ve şarj özellikleri, çatı tipi GES/PV bilgisi, standby durumunda kalan cihazlar, tarife yapısı ve davranışsal göstergeler toplanacaktır. Bu bilgiler, ölçüm sonuçlarının yorumlanmasında açıklayıcı değişkenler olarak kullanılacak ve farklı hane tipleri arasındaki karşılaştırmaların daha sağlıklı kurulmasına katkı sağlayacaktır. Pilot uygulamada kullanılacak anket formu rapor ekinde sunulmaktadır.

Pilot hane seçim yaklaşımı, yalnızca farklı hane profillerinin dengeli biçimde kapsanmasına değil, aynı zamanda belirli karşılaştırmalı analizlerin yürütülmesine imkân verecek şekilde kurgulanmaktadır. Bu kapsamda seçim kriterleri ile beklenen analiz çıktıları arasındaki ilişki Tablo 4’de özetlenmektedir.

Tablo 4. Pilot Hane Seçim Kriterleri ve Beklenen Analiz Çıktıları

Seçim Kriteri	Temsil Edilen Senaryo / Özellik	Beklenen Analiz Çıktısı
İklim bandı	Sıcak/nemli, ılıman/karma, soğuk	Mevsimsel yük değişimi, soğutma/ısıtma kaynaklı puant etkisi, gün içi yük farklılaşması
Yerleşim tipi	Kentsel, kent altı, kırsal	Mekânsal tüketim farkları, şebeke bağımlılığı ve kullanım örüntüsü farklılıkları
Konut tipi	Apartman/site, müstakil/villa	Konut tipi kaynaklı tüketim profili farkları, cihaz çeşitliliği, yük yoğunluğu, eş zamanlılık faktörü ve sözleşme gücü / bağlantı gücü ile ilişkili tüketim yapısının değerlendirilmesi
Hane doluluk düzeyi	Düşük, orta, yüksek doluluk	Toplam tüketim seviyesi, baz yük, eşzamanlı cihaz kullanımı, gün içi kullanım yoğunluğu
EV şarjı	Elektrikli araç şarjı bulunan haneler	Şarj yükü, akşam/gece puant etkisi, zaman kaydırma potansiyeli, tarife yapısı ile ilişkisi ve alternatif tarife / ikili anlaşma senaryoları bakımından değerlendirme
Elektrikli ısıtma/soğutma	Klima, elektrikli ısıtıcı, yerden ısıtma vb.	Mevsimsel puant etkisi, uzun süreli yük profili, sıcaklık duyarlı talep analizi
Yüksek cihaz yoğunluğu	Çoklu TV, buzdolabı, klima, kurutma makinesi vb.	Baz yük seviyesi, eşzamanlı kullanım, yük çakışması analizi
Çatı PV / batarya	Yerinde üretim ve/veya depolama sistemi bulunan haneler	Öz tüketim oranı, şebekeye bağımlılık, üretim-tüketim zamanlaması, batarya etkisi, GES/depolama sistemlerinin eş zamanlılık faktörüne ve yerel şebeke üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirme

Tablo 4’te seçim kriterleri ile beklenen analiz çıktıları ilişkilendirilirken, pilot uygulamada bu analizlerin hangi ölçüm grupları ve hane kümeleri üzerinden üretileceği ayrıca ölçüm matrisi ile takip edilecektir. Bu kapsamda pilot hanelerde izlenecek başlıca yük grupları Şekil 3’te gösterilmektedir.

Ölçüm	Hane 1	...	Hane 11	Hane 12	...	Hane 22	Hane 23	...	Hane 33
Aydınlatma	XXX	XXX	XXX	X	X	X	XX	XX	XX
Elektrikli makineler	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	X	X	X
Küçük mutfak aletleri	X	X	X	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX
Elektronik cihazlar	XXX	XXX	XXX	X	X	X	XX	XX	XX
Elektrikli araç	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	X	X	X
Diğer	X	X	X	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX
Aylık fatura	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Şekil 3. Pilot Hanelerde Ölçüm Kapsamı ve Yük Grupları Matrisi

Şekil 3'te pilot örnekleme yer alan hanelerde aydınlatma, elektrikli makineler, küçük mutfak aletleri, elektronik cihazlar, elektrikli araç ve diğer yük gruplarının hangi kapsamda izleneceğini göstermektedir. Bu yapı sayesinde ölçüm verileri yalnızca hane bazında değil, cihaz grubu bazında da karşılaştırılabilecek; farklı hane tipleri arasında baz yük, eşzamanlı kullanım, cihaz yoğunluğu, özel yük davranışı ve toplam tüketim profili bakımından analiz yapılabilecektir. Aylık fatura verisinin de bu ölçüm yapısına eşlik etmesi, ölçüm verileri ile toplam tüketim/fatura profili arasında tutarlılık kontrolü yapılmasına imkân sağlayacaktır.

Tablo 4 ve Şekil 3 birlikte değerlendirildiğinde, pilot örneklemin yalnızca hane seçim kriterleri bakımından değil, ölçüm kapsamı ve yük grupları bakımından da karşılaştırmalı analiz üretmeye uygun şekilde kurgulandığı görülmektedir. Anket yoluyla toplanacak açıklayıcı bilgiler ise bu çerçeveyi tamamlayarak, ölçüm verilerinin kullanım alışkanlığı, cihaz sahipliği, tarife yapısı ve davranışsal eğilimlerle birlikte yorumlanmasına imkân sağlayacaktır.

Analitik çerçeve, şartname isterleri ile uyumlu olacak şekilde yedi temel etki alanı etrafında yapılandırılmıştır ve bu alanların değerlendirme odağı Tablo 5'de özetlenmektedir. Pilot uygulamada elde edilecek ölçüm ve anket verilerinin, bu etki alanlarının her biri bakımından nasıl anlamlandırılacağı böylece sistematik bir çerçeve içinde tanımlanmaktadır.

Tablo 5. Çalışmanın Analitik Çerçevesi

Etki Alanı	Değerlendirme Odağı	Temel Yaklaşım
Teknolojik	Ölçüm altyapısı, veri toplama, dijitalleşme, TRL	Altyapı ve uygunluk analizi
Ekonomik	Yük kaydırma, puant azaltımı, sistem maliyetleri, farklı tarife yöntemlerine geçiş ikili anlaşmalar için ön analiz	Maliyet-fayda ve maliyet-etkinlik yaklaşımı
Finansal	Ölçüm, veri iletimi ve dijital altyapı yatırımı, geri ödeme süresi, NPV	Senaryo bazlı finansal analiz
Çevresel	Enerji tasarrufu, emisyon azaltımı, yenilenebilir üretim kesintisi etkisi	Enerji ve çevresel gösterge analizi
Sosyal	Farkındalık, katılım, davranış değişikliği	Nitel ve davranışsal değerlendirme
Kurumsal	Süreç entegrasyonu, kapasite, iş birliği	Kurumsal hazırlık analizi
Düzenleyici	Mevzuat uyumu, veri erişimi, pazar katılımı	Uyum ve boşluk analizi

Bu çerçeve sayesinde çalışmada üretilecek bulgular; teknolojik etki bakımından ölçüm ve veri altyapısının yeterliliği, ekonomik etki bakımından puant yük azaltma ve yük kaydırma potansiyeli, finansal etki bakımından yatırım geri dönüşü, çevresel etki bakımından enerji tasarrufu ve CO₂ azaltımı, sosyal etki bakımından farkındalık ve davranış değişikliği, kurumsal etki bakımından veri kullanımı ve iş birliği modelleri, düzenleyici etki bakımından ise uygulama sırasında karşılaşılabilecek mevzuat ve veri erişimi hususları üzerinden değerlendirilecektir. Böylece yöntem, yalnızca mevcut durumun incelenmesine değil; pilot uygulamadan elde edilecek verilerin çok boyutlu bir fizibilite yaklaşımı içinde yorumlanmasına da hizmet etmektedir.

2.4 Veri Kaynakları ve Varsayımlar

Çalışmada temel veri kaynağı olarak ulusal strateji belgeleri, düzenleyici metinler, uluslararası iyi uygulama dokümanları, teknik raporlar, sektörel değerlendirme belgeleri ve ilgili kurumsal duyurular kullanılmıştır. Bu kapsamda; ETKB 2024-2028 Stratejik Planı, II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030), Elektrik Piyasasında Toplayıcılık Faaliyeti Yönetmeliği, akıllı sayaçlara ilişkin düzenleme çalışmaları, Avrupa Birliği'nin enerji verimliliği ve elektrik piyasası direktifleri ile ACER ve SRI çerçevesinde yayımlanan referans dokümanlardan yararlanılmıştır. Bunun yanında, hane tüketim profilleri, ölçüm altyapısı ve veri kullanım yapısına ilişkin mevcut uygulamaları anlamaya yönelik ikincil kaynaklar da değerlendirme kapsamına alınmıştır. Bunlara ek olarak, pilot hanelerin seçim kriterleri, ölçüm sistemi önerisi, tüketim unsurlarının dağılımı, örnek ölçüm kurguları ve saha uygulamasına ilişkin hazırlık dokümanları da çalışmanın yöntemsel altyapısını destekleyen kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu kapsamda başlangıç raporu, pilot hanehalkı seçim yaklaşımı, ölçüm noktalarının dağılımı ve veri üretim kurgusu bakımından önemli bir referans oluşturmaktadır.

Analiz sürecinde bazı temel varsayımlar benimsenmiştir. Analiz sürecinde bazı temel varsayımlar benimsenmiştir. Bu çerçevede, pilot ölçümlerin hanelere kurulacak analizörler/ölçüm cihazları aracılığıyla üretileceği; elde edilecek verilerin ise hane profili, cihaz sahipliği, kullanım alışkanlıkları, kullanıcı katılımı, teknik kurulum uygunluğu ve veri işleme yaklaşımına bağlı olarak farklılaşabileceği kabul edilmiştir. Finansal sonuçların; hanelerin tüketim düzeyi, cihaz verimliliği, cihaz kullanım yoğunluğu, yük kaydırma potansiyeli, uygulama ölçeği ve fiyat/tarife varsayımlarına göre değişebileceği dikkate alınmıştır. Ayrıca, farklı tüketim özelliklerine sahip hanelerin örnekleme dâhil edilmesi hedeflenmekle birlikte, bazı özel kombinasyonlara sahip hanelerin — örneğin hem çatı tipi üretim sistemi hem elektrikli araç bulunan profillerin — sınırlı sayıda bulunabilmesi nedeniyle saha uygulamasında belirli seçim güçlükleri yaşanabileceği kabul edilmiştir. Bu durum, çalışmanın yorumlanmasında örneklem çeşitliliği ile saha erişilebilirliği arasındaki dengenin gözetilmesini gerekli kılmaktadır.

2.5 Sınırlılıklar

Bu çalışma, ayrıntılı saha mühendisliği ve uygulama tasarımı üretmeyi amaçlayan bir proje dokümanı değil; karar destek niteliğinde bir fizibilite raporudur. Bu nedenle değerlendirmeler, mevcut veri erişimi, literatür bulguları, karşılaştırmalı incelemeler, başlangıç raporu kapsamında geliştirilen saha kurgusu ve temsili analizler üzerinden

yürütülmüştür. Bu çerçevede raporda ortaya konulan bulgular, talep tarafı yönetiminin uygulanabilirliğine ilişkin analitik bir çerçeve sunmakta; nihai doğrulamanın ise bir sonraki aşamada yürütülecek pilot uygulama ile desteklenmesi öngörülmektedir.

Çalışmanın temel sınırlılıklarından biri, saha uygulamasına ilişkin bazı değerlendirmelerin henüz gerçek pilot verisi üretilmeden önce yapılan yönetsel ve analitik öngörülere dayanmasıdır. Bu raporda ortaya konulan bazı tespit ve varsayımlar, bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan ve hane halkları talep yönetimi potansiyelinin değerlendirileceği pilot uygulama sonuçları ile doğrulanacaktır.

Bir diğer sınırlılık, farklı tüketim özelliklerine sahip hanelerin örnekleme dâhil edilmesi hedeflenmekle birlikte, bazı özel kombinasyonlara sahip hanelerin — örneğin hem çatı tipi üretim sistemi hem elektrikli araç bulunan profillerin — sınırlı sayıda bulunabilmesidir. Bu durum, örneklem çeşitliliği ile saha erişilebilirliği arasında denge kurulmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çerçevede seçim tasarımı her ne kadar dengeli temsiliyeti hedeflese de ön anket, teknik uygunluk kontrolü ve yedekleme adımları saha uygulamasının ayrılmaz parçası olarak değerlendirilmelidir. Özellikle özel tüketim senaryolarına sahip hanelerin erişilebilirliği ve teknik uygunluğu, planlanan örneklem yapısının sahadaki uygulanabilirliğini etkileyebilecektir. Sonuç olarak bu çalışma, tam evreni temsil eden nihai sonuçlar üretmekten ziyade, pilot uygulama olarak, sonraki ölçekleme çalışmaları ve uygulama odaklı karar süreçleri için sağlam bir analitik temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

3. Türkiye’deki Mevcut Durum Analizi

Bu bölümde, Türkiye’de talep tarafı yönetiminin mevcut görünümü; dağıtım şirketleri açısından mevcut yapı, hane tüketim verilerinin niteliği ve ölçüm-veri altyapısının mevcut seviyesi üzerinden değerlendirilmektedir. Bu çerçevede bölüm, ulusal görünüm, dağıtım şirketleri perspektifi, hane tüketim verilerinin niteliği ve ölçüm-veri altyapısının durumu başlıkları altında yapılandırılmıştır.

3.1 Türkiye’de Talep Tarafı Yönetiminin Genel Görünümü

Talep tarafı yönetimi, elektrik tüketiminin yalnızca azaltılmasına değil, aynı zamanda tüketim davranışlarının sistem ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirilmesine imkân tanıyan bir yaklaşım olarak enerji sektöründe giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle elektrik talebinin gün içerisindeki değişken seyri, puant yüklerin sistem üzerindeki baskısı, enerji maliyetlerindeki artış ve sürdürülebilirlik hedefleri, talep tarafının daha etkin yönetilmesini stratejik bir ihtiyaç hâline getirmektedir.

Türkiye’de elektrik sektöründe son yıllarda dijitalleşme, şebeke modernizasyonu, enerji verimliliği ve akıllı şebeke uygulamaları alanlarında önemli gelişmeler yaşanmakla birlikte, talep tarafı yönetimi uygulamalarının yaygın ve sistematik bir yapıya kavuştuğu henüz söylenemez. Mevcut uygulamalar daha çok enerji verimliliği, sayaç okuma, tüketim izleme ve sınırlı ölçekli pilot dijitalleşme projeleri etrafında şekillenmektedir. Buna karşılık, kullanıcı davranışına dayalı aktif talep esnekliği uygulamaları ile yük kaydırma mekanizmalarının henüz gelişim aşamasında olduğu değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, son dönemde yayımlanan Elektrik Piyasasında Toplayıcılık Faaliyeti Yönetmeliği, her ne kadar mevcut durumda hanehalkı ölçeğinde yaygın bir uygulama alanı oluşturamamış olsa da talep tarafı katılımının piyasa ve sistem işletimi boyutunda kurumsal bir çerçeveye kavuşmaya başladığını göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

Türkiye’de hanehalkı elektrik tüketiminin gün içindeki dağılımı dikkate alındığında, özellikle akşam saatlerinde oluşan puant yükler sistem işletimi açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir üretim payının artmasıyla birlikte, yalnızca akşam puantını azaltmaya odaklanan yaklaşımın ötesine geçilmekte; güneş üretiminin yoğun olduğu gündüz saatlerinde talebin bu zaman dilimlerine yönlendirilmesi de önem kazanmaktadır. Ayrıca lisanssız elektrik üretimine ilişkin düzenlemelerde saatlik mahsuplaşma yaklaşımına geçilmesi, üretim ve tüketim ilişkisinin zaman boyutunda daha görünür hâle gelmesine katkı sağlamakta; bu durum, özellikle yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlerde talep kaydırma yaklaşımını daha belirgin ve öncelikli bir değerlendirme alanı hâline getirmektedir.

Genel görünüm itibarıyla Türkiye’de talep tarafı yönetimi alanında önemli bir potansiyel bulunmakla birlikte, bu potansiyelin uygulamaya dönüşebilmesi için veri altyapısı, ölçüm kapasitesi, kullanıcı katılımı, dijitalleşme düzeyi ve kurumsal hazırlık alanlarında gelişime ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.

3.2 Elektrik Dağıtım Şirketleri Açısından Mevcut Yapı

Elektrik dağıtım şirketleri, talep tarafı yönetimi uygulamalarının sahaya yansıtılmasında en kritik kurumsal aktörlerden biridir. Şebeke işletimi, tüketim verisinin toplanması, kullanıcı bağlantı noktalarının izlenmesi, bölgesel yük profillerinin değerlendirilmesi ve yerel işletme kısıtlarının gözlenmesi gibi işlevler dikkate alındığında, dağıtım şirketlerinin talep tarafına ilişkin uygulamalarda önemli bir veri ve operasyon tabanına sahip olduğu görülmektedir.

Mevcut durumda dağıtım şirketleri daha çok tüketim takibi, şebeke işletimi, arıza yönetimi, uzaktan izleme ve sayaç verilerinin değerlendirilmesi gibi operasyonel süreçler üzerinden faaliyet göstermektedir. Bu yapı, klasik dağıtım hizmetleri bakımından güçlü bir temel sunsa da kullanıcı davranışına dayalı talep esnekliği modellerinin tasarlanması ve uygulanması için ilave analitik, dijital ve organizasyonel kapasite gerektirmektedir. Özellikle zaman bazlı ve cihaz kırılımlı verinin karar süreçlerinde kullanılabilmesi, dağıtım şirketlerinin mevcut operasyonel rolünü daha analitik ve kullanıcı odaklı bir yapıya doğru genişletmektedir.

Dağıtım şirketleri açısından mevcut yapının önemli güçlü yönlerinden biri, mevcut veri akışına ve saha erişimine sahip olunmasıdır. Buna karşılık, bu verilerin talep esnekliği analizlerinde kullanılabilecek ayrıntı düzeyine ulaşması, farklı sistemler arasında bütünleştirilmesi ve karar destek mekanizmalarına dönüştürülmesi henüz sınırlı kalabilmektedir. Mevcut yapıda dağıtım şirketlerinin kullanımına sunulan veriler çoğunlukla sayaç temelli tüketim verileri ile sınırlıdır. Türkiye’de hanehalkı düzeyinde cihaz kırılımlı tüketim verisinin yaygın ve sistematik biçimde üretildiği söylenemez. Benzer şekilde, gerçek zamanlı ya da yüksek çözünürlüklü cihaz verisine dayalı analiz imkânı da sınırlıdır. Bu durum, talep tarafı yönetimi uygulamalarında kullanıcı davranışlarının, esnek yüklerin ve zaman bazlı tüketim örüntülerinin daha ayrıntılı biçimde anlaşılmasını güçleştirmektedir. Bu bağlamda, bir sonraki aşamada yürütülecek pilot uygulama ile elde edilecek hane bazlı verilerin, dağıtım şirketleri açısından hangi veri setlerinin, hangi çözünürlükte ve hangi amaçlarla kullanılabileceğini göstermesi bakımından önemli bir öğrenme alanı oluşturması beklenmektedir.

Özellikle dağıtık yenilenebilir üretimin yüksek olduğu bölgelerde, fider bazında gerilim yükselmesi ve yerel kısıtlar açısından esneklik ihtiyacı daha görünür hâle gelebilmektedir. Bu durum, talep tarafı yönetiminin yalnızca kullanıcı tüketimi bağlamında değil, aynı zamanda yerel şebeke işletimi ve fider düzeyindeki teknik ihtiyaçlar bakımından da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Aynı zamanda bu yapı, dağıtım şirketleri ile haneler arasında enerji verimliliği ve talep esnekliği temelli iş birliği modellerinin geliştirilmesi açısından da yeni bir uygulama alanına işaret etmektedir.

3.3 Hane Tüketim Verilerinin Niteliği ve Kullanım Düzeyi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının tasarımında en temel girdilerden biri, hanehalkı tüketim verilerinin niteliği ve kullanım düzeyidir. Hane bazlı tüketim verisinin yalnızca toplam tüketim miktarını göstermesi çoğu durumda yeterli olmamaktadır. Tüketimin hangi zaman dilimlerinde yoğunlaştığı, hangi yük türlerinden kaynaklandığı ve kullanıcı davranışlarıyla nasıl ilişkilendirilebileceği gibi hususların da anlaşılması gerekmektedir.

Bu nedenle hane verisinin yalnızca toplam kWh düzeyinde değil, zaman ve mümkün olduğunda cihaz kırılımında okunabilmesi talep tarafı yönetimi açısından belirleyici önem taşımaktadır.

Mevcut durumda hane tüketim verileri çoğunlukla toplam tüketim düzeyinde ve belirli okuma periyotları temelinde izlenebilmektedir. Bu yapı, genel eğilimleri görmeye imkân verirken, cihaz bazlı örüntüleri ya da kısa zaman aralıklı yük değişimlerini doğrudan belirlemeyi her zaman mümkün kılmamaktadır.

Veri kullanım düzeyi açısından değerlendirildiğinde, mevcut verilerin önemli bir kısmının operasyonel izleme ve raporlama amacıyla kullanıldığı; buna karşın ileri düzey talep analizi, davranış segmentasyonu, esnek yük tespiti ve öngörü temelli karar destek mekanizmalarında kullanımının sınırlı kalabildiği anlaşılmaktadır. Kullanıcıların tüketimlerini hangi cihazlar üzerinden, hangi saatlerde ve ne ölçüde esneklik gösterebilecek şekilde gerçekleştirdiği mevcut veri yapısı ile her zaman net olarak ortaya konulamamaktadır.

Dolayısıyla hane tüketim verileri bakımından temel ihtiyaç, verinin yalnızca toplanması değil; daha yüksek çözünürlükte üretilmesi, sınıflandırılması, yorumlanması ve karar alma süreçlerinde kullanılabilir hâle getirilmesidir. Bu ihtiyaç, özellikle cihaz bazlı tüketim örüntülerinin, eşzamanlı kullanım durumlarının, puant yük davranışlarının ve talep kaydırma potansiyelinin anlaşılması bakımından belirginleşmektedir.

3.4 Ölçüm ve Veri Altyapısının Değerlendirilmesi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının başarısı, büyük ölçüde ölçüm ve veri altyapısının yeterliliğine bağlıdır. Bu altyapı; tüketim verisinin hangi sıklıkta, hangi doğruluk düzeyinde ve hangi ayrıntı seviyesinde üretildiğini belirlediği gibi, söz konusu verinin iletilmesi, saklanması, işlenmesi ve karar destek süreçlerinde kullanılmasını da doğrudan etkilemektedir.

Mevcut ölçüm altyapısı incelendiğinde, geleneksel sayaç yapılarından daha gelişmiş uzaktan okuma ve dijital veri toplama uygulamalarına doğru bir dönüşüm eğilimi bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, altyapının tüm kullanıcı grupları ve tüm bölgeler için aynı düzeyde gelişmiş olduğu söylenemez. Bu durum, veri çözünürlüğü, erişilebilirlik ve uygulama kabiliyeti bakımından bölgesel ve kurumsal farklılıkların varlığına işaret etmektedir. Özellikle akıllı sayaçların yaygınlık düzeyi henüz talep tarafı yönetimi uygulamalarını geniş ölçekte destekleyecek olgunluğa ulaşmış değildir. Bu nedenle mevcut yapı, uzaktan izleme ve sayaç okuma açısından belirli bir ilerleme sunmakla birlikte, yüksek çözünürlüklü ve zaman bazlı DSM (Demand Side Management) uygulamaları için henüz sınırlı bir zemin oluşturmaktadır.

Mevcut altyapının güçlü yönleri arasında, dağıtım şirketlerinde hâlihazırda belirli düzeyde veri toplama ve merkezi sistemlerde izleme kapasitesinin bulunması sayılabilir. Bununla birlikte, talep tarafı uygulamalarında cihaz bazlı ayırıştırma, yüksek frekanslı veri toplama, kullanıcı geri bildirimi üretme ve öngörüye dayalı talep analizi gibi alanlarda gelişim ihtiyacı öne çıkmaktadır. Özellikle verinin operasyonel kayıttan analitik girdiye dönüşebilmesi için altyapının yalnızca teknik değil, aynı zamanda işlevsel olarak da

güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle mevcut ölçüm altyapısının, uzaktan okuma kapasitesinden veri temelli talep tarafı yönetimi analitiğine geçişi destekleyecek şekilde geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çerçevede ölçüm ve veri altyapısı, talep tarafı yönetimi açısından tamamen yetersiz bir yapı sunmamakta; ancak ileri düzey ve ölçeklenebilir uygulamalar için geliştirilmesi gereken önemli alanlar barındırmaktadır. Özellikle akıllı sayaç yaygınlığı, veri çözünürlüğü, analitik kullanım kapasitesi ve kullanıcıya dönük görünürlük araçları, öncelikli geliştirme başlıkları arasında yer almaktadır. Bu kapsamda geliştirilen MASS projesi, ölçüm ve veri altyapısının daha gelişmiş, uzaktan izlenebilir ve analitik kullanıma daha elverişli bir yapıya dönüşmesine yönelik önemli bir uygulama örneği olarak değerlendirilebilir. Söz konusu yaklaşım, tüketim verisinin yalnızca operasyonel kayıt amacıyla değil, karar destek ve uygulama geliştirme süreçlerinde kullanılabilecek bir niteliğe kavuşmasının önemini de ortaya koymaktadır.

Tablo 6. Mevcut Durum Analizinde İncelenen Başlıca Unsurlar

Değerlendirme Alanı	Mevcut Durum	Başlıca Gelişim İhtiyacı
Hane verisi	Toplam tüketim ağırlıklı görünürlük	Zaman ve cihaz kırılımı
Ölçüm altyapısı	OSOS/MASS yönlü geçiş	Akıllı sayaç yaygınlığı
Veri kullanımı	Operasyonel raporlama ağırlıklı	Analitik ve öngörüselsel kullanım
Yerel şebeke analizi	Bölgesel ve işletmesel veri mevcut	Fider bazlı esneklik değerlendirmesi
Kullanıcı etkileşimi	Sınırlı	Geri bildirim ve görünür tasarruf araçları

Mevcut durum analizi kapsamında ortaya konulan bulgular, talep tarafı yönetimi uygulamalarının gelişimi için belirli bir başlangıç zemini bulunduğunu; ancak, Tablo 6’da gösterildiği üzere, bu zeminin daha güçlü veri altyapısı, gelişmiş analitik kapasite ve yerel şebeke ihtiyaçlarını dikkate alan uygulama modelleri ile desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, izleyen bölümde uluslararası iyi uygulamalar ile düzenleyici çerçeve incelenerek Türkiye açısından uyarlanabilir yaklaşım ve çıkarımlar değerlendirilmektedir.

3.5 Talep Tarafı Yönetimi Açısından Güncel Düzenleyici Gelişmeler

Talep tarafı yönetiminin mevcut durumunun değerlendirilmesinde, son dönemde yürürlüğe giren düzenleyici değişikliklerin dikkate alınması önem taşımaktadır. Özellikle 2 Nisan 2026 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanan değişiklik ile Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’nde yapılan güncellemeler, yalnızca lisanssız üretim uygulamalarını değil, üretim-tüketim ilişkisinin izlenmesi ve yönetilmesi bakımından talep tarafı açısından da önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Yapılan değişiklikler kapsamında bağlantı süreçlerinin daha belirgin hâle getirilmesi, yüksek kapasiteli tesisler için yeni bağlantı imkânlarının tanımlanması ve başvuru süreçlerinde mükerrerliğin azaltılmasına yönelik hükümler, sistemin daha öngörülebilir ve daha düzenli bir yapıya yöneldiğini göstermektedir. Bu gelişmeler, lisanssız üretim tarafında yalnızca teknik başvuru akışını düzenlemekle kalmamakta; aynı zamanda sistemle uyumlu, daha kontrollü ve izlenebilir bir işletim yaklaşımını da güçlendirmektedir.

Talep tarafı yönetimi açısından en dikkat çekici hususlardan biri, mahsuplaşma mekanizmasının saatlik bazda yeniden kurgulanmasıdır. Saatlik mahsuplaşma yaklaşımı, üretim ve tüketim ilişkisinin zaman boyutunda daha ayrıntılı biçimde izlenmesini mümkün kılmaktadır. Buna ek olarak verilerin merkezi bir yapı üzerinden yönetilmesine yönelik düzenleme yaklaşımı, üretim ve tüketim verilerinin daha şeffaf, izlenebilir ve karşılaştırılabilir biçimde ele alınmasına zemin hazırlamaktadır. Bu gelişme, talep tarafı yönetimi bakımından veri takibi, zaman bazlı analiz, yük kaydırma potansiyelinin belirlenmesi ve esneklik uygulamalarının tasarımı açısından önemli bir ilerleme alanı olarak değerlendirilebilir. Mahsuplaşma yapısındaki bu dönüşüm, talep tarafında izleme ve değerlendirme kapasitesinin artık daha kritik hâle geldiğini göstermektedir. Ancak mevcut durumda bu gelişme, doğrudan hanehalkı odaklı veri temelli teşvik mekanizmalarının olduğu anlamına gelmemektedir. Saatlik verinin oluşması önemli bir eşik olmakla birlikte, bu verinin kullanıcı davranışını yönlendirecek uygulama ve teşvik araçlarıyla desteklenmesi gerekmektedir.

Diğer taraftan, üretim ve tüketim dengesine getirilen sınırlar ile lisanssız üretimin temel amacının tüketimi karşılamak olduğu yaklaşımının daha açık biçimde ortaya konulması, sistemin daha dengeli ve amaç odaklı bir yapıya yöneldiğini göstermektedir. Bu çerçevede üretim tarafının tüketim profili ile ilişkisinin daha görünür hâle gelmesi, öz tüketim davranışının, yük yapısının ve zaman bazlı kullanım örüntülerinin önemini artırmaktadır.

Bunun yanında, talep tarafı katılımına ilişkin ilk uygulama deneyimlerinde beklenen ölçüde katılım oluşmamış olması da dikkatle değerlendirilmelidir. Bu durumun tek bir nedene bağlanması doğru olmamakla birlikte, piyasada farkındalık düzeyinin, ticari model olgunluğunun, düzenleyici açıklığın ve uygulama güveninin henüz istenen seviyeye ulaşmadığını düşündürmektedir. Bu noktada Elektrik Piyasasında Toplayıcılık Faaliyeti Yönetmeliği'nin yayımlanmış olması önemli bir eşik niteliği taşımaktadır. Toplayıcılık çerçevesi, talep tarafı kaynaklarının kurumsal bir kanal üzerinden sisteme katılımı bakımından önemli bir adım olmakla birlikte, bu yapının uygulamada etkili sonuç üretebilmesi için sektör paydaşları nezdinde farkındalığın artırılması, iş modellerinin netleştirilmesi ve uygulama pratiğinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Mevcut durumda bu çerçeve, özellikle hanehalkı ölçeğinde gittikçe yaygınlaşan ve davranışa dayalı bir uygulama alanından ziyade veri erişimi, piyasa katılımı ve uygulama esasları bakımından gelişmeye başlayan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu gelişmeler birlikte ele alındığında, talep tarafı yönetimi açısından düzenleyici yapının veri temelli, izlenebilir ve şebeke işletimi ile piyasa süreçleri açısından daha sürdürülebilir bir yapıya evrildiği görülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu gelişmelerin talep tarafı uygulamalarına güçlü biçimde yansiyabilmesi için teknik altyapı, veri erişimi, piyasa tasarımı, kullanıcı katılımı ve paydaş hazırlığı alanlarında ilave gelişime ihtiyaç bulunduğu anlaşılmaktadır. Özellikle veri temelli teşvik mekanizmaları, kullanıcıya dönük açık fiyat sinyalleri ve uygulama esaslarını netleştiren ikincil düzenlemeler bakımından mevcut yapının henüz başlangıç aşamasında olduğu değerlendirilmektedir. Güncel düzenlemeler, talep tarafı yönetimi için önemli bir zemin oluşturmakta; ancak bu zeminin etkili sonuçlara dönüşebilmesi için uygulama kapasitesinin ve sektörel olgunluğun eş zamanlı olarak güçlendirilmesi gerekmektedir.

4. Uluslararası İyi Uygulamalar ve Düzenleyici Çerçeve

Bu bölümde, talep tarafı yönetimi açısından öne çıkan uluslararası yaklaşımlar ile Türkiye'nin güncel mevzuat ve politika yönelimi birlikte değerlendirilmektedir. Bölümün amacı, talep tarafı yönetiminin uluslararası ölçekte nasıl ele alındığını ortaya koymak, bu alanda öne çıkan uygulama ve düzenleme eğilimlerini incelemek ve Türkiye açısından uyarlanabilir temel politika ve tasarım ilkelerini belirlemektir.

4.1 Uluslararası Yaklaşımlar ve Uygulama Örnekleri

Uluslararası uygulamalar, talep tarafı yönetiminin artık yalnızca tüketici düzeyinde tasarruf sağlayan bir uygulama olarak değil; elektrik sistemine esneklik kazandıran, yenilenebilir enerji entegrasyonunu destekleyen, fiyat oynaklığını azaltan ve tüketici katılımını artıran yapısal bir unsur olarak ele alındığını göstermektedir.

Özellikle Avrupa'daki uygulamalarda talep tarafı esnekliğinin yalnızca büyük sanayi tüketicileri üzerinden değil, hanehalkı ve küçük ticari tüketiciler üzerinden de kademeli olarak genişletildiği görülmektedir. Bu genişleme; akıllı sayaçlar, zaman bazlı tarifeler, dinamik fiyatlandırma, kullanıcı odaklı dijital arayüzler, otomasyon sistemleri ve toplayıcılık mekanizmaları ile mümkün hâle gelmektedir. Böylece talep tarafı esnekliği hem sistem işletimi hem de son kullanıcı davranışı bakımından çok katmanlı bir yapıya kavuşmaktadır.

Uluslararası iyi uygulamalarda dikkat çeken bir diğer husus, talep tarafı esnekliğinin yalnızca puant yükleri azaltmaya yönelik değil, aynı zamanda yenilenebilir üretimin sistemde daha etkin kullanılmasını sağlayacak biçimde tasarlanmasıdır. Bu doğrultuda, tüketimin yalnızca azaltılması değil; uygun zaman dilimlerine kaydırılması ve sistem ihtiyaçları ile daha uyumlu hâle getirilmesi hedeflenmektedir.

Uluslararası örnekler daha yakından incelendiğinde, talep tarafı yönetimi uygulamalarının başarısında veri çözünürlüğünün ve veri işleme yaklaşımının belirleyici olduğu görülmektedir. Birleşik Krallık'taki akıllı sayaç yaklaşımı¹, hane tüketiminin yarım saatlik (30 dakikalık) dönemler hâlinde izlenebilmesine dayalı bir yapı sunmakta; bu sayede kullanıcı davranışları, puant yük örüntüleri ve zaman kaydırma potansiyeli daha görünür hâle gelmektedir. Buna karşılık Pecan Street örneği, saniye ile dakika düzeyi arasında değişen çözünürlükte ve cihaz/devre bazında veri üretimi sayesinde yük profilleri, eşzamanlı kullanım davranışları ve puant yük dinamiklerinin çok daha ayrıntılı biçimde analiz edilebildiğini göstermektedir. Bu kapsamda farklı konut tiplerinde elektrikli araç şarjı, iklimlendirme yükleri, büyük ev içi cihazlar ve çatı tipi güneş enerjisi sistemleri gibi unsurlar birlikte izlenebilmekte; hangi yüklerin puant oluşturduğu, hangi yüklerin eşzamanlı çalıştığı ve hangi kullanım örüntülerinin yük kaydırma potansiyeli taşıdığı ortaya konulabilmektedir. Bu yönüyle Pecan Street yaklaşımı, cihaz ve zaman bazlı verinin yalnızca izleme amacıyla değil; karşılaştırmalı analiz, davranış çözümlemesi ve talep esnekliği tasarımı için de güçlü bir analitik zemin sunduğunu göstermektedir. Bu kapsamda öne çıkan başlıca analiz perspektifleri Tablo 7'de özetlenmektedir.

¹ UK Government, *Smart meters: Your rights and expectations*, GOV.UK.

Tablo 7 Pecan Street Örneğinden Çıkan Analiz Perspektifleri

İncelenen Boyut	Pecan Street Örneğinde Sağlanan İmkân	Kaynaklı Nicel Bulgu / Çıkarım	Bu Çalışma İçin Sağladığı Perspektif
Veri çözünürlüğü	Saniye ile dakika düzeyinde cihaz/devre bazlı ölçüm	Pecan Street verisine dayalı konut esnekliği analizinde, seçili esnek yüklerin %20 katılımı ile Austin konut sektörü için 2 saatlik talep yanıtı etkinliğinde yaklaşık 160 MWh azaltım potansiyeli hesaplanmıştır.	Hane içi yüklerin zaman bazlı ayrıştırılması ve cihaz grubu bazlı talep azaltım potansiyelinin hesaplanması
Hane yapısı	Farklı konut tiplerinde veri üretimi	Pecan Street verileri, farklı konut tiplerinde tüketim, PV üretimi, EV şarjı ve cihaz yüklerinin birlikte izlenmesine imkân vermekte; bu veriler 500'den fazla hakemli akademik çalışmada kullanılmıştır ² .	Farklı hane tipleri arasında karşılaştırmalı analiz yapılması
Cihaz / yük türleri	EV şarjı, iklimlendirme yükleri, büyük ev içi cihazlar, güneş/PV gibi özel yüklerin birlikte izlenmesi	Yüksek çözünürlüklü konut verisi, EV, HVAC, PV ve büyük cihazların toplam yük ve puant içindeki katkısını ayırtırmaya imkân sağlamaktadır. Pecan Street'e dayalı esneklik çalışması, cihaz/yük grubu bazlı katılım varsayımıyla anlamlı azaltım potansiyeli hesaplanabileceğini göstermektedir.	Özel senaryoların yük profiline, eşzamanlılığa ve puant davranışına etkisinin incelenmesi
HVAC / soğutma etkisi	İklimlendirme yüklerinin cihaz/devre düzeyinde izlenmesi	Pecan Street Smart Cooling analizinde, akıllı soğutma teknolojileri ve manuel termostat ayarlarıyla soğutma talebinde baz senaryoya göre %34,3 azalma hesaplanmıştır. Aynı analizde akıllı termostat kullanılan hanelerde yaz dönemi soğutma gücünün konvansiyonel termostatlara göre %24,5 daha düşük olduğu; evden çıkarken manuel termostat ayarı yapan kullanıcıların ise %11,9 daha düşük soğutma enerjisi kullandığı raporlanmıştır ³ .	Klima/soğutma yükünün yaz puantı, kullanıcı davranışı, otomasyon ve yük azaltımı bakımından değerlendirilmesi
Klima yükünün yaz puantı açısından önemi	Soğutma yüklerinin toplam yük içindeki etkisinin ayrıştırılması	Konut tipi klima yüklerinin bazı koşullarda toplam puant talebin yaklaşık %9'una kadar talep azaltım potansiyeli sunduğu belirtilmektedir ⁴ . Ayrıca klima sahipliğinin hane elektrik tüketimini ortalama %34 artırdığı raporlanmıştır ⁵ .	Türkiye'de sıcak iklim bölgelerinde klima kaynaklı puant etkisinin ve azaltım potansiyelinin öncelikli analiz alanı olarak ele alınması
Eşzamanlı kullanım	Aynı anda çalışan yüklerin ayrıştırılması	Pecan Street'in yüksek çözünürlüklü verisi, EV şarjı, HVAC, büyük ev içi cihazlar ve PV üretiminin aynı zaman dilimlerinde toplam yüke katkısını ayırtırmaya imkân vermektedir. Bu yapı, yük çakışması ve eşzamanlılık analizlerinin cihaz/yük grubu bazında yapılmasını mümkün kılar.	Eşzamanlılık, yük çakışması ve baz yük analizleri
Puant etkisi	Hangi yüklerin puant oluşturduğunun görülebilmesi	Pecan Street panel kapasitesi analizinde 400'den fazla hanede, 3 yıllık ikinci bazlı veri üzerinden 12,6 milyardan fazla veri noktası incelenmiş ve 20 kW üzerindeki ana kesici yükleri analiz edilmiştir. Bu bulgu, elektrifikasyonla birlikte hane içi yüksek anlık güç çekişlerinin izlenmesi gerektiğini göstermektedir ⁶ .	Akşam/gece puantı, yüksek anlık güç çekişleri ve bağlantı gücü/şebeke etkisinin değerlendirilmesi
Yük kaydırma potansiyeli	Kullanım zamanlarının değiştirilebilirliğinin gözlenmesi	Pecan Street verileri EV kullanıcılarının şarj davranışını gündüz, akşam ve gece profilleri üzerinden ayırtırmaya imkân vermektedir. Bununla birlikte, NREL çalışması EV şarjının yüksek fiyat dönemi biter bitmez yoğunlaşması halinde dağıtım	Yük kaydırma senaryolarında yalnızca talebin puant dışına taşınması değil, yeni yerel puant oluşumu riskinin de değerlendirilmesi

² Pecan Street, Academic Research Papers Using Pecan Street Data.

³ Pecan Street, Smart Cooling: Leveraging Technology and Behavior to Stay Cool and Reduce Energy Demand.

⁴ Malik, Haghdadi, MacGill & Ravishankar, Appliance level data analysis of summer demand reduction potential from residential air conditioner control, Applied Energy.

⁵ Falchetta & Noussan, The Impact of Air-conditioning on Residential Electricity Demand across World Countries.

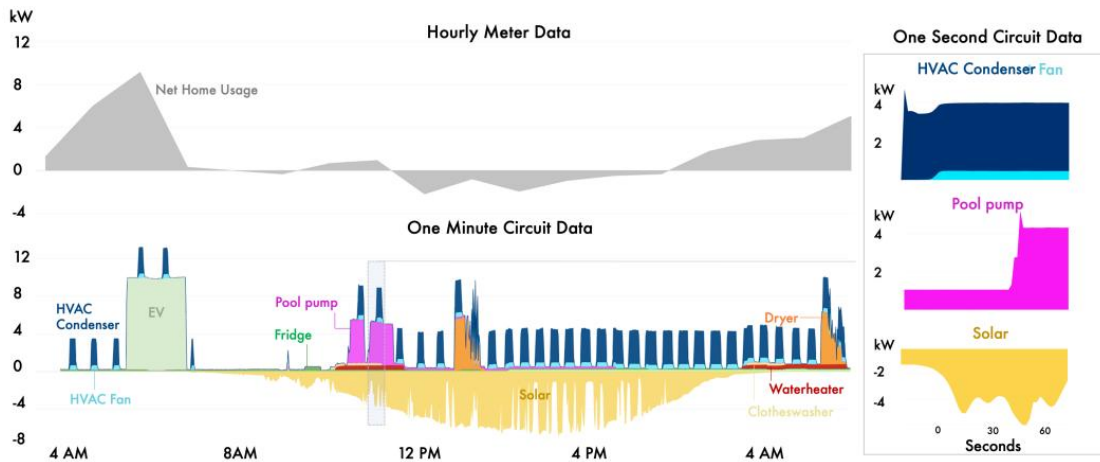
⁶ Pecan Street, Home Load Control: Extending Smaller Electric Panels as Electrification Expands.

İncelenen Boyut	Pecan Street Örneğinde Sağlanan İmkân	Kaynaklı Nicel Bulgu / Çıkarım	Bu Çalışma İçin Sağladığı Perspektif
		sistemlerinde puant talebin %20'ye kadar artabileceğini göstermektedir ⁷ .	
PV / yerinde üretim etkisi	Üretim-tüketim zamanlamasının izlenebilmesi	PV üretimi ile EV şarjı, HVAC ve büyük cihaz tüketiminin eşzamanlılığı, öz tüketim ve net yük etkisinin ayrıştırılmasına imkân vermektedir.	Öz tüketim, şebekeye bağımlılık, net yük ve yerel şebeke etkisinin değerlendirilmesi
Analitik çıktı	Yük profili, davranış örüntüsü, cihaz katkısı ve karşılaştırmalı senaryo analizi	Pecan Street ve benzeri yüksek çözünürlüklü konut veri setleri; esnek yüklerin talep yanıtı potansiyeli, HVAC/soğutma yüklerinin azaltılabilirliği, EV şarjının zamanlama etkisi ve PV-tüketim eşzamanlılığı gibi nicel çıktılar üretmeye imkân sağlamaktadır.	Pilot ölçümlerin hangi tür karar destek çıktıları üreteceğinin somutlaştırılması

Tablo 7'da görüldüğü üzere, Pecan Street örneği yalnızca yüksek çözünürlüklü veri üretiminin teknik değerini değil; bu verinin hangi tür karşılaştırmalı analizlere ve karar destek çıktılarına dönüştürülebileceğini de göstermektedir. Bu yönüyle söz konusu örnek, bu çalışma kapsamında planlanan cihaz ve zaman bazlı ölçümlerin analitik potansiyeline ilişkin açıklayıcı bir perspektif sunmaktadır.

NILM yaklaşımı ise tek bir toplam sayaç verisinden hareketle cihaz davranışlarının yazılım tabanlı olarak ayrıştırılabileceğini ortaya koymakta; ancak bu yaklaşımda başarı düzeyinin veri çözünürlüğüne, cihaz tipine ve kullanılan modele bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Bu kapsamda SmartNIALMeter gibi veri setleri hem toplam tüketim hem de alt ölçüm verisini birlikte sunarak NILM algoritmalarının gerçek konut koşullarında eğitilmesi ve doğrulanması açısından önemli bir araştırma zemini oluşturmaktadır. Özellikle ısı pompası ve elektrikli araç şarj istasyonu gibi esnek yükleri içermesi, bu tür veri setlerini talep tarafı yönetimi ve şebeke dengeleme çalışmaları bakımından daha da değerli hâle getirmektedir.

Pecan Street örneğinde toplam sayaç verisi ile cihaz/devre bazlı yüksek çözünürlüklü ölçümlerin birlikte nasıl değerlendirilebildiğine ilişkin örnek bir görünüm Şekil 4'te sunulmaktadır.

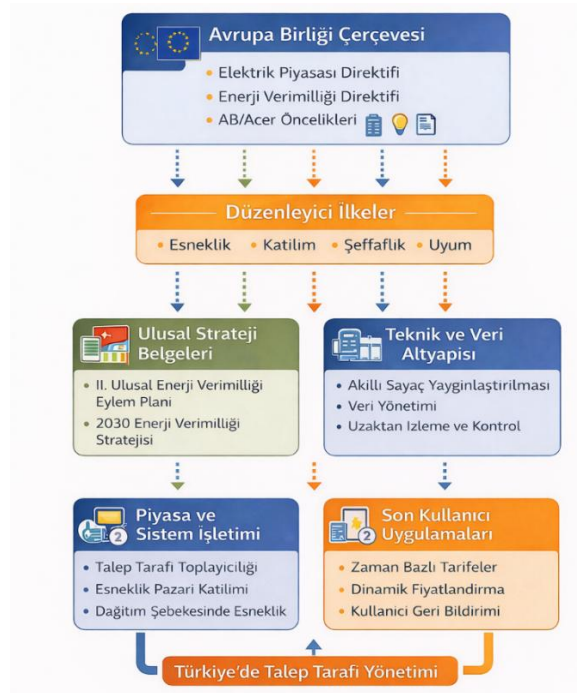


Şekil 4 Pecan Street Örneğinde Yüksek Çözünürlüklü Tüketim Verisinin Görselleştirilmesi⁸

⁷ NREL, Impact of Electric Vehicle Customer Response to Time-of-Use Rates on Distribution Power Grids.

⁸ Pecan Street Inc., Pecan Street Data Sheet, 2025

Şekil 4’te toplam sayaç verisinin saatlik görünümü ile bir dakikalık ve bir saniyelik cihaz/devre düzeyindeki ölçümlerin birlikte nasıl okunabildiği gösterilmektedir. Bu yapı sayesinde toplam tüketim eğrisinin arkasında yer alan HVAC, havuz pompası, buzdolabı, kurutucu, su ısıtıcısı ve güneş üretimi gibi farklı yük bileşenleri ayrıştırılabilmekte; böylece puant yük oluşumu, eşzamanlı kullanım örüntüleri ve yük kaydırma potansiyeli daha ayrıntılı biçimde analiz edilebilmektedir. Bu tür bir veri yaklaşımı, bu çalışma kapsamında planlanan pilot uygulama açısından da önemlidir; çünkü cihaz ve zaman bazlı ölçümler aracılığıyla hangi hane tiplerinde hangi yüklerin esneklik potansiyeli taşıdığı, hangi yüklerin şebeke üzerinde daha belirgin etki yarattığı ve hangi kullanıcı davranışlarının enerji verimliliği ile talep tarafı yönetimi bakımından öncelikli olduğu daha açık biçimde değerlendirilebilecektir.



Şekil 5. Uluslararası Çerçeveden Türkiye’ye Uyum Akışı

Şekil 5’te uluslararası düzeyde geliştirilen düzenleyici ve politika çerçevelerinin Türkiye’de talep tarafı yönetimi alanına nasıl uyarlanabileceği gösterilmektedir. Şema, Avrupa Birliği düzeyindeki genel çerçevenin düzenleyici ilkeler üzerinden ulusal strateji belgelerine, teknik ve veri altyapısına, piyasa ve sistem işletimine ve son kullanıcı uygulamalarına uzanan çok katmanlı bir uyum akışı oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Literatürde Öne Çıkan Veri Yaklaşımları ve Uygulama Eğilimleri

Talep tarafı yönetimi ve hanehalkı elektrik tüketiminin analizi konuları, son yıllarda enerji sistemlerinin dijitalleşmesi, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve kullanıcı katılımının artması ile birlikte literatürde geniş bir yer bulmuştur. Bu kapsamda çalışmalar genel olarak üç ana ekseninde yoğunlaşmaktadır: (i) zaman bazlı akıllı sayaç temelli tüketim izleme, (ii) cihaz bazlı yüksek çözünürlüklü veri üretimi ve (iii) toplam tüketim verisinden yük ayrıştırma (NILM) yaklaşımları.

Akıllı sayaç uygulamaları, özellikle Avrupa ülkelerinde zaman bazlı tüketim verisinin elde edilmesine imkân sağlayan temel altyapı bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Birleşik Krallık'taki akıllı sayaç yaklaşımı, tüketimin yarım saatlik (30 dakikalık) dönemler hâlinde izlenebilmesine dayalı bir yapı sunmakta; ayrıca akıllı sayaçların yaygınlaşması sayesinde kullanıcı davranışları, puant yük örüntüleri ve zaman kaydırma potansiyeli daha görünür hâle gelmektedir. Bu yaklaşımın ölçülebilir çıktıları yalnızca veri görünürlüğü ile sınırlı kalmamakta; kullanıcı davranışı, zaman bazlı tarife kullanımı ve tüketim tasarrufu gibi alanlarda da somut etkiler üretmektedir.

2025 üçüncü çeyrek itibarıyla Büyük Britanya'da 40 milyondan fazla akıllı sayaç ve uzaktan okunabilen gelişmiş ölçüm sistemi bulunduğu, bunların yaklaşık 37 milyonunun akıllı modda çalıştığı raporlanmaktadır⁹. Bu veri yapısı, tüketici tarafında yalnızca görünürlük sağlamamış; aynı zamanda akıllı zaman (time-of-use) tarifelerinin yaygınlaşmasına da zemin hazırlamıştır. Ofgem verilerine göre Temmuz 2025 itibarıyla akıllı zaman tarifelerinin kullanıcı sayısı 835.000'e ulaşmış, bunun 653.000'i elektrikli araç odaklı tarifelerden oluşmuştur. Aynı dönemde bu tarifelerde yıllık artış oranı %68, EV odaklı tarifelerde ise %84 olarak raporlanmıştır. Bu artış, akıllı sayaç altyapısının tüketicileri zaman bazlı fiyat sinyallerine ve esneklik odaklı tarife modellerine dahil etmede ölçeklenebilir bir zemin oluşturduğunu göstermektedir. Kullanıcı davranışı açısından da somut etkiler görülmektedir. Birleşik Krallık hükümeti, akıllı sayaç ve In-Home Display kullanan tüketicilerde yaklaşık %3 elektrik ve %2,2 gaz tasarrufu görüldüğünü belirtmektedir¹⁰. Bu yönüyle toplam tüketim düzeyindeki zaman bazlı veri, cihaz ayrıştırması sınırlı olsa da puant davranışının izlenmesi, yük kaydırma potansiyelinin değerlendirilmesi, kullanıcıya tüketim görünürlüğü sağlanması ve esneklik teşviklerinin tasarlanması bakımından işlevsel bir analitik temel sunmaktadır.

Buna karşılık, cihaz bazlı ve yüksek zaman çözünürlüklü veri üretimine odaklanan çalışmalar, tüketim davranışlarının daha ayrıntılı anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu alandaki en bilinen örneklerden biri olan Pecan Street yaklaşımı, 1 saniye ile 1 dakika aralığında değişen çözünürlükte ve devre düzeyinde veri üretimi sayesinde yük profilleri, eşzamanlı kullanım davranışları ve puant yük dinamiklerinin ayrıntılı biçimde analiz edilebildiğini göstermektedir. Pecan Street verisine dayalı konut esnekliği analizlerinde, başta EV şarjı, HVAC/iklimlendirme, su ısıtıcıları ve zamanlaması değişebilir büyük ev içi cihazlar olmak üzere seçili esnek yüklerin talep yanıtı (demand response) etkinliklerine katılma potansiyeli değerlendirilmiş; %20 katılımıyla iki saatlik etkinlikte yaklaşık 160 MWh azaltım potansiyeli hesaplanmıştır¹¹. Bu sonuç, yüksek çözünürlüklü verinin yalnızca veri toplama kapasitesi açısından değil, cihaz grubu bazlı esneklik ve talep azaltımı potansiyelinin ölçülmesi açısından da kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu veri yapısı; elektrikli araç şarjı, güneş/PV'den elektrik üretimi, HVAC yükleri ve büyük ev içi cihazlar gibi farklı yüklerin birlikte izlenmesine imkân vererek, hangi yüklerin puant

⁹ Association of Meter Operators. (2025, November 27). *Smart meter rollout hits 70% milestone across Great Britain*.

¹⁰ UK Government, Energy Security Bill factsheet: Smart metering, GOV.UK

¹¹ Afzalan & Jazizadeh, Residential loads flexibility potential for demand response using energy consumption patterns and user segments, Applied Energy.

oluşturduğu, hangi yüklerin eşzamanlı çalıştığı ve hangi kullanım örüntülerinin yük kaydırma potansiyeli taşıdığına ilişkin somut analiz çıktıları üretilebildiğini göstermektedir. Bu yönüyle yüksek çözünürlüklü veri, yalnızca teknik izleme değil; karşılaştırmalı yük analizi, senaryo bazlı değerlendirme ve talep esnekliği tasarımı açısından kritik bir araç hâline gelmektedir.

Benzer şekilde REDD, UK-DALE, AMPds, DRED, PLAID, BLUED, COOLL ve WHITED gibi veri setleri de cihaz bazlı veya alt ölçüm içeren yapılarıyla NILM ve davranış analizi çalışmalarında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu veri setlerinin katkısı, yalnızca kaç evden veya hangi çözünürlükte veri toplandığını göstermek değildir. Asıl katkı, toplam yük eğrisinden cihaz bazlı tüketim örüntülerinin ayrıştırılabilmesi, standby yüklerinin belirlenebilmesi, cihaz açma-kapama davranışlarının tanımlanabilmesi ve yük ayrıştırma algoritmalarının doğruluk, F1-score¹², hata oranı ve tahmin başarısı gibi metriklerle test edilebilmesidir.

Toplam tüketim verisinden cihaz bazlı ayrıştırma yapılmasını amaçlayan Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) yaklaşımı ise literatürde önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. NILM yöntemleri, ek donanım gerektirmeden mevcut sayaç verisi üzerinden cihaz kullanımını tahmin etmeyi hedeflemektedir. UK-DALE kullanılan bazı NILM çalışmalarında cihaz kullanımını doğru ayrıştırma başarısını gösteren F1-score'da ortalama %11 iyileşme ve tahmin hatasını gösteren ortalama mutlak hata değerinde %18 azalma raporlanmıştır¹³. REDD veri seti kullanılan çalışmalarda ise cihaz ayrıştırma performansı doğruluk ve F1-score gibi metriklerle ölçülmüş; bazı çalışmalarda %94,6'ya varan doğruluk sonuçları raporlanmıştır¹⁴. Bu sonuçlar doğrudan enerji tasarrufu veya puant azaltımı çıktısı değil; cihaz bazlı tüketim davranışının ne ölçüde doğru ayrıştırılabildiğini gösteren analitik doğrulama çıktılarıdır.

Literatürde ayrıca gerçek saha koşullarına daha yakın pilot uygulamalar da öne çıkmaktadır. Bu bağlamda SmartNIALMeter projesi, rapor kapsamındaki pilot yaklaşıma en yakın örneklerden biridir. SmartNIALMeter veri seti; 20 bina, toplam 100 elektrikli cihaz, 5 saniyelik örnekleme aralığı ve 2 yıla kadar uzanan kayıt süresi ile hem toplam tüketim hem de alt ölçüm verisini birlikte sunmaktadır¹⁵. Veri setinin ısı pompası ve elektrikli araç şarj istasyonu gibi esnek yükleri içermesi, bu tür çalışmaların talep tarafı yönetimi ve şebeke dengeleme açısından önemini artırmaktadır. Bu yönüyle SmartNIALMeter, yalnızca NILM algoritmalarının geliştirilmesi için değil, aynı zamanda esnek yüklerin davranışının gerçek konut koşullarında incelenmesi için de güçlü bir örnek oluşturmaktadır.

Bununla birlikte mevcut literatürde bazı önemli sınırlılıklar da bulunmaktadır. Birçok çalışma sınırlı sayıda hane ile yürütülmekte, veri setleri kısa süreli ölçümler içermekte

¹² F1-score, makine öğrenmesi ve sınıflandırma modellerinde kullanılan bir performans göstergesidir. NILM bağlamında, modelin toplam tüketim verisi içinden bir cihazın çalışıp çalışmadığını ne kadar doğru tespit ettiğini gösterir. Değer 0 ile 1 arasında veya yüzde olarak ifade edilir; değerın yükselmesi, cihaz kullanımının daha doğru ayrıştırıldığını gösterir (Scikit-learn developers. (n.d.). *sklearn.metrics.f1_score*)

¹³ Langevin et al., Energy disaggregation using variational autoencoders, Energy and Buildings.

¹⁴ Abbasi et al., Energy disaggregation & appliance identification in a smart home using transfer learning, arXiv.

¹⁵ The 'SmartNIALMeter' electrical appliance disaggregation dataset, Data in Brief / Zenodo.

veya cihaz etiketleme bakımından eksiklikler barındırmaktadır. Ayrıca veri setlerinin çoğu belirli coğrafi bölgelerle sınırlı olup, farklı iklim, tüketim alışkanlıkları ve şebeke koşullarını yeterince temsil edememektedir. Bu durum, elde edilen bulguların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Literatürde veri setlerinin kısa süreli veya eksik etiketli olması ve NILM değerlendirme metodolojilerindeki standartlaşma eksikliği ortak zorluk alanları olarak öne çıkmaktadır¹⁶.

Tablo 8. Literatürde Öne Çıkan Veri Yaklaşımları, İzlenen Parametreler ve Analiz Çıktıları

Veri Yaklaşımı / Uygulama Örneği	Veri Toplama ve Ölçüm Yapısı	İzlenen Parametreler ve Analiz Değişkenleri	Ölçülebilir Çalışma Çıktıları	Talep Tarafı Yönetimi Açısından Değerlendirme Katkısı
Birleşik Krallık akıllı sayaç yaklaşımı	Toplam tüketim, 30 dakikalık zaman bazlı veri	Tüketim zamanı, puant saat davranışı, zaman tarife kullanımı, kullanıcı tüketim görünürlüğü	Büyük Britanya’da 2025 üçüncü çeyrek itibarıyla 40 milyondan fazla akıllı sayaç ve uzaktan okunabilen gelişmiş ölçüm sistemi bulunduğu; yaklaşık 37 milyon sayacın akıllı modda çalıştığı raporlanmaktadır. Temmuz 2025 itibarıyla akıllı zaman tarifesini kullanıcı sayısı 835.000’e, EV odaklı tarife kullanıcı sayısı ise 653.000’e ulaşmıştır. Akıllı sayaç ve ev içi tüketim gösterim ekranı uygulamalarında ölçülebilir tüketim tasarrufu raporlanmıştır.	Kullanıcı farkındalığı, zaman bazlı tarife tasarımı, yük kaydırma potansiyeli ve esneklik teşviklerinin değerlendirilmesi
Pecan Street	Cihaz / devre düzeyi yüksek çözünürlüklü veri	EV şarjı, PV üretimi, HVAC yükleri, büyük ev içi cihazlar, eşzamanlı kullanım, puant yük katkısı	Cihaz/devre düzeyi veri kullanılarak EV şarjı, HVAC/iklimlendirme, PV üretimi ve büyük ev içi cihazların puant yük, eşzamanlılık ve yük kaydırma etkileri ayrıştırılabilmektedir. Seçili esnek yüklerin %20 katılımı ile iki saatlik talep yanıtı etkinliğinde yaklaşık 160 MWh azaltım potansiyeli hesaplanmıştır ¹⁷ . Pecan Street Smart Cooling analizinde ise akıllı soğutma teknolojileri ve kullanıcı davranışı birlikte değerlendirildiğinde soğutma talebinde baz senaryoya göre %34,3 azalma potansiyeli ortaya konmuştur ¹⁸ .	Cihaz katkısı, yük çıkışması, puant etkisi, özel yük davranışı ve yük kaydırma potansiyelinin ayrıntılı analizi
REDD / UK-DALE / AMPds ve benzeri veri setleri	Toplam + alt ölçüm / cihaz bazlı veri	Cihaz açılma-kapanma örüntüleri, standby yükleri, baz yük, eşzamanlı kullanım, cihaz tüketim profilleri	REDD veri seti 6 ev; UK-DALE 5 ev, yaklaşık 6 saniyelik toplam tüketim verisi ve bazı evlerde 1 saniyelik cihaz düzeyi veri; AMPds yaklaşık 2 yıllık ve 1 dakikalık ölçüm verisi sunmaktadır	NILM algoritmaları, cihaz ayrıştırma, davranış analizi, enerji verimliliği ve yüksek tüketimli yüklerin belirlenmesi
NILM yaklaşımı	Toplam veriden yazılım tabanlı cihaz ayrıştırma	Toplam yük eğrisi, cihaz imzaları, açma-kapama olayları, model doğruluğu, F1-score / hata metrikleri	Çalışmalarda performans; F1-score, doğruluk, hata oranı ve cihaz bazlı ayrıştırma başarıları gibi metriklerle ölçülmektedir. Başarı düzeyi veri çözünürlüğüne, cihaz tipine, etiketli veri kalitesine ve kullanılan modele göre değişmektedir	Ek donanım gerektirmeden cihaz davranışlarının tahmini; veri çözünürlüğüne bağlı yük ayrıştırma ve DSM analitiği
SmartNIALMeter	Toplam + alt ölçüm, yüksek çözünürlüklü saha verisi	Isı pompası, EV şarjı, cihaz bazlı tüketim, toplam tüketim, 5 saniyelik örnekleme	20 bina; yaklaşık 100 elektrikli cihaz; 5 saniyelik örnekleme aralığı; 2 yıla kadar uzanan kayıt süresi; Veri seti, ısı pompası ve EV şarj istasyonu gibi esnek yükleri içermekte; doğrudan tasarruf veya puant azaltımı sonucu sunmaktan ziyade cihaz bazlı yük profili çıkarımı, esnek yük ayrıştırması ve NILM algoritmalarının saha verisiyle doğrulanması için analitik çıktı sağlamaktadır.	Esnek yüklerin gerçek konut koşullarında incelenmesi, NILM doğrulanması ve şebeke etkisi analizleri
Proje kapsamında gerçekleştirilecek pilot uygulama	33 hanede zaman ve cihaz bazlı saha ölçümü	EV, PV/batarya, klima/elektrikli ısıtma, yüksek cihaz yoğunluğu, doluluk, konut tipi, tüketim zamanı	33 hane; hane başına 10 ölçüm noktası; en az 6 ay izleme; EV, PV/batarya, klima, standby, baz yük ve eşzamanlı kullanım gibi başlıklarda hane ve cihaz grubu bazlı ölçüm	Puant yük, yük kaydırma, standby tüketim, öz tüketim, eşzamanlılık, kullanıcı davranışı ve karşılaştırmalı hane analizi üretimi

¹⁶ NILM applications: Literature review of learning approaches, recent developments and challenges. (2022). Energy and Buildings.

¹⁸ Pecan Street, Smart Cooling: Leveraging Technology and Behavior to Stay Cool and Reduce Energy Demand.

Tablo 8’de görüldüğü üzere, literatürdeki veri yaklaşımları aynı türde sonuç üretmemektedir. Akıllı sayaç ve kullanıcı geri bildirimi uygulamaları doğrudan tüketim tasarrufu gibi sonuçlar üretirken; REDD, UK-DALE, AMPds, NILM ve SmartNIALMeter gibi veri setleri daha çok cihaz ayrıştırma, yük profillemeye ve analitik doğrulama kapasitesi sağlamaktadır.

4.2 AB Akıllı Hazırlık Göstergesi (Smart Readiness Indicator - SRI) Yaklaşımı

Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen Akıllı Hazırlık Göstergesi (SRI), binaların akıllı teknolojileri kullanma ve enerji sistemleriyle daha etkileşimli çalışabilme kapasitesini ölçmeye yönelik bir araçtır. Bu yaklaşım, binaları yalnızca enerji tüketen pasif yapılar olarak değil; enerji verimliliği, kullanıcı konforu, esneklik, otomasyon ve şebeke ile etkileşim bakımından aktif bileşenler olarak değerlendirmektedir. Avrupa Komisyonu çerçevesinde SRI, bir binanın enerji verimliliğini optimize etme, kullanıcı ihtiyaçlarına uyum sağlama ve şebeke sinyallerine cevap verebilme kapasitesini değerlendiren bir yapı olarak tanımlanmaktadır. Değerlendirme ayrıca ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma, aydınlatma, elektrik, elektrikli araç şarjı ile izleme ve kontrol dâhil birden fazla teknik alanı kapsamaktadır.

Bu yaklaşımın talep tarafı yönetimi açısından önemi, özellikle hane ve bina ölçeğindeki dijital hazırlık düzeyini görünür kılmasından kaynaklanmaktadır. Bir binanın ya da konutun enerji tüketimini izleme, otomatik kontrol mekanizmaları kullanma, kullanıcı geri bildirimi üretme ve şebeke koşullarına göre tepki verebilme kapasitesi, talep tarafı uygulamalarının başarısında belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle Akıllı Hazırlık Göstergesi, talep tarafı yönetimi çalışmalarında son kullanıcı tarafındaki teknik ve dijital hazırlığın değerlendirilmesi bakımından önemli bir referans sunmaktadır.

SRI yaklaşımında esas olarak binanın ya da yapı biriminin “hazırlık düzeyi” değerlendirilmektedir; yani hangi akıllı hizmetleri barındırdığı, bu hizmetlerin hangi işlevleri yerine getirebildiği ve kullanıcı ile şebeke ile ne ölçüde etkileşim kurabildiği ölçülmektedir. Bu yönüyle SRI, doğrudan yüksek çözünürlüklü cihaz verisi üretmeye dayalı bir ölçüm yaklaşımından farklıdır. Başka bir ifadeyle SRI, hane içi tüketimin cihaz kırılımında nasıl gerçekleştiğini doğrudan göstermemekte; bunun yerine, böyle bir etkileşimli ve esnek kullanım yapısına ne ölçüde hazır olduğunu değerlendirmektedir.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, bu gösterge doğrudan uygulanacak bir mevzuat aracı olmaktan çok, hane ve bina ölçeğinde talep tarafı uygulamalarına hazırlık düzeyini anlamaya yardımcı olan kavramsal bir çerçeve niteliği taşımaktadır. Özellikle akıllı ölçüm, uzaktan kontrol, yük yönetimi, otomasyon ve kullanıcı geri bildirimi gibi unsurlar bakımından yol gösterici bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Bu rapor kapsamında önerilen pilot uygulama ise SRI’den farklı olarak, hazırlık düzeyini ölçmekten ziyade doğrudan hanehalkı tüketim verisi üretmeyi, bu verileri zaman ve mümkün olduğunca cihaz temelli örüntüler üzerinden analiz etmeyi ve talep esnekliği potansiyelini sahada gözlemlemeyi amaçlamaktadır. Dolayısıyla SRI, bu çalışma için doğrudan bir uygulama modeli değil; son kullanıcı tarafındaki dijital hazırlığın hangi boyutlarda değerlendirilmesi gerektiğini gösteren bir referans çerçevedir.

4.3 Avrupa Enerji Düzenleyicileri İş Birliği Ajansının Talep Katılımı Yaklaşımı

Avrupa Enerji Düzenleyicileri İş birliği Ajansı tarafından geliştirilen talep katılımı yaklaşımı, Avrupa elektrik piyasalarında talep tarafının sisteme daha etkin biçimde katılmasına yönelik ortak ilke ve kuralların geliştirilmesine temel oluşturmaktadır. Bu çerçevede; talep katılımı, toplayıcılık, depolama ve yük azaltımı gibi unsurları birlikte ele almakta; talep tarafı kaynaklarının piyasalara ayırım gözetmeksizin katılabilmesini ve yeni piyasa aktörlerinin önündeki yapısal engellerin azaltılmasını hedeflemektedir. ACER'in 2025 tarihli talep katılımı ağ kodu önerisi de bu yaklaşımı daha somut hâle getirmiş; talep tarafı, toplayıcılık modelleri, veri erişimi ve ayırım gözetmeyen piyasa katılımı gibi başlıkların Avrupa düzeyinde daha net kurallarla desteklenmesini amaçlamıştır.

Bu yaklaşımın temel özelliklerinden biri, talep tarafı kaynaklarının sistem içinde ikincil ya da tamamlayıcı bir araç olarak değil, piyasa tasarımının doğal bir parçası olarak ele alınmasıdır. Böylece kullanıcılar, küçük ölçekli üreticiler ve toplayıcılar gibi aktörlerin sistem hizmetlerine katılımı için daha kapsayıcı ve erişilebilir bir yapı öngörülmektedir. Bu çerçevede “ne yapıldı?” sorusunun cevabı, talep katılımının yalnızca teknik bir yük yönetimi aracı olmaktan çıkarılıp piyasa tasarımı, veri erişimi ve toplayıcılık modelleriyle birlikte ele alınmasıdır. “Veri çözünürlüğü ne?” sorusunun cevabı ise, bu yaklaşımın doğrudan belirli bir zaman çözünürlüğü standardı tanımlamaktan çok, veri erişiminin, ölçüm doğruluğunun ve piyasa işlemlerine uygun izleme altyapısının güçlendirilmesine odaklanmasıdır.

Bu yaklaşımda özellikle üç unsur öne çıkmaktadır. Bunlardan ilki, güçlü ve anlaşılır fiyat sinyalleridir. İkincisi, ölçüm ve veri erişimi altyapısının güçlendirilmesidir. Üçüncüsü ise, toplayıcıların ve küçük ölçekli esneklik kaynaklarının pazara girişini kolaylaştıran düzenleyici yapıların geliştirilmesidir. Bu durum, talep tarafı yönetiminin yalnızca teknik değil, aynı zamanda düzenleyici ve piyasa tasarımıyla doğrudan ilişkili bir alan olduğunu açık biçimde göstermektedir. Bu projeden farkı ise burada ortaya çıkmaktadır: ACER yaklaşımı esas olarak piyasa erişimi, toplayıcılık modeli ve veri yönetimi ilkeleri üzerinde dururken; bu rapor kapsamında önerilen çalışma, hane düzeyinde yüksek çözünürlüklü tüketim verisinin üretilmesi, analiz edilmesi ve sahadaki esneklik potansiyelinin gözlemlenmesine odaklanmaktadır. Başka bir ifadeyle ACER yaklaşımı piyasa tasarımını güçlendirirken, bu proje o tasarımın ihtiyaç duyacağı mikro veri zeminini oluşturmaktadır.

4.4 Türkiye İçin Temel Çıkarımlar

Uluslararası çerçeve Türkiye için birden fazla düzeyde çıkarım sunmaktadır. İlk olarak, talep tarafı yönetiminin başarılı biçimde uygulanabilmesi için teknik altyapı, veri erişimi ve düzenleyici açıklığın birlikte geliştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Bu bölümde uluslararası örnekler, veri toplama kapasitesi bakımından değil, talep tarafı yönetimi açısından ürettikleri ölçülebilir sonuçlar bakımından değerlendirilmiştir. Böylece pilot uygulamadan elde edilecek çıktıların hangi uluslararası bulgularla karşılaştırılabileceği daha açık biçimde ortaya konulmaktadır. Öne çıkan uluslararası örneklerde dikkate alınan uygulama alanları, ölçülebilir sonuçlar, düzenleme/tarife bağlantıları ve Türkiye açısından temel çıkarımlar Tablo 9'de özetlenmektedir.

Tablo 9. Uluslararası Örneklerde Veri Yaklaşımı ve Türkiye İçin Temel Çıkarımlar

Uygulama / Çalışma	Müdahale / Uygulama Alanı	Ölçülebilir Uygulama Sonucu	Düzenleme / Tarife / Teşvik Bağlantısı	Türkiye İçin Değerlendirme Katkısı
Birleşik Krallık akıllı sayaç ve ev içi tüketim gösterim ekranı uygulaması	Akıllı sayaç, zaman bazlı tüketim görünürlüğü, kullanıcı geri bildirimi	Akıllı sayaç ve ev içi tüketim gösterim ekranı kullanan tüketicilerde yaklaşık %3 elektrik ve %2,2 gaz tasarrufu raporlanmıştır.	Akıllı sayaç yaygınlaştırma, kullanıcı bilgilendirme araçları, zaman bazlı tüketim görünürlüğü	Türkiye’de kullanıcı görünürlüğü ve geri bildirim mekanizmalarının enerji tasarrufu ve davranış değişikliği üzerindeki etkisinin test edilmesi için referans sağlar.
NREL konut tipi akıllı EV şarj çalışması	Elektrikli araç şarjının akıllı yönetimi	Akıllı EV şarj stratejisi, EV kaynaklı günlük puant talebi 45 kW’tan 34 kW’a düşürerek yaklaşık %23 azaltmıştır ¹⁹ .	Akıllı şarj, zamanlama optimizasyonu, konut tipi enerji yönetim sistemi	Türkiye pilotunda EV şarjı bulunan hanelerde kontrolsüz ve zaman kaydırılmış şarj senaryolarının karşılaştırılmasına referans oluşturur.
Konut tipi klima / yaz dönemi talep azaltımı çalışmaları	Klima ve elektrikli soğutma yüklerinin talep yanıtı potansiyeli	Konut tipi klima yüklerinin bazı koşullarda toplam puant talebin yaklaşık %9’una kadar talep azaltım potansiyeli sunduğu belirtilmektedir ²⁰ .	Cihaz bazlı talep azaltımı, yaz puantı yönetimi, soğutma yükü kontrolü	Sıcak/nemli iklim bandındaki hanelerde klima kaynaklı puant etkisinin ve yük azaltım potansiyelinin değerlendirilmesine referans sağlar.
Dinamik fiyatlandırma ve kritik puant fiyatlandırması çalışmaları	Zaman bazlı tarife, kritik puant fiyatlandırması, etkileştirici teknolojiler	Zaman bazlı tarifelerde %3–6, kritik puant fiyatlandırmasında %13–20, etkileştirici teknolojilerle desteklenen kritik puant fiyatlandırmasında ise %27–44 aralığında puant talep azaltımı raporlanmıştır ²¹ .	Fiyat sinyali, kritik puant tarifesini, otomasyon ve kullanıcı tepkisi	Türkiye’de zaman bazlı tarife, fiyat sinyali ve talep kaydırma mekanizmalarının tasarımında karşılaştırma sağlar.
SMUD SmartPricing Options pilotu	Zaman ve kritik puant fiyatlandırması	TOU uygulamalarında opt-in müşterilerde %10–13, default katılımcılarda %6–8 puant azaltımı; bazı kritik puant fiyatlandırması uygulamalarında yaklaşık %25 yük azaltımı raporlanmıştır ²² .	Zaman bazlı tarife, kritik puant fiyatlandırması, kullanıcı katılım modeli	Pilot uygulamada tarife duyarlılığı ve kullanıcı segmentasyonu analizlerinin hangi göstergelerle yapılabileceğini gösterir.
IEA talep yanıtı verileri	Talep yanıtı programları, sistem ölçeğinde puant yönetimi	ABD’de 2021 yılında talep yanıtı programları 29 GW puant talep tasarrufu potansiyeli, 10 milyondan fazla müşteri katılımı ve 1.154 GWh enerji tasarrufu sağlamıştır ²³ .	Talep yanıtı programları, sistem işletimi, kullanıcı katılımı	Türkiye’de talep tarafı kaynaklarının ölçeklenebilir uygulamalarla sistem düzeyinde katkı sağlayabileceğini gösterir.
Darby geri bildirim literatürü	Doğrudan / sık tüketim geri bildirimi	Doğrudan veya sık geri bildirim mekanizmalarının hane enerji tüketiminde yaklaşık %5–15 tasarruf potansiyeli oluşturabildiği değerlendirilmektedir ²⁴ .	Kullanıcı bilgilendirme, tüketim görünürlüğü, davranışsal müdahale	Pilot uygulamada kullanıcı farkındalığı ve geri bildirim mekanizmalarının sosyal etki analizine bağlanmasına referans sağlar.
OPOWER / Home Energy Report uygulamaları	Sosyal karşılaştırma ve kişiselleştirilmiş enerji raporları	600.000 hane üzerinde yapılan saha deneylerinde ortalama yaklaşık %2 enerji tüketimi azalımı raporlanmıştır ²⁵ .	Davranışsal teşvik, sosyal norm, kişiselleştirilmiş tüketim raporu	Türkiye’de hane profillerine göre hedefli bilgilendirme ve davranışsal teşvik tasarımı için referans oluşturur.
Ev içi tüketim gösterim ekranı ve sosyal norm geri bildirimi çalışmaları	Gerçek zamanlı tüketim geri bildirimi, sosyal norm karşılaştırması	Sosyal norm temelli ev içi tüketim gösterim ekranı geri bildirimiyle ilk haftada yaklaşık %9, üç aylık dönemde yaklaşık %7 daha düşük elektrik tüketimi gözlenmiştir ²⁶ .	Ev içi tüketim gösterim ekranı, sosyal norm, kullanıcı farkındalığı	Kullanıcı davranış değişikliğinin kısa ve orta vadede ölçülebileceğini gösterir.

¹⁹ Blonsky, Munankarmi & Balamurugan, Incorporating Residential Smart Electric Vehicle Charging in Home Energy Management Systems, NREL

²⁰ Malik, Haghdadi, MacGill & Ravishankar, Appliance level data analysis of summer demand reduction potential from residential air conditioner control, Applied Energy.

²¹ Faruqui & Sergici, Household response to dynamic pricing of electricity: A survey of 15 experiments, Journal of Regulatory Economics.

²² American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE). (2016). *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings – Proceedings Paper (No: 6_823)*.

²³ International Energy Agency (IEA). (2023). *Demand Response*.

²⁴ Darby, S. (2006). *The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption: A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays*. Environmental Change Institute, University of Oxford.

²⁵ Allcott, H. (2011). *Social norms and energy conservation*. Journal of Public Economics, 95(9–10), 1082–1095.

²⁶ Faruqui, A., Sergici, S., & Sharif, A. (2015). *The impact of informational feedback on energy consumption—A survey of the experimental evidence*. Energy, 93, 1449–1461.

Uygulama / Çalışma	Müdahale / Uygulama Alanı	Ölçülebilir Uygulama Sonucu	Düzenleme / Tarife / Teşvik Bağlantısı	Türkiye İçin Değerlendirme Katkısı
Gerçek zamanlı tüketim geri bildirim çalışması	Akıllı sayaç verisine dayalı gerçek zamanlı enerji geri bildirim	800'den fazla haneyi kapsayan çalışmada %2,2 elektrik, %6,9 doğal gaz ve toplam %5,8 enerji tasarrufu sağlanmıştır ²⁷ .	Gerçek zamanlı geri bildirim, enerji tüketim monitörü, davranışsal müdahale	Türkiye pilotunda kullanıcıya geri bildirim verilmesi halinde tüketim davranışındaki değişimin ölçülebileceğine referans sağlar.
Roberts et al. – PV ve paylaşımlı batarya	Apartman yapılarında PV üretimi, merkezi batarya ve öz tüketim yönetimi	2–3 kWh/apartman ölçeğinde batarya ile öz tüketim %19'a kadar, öz yeterlilik %12'ye kadar artmakta; bina puant talebi %30'a kadar azalmaktadır.	Dağıtık üretim, batarya, yerel esneklik, öz tüketim yönetimi	PV/batarya bulunan hanelerde öz tüketim, net şebeke çekişi, batarya kullanımı ve puant etkisinin değerlendirilmesine referans sağlar.
NREL EV zaman bazlı tarife riski çalışması	EV şarjının zaman bazlı tarifeye otomatik yanıtı	Çoğunluk şarjın yüksek fiyat döneminin hemen sonrasında başlaması halinde dağıtım sistemlerinde puant talebin %20'ye kadar artabileceği gösterilmiştir ²⁸ .	Zaman bazlı tarife, EV şarj yönetimi, yerel şebeke etkisi	Tarife tasarımıyla yük kaydırmanın yeni bir yerel puant oluşturmaması için düzenleyici dikkat ihtiyacını gösterir.
Pecan Street verisine dayalı konut esnekliği analizi	Cihaz/devre düzeyi veriyle konut esnekliği ve talep yanıtı analizi	Seçili esnek yüklerin %20 katılımı ile iki saatlik talep yanıtı etkinliğinde yaklaşık 160 MWh azaltım potansiyeli hesaplanmıştır.	Cihaz bazlı esneklik analizi, konut tipi talep yanıtı, yük kaydırma	Pilot uygulamada cihaz grubu bazlı esneklik potansiyelinin ve yük kaydırma kapasitesinin ölçülmesi için referans sağlar.
Hanehalkı talep yönetimi potansiyeli - pilot uygulama	EV, PV/batarya, klima/elektrikli ısıtma, yüksek cihaz yoğunluğu, doluluk, konut tipi, tüketim zamanı, kullanıcı davranışı	33 hane, hane başına 10 ölçüm noktası ve en az 6 aylık izleme ile hane bazlı puant katkısı, yük kaydırma potansiyeli, standby tüketim, öz tüketim, eşzamanlılık ve kullanıcı davranışı göstergeleri üretilecektir.	Pilot uygulama, veri temelli DSM, şebeke planlama, tarife/teşvik ve düzenleyici öğrenme	Türkiye'de eksik olan yüksek çözünürlüklü ve mümkün olduğunca cihaz kırılımlı hane verisini ölçülebilir karar destek çıktısına dönüştürmek için başlangıç zeminini oluşturur.

Tablo 9 uluslararası uygulama ve literatür örneklerinin talep tarafı yönetimi açısından farklı türde ölçülebilir sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Akıllı sayaç, ev içi tüketim gösterim ekranı, dinamik fiyatlandırma, EV şarj yönetimi, klima kontrolü ve talep yanıtı programları doğrudan enerji tasarrufu, puant azaltımı veya yük kaydırma çıktıları üretmektedir. Buna karşılık Pecan Street gibi yüksek çözünürlüklü veri setleri, bu etkilerin cihaz ve yük grubu düzeyinde ayrıştırılabilmesine imkân vermektedir. Bu ayrım, Türkiye'de önerilen pilot uygulamanın yalnızca veri toplama çalışması olarak değil; uluslararası örneklerle karşılaştırılabilir ölçülebilir talep tarafı yönetimi çıktıları üretecek bir karar destek zemini olarak kurgulanması gerektiğini göstermektedir.

İkinci olarak, dağıtım şirketlerinin rolü klasik şebeke işletimi sınırlarının ötesine geçmektedir. Uluslararası örneklerde dağıtım şirketleri; yerel esneklik ihtiyacını tanımlayan, veri temelli karar desteği üreten ve kullanıcı tarafı uygulamaları ile şebeke ihtiyaçlarını ilişkilendiren aktörler olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de de benzer biçimde, dağıtım şirketlerinin özellikle yerel şebeke koşulları ve fider bazlı ihtiyaçlar bakımından daha etkin bir rol üstlenmesi gerekecektir.

Üçüncü olarak, kullanıcı tarafında görünür fayda ve anlaşılır teşvik mekanizmaları kurulmadığı sürece talep tarafı katılımının sınırlı kalacağı anlaşılmaktadır. Bu durum, kullanıcı arayüzleri, bilgilendirme mekanizmaları, veri görünürlüğü ve fiyat sinyallerinin talep tarafı uygulamalarında yalnızca tamamlayıcı unsurlar değil, doğrudan uygulama başarısını belirleyen bileşenler olduğunu göstermektedir.

²⁷ Boomsma, M., Vringer, K., & van Soest, D. (2025). *The impact of real-time energy consumption feedback on residential gas and electricity usage*. Journal of Environmental Economics and Management, 132, 103163.

²⁸ Roberts, M. B., Bruce, A., & MacGill, I. (2019). *Impact of shared battery energy storage systems on photovoltaic self-consumption and electricity bills in apartment buildings*. Applied Energy, 245, 78–95.

Bu değerlendirmeler ışığında Türkiye açısından en kritik sonuç, talep tarafı yönetimi uygulamalarının önündeki temel darboğazlardan birinin yüksek çözünürlüklü ve mümkün olduğunca cihaz kırılımlı hane verisinin sınırlı olmasıdır. Mevcut yapı büyük ölçüde sayaç temelli toplam tüketim verisine dayanmakta; bu durum cihaz bazlı yük örüntülerinin, eşzamanlı kullanım davranışlarının, puant yük dinamiklerinin ve esneklik potansiyelinin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesini sınırlandırmaktadır.

Sonuç olarak Türkiye’de talep katılımı yaklaşımı yalnızca altyapı yatırımı olarak değil; veri yönetimi, kullanıcı katılımı, operasyonel koordinasyon, yerel şebeke ihtiyaçları ve düzenleyici çerçevenin birlikte tasarlanmasını gerektiren bütüncül bir dönüşüm alanı olarak ele alınmalıdır. Bu bölümde ortaya konulan çıkarımlar, izleyen bölümde ulusal mevzuat ve Avrupa Birliği çerçevesi ile birlikte değerlendirilerek Türkiye açısından daha somut bir uyum ve uygulama zemini içinde ele alınmaktadır.

4.5 Ulusal Mevzuat ve AB Direktifleri Açısından Uyum Çerçevesi

Türkiye’de son dönemde yayımlanan politika belgeleri ve sektörel düzenlemeler, talep tarafı yönetimi açısından kurumsal ve düzenleyici zeminin oluşmaya başladığını göstermektedir. Bu kapsamda ETKB Stratejik Planı (2024–2028), II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, Elektrik Piyasasında Toplayıcılık Faaliyeti Yönetmeliği, akıllı sayaçlara ilişkin düzenleme süreci ve TEİAŞ’ın talep tarafı katılımına yönelik uygulama adımları birlikte değerlendirildiğinde, bu alanda giderek daha görünür bir kurumsal yönelim olduğu söylenebilir.

Bu çerçevede ulusal düzenlemeler, ölçüm altyapısının geliştirilmesi, veri işleme ve erişim süreçlerinin tanımlanması, yeni piyasa aktörlerinin sisteme katılımı ve talep tarafı kaynaklarının daha organize biçimde değerlendirilmesi bakımından önemli bir başlangıç zemini sunmaktadır. Bununla birlikte, uygulamanın yaygın ve ölçeklenebilir hâle gelmesi için veri erişimi, kullanıcı hakları, zaman bazlı fiyat sinyalleri, dağıtım şirketlerinin rolü ve yerel esneklik hizmetleri gibi alanlarda daha ayrıntılı uygulama çerçevelerine ihtiyaç bulunmaktadır.

Avrupa Birliği tarafında ise elektrik piyasasına ilişkin direktifler ile enerji verimliliği direktifleri, tüketici merkezli, esnek ve şeffaf bir piyasa yapısını desteklemekte; talep katılımı, toplayıcılık, veri erişimi ve enerji verimliliği başlıklarını ortak bir sistem mantığı içinde ele almaktadır. Türkiye’nin mevcut yapısı bu direktiflerle tam uyumlu bir noktada değerlendirilemeye de son yıllarda atılan adımların uyum yönünde bir yakınsama eğilimi taşıdığı görülmektedir. ACER’in 2025 talep katılımı şebeke kodu önerisi de veri erişimi, toplayıcılık modelleri ve ayırım gözetmeyen piyasa katılımı bakımından AB yaklaşımının daha uygulamalı bir yöne evrildiğini göstermektedir.

Bu nedenle, uluslararası çerçevede öne çıkan başlıklar ile Türkiye’deki güncel düzenleyici gelişmeler arasındaki ilişkinin karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Karşılaştırmalı görünüm Tablo 10’da özetlenmektedir. Bu bölümün temel sonucu, Türkiye’de düzenleyici başlangıç zemininin oluşmaya başladığı; ancak veri temelli talep tarafı yönetimi uygulamaları için gerekli yüksek çözünürlüklü ölçüm, kullanıcıya dönük fiyat ve teşvik sinyalleri, veri erişim standartları ve uygulama rehberliği bakımından henüz önemli boşlukların sürdüğüdür.

Tablo 10. Uluslararası ve Ulusal Çerçevenin Karşılaştırmalı Özeti

Değerlendirme Başlığı	Uluslararası Çerçevede Öne Çıkan Unsur	Türkiye'deki Mevcut Durum / Gelişme	Değerlendirme
Son kullanıcı hazırlığı ve dijitalleşme	Akıllı Hazırlık Göstergesi yaklaşımı ile bina ve hane düzeyinde dijital hazırlığın ölçülmesi	Akıllı sayaç yaygınlaştırma süreci ve dijital ölçüm altyapısına yönelik gelişmeler sürmektedir ²⁹	Teknik zemin oluşmaktadır; ancak son kullanıcı düzeyinde yaygın ve bütüncül dijital hazırlık henüz sınırlıdır. Türkiye'de de Avrupa'da uygulanan "Akıllı Hazırlık Göstergesi" gibi tanımlamaya ihtiyaç vardır. Böyle bir tanımlama, Türkiye'de özellikle de hanehalkı talep tarafı uygulamalarında en önemli bariyerlerden olan "talep yönetimi uygulama ve potansiyelinde farkındalık" probleminin çözümüne katkı sağlayacaktır.
Talep katılımı ve toplayıcılık	Talep katılımı, toplayıcılık ve depolamanın piyasa tasarımının doğal parçası olarak ele alınması	Toplayıcılık Yönetmeliği ile yeni piyasa aktörünün çerçevesi tanımlanmıştır	Kurumsal yapı oluşmaya başlamıştır; ancak uygulama derinliği ve yaygınlığı geliştirilmeye açıktır. Nisan 2026'da çıkan Yönetmelikle Türkiye'de artık saatlik uzlaşmaya geçilmesi, talep yönetiminde hane halklarına ve toplayıcılara önemli fırsatlar vereceği değerlendirilmektedir.
Veri erişimi ve fiyat sinyalleri	ACER'in 2025 tarihli talep katılımı bariyerlerinin kaldırılmasına yönelik önerilerinde veri erişimi, akıllı sayaç ve güçlü fiyat sinyalleri öne çıkmaktadır	Ölçüm, veri işleme ve erişim alanında gelişmeler olmakla birlikte, zaman bazlı fiyat sinyalleri ve veri erişim açıklığı sınırlıdır	Türkiye'de öncelikli geliştirme alanlarından biri veri erişimi ve fiyat sinyallerinin güçlendirilmesidir. Örneğin Türkiye'deki elektrik piyasasında henüz negatif fiyat uygulaması yoktur (piyasa takas taban fiyatı sıfırdır) ve fiyat tavan uygulaması vardır (price cap). Her iki uygulama da talep yönetimi potansiyelinin ortaya çıkmasında önemli birer engeldir.
Enerji verimliliği ve politika yönü	AB enerji verimliliği yaklaşımı, esneklik ve tüketici katılımını bütünleşik biçimde ele almaktadır	ETKB 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı politika yönünü ortaya koymaktadır	Enerji verimliliğinde güçlü politikalar ve bu politikaları destekleyen eylem planları mevcuttur. Fakat bu politikalarda talep tarafı uygulamaları enerji verimliliğinin bir bileşeni olarak tanımlanmamıştır. Talep tarafı uygulamalarından yarar sağlanabilmesi için ayrıca bir eylem planına ihtiyaç vardır. ACER'in 2025 tarihli talep katılımı bariyerlerinin kaldırılmasına yönelik önerilerinden yararlanılmalı ve Türkiye'de talep yönetiminde en önemli bariyer olan taban ve tavan fiyat uygulamasından başlanmalıdır.
Sistem hizmetlerine katılım	Talep tarafı kaynaklarının sistem ve piyasa süreçlerine erişimi desteklenmektedir	TEİAŞ'ın talep tarafı katılımına yönelik uygulama adımları başlamıştır	Operasyonel uygulama zemini oluşmaktadır; ancak katılımın genişletilmesi için uygulama deneyiminin artması gerekmektedir. Zira TEİAŞ'ın 2025 yılında açtığı ilk talep tarafı katılım ihalesine hiçbir firmanın teklif vermemesi bunun en somut göstergesidir (bununla birlikte başlangıç olması açısından önemlidir). Sistem hizmetlerinde (şebeke arz-talep dengesi ve stabilitesi gibi sistem güvenliği hizmetleri) talep tarafının katılımı mekanizmalarının mutlaka önceden simülasyonlarla analiz edilmesi gerekir. Bu simülasyonlarda talep tarafı katılımcılarının sistem güvenliğine vereceği katkıdan elde edilecek kazanımlar ortaya konmalıdır. Bu hizmetlerden elde edilecek kazanımlar sadece arz-talep dengesi ile sınırlı kalmamalıdır.

Uluslararası iyi uygulamalar ile güncel düzenleyici çerçeve birlikte değerlendirildiğinde, talep tarafı yönetiminin başarısının yalnızca teknik altyapının geliştirilmesine değil; veri erişimi, kullanıcı katılımı, kurumsal koordinasyon ve düzenleyici açıklığın birlikte güçlendirilmesine bağlı olduğu görülmektedir. Bu çerçevede, talep tarafı yönetimine ilişkin düzenleyici ve operasyonel yapının katmanlı görünümü Şekil 6'te sunulmaktadır. İzleyen bölümde ise talep tarafı yönetiminin teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici etkileri bütüncül bir fizibilite yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmektedir.

²⁹ UK Government, *Smart Metering Policy Framework – Post 2025*.



Şekil 6. Talep Tarafı Yönetiminde Düzenleyici ve Operasyonel Katmanlar

Şekil 6’te talep tarafı yönetiminin uygulanabilmesi için gerekli düzenleyici ve operasyonel katmanlar bütüncül bir yapı içinde gösterilmektedir. Avrupa Birliği direktiflerinden ulusal strateji belgelerine, yönetmeliklerden teknik altyapıya, piyasa ve sistem işletiminden son kullanıcı ve hane katılımına kadar uzanan bu yapı, doğrusal bir neden-sonuç zincirinden çok, birbirini tamamlayan ve birlikte işlerlik kazanan katmanlar bütünü olarak değerlendirilmelidir. Bu çerçevede, talep tarafı yönetiminin yalnızca teknik bir uygulama alanı olmadığını; aynı zamanda veri yönetimi, kurumsal koordinasyon, piyasa işleyişi ve kullanıcı katılımı ile birlikte ele alınması gereken bütünsel bir dönüşüm alanı olduğunu göstermektedir.

5. Etki Analizleri ve Fizibilite Değerlendirmesi

Bu bölüm, talep tarafı uygulamalarının fizibilitesini teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici boyutlarıyla birlikte değerlendirmektedir. Bu kapsamda değerlendirmeler, hem klasik puant yük azaltma ve yük kaydırma yaklaşımlarını hem de yenilenebilir üretimle daha uyumlu yük kaydırma yaklaşımını dikkate alacak biçimde yapılandırılmıştır.

5.1 Teknolojik Etki Analizi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının hayata geçirilebilmesi, öncelikle bu uygulamaları destekleyecek teknolojik altyapının yeterliliğine bağlıdır. Bu nedenle teknolojik etki analizi; mevcut ölçüm altyapısının niteliğini, veri toplama ve işleme kapasitesini, dijitalleşme düzeyini ve bu unsurların hane bazlı esneklik uygulamalarını destekleme gücünü değerlendirmektedir.

Teknolojik açıdan ilk temel değerlendirme alanı, ölçüm altyapısının (izleme) talep tarafı yönetimine uygunluk düzeyidir. Hanehalkı tüketim profillerinin zaman ve mümkün olduğunca cihaz kırılımında izlenebilmesi, puant yük davranışının anlaşılması ve yük kaydırma potansiyelinin belirlenebilmesi için klasik dönemsel (aylık tüketim gibi) okuma yaklaşımının ötesine geçen bir ölçüm yapısına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çerçevede akıllı sayaçlar ve bunlarla entegre çalışan veri iletim altyapısı, talep tarafı uygulamalarının temel teknik bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu proje kapsamında kurulacak ölçüm altyapısı, cihaz bazlı veri üretimi sayesinde Girişimsel Olmayan Yük İzleme (Non-Intrusive Load Monitoring – NILM) önlemleriyle uyumlu veri setleri oluşturabilecek nitelikte olup, literatürde yer alan yük ayrıştırma ve davranış analizi çalışmalarına doğrudan katkı sağlayabilecek bir veri yapısı sunmaktadır.

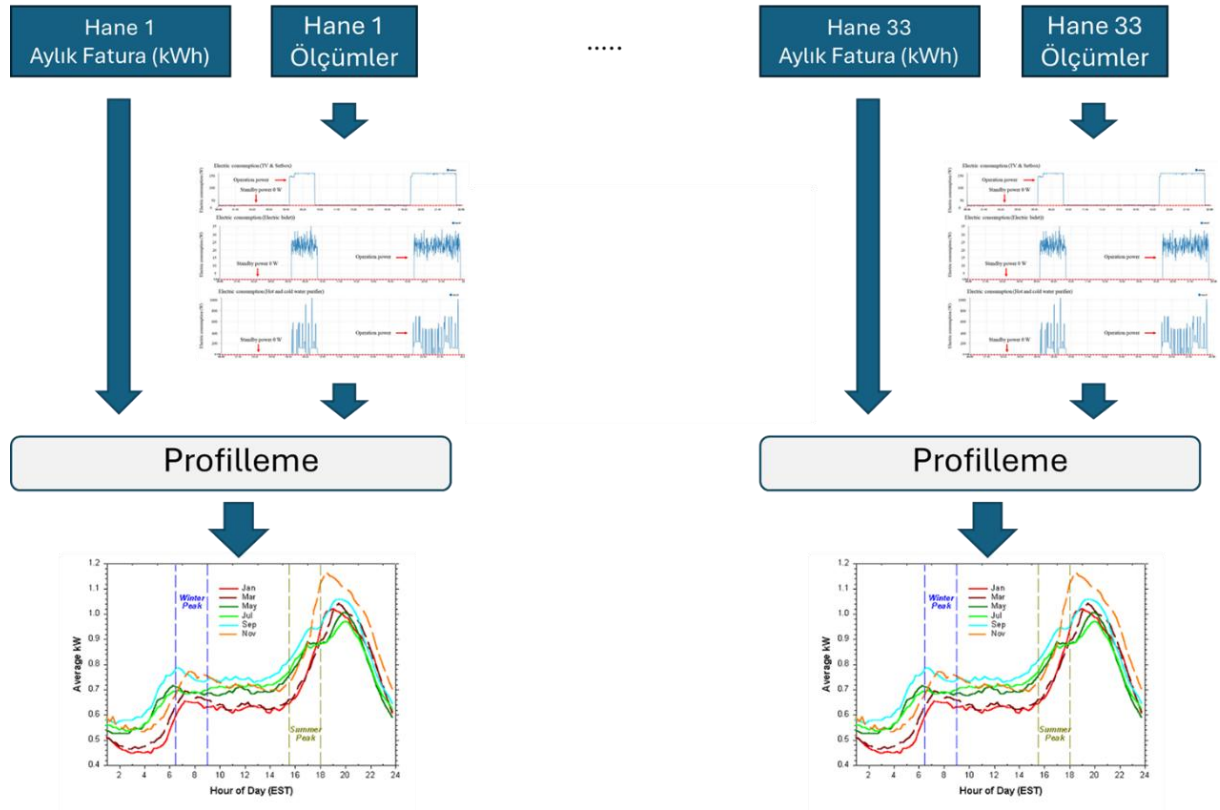
Türkiye’de Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) yaklaşımı üzerine akademik düzeyde çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, uygulamalar büyük ölçüde sınırlı veri setleri ve pilot ölçekli araştırmalarla kısıtlı kalmaktadır. TÜBİTAK destekli akıllı şebeke projeleri ve üniversite araştırmaları kapsamında yük izleme ve veri analitiği sistemleri geliştirilmekte olsa da cihaz bazlı yüksek çözünürlüklü saha verisine dayalı geniş ölçekli NILM uygulamaları henüz yaygınlaşmamıştır. Bu durum, özellikle hanehalkı düzeyinde ayrıntılı tüketim analizi ve talep tarafı yönetimi uygulamaları için önemli bir veri boşluğu bulunduğunu göstermektedir.

İkinci önemli alan, veri toplama ve işleme kapasitesidir. Talep tarafı uygulamalarında veri, yalnızca saklanan bir kayıt değil; karar desteği üreten stratejik bir girdidir. Bu nedenle veri toplama sıklığı, veri bütünlüğü, doğrulama mekanizmaları, depolama yapısı ve analitik işleme kabiliyeti teknolojik fizibilitenin temel unsurlarını oluşturmaktadır. Verinin operasyonel kayıt düzeyinden çıkarılıp analitik değere dönüştürülebilmesi, bu başlığın belirleyici unsurudur. Pilot uygulama kapsamında elde edilecek yüksek frekanslı ve cihaz bazlı veri seti, yalnızca izleme değil; ileri analitik, tahminleme ve talep tarafı optimizasyonu için kullanılabilecek bir veri ekosistemi oluşturacaktır.

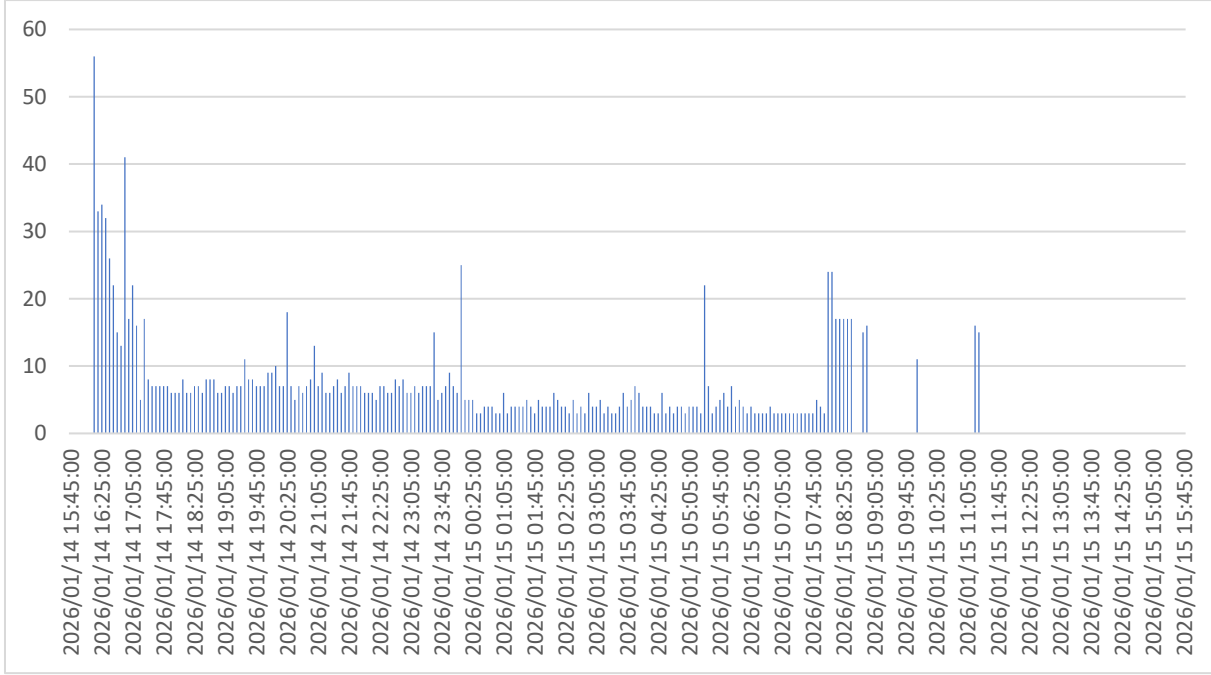
Üçüncü önemli boyut, şebeke ile talep yönetimi arasındaki etkileşimdir. Talep esnekliği ihtiyacının değerlendirilmesinde yalnızca kullanıcı bazlı tüketim verisi yeterli değildir.

Fider bazında yük, gerilim davranışı, dağıtık üretim yoğunluğu ve esnek yük potansiyelinin birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle teknolojik etki, yalnızca sayaç ve veri sistemi düzeyinde değil, aynı zamanda yerel şebeke ihtiyaçlarını okuyabilen bir analitik kapasite bakımından da değerlendirilmelidir. Bu çerçevede üretilecek veri seti, yalnızca hane davranışını değil; cihaz bazlı veya cihaz grubu bazlı yük karakteristiklerinin fider ve yerel şebeke değerlendirmeleri ile ilişkilendirilmesine de imkân verecektir. Bu kapsamda pilot ölçüm verileri üzerinden hane ve cihaz grubu bazında günlük yük profilleri, puant saat davranışları, eşzamanlı kullanım örüntüleri, baz yük düzeyleri, standby tüketim, ani yüklenmeler, kullanım sıklığı, çalışma süresi ve esnek yük potansiyeli analiz edilebilecektir. Ayrıca bu veriler; elektrikli araç, klima/elektrikli ısıtma, PV/batarya ve yüksek cihaz yoğunluğu gibi özel senaryoların toplam yük ve puant yük üzerindeki katkısının değerlendirilmesine, farklı hane tipleri arasında karşılaştırmalı profil üretimine ve yerel şebeke/fider düzeyindeki ihtiyaçlarla ilişkilendirilebilecek göstergelerin oluşturulmasına imkân sağlayacaktır. Bu kapsamda oluşturulabilecek örnek analiz akışı ve yüksek çözünürlüklü ölçüm çıktıları Şekil 7 ve Şekil 8’de gösterilmektedir.

Şekil 7’de pilot uygulama kapsamında her haneden elde edilen aylık fatura verileri ile cihaz/zaman bazlı ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi yoluyla yük profili üretimi gösterilmektedir. Bu yapı sayesinde hane bazında günlük yük eğrileri, puant saat davranışları, cihaz grubu katkıları ve karşılaştırmalı tüketim örüntüleri analiz edilebilecektir.



Şekil 7 Pilot Ölçüm Verilerinden Yük Profilleme ve Karşılaştırmalı Analiz Akışı



Şekil 8. Yüksek Çözünürlüklü Ölçüm Verisi ile Cihaz Bazlı Güç Değişiminin İzlenmesine Örnek

Şekil 8’de belirli bir cihaz veya cihaz grubu için zaman içinde kaydedilen güç değişiminin örnek görünümü sunulmaktadır. Bu tür grafikler üzerinden baz yük seviyesi, standby tüketim, ani yüklenmeler, kullanım sıklığı, çalışma süresi ve puant saat katkısı gibi göstergeler değerlendirilebilecektir. Böylece ölçüm verisi yalnızca kayıt altına alınan bir tüketim bilgisi olmaktan çıkarak, talep esnekliği ve yerel şebeke etkisi bakımından yorumlanabilir bir analitik çıktıya dönüşecektir.

Dördüncü boyut, kullanıcıların farkındalığı ve görünürlüğüdür. Kullanıcının tüketimini anlaması, zaman bazlı değişimleri fark etmesi ve esneklik uygulamalarına tepki verebilmesi için yalnızca altyapı değil, aynı zamanda kullanıcı arayüzleri ve geri bildirim araçları da gereklidir. Bu nedenle teknolojik hazırlık; donanım, yazılım, veri altyapısı, veri analizi, şebeke ve kullanıcı etkileşimi unsurlarını birlikte içeren bütünleşik bir yapı olarak ele alınmalıdır (Şekil 9).

Bu kapsamda depolama sistemleri de talep tarafı yönetimi açısından dikkate alınması gereken önemli teknolojik çözümler arasında yer almaktadır. Depolama uygulamaları, tüketimin ve üretimin zaman boyutunda daha esnek yönetilmesine katkı sağlayarak hem yük kaydırma uygulamalarını destekleyebilmekte hem de yerel şebeke koşulları bakımından ek dengeleme imkânı sunabilmektedir. Bu yönüyle depolama sistemleri, özellikle yenilenebilir üretimin değişkenliğinin yüksek olduğu koşullarda, talep tarafı esnekliğini tamamlayıcı bir teknoloji bileşeni olarak değerlendirilebilir.



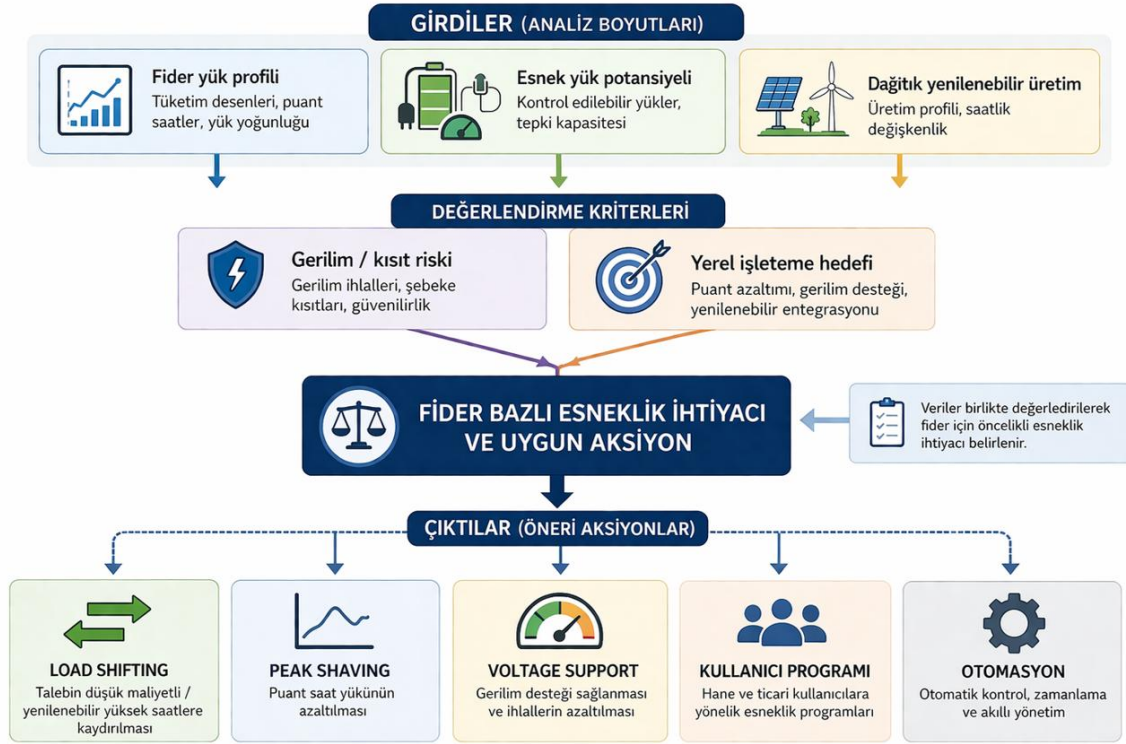
Şekil 9. Teknolojik Etkinin Dört Temel Boyutu

Genel değerlendirme itibarıyla, Türkiye’de talep tarafı yönetimi uygulamaları için gerekli teknolojik altyapı tamamen bulunmamaktadır denilemez; ancak ileri düzey, ölçeklenebilir ve kullanıcı etkileşimli uygulamalar için güçlendirilmesi gereken alanlar açıktır. Ölçüm sistemleri, veri çözünürlüğü, analitik kullanım kapasitesi, kullanıcı görünürlüğü ve fider bazlı değerlendirme yetkinliği bu alandaki temel geliştirme başlıkları olarak öne çıkmaktadır (Tablo 11).

Tablo 11. Teknolojik Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar

Boyut	Mevcut Durum	Hedef Durum	Gelişim İhtiyacı
Sayaç altyapısı	Geçiş sürecinde	Yaygın akıllı sayaç kullanımı	Yatırım ve standardizasyon
Veri toplama	Kısmen yeterli	Yüksek zaman çözünürlüğü	Sıklık ve erişim artışı
Veri işleme	Operasyon ağırlıklı	Analitik ve öngörüselle kullanım	Yazılım ve kapasite geliştirme
Kullanıcı görünürlüğü	Sınırlı	Dinamik geri bildirim	Arayüz ve hizmet tasarımı
Şebeke entegrasyonu	Kısmi	Fider bazlı esneklik analitiği	Yerel veri ve kontrol entegrasyonu

Fider yükü, esnek yük potansiyeli, dağıtık yenilenebilir üretim yoğunluğu, gerilim davranışı ve yerel işletme koşullarının birlikte değerlendirildiği katmanlı bir yapı Şekil 10’da gösterilmiştir. Şeklin amacı, talep tarafı esnekliği ihtiyacının yalnızca tüketici verisi üzerinden değil, yerel şebeke düzeyinde de değerlendirilmesi gerektiğini görsel olarak ortaya koymaktır. Bu yaklaşım göz önüne alınarak talep tarafına yönelik pilot uygulama kapsamında pilot hanelerde teknolojik etki ayrıca değerlendirilecektir.



Şekil 10. Fider Bazlı Esneklik Değerlendirme Çerçevesi

5.2 Ekonomik Etki Analizi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının ekonomik etkisi, yalnızca nihai tüketici düzeyindeki tasarrufla sınırlı değildir. Bu uygulamalar, elektrik sisteminin daha verimli işletilmesine, puant talebin daha dengeli yönetilmesine, esneklik ihtiyacının daha düşük maliyetle karşılanmasına ve bazı yatırım baskılarının ötelenmesine katkı sunabilmektedir.

Ekonomik açıdan ilk temel değerlendirme alanı, puant saatlerde oluşan yükün azaltılmasının sistem maliyetleri üzerindeki etkisidir. Puant yük azaltma yaklaşımı ile özellikle yaz aylarında soğutma yüklerine bağlı gündüz/öğle puantı ve diğer dönemlerde akşam saatlerinde ortaya çıkan yüksek talep baskısı azaltılabilmekte; böylece sistemin daha dengeli ve düşük maliyetli işletilmesi mümkün hâle gelmektedir.

Uluslararası literatür, konut ve bina ölçeğinde talep esnekliği uygulamalarının uygun tasarım altında çift haneli yük azaltımı (peak shaving) etkileri üretebildiğini göstermektedir. Uygulamaya, tarife yapısına ve cihaz esnekliğine bağlı olarak farklılaşmakla birlikte, özellikle zaman bazlı fiyat sinyalleri ve otomasyon destekli uygulamalarda anlamlı puant azaltım potansiyeli raporlanmaktadır. IEA da talep esnekliğinin pik talebi azaltarak mevcut üretim ve şebeke varlıklarının daha verimli kullanılmasını sağladığını vurgulamaktadır³⁰.

Bu potansiyel özellikle elektrikli araç şarjı, klima ve elektrikli ısıtma/soğutma yükleri, elektrikli su ısıtıcıları, yüksek cihaz yoğunluğuna sahip haneler ile PV/batarya içeren üretici-tüketici yapılarında somutlaşmaktadır. Örneğin NREL tarafından yürütülen konut tipi akıllı elektrikli araç şarjı çalışmasında, entegre akıllı şarj stratejisinin günlük EV

³⁰ IEA, *The Value of Demand Flexibility*.

kaynaklı puant talebi %23 oranında azaltılabildiği gösterilmiştir³¹. Cihaz düzeyinde yürütülen yaz dönemi talep azaltımı çalışmalarında ise konut tipi klima yüklerinin bazı koşullarda toplam puant talebin yaklaşık %9'una kadar talep azaltım potansiyeli sunduğu belirtilmektedir³². IEA verileri de ABD'de 2021 yılında talep yanıtı programları kapsamında 29 GW düzeyinde puant azaltım kapasitesi raporlanmış; 10 milyondan fazla müşteri bu programlara dâhil olmuş ve yıllık 1.154 GWh enerji tasarrufu sağlanmıştır³³. Türkiye'de 2025 yılında puant elektrik talebi yaklaşık 60 GW gerçekleşmiş olup, talep yönetimi potansiyeli %5 varsayıldığında, puant saatinde arz talebinin yaklaşık 3 GW azalabileceği anlaşılmaktadır. Türkiye'deki talep yönetimi potansiyelinin Amerika'dakinden %50 daha az olduğu varsayıldığı durumda bile puant talepte yaklaşık 1,5 GW azalma potansiyelinden bahsedilebilir (bir örnek; Bursa Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinin toplam kapasitesi (1,4 GW) kadar).

Bu örnekler, ekonomik etkinin yalnızca genel tüketim tasarrufu üzerinden değil; hangi yükün hangi saatten hangi saate kaydırılabildiği ve bunun puant talep ile sistem maliyetine nasıl yansdığı üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Uluslararası literatürde fiyat sinyalleri, cihaz/yük grubu bazlı yönetim stratejileri ve dağıtık enerji kaynaklarının ekonomik etki üretme kapasitesini destekleyen farklı bulgular da yer almaktadır. Dinamik fiyatlandırma deneylerinde zaman bazlı tarifelerin %3–6, kritik puant fiyatlandırmasının %13–20, etkileştirici teknolojilerle desteklenen kritik puant fiyatlandırmasının ise %27–44 aralığında puant talep azaltımı sağlayabildiği raporlanmıştır. SMUD SmartPricing Options pilotunda da TOU uygulamalarında %6–13 aralığında puant azaltımı; bazı kritik puant fiyatlandırması uygulamalarında ise yaklaşık %25 yük azaltımı gözlenmiştir. PV ve paylaşımlı batarya çalışmalarında ise öz tüketimin %19'a kadar, öz yeterliliğin %12'ye kadar artırılabilirdiği ve bina puant talebinin %30'a kadar azaltılabildiği belirtilmektedir. Bu bulgular, pilot uygulamada EV şarjı, klima/elektrikli ısıtma-soğutma, PV/batarya ve yüksek cihaz yoğunluğu içeren hanelerin ekonomik etki analizinde öncelikli karşılaştırma alanları olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

İkinci değerlendirme alanı, yükün yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlere kaydırılmasıdır. Bu çalışma açısından ekonomik etkinin öne çıkan katkılarından biri ise cihaz ve zaman bazlı verinin yatırım optimizasyonuna girdi sağlamasıdır. Toplam tüketim verisi üzerinden görülemeyen esnek yükler, eşzamanlı kullanım örüntüleri ve puant katkıları cihaz düzeyinde daha görünür hâle geldiğinde hem kullanıcıya dönük hem de şebeke tarafına dönük müdahale seçenekleri daha hedefli biçimde tasarlanabilecektir. Bu durum, gereksiz veya erken altyapı yatırımlarının ertelenmesi ve mevcut şebeke varlıklarının daha verimli kullanılması açısından ekonomik değer yaratabilir.

Pilot seçim yaklaşımında yer alan özel tüketim senaryoları, ekonomik etki analizine doğrudan katkı sağlayacaktır. Elektrikli araç şarjı bulunan haneler üzerinden yük artışı ve zaman kaydırma potansiyeli; klima ve elektrikli ısıtma-soğutma ağırlıklı haneler üzerinden mevsimsel puant etkisi; yüksek cihaz yoğunluğuna sahip konutlar üzerinden baz yük ve

³¹ Blonsky, M., Munankarmi, P., & Balamurugan, S. / NREL. *Incorporating Residential Smart Electric Vehicle Charging in Home Energy Management Systems*.

³² Appliance Level Data Analysis of Summer Demand Reduction Potential from Residential Air Conditioning.

³³ International Energy Agency (IEA). *Demand Response*.

eşzamanlı kullanım maliyetleri; PV ve/veya batarya içeren haneler üzerinden ise öz tüketim ve şebekeye bağımlılık dinamikleri analiz edilebilecektir. Pilot uygulama kapsamında ekonomik etkinin hangi hane profilleri ve hangi karşılaştırmalı analizler üzerinden değerlendirileceği Tablo 12’de özetlenmektedir.

Tablo 12 Ekonomik Etki Analizinde Örnek Karşılaştırmalar ve Beklenen Çıktılar

Hane / Senaryo	Ekonomik Olarak İncelenecek Konu	Örnek Analiz / Grafik	Beklenen Çıktı
EV şarjı bulunan haneler	Şarj yükünün akşam puantına etkisi ve gece / düşük fiyatlı saatlere kaydırma potansiyeli	Kontrolsüz şarj / zaman kaydırılmış şarj saatlik yük eğrisi	Hanehalkının sistem puantına bireysel katkısı (%); Eşzamanlılık faktörü ile toplam potansiyel katkı (%); Hanehalkının fiyat avantajı (%);
Klima / elektrikli ısıtma-soğutma ağırlıklı haneler	Mevsimsel puant etkisi ve sıcaklık duyarlı tüketim	Yaz-kış günlük yük profili karşılaştırması	“Peak shaving” potansiyeli (Sıcaklık ayar değerinin belli bir seviye artırılmasının yaz puantına bireysel ve eşzamanlı toplam etkisi (ΔC° vs. $\Delta\%$); Hanehalkının bireysel ekonomik kazanç potansiyeli (yıllık %)
Yüksek cihaz yoğunluğuna sahip haneler	Baz yük ve eşzamanlı kullanımın maliyet etkisi	Yük süresi eğrisi / eşzamanlılık analizi	Cihazların eş zamanlılık faktörü (0-1); Eşzamanlılık faktörünün ekonomik karşılığı (eşzamanlılık faktörü vs. yıllık % tüketim azalma potansiyeli)
PV ve/veya bataryalı haneler	Öz tüketim, şebekeden çekiş ve talep kaydırma ilişkisi	Net yük eğrisi / öz tüketim oranı grafiği	PV kullanımı ile hanehalkının bireysel puant talebinde düşüş (%); Toplam puanta katkı - % (hane halklarında farklı seviyelerde PV kullanım senaryoları); Saatlik mahsuplaşmanın faturaya etkisi (talep yönetimi olmadan % vs. talep yönetimi ile %); Batarya sisteminin saatlik mahsuplaşmada olumlu etkisi (Bataryalı vs. bataryasız saatlik mahsuplaşma - %)
Farklı doluluk düzeyine sahip haneler	Tüketim yoğunluğu ve kullanım zamanı farkları	Doluluk düzeyine göre günlük profil karşılaştırması	Doluluk düzeyi ile talep yönetimi potansiyeli ilişkisi (bu ilişki pilot hane halklarında elde edilecek sonuçların ülke genelindeki toplam potansiyelin hesaplamasındaki varsayımlarda kullanılacaktır)

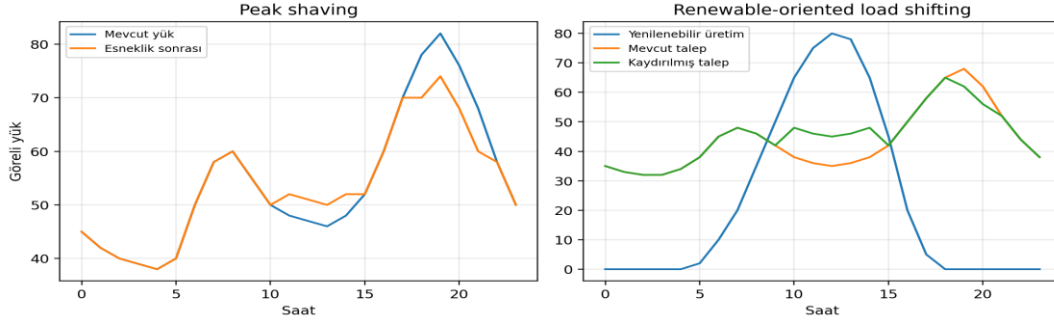
Tablo 12’de yer alan analiz yapısı, ekonomik etki değerlendirmesinin yalnızca genel fayda düzeyinde değil; hane tipi, yük grubu, kullanım zamanı ve tarife duyarlılığına bağlı somut çıktı setleri üzerinden yürütülmesini mümkün kılacaktır. Yük kaydırma yaklaşımı, yenilenebilir üretimin daha yüksek olduğu dönemlerde talebin bu saatlere yönlendirilmesini sağlayarak yenilenebilir üretim kesintilerini azaltabilmekte, mevcut üretim ve şebeke varlıklarının kullanım oranını artırabilmektedir. Bu yönüyle ekonomik etki yalnızca “ne kadar tüketildiği” ile değil, “tüketimin hangi saatlerde gerçekleştiği” ile de doğrudan ilişkilidir.

Ekonomik etki bakımından üçüncü önemli değerlendirme, esneklik uygulamalarının yerel şebeke üzerindeki dolaylı faydalarıdır. Özellikle yük yoğunlaşmasının azaltılması ve sistem işletiminin daha dengeli hâle gelmesi, bazı durumlarda ilave altyapı baskısını hafifletebilir. Bu etki, ulusal ölçekte olduğu kadar dağıtım şebekesi ve yerel işletme koşulları bakımından da önem taşımaktadır.

Dördüncü değerlendirme alanı, fiyat sinyalleri ile tüketici davranışı arasındaki ilişkidir. Talep tarafı uygulamalarının ekonomik değer yaratabilmesi için, kullanıcıların tüketimlerini zaman bazlı olarak yeniden planlayabilmelerini teşvik edecek açık ve anlaşılır sinyallere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu nedenle ekonomik etki, yalnızca teknik potansiyel üzerinden değil, uygulamanın nasıl tasarlandığı ve tüketici davranışını ne ölçüde etkileyebildiği üzerinden de değerlendirilmelidir.

Genel değerlendirme, talep tarafı yönetiminin uygun tasarım, veri görünürlüğü ve fiyat sinyalleri ile ele alındığında Türkiye’de güçlü bir ekonomik potansiyele sahip olduğunu

göstermektedir. Ancak bu potansiyelin somut ekonomik faydaya dönüşebilmesi, teknik altyapı ile uygulama tasarımının uyum içinde geliştirilmesine bağlıdır.



Şekil 11. Puant Yük Azaltma ve Yük Kaydırma Yaklaşımlarının Karşılaştırması³⁴

Talep esnekliği yöntemleri:

- **Puant yük azaltma** → sistem(şebeke) maliyeti baskısının hafiflemesi
- **Yük kaydırma:**
 - Geleneksel yöntem: Yükün, elektriğin pahalı olduğu saatlerden (akşam puant) elektriğin ucuz olduğu saatlere (gece yarısı) kaydırılması (Şekil 11-soldaki görsel),
 - Günümüzde tartışılan ve değerlendirilen yöntem: Tüketimin, yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlere veya şebeke koşullarını destekleyecek zaman dilimlerine kaydırılması (Şekil 11-sağdaki görsel)

Talep tarafına yönelik pilot uygulama kapsamında, pilot hane halklarının puant yük azaltma ve talep kaydırma potansiyeli değerlendirilecektir.

5.3 Finansal Etki Analizi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının finansal etkisi, yatırımın doğrudan maliyet yapısı ile geri dönüş performansına odaklanmaktadır. Bu kapsamda finansal etki analizi; gerekli donanım ve yazılım yatırımlarını, veri altyapısı geliştirme maliyetlerini, işletme ve bakım giderlerini, elde edilmesi beklenen finansal faydaları ve yatırımın geri ödeme kapasitesini birlikte değerlendirmektedir. Bu çerçevede finansal analiz, sistem düzeyindeki genel ekonomik faydadan ziyade, talep tarafı uygulamalarının yatırım ve işletme perspektifinden mali sürdürülebilirliğine odaklanmaktadır.

Başlangıç yatırım ihtiyacının temel bileşenleri; akıllı sayaç ve ilgili ölçüm ekipmanları, veri iletim altyapısı, yazılım ve analitik araçlar, kullanıcı arayüzleri, entegrasyon giderleri, siber güvenlik önlemleri ve saha kurulum maliyetlerinden oluşmaktadır.

Finansal açıdan ikinci önemli başlık, yatırımın geri ödeme süresidir. Talep tarafı uygulamalarında geri ödeme performansı; yatırım büyüklüğüne, kullanıcı katılım oranına, sağlanan yük kaydırma veya tasarruf düzeyine, elektrik fiyat yapısına ve uygulama

³⁴ Yazar tarafından hazırlanmıştır. Kavramsal çerçeve, International Energy Agency (IEA), *The Value of Demand Flexibility*, 2025 raporunda yer alan talep esnekliği yaklaşımından yararlanılarak oluşturulmuştur.

ölçeğine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle geri ödeme süresi, tek bir sabit sonuç olarak değil, senaryo bazlı bir değerlendirme unsuru olarak ele alınmalıdır.

Üçüncü önemli araç, net bugünkü değer yaklaşımıdır. Talep tarafı uygulamalarının finansal uygulanabilirliği yalnızca ilk maliyet üzerinden değil, gelecekte sağlayacağı doğrudan veya dolaylı faydaların bugünkü değeri üzerinden değerlendirilmelidir. Bu nedenle net bugünkü değer yaklaşımı ve duyarlılık analizi, yatırım kararlarının sağlamlığını test etmek bakımından temel araçlar arasında yer almaktadır.

Bu çerçevede, yüksek çözünürlüklü veri üretiminin finansal açıdan temel katkılarından biri, elektrik dağıtım şirketleri açısından CAPEX optimizasyonu potansiyelidir. Hangi bölgelerde, hangi yük gruplarının, hangi saatlerde ve ne ölçüde esneklik sağlayabildiği daha görünür hâle geldiğinde; akıllı sayaç, izleme altyapısı, yerel kontrol ekipmanları ve şebeke güçlendirme yatırımları daha hedefli planlanabilir. Literatür, akıllı sayaç verisinin dağıtım şebekesi uygulamalarında yük tahmini, trafo yük profili oluşturma ve şebeke optimizasyonu gibi alanlarda kullanılabildiğini göstermektedir. Bu tür kullanım, yatırım kararlarının daha isabetli verilmesine katkı sağlayabilir.

Pilot uygulama kapsamında hane bazında üretilecek yük profilleri, finansal planlama açısından doğrudan kullanılabilecek göstergeler üretecektir. Bu göstergeler arasında saatlik veya daha yüksek çözünürlüklü puant yük, yük süresi eğrisi, eşzamanlılık faktörü, baz yük seviyesi, cihaz grubu katkısı, EV/PV/batarya gibi özel yüklerin puant katkısı, trafo ve fider yüküne olası etkiler ile zaman kaydırma sonrası net yük değişimi yer almaktadır. Bu veriler; trafo kapasite kullanımının değerlendirilmesi, fider bazlı yük artışının izlenmesi, şebeke güçlendirme ihtiyacının önceliklendirilmesi, akıllı sayaç ve izleme ekipmanı yatırımlarının hedeflenmesi ve CAPEX planlamasında senaryo bazlı karşılaştırma yapılması için kullanılabilecektir. Böylece pilot uygulama, yalnızca hane düzeyinde finansal fayda hesabı üretmekle kalmayacak; dağıtım şirketleri açısından yatırım zamanlaması, yatırım yeri ve yatırım kapsamı kararlarını destekleyen bir veri zemini de sağlayacaktır.

Dördüncü önemli boyut, finansal sonucun değişkenlere duyarlılığıdır. Özellikle ekipman maliyeti, yaygınlaştırma ölçeği, katılımcı kullanıcı oranı, tasarruf düzeyi ve olası destek mekanizmaları gibi unsurlar finansal sonucu doğrudan etkilemektedir. Özellikle erken aşama uygulamalarda, kullanıcı katılım oranı ile sağlanacak gerçek esneklik düzeyinin öngörülmesindeki belirsizlik, finansal sonuç üzerinde belirleyici olabilmektedir. Bu nedenle finansal fizibilite, ihtiyatlı, temel ve olumlu senaryolar altında birlikte değerlendirilmelidir.

Kullanıcı katılımı, finansal analizde tüm abone grubuna ilişkin tek bir sabit oran olarak değil, hedeflenen hane segmentlerine göre değişen bir senaryo parametresi olarak ele alınmalıdır. Türkiye’de güncel verilere göre mesken abone sayısının yaklaşık 43 milyon civarında olduğu, yüksek tüketimli yaklaşık 2,5 milyon mesken abonesinin ise tüm mesken abonelerinin yaklaşık %6’sına karşılık geldiği belirtilmektedir. Bu ölçek dikkate alındığında, pilot uygulama sonuçlarının doğrudan tüm meskenlere genellenmesi yerine; öncelikle yüksek tüketimli, EV/PV/batarya içeren, yoğun ısıtma-soğutma kullanan veya puant katkısı yüksek hane segmentleri için ölçekleme senaryoları oluşturulması daha

gerçekçi olacaktır. Bu nedenle finansal analizde düşük, orta ve yüksek katılım senaryoları tanımlanarak; her bir senaryo için yatırım maliyeti, beklenen esneklik katkısı, geri ödeme süresi, net bugünkü değer ve ölçek ekonomisi etkisi ayrı ayrı değerlendirilmelidir³⁵.

Pilot uygulama kapsamında üretilecek veriler, özellikle trafo yük planlaması ve dağıtım şebekesi ekipman yatırımlarına ilişkin daha gerçekçi senaryo üretimine katkı sağlayabilir. Bu yönüyle veri temelli analiz, yalnızca kullanıcı tarafındaki maliyet-fayda değerlendirmesini değil, dağıtım şirketleri açısından sermaye planlamasının doğruluğunu da iyileştirebilir.

Genel değerlendirme itibarıyla, talep tarafı yönetimi uygulamalarının finansal fizibilitesi olumlu bir potansiyel taşımaktadır; ancak bu potansiyel kendiliğinden gerçekleşmemektedir. Finansal uygulanabilirliğin güçlenmesi için yatırım maliyetlerinin dikkatli planlanması, ölçek ekonomisinin gözetilmesi, kullanıcı katılımının yeterli düzeye hedeflenen segmentlerde finansal sonucu anlamlı ölçüde etkileyebilecek düzeye ulaşması ve mümkün olduğu ölçüde destekleyici mekanizmaların devreye alınması gerekmektedir. Bu nedenle finansal uygulanabilirliğin nihai olarak değerlendirilmesinde, senaryo bazlı hesaplamaların pilot uygulama sonuçları ve saha verileri ile desteklenmesi önem taşımaktadır. Finansal etki analizinde dikkate alınan başlıca değerlendirme unsurları ve bunların finansal sonuç üzerindeki etkileri Tablo 13’de özetlenmektedir.

Tablo 13. Finansal Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar

Başlık	Değerlendirme Unsurları	Finansal Sonuç Etkisi
Başlangıç yatırımı	Sayaç, iletişim, yazılım, entegrasyon	İlk sermaye ihtiyacı
İşletme giderleri	Bakım, veri yönetimi, destek	Yaşam döngüsü maliyeti
Geri ödeme süresi	Tasarruf, maliyet kaçınması, ölçek	Finansal çekicilik
Net bugünkü değer	Gelecek faydaların bugünkü değeri	Yatırım uygulanabilirliği
Duyarlılık	Katılım, maliyet, tasarruf, destek	Belirsizlik altında dayanıklılık
CAPEX optimizasyonu (elektrik dağıtım şirketleri için)	Trafo/fider yük profili, puant katkısı, eşzamanlılık, özel yük etkisi	Yatırım önceliklendirme ve şebeke güçlendirme ihtiyacının daha hedefli belirlenmesi
Katılım senaryoları	Düşük/orta/yüksek katılım, hedef hane segmentleri, gerçekleşen esneklik düzeyi	Geri ödeme süresi, NPV ve ölçek ekonomisi üzerinde belirleyici etki

Tablo 13’de görüldüğü üzere, finansal fizibilite; başlangıç yatırımı, işletme giderleri, geri ödeme süresi, net bugünkü değer ve duyarlılık düzeyi ile birlikte CAPEX optimizasyonu (elektrik dağıtım şirketleri için) ve katılım senaryoları dikkate alındığında daha anlamlı biçimde değerlendirilebilmektedir. Bu başlıklar göz önüne alınarak talep tarafına yönelik pilot uygulama kapsamında pilot hanelerde finansal etki ayrıca değerlendirilecektir.

5.4 Çevresel Etki Analizi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının çevresel etkisi, yalnızca toplam enerji tüketimindeki azalış üzerinden değil; aynı zamanda tüketimin zamanlamasının değiştirilmesi yoluyla elektrik sisteminin daha düşük emisyon yoğunluğuna sahip biçimde işletilmesi üzerinden

³⁵ EPDK. (2025). *Son Kaynak Tedarik Tarifesi (SKTT) – Sıkça Sorulan Sorular*. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

değerlendirilmelidir. Bu nedenle çevresel etki analizi, enerji tasarrufu, emisyon azaltımı ve yenilenebilir üretimin sistemde daha etkin kullanılabilmesi boyutlarını birlikte ele almaktadır. Bu yaklaşım, Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedefi³⁶ ve Yeşil Mutabakat³⁷ kapsamındaki yeşil dönüşüm gündemi ile doğrudan ilişkilidir. Talep tarafı yönetimi; enerji verimliliği, esnek tüketim, yenilenebilir üretimin daha etkin kullanılması ve emisyon yoğunluğu daha düşük saatlerde tüketimin desteklenmesi yoluyla bu hedeflere katkı sağlayabilecek tamamlayıcı bir uygulama alanı sunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında çevresel etkinin nicel değerlendirilmesinde yalnızca toplam tüketim azalımı değil, cihaz bazlı tüketim örüntüleri de dikkate alınmalıdır. Özellikle sürekli çalışan veya standby modunda enerji tüketen cihaz grupları ile puant saatlerde yoğunlaşan yüklerin ayrıştırılması, emisyon etkisinin daha ayrıntılı değerlendirilmesine imkân verebilir. Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş olan bir araştırma sonuçlarına göre, gelişmiş OECD ülkelerinde standby modundaki güç, toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %2'sini oluşturmakta ve bu da tüm karbon emisyonlarının neredeyse %1'ine neden olmaktadır³⁸. Türkiye, ekonomik göstergelere göre OECD ülkeleri arasında büyüme performansında üst sıralarda yer alırken; kişi başına düşen gelir ve sosyal harcamalar gibi refah göstergelerinde alt sıralarda olduğu için, Türkiye'de bu oran daha düşük olabilir. Yüzde olarak yarısı (%1) bile olsa, Türkiye'de 2025 yılında toplam standby modundaki yıllık tüketimin 3600 GWh seviyelerinde olduğu varsayılabilir (Türkiye'de 2025 yılında elektrik tüketimi yaklaşık 361000 GWh gerçekleşmiştir). Talep yönetimi ile standby modundaki cihazlardaki toplam tüketim %20 bile azalsa (5 cihazdan biri tam kapatılsa), bu toplamda 900 GWh etmekte, bu da yaklaşık olarak 130000 hanenin yıllık elektrik tüketimine karşılık gelmektedir³⁹.

Bu kapsamda çevresel etki bakımından öncelikli cihaz ve yük grupları; klima ve elektrikli ısıtma/soğutma sistemleri, elektrikli araç şarjı, elektrikli su ısıtıcıları, soğutucu cihazlar, beyaz eşyalar, elektronik cihazlar, modem/TV/şarj cihazı gibi standby tüketimi oluşturan ekipmanlar ve PV/batarya ile birlikte çalışan esnek yüklerdir. Bu cihaz grupları; baz yük, standby tüketim, puant saat katkısı, eşzamanlı kullanım ve düşük karbonlu saatlere kaydırılabilirlik bakımından çevresel etki analizinde ayrı ayrı değerlendirilebilecektir. Standby tüketiminin hâlen önemli bir elektrik kullanım alanı olduğu ve bunun hem maliyet hem karbon emisyonu ürettiği literatürde açıkça vurgulanmaktadır.

Çevresel etki bakımından ilk temel mekanizma, puant yük azaltma yaklaşımıdır. Akşam puantı gibi saatlerde toplam yükün azaltılması, marjinal termik üretim ihtiyacını ve buna bağlı emisyon baskısını düşürebilmektedir.

Bu etkinin nicel olarak değerlendirilmesinde, azaltılan yük miktarı ile ilgili saat için kullanılacak emisyon faktörünün birlikte ele alınması gerekmektedir. Emisyon azaltımı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Emisyon Azaltımı} = T_{\text{saat}} \times \text{Azaltım Oranı} \times EF_{\text{saat}}$$

³⁶ İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024). *Hedef: 2053 Net Sıfır Emisyon*,

³⁷ T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı.

³⁸ <http://large.stanford.edu/courses/2024/ph240/godsick1/>

³⁹ Hanehalkı ortalama günlük tüketim 15 kWh varsayılmıştır.

Burada:

- **T_sa**at: İlgili saatteki toplam tüketim (kWh veya MWh)
- **Azaltım Oranı**: Tüketimdeki azalma oranı (örneğin %1 → 0,01)
- **EF_sa**at: İlgili saate ait emisyon faktörü (kgCO₂/kWh veya tCO₂/MWh)

Örneğin, saat 19.00'daki toplam tüketimin %1 oranında azaltılması durumunda emisyon azaltımı, ilgili saat tüketimi ile emisyon faktörünün çarpımı üzerinden hesaplanmaktadır.

Saatlik marjinal emisyon faktörünün mevcut olmadığı durumlarda, Türkiye ulusal elektrik şebekesi için yayımlanan referans emisyon faktörleri kullanılarak senaryo bazlı hesaplamalar yapılabilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayımlanan 2022 yılı bilgi formuna göre⁴⁰:

- Faaliyet temelli marjinal emisyon faktörü: **0,7108 tCO₂/MWh**
- Gelişim temelli marjinal emisyon faktörü: **0,3721 tCO₂/MWh**

Bu çerçevede, 1 kWh'lik tüketim azaltımı için emisyon azaltımı yaklaşık olarak:

0,372 – 0,711 kgCO₂/kWh

aralığında hesaplanabilmektedir. Nihai değer; ölçüm dönemi, üretim karışımı ve saatlik sistem koşullarına bağlı olarak değişmektedir.

İkinci temel mekanizma, yük kaydırma yaklaşımıdır. Yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlerde tüketimin artırılması veya esnek yüklerin bu saatlere kaydırılması, üretim kesintilerini azaltarak daha fazla temiz üretimin sistemde kalmasını sağlayabilmektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji entegrasyonu ile çevresel etkinin daha güçlü ilişkilendirildiği yeni bir değerlendirme alanı ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle çevresel faydanın değerlendirilmesinde, yalnızca ne kadar yükün kaydırıldığı değil, bu yükün hangi zaman dilimlerine kaydırıldığı da belirleyici bir unsur olarak dikkate alınmalıdır.

Yük kaydırma uygulamalarında emisyon etkisi, teorik olarak tüketimin kaydırıldığı saat ile taşındığı saat arasındaki emisyon yoğunluğu farkına göre hesaplanabilir. Ancak Türkiye'de mevcut durumda şebeke emisyon faktörü ETKB tarafından yıllık bazda referans değer olarak yayımlanmakta olup, saatlik emisyon faktörü ayrışımı bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut koşullarda emisyon etkisi, azaltılan veya kaydırılan enerji miktarının yıllık referans emisyon faktörü ile çarpılması yoluyla yaklaşık olarak hesaplanabilir.

Saatlik veya marjinal emisyon faktörünün üretilebildiği ileri analizlerde ise yük kaydırmanın etkisi aşağıdaki şekilde daha ayrıntılı değerlendirilebilir:

Emisyon Azaltımı = Kaydırılan Enerji (kWh) × (EF_kaynak – EF_hedef)

Burada:

- **EF_kaynak**: Tüketimin kaydırıldığı başlangıç saatine ait emisyon faktörü

⁴⁰ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). *Türkiye ulusal elektrik şebekesi emisyon faktörü bilgi formu (2022 hesaplama dönemi)*.

- **EF_hedef:** Tüketime taşındığı hedef saate ait emisyon faktörü

Bu yaklaşım, mevcut yıllık emisyon faktörüyle yapılan yaklaşık hesabı tamamlayıcı niteliktedir. Örneğin, elektrikli araç (EV) şarjının akşam puant saatlerinden güneş üretiminin yüksek olduğu gündüz saatlerine kaydırılması durumunda, toplam tüketim değişmese bile şebekeden temin edilen elektriğin karbon yoğunluğu azalabilmektedir. Benzer şekilde, çatı tipi güneş enerjisi (PV) ve/veya batarya sistemine sahip hanelerde, gündüz saatlerindeki yerel üretim ile elektrikli araç şarjı, beyaz eşya kullanımı veya diğer tüketimlerin eş zamanlı hâle getirilmesi, öz tüketim oranını artırarak şebekeden çekilen enerji miktarını ve buna bağlı emisyonları azaltmaktadır.

Bu nedenle çevresel etki analizinde, cihaz bazlı emisyon hesabı ile zaman bazlı emisyon etkisinin birlikte değerlendirilmesi mümkündür. Örneğin, puant saatlerde çalışan belirli cihaz gruplarının daha düşük karbon yoğunluklu saatlere kaydırılması ile elde edilebilecek emisyon azaltımı, yalnızca toplam kWh değişimine bakılarak görülemeyen ek bir çevresel fayda ortaya koyabilir. Aynı şekilde, standby azaltımı ve görünür geri bildirim mekanizmaları aracılığıyla kullanıcıların gereksiz baz yükleri azaltması da çevresel etkiye katkı sağlayabilir. Pilot uygulama kapsamında bu değerlendirme; cihaz grubu bazlı tüketim, saatlik/günlük yük profili, standby tüketim, EV şarj zamanlaması, PV üretimi ile tüketime eşzamanlılığı, batarya kullanım etkisi, puant saat yük katkısı ve düşük karbonlu saatlere kaydırılabilir yük miktarı gibi ölçüm çıktıları üzerinden yapılacaktır. Bu sayede çevresel etki yalnızca toplam tüketimdeki azalma ile değil, hangi cihazın, hangi saatlerde, hangi emisyon yoğunluğu altında çalıştığı üzerinden de analiz edilebilecektir.

Üçüncü boyut, çevresel etkinin yerel şebeke koşullarıyla ilişkisidir. Dağıtık güneş üretiminin yoğun olduğu bölgelerde, talep tarafı esnekliği hem yerel şebeke işletimi hem de çevresel fayda bakımından birlikte değer yaratabilmektedir. Bu kapsamda; yerel üretim-tüketim dengesi, PV üretiminin hane içi tüketimle eşleşme düzeyi, batarya kullanımı, şebekeye verilen/şebekeden çekilen net enerji ve fider düzeyindeki puant saat etkisi çevresel analiz kapsamında birlikte değerlendirilebilecek göstergelerdir. Bu nedenle çevresel değerlendirme yalnızca ulusal düzeyde değil, gerektiğinde yerel sistem etkileri üzerinden de okunmalıdır.

Dördüncü boyut, çevresel etkinin ölçülmesinde kullanılacak göstergelerdir. Toplam enerji tasarrufu, puant saat yük azalımı, yenilenebilir üretimin yüksek olduğu saatlere kaydırılan yük miktarı, azalan üretim kesintisi ve tahmini karbon salımı azalımı gibi göstergeler, çevresel etkinin daha somut biçimde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu göstergelerin proje özelinde anlamlı hâle gelebilmesi için hane tipi ve cihaz grubu bazında izlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle çevresel etki göstergeleri; EV bulunan haneler, PV/batarya içeren haneler, klima/elektrikli ısıtma-soğutma ağırlıklı haneler, yüksek cihaz yoğunluğuna sahip haneler ve standby tüketimi yüksek haneler için ayrı ayrı yorumlanacaktır.

Genel değerlendirme itibarıyla, talep tarafı uygulamaları Türkiye’de hem emisyon azaltımı hem de yenilenebilir üretimin sistem içinde daha etkin kullanılabilmesi bakımından olumlu çevresel potansiyel taşımaktadır. Bununla birlikte, bu potansiyelin büyüklüğü uygulama ölçeğine, veri altyapısına, kullanıcı katılımına ve sistemin üretim yapısına bağlı

olarak değişecektir. Bu nedenle çevresel etkinin nicel olarak daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için, uygulama sonuçlarının zaman bazlı veri ve pilot uygulama bulguları ile desteklenmesi önem taşımaktadır. Çevresel etki analizinde proje kapsamında izlenecek başlıca hane/senaryo grupları, ölçüm çıktıları ve beklenen çevresel kazanımlar Tablo 14’de özetlenmektedir.

Tablo 14. Çevresel Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Göstergeler

Hane / Senaryo	Ölçülecek / İzlenecek Veri	Çevresel Hesaplama Yaklaşımı	Beklenen Çevresel Kazanım
Tüm pilot haneler	Toplam tüketim, saatlik/günlük yük profili, toplam enerji tasarrufu	Azaltılan kWh × ilgili emisyon faktörü	Hane halklarının toplam emisyon azaltımına katkıları (toplam enerji tüketimi → emisyon ilişkisi üzerinden bireysel ve eşzamanlı toplam kazanç %)
Puant katkısı yüksek haneler	Akşam puantındaki yük, cihaz grubu katkısı, eşzamanlı kullanım	Puantta azaltılan kWh × yıllık referans emisyon faktörü: ileri senaryo analizlerinde EPIAŞ saatlik üretim profiline dayalı yaklaşık emisyon yoğunluğu	Puant saatlerdeki tüketimin azaltılmasıyla toplam emisyonun ve marjinal üretim baskısının düşürülmesi; eşzamanlı azaltım sağlanması halinde sistem düzeyinde ilave çevresel fayda potansiyeli.
EV şarjı bulunan haneler	Şarj saati, şarj gücü, günlük şarj enerjisi, PV ile eşzamanlılık	Kaydırılan şarj kWh × saatlik emisyon faktörü farkı	Şarj kaynaklı yıllık emisyonların azaltılması (puanta katkı dolayısıyla marjinal termik santrallerden kazanç %)
PV ve/veya bataryalı haneler	PV üretimi, öz tüketim, şebekeden net çekiş, batarya çevrimi	Şebekeden azaltılan net kWh × emisyon faktörü	PV üretim kaynaklı doğrudan emisyon azaltımı (bireysel ve eşzamanlı toplam %)
Klima / elektrikli ısıtma-soğutma ağırlıklı haneler	Sıcaklık duyarlı tüketim, yaz/kış puantı, çalışma saatleri	Puantta azaltılan veya kaydırılan kWh × ilgili saat emisyon faktörü	Mevsimsel puanta katkı nedeniyle emisyon azalımı (puanta katkı dolayısıyla marjinal termik santrallerden kazanç % ve eşzamanlı toplam tüketim azalması nedeniyle yıllık emisyon kazanç %)
Yüksek cihaz yoğunluğuna sahip haneler	Baz yük, eşzamanlı cihaz kullanımı, yüksek tüketimli cihaz grupları	Azaltılan/kaydırılan cihaz grubu kWh × emisyon faktörü	Yük çakışmasının (0-1 aralığındaki) azaltılması suretiyle emisyon azalımı (puanta katkı dolayısıyla marjinal termik santrallerden kazanç % ve eşzamanlı toplam tüketim azalması nedeniyle yıllık emisyon kazanç %)
Standby tüketimi yüksek haneler	TV, modem, adaptör, elektronik cihazlar, bekleme modu tüketimi	Azaltılan standby kWh × yıllık emisyon faktörü	Standby tüketimin azalmasına bağlı eşzamanlı toplam tüketim azalması nedeniyle yıllık emisyon kazanç %)
Yenilenebilir üretim yoğun saatlere kaydırılabilir yükler	Beyaz eşya, EV şarjı, su ısıtma, batarya şarjı, esnek cihaz kullanımı	Kaydırılan kWh × kaynak/hedef saat emisyon faktörü farkı	Yenilenebilir üretiminde yapılacak kesintilerin azaltılması suretiyle yıllık emisyon kazanç %)

Tablo 14’de görüldüğü üzere, çevresel etki yalnızca toplam enerji tasarrufu ile değil; hane tipi, cihaz grubu, kullanım zamanı, PV üretimiyle eşzamanlılık, puant yük azaltımı ve yük kaydırma potansiyeli üzerinden birlikte değerlendirilmelidir. Bu göstergeler kullanılarak, talep tarafına yönelik pilot uygulama kapsamında pilot hanelerde çevresel etki daha somut ve ölçülebilir bir çerçevede analiz edilecektir.

5.5 Sosyal Etki Analizi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının başarısı, yalnızca teknik altyapının kurulmasına değil, hanehalkının bu uygulamalara ne ölçüde katılım gösterdiğine ve davranış değişikliği oluşturulabildiğine de bağlıdır. Bu nedenle sosyal etki analizi; kullanıcı farkındalığı, kabul düzeyi, davranışsal yanıt, katılım motivasyonları, veri paylaşımı algısı ve uygulamaların toplumsal benimsenebilirliği üzerinden ele alınmaktadır. Bu çerçevede sosyal etki,

yalnızca kullanıcıların uygulamaya katılıp katılmaması üzerinden değil; katılımın sürekliliği, davranış değişikliğinin kalıcılığı ve uygulamanın kullanıcı nezdinde güvenilir bulunup bulunmaması üzerinden de değerlendirilmelidir.

Hane doluluk düzeyinin ayrıca sınıflandırılmış olması, sosyal etki analizine de katkı sağlayacaktır. Düşük, orta ve yüksek doluluk grupları üzerinden toplam tüketim, baz yük, eşzamanlı cihaz kullanımı ve gün içi kullanım davranışları karşılaştırılabilecektir.

Sosyal etki bakımından ilk temel unsur, kullanıcı farkındalığıdır. Hanehalkının enerji tüketimini hangi cihazların, hangi saatlerde ve hangi davranış kalıplarıyla şekillendirdiğini görebilmesi, talep tarafı uygulamalarına katılımı artıran önemli bir etkidir. Tüketime görünür hâle gelmesi, kullanıcıya yalnızca bilgi sunmaz; aynı zamanda kendi tüketim davranışını değerlendirme ve alternatif kullanım biçimleri geliştirme imkânı da verir.

İkinci önemli alan, davranış değişikliği potansiyelidir. Kullanıcıların bir kısmı aktif karar vererek, bir kısmı ise otomasyon ve varsayılan ayarlar yoluyla esneklik gösterebilir. Bu nedenle uygulama tasarımında, kullanıcıdan sürekli manuel müdahale bekleyen bir yapı ile davranışı destekleyen ve kolaylaştıran bir yapı arasındaki fark dikkate alınmalıdır. Bu ayırım, özellikle geniş kullanıcı kitlelerine yönelik uygulamalarda, programın benimsenme düzeyi ile sürdürülebilir sosyal etkisi üzerinde belirleyici olabilmektedir.

Uluslararası literatür akıllı sayaç ve yüksek çözünürlüklü geri bildirimin kullanıcı davranışı üzerinde etkili olabildiğini; ancak bu etkinin veri görünürlüğü, fiyat sinyali, kullanıcı farkındalığı ve sunulan arayüzün niteliğine bağlı olduğunu göstermektedir. Özellikle tüketime daha görünür hâle gelmesi, kullanıcıların enerji tasarrufu davranışlarını ve zaman bazlı tüketim kararlarını etkileyebilmektedir.

Literatürde, doğrudan veya sık geri bildirim mekanizmalarının hanehalkı elektrik tüketiminde yaklaşık %5-15 aralığında tasarruf potansiyeli oluşturabildiği; ancak etkinin büyüklüğünün geri bildirimin sıklığına, anlaşılabilirliğine, kullanıcıya özel olup olmamasına ve eyleme dönüştürülebilir bilgi sunmasına bağlı olduğu belirtilmektedir⁴¹. Birleşik Krallık akıllı sayaç programında ise akıllı sayaç ve In-Home Display kullanan tüketiciler için sürdürülebilir tasarruf etkisi elektrik tüketiminde yaklaşık %3, gaz tüketiminde ise %2,2 olarak raporlanmıştır⁴². Ayrıca sosyal norm çerçeveli In-Home Display geri bildirimi kullanılan bir saha deneyinde, kontrol grubuna kıyasla ilk haftada %9, üç aylık dönemde ise %7 daha düşük elektrik tüketimi gözlenmiştir⁴³. Bu bulgular, tüketim görünürlüğünün tek başına yeterli olmadığını; geri bildirimin kullanıcıya anlaşılır, zamanlı ve davranışa dönüştürülebilir biçimde sunulması hâlinde sosyal etkiyi güçlendirdiğini göstermektedir.

⁴¹ Darby, S. (2006). *The effectiveness of feedback on energy consumption: A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays*. Environmental Change Institute, University of Oxford.

⁴² Department for Energy Security and Net Zero. (2026). *Smart metering policy framework post 2025: Government response*. GOV.UK.

⁴³ Schultz, P. W., Estrada, M., Schmitt, J., Sokoloski, R., & Silva-Send, N. (2015). Using in-home displays to provide smart meter feedback about household electricity consumption: A randomized control trial comparing kilowatts, cost, and social norms. *Energy*, 90(1), 351–358.

Üçüncü kritik unsur, kullanıcı kabulü ve güven düzeyidir. Özellikle hane bazlı veri toplama ve işleme süreçlerinde mahremiyet, veri güvenliği ve kullanım amacı konularında açık iletişim kurulması gerekmektedir. Kullanıcılar, hangi verinin toplandığını, bunun ne amaçla kullanıldığını ve kendilerine nasıl fayda sağlayacağını anlayabildikleri ölçüde uygulamalara daha olumlu yaklaşmaktadır. Bu nedenle veri toplama ve kullanım süreçlerinde şeffaflık, yalnızca hukuki bir gereklilik değil, aynı zamanda sosyal kabulü güçlendiren temel bir uygulama ilkesi olarak değerlendirilmelidir.

Dördüncü unsur, teşvik ve motivasyon yapısıdır. Ekonomik teşvikler tek başına yeterli olmayabilir; ancak doğru tasarlandıklarında kullanıcı katılımını önemli ölçüde artırabilirler. Buna ek olarak çevresel fayda algısı, kullanım kolaylığı, otomasyon ve anlaşılır geri bildirim gibi unsurlar da motivasyon üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle kullanıcının elde edeceği faydanın açık, anlaşılır ve ölçülebilir biçimde sunulması, katılım kararını önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu proje kapsamında sosyal etkinin en önemli somut çıktılarından biri, kullanıcı farkındalığında gözlenebilecek değişim olacaktır. Hanelerin kendi tüketimlerini cihaz ve zaman bazında daha görünür biçimde görebilmesi, enerji tasarrufu davranışlarını, talep kaydırma isteğini ve görünür fayda algısını etkileyebilir.

Beşinci unsur, kullanıcı segmentasyonudur. Haneler; yüksek katılım eğilimli, teşvik odaklı, temkinli ve dirençli gruplar olarak farklı eğilimler gösterebilir. Bu nedenle tek tip kullanıcı varsayımı yerine, farklı hane profilleri için farklı katılım ve iletişim modelleri geliştirilmesi gerekmektedir.

Genel değerlendirme itibarıyla, talep tarafı yönetimi uygulamalarının sosyal etkisi büyük ölçüde program tasarımına bağlıdır. Kullanıcının yalnızca veri sağlayan değil, fayda gören ve süreci anlayan bir aktör olarak konumlandırıldığı uygulamalarda katılım ve davranış değişikliği potansiyeli daha yüksek görünmektedir. Bu nedenle sosyal etkinin daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için, kullanıcı tepkilerinin ve katılım davranışlarının pilot uygulama bulguları ve kullanıcı geri bildirimleri ile desteklenmesi önem taşımaktadır. Bu çerçevede sosyal etki; farkındalık, davranış değişikliği, güven, teşvik yapısı ve kullanıcı segmentasyonu gibi birbirini tamamlayan unsurlar üzerinden okunmalıdır. Bu unsurların başlıcaları Tablo 15’de özetlenmektedir. Bu başlıklar göz önüne alınarak, talep tarafına yönelik pilot uygulama kapsamında pilot hanelerde sosyal etki ayrıca değerlendirilecektir.

Tablo 15. Sosyal Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar

Başlık	İncelenen Unsurlar	Sosyal Sonuç
Farkındalık	Tüketim görünürlüğü, kullanıcı bilgisi	Katılım kararının güçlenmesi
Davranış değişikliği	Yük kaydırma, alışkanlık dönüşümü	Kalıcı etki
Güven ve kabul	Veri güvenliği, mahremiyet, şeffaflık	Benimsenebilirlik
Teşvik ve motivasyon	Fiyat sinyali, ödül, bilgilendirme	Katılım oranı artışı
Segmentasyon	Farklı kullanıcı profilleri	Hedefli program tasarımı

5.6 Kurumsal Etki Analizi

Talep tarafı yönetiminin uygulanabilirliği, yalnızca teknoloji ve kullanıcı davranışı ile değil, ilgili kurumların bu süreci yönetebilme kapasitesi ile de doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle kurumsal etki analizi; elektrik dağıtım şirketlerinin süreçlere entegrasyon kapasitesini, veri yönetimi yetkinliğini, kurumlar arası iş birliği ihtiyacını, operasyonel organizasyonu ve uygulama sahipliğini değerlendirmektedir.

Kurumsal etkinin ilk boyutu, dağıtım şirketlerinin veri temelli karar alma kapasitesidir. Talep tarafı uygulamalarında ölçüm altyapısından gelen verinin yalnızca okunması yeterli değildir; bu verinin yük profili analizi, esneklik tespiti, kullanıcı segmentasyonu ve operasyonel planlama süreçlerinde kullanılabilmesi gerekir. Bu da veri yönetimi, analitik kapasite ve karar destek mekanizmalarının birlikte güçlendirilmesini gerektirir.

Bu çalışma kapsamında kurumsal etki bakımından en önemli yeni unsur, EDAŞ'lar için veri platformu işlevi görebilecek bir yapının ortaya çıkma potansiyelidir. Bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan pilot uygulama kapsamında hane halklarından üretilen yüksek çözünürlüklü veri seti, yalnızca pilot izleme amacı taşımamakta; aynı zamanda hangi veri alanlarının, hangi çözünürlükte ve hangi kurumsal karar başlıklarında kullanılabileceğini gösteren örnek bir talep tarafı yönetimi veri platformu mantığı oluşturmaktadır. Bu kapsamda ölçüm verisinin kurumsal karar süreçlerine nasıl bağlanabileceği Tablo 16'te özetlenmektedir.

Tablo 16. Pilot Ölçüm Verilerinin Kurumsal Karar Başlıkları ile İlişkisi

Veri / Ölçüm Alanı	Veri Çözünürlüğü / Kapsamı	Desteklediği Kurumsal Karar Başlığı	Kurumsal Kullanım / Beklenen Çıktı
Toplam hane tüketimi	Zaman bazlı yük profili	Talep tahmini, tüketim segmentasyonu, müşteri profillemesi	Farklı hane tiplerinin tüketim örüntülerinin belirlenmesi ve hedefli DSM programlarının tasarlanması
Cihaz / cihaz grubu tüketimi	Cihaz veya cihaz grubu bazlı ölçüm	Yük ayrıştırma, cihaz katkısı analizi, enerji verimliliği öncelikleri	Hangi cihaz gruplarının baz yük, puant yük veya esneklik potansiyeli yarattığının belirlenmesi
Puant saat tüketimi	Saatlik / yüksek çözünürlüklü yük verisi	Puant yük yönetimi, fider/trafo kapasite planlaması	Puant katkısı yüksek hane ve yük gruplarının belirlenmesi; şebeke güçlendirme ihtiyacının önceliklendirilmesi
Eşzamanlı kullanım verisi	Hane ve cihaz grubu düzeyinde kullanım çakışması	Eşzamanlılık faktörü, yük çakışması, bağlantı gücü değerlendirmesi	Bağlantı gücü, sözleşme gücü ve yerel kapasite ihtiyacının daha gerçekçi değerlendirilmesi
EV şarj verisi	Şarj saati, şarj gücü, şarj süresi	EV entegrasyonu, tarife senaryosu, yerel şebeke etkisi	Kontrolsüz ve zaman kaydırılmış şarj senaryolarının fider yükü ve puant üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi
PV / batarya verisi	Üretim, öz tüketim, net şebeke çekişi, batarya kullanımı	Dağıtık üretim entegrasyonu, net yük yönetimi, yerel esneklik	Öz tüketim oranı, ters güç akışı riski ve batarya kullanımının yerel şebeke üzerindeki etkisinin izlenmesi
Klima / elektrikli ısıtma-soğutma yükü	Mevsimsel ve sıcaklık duyarlı tüketim	Mevsimsel puant planlaması, talep esnekliği programı tasarımı	Yaz/kış dönemlerinde puant yük baskısı yaratan hanelerin ve esnek yük potansiyelinin belirlenmesi
Standby / baz yük verisi	Sürekli düşük seviye tüketim ve bekleme modu yükleri	Enerji verimliliği programları, kullanıcı bilgilendirme	Gereksiz baz yüklerin ve davranışsal tasarruf alanlarının tespit edilmesi
Anket ve hane bilgileri	Konut tipi, doluluk, cihaz sahipliği, tarife bilgisi, davranışsal göstergeler	Kullanıcı segmentasyonu, iletişim stratejisi, katılım tasarımı	Farklı hane profilleri için uygun bilgilendirme, teşvik ve katılım modellerinin belirlenmesi

Veri / Ölçüm Alanı	Veri Çözünürlüğü / Kapsamı	Desteklediği Kurumsal Karar Başlığı	Kurumsal Kullanım / Beklenen Çıktı
Fider / yerel şebeke ile ilişkilendirilen yük verisi	Hane yükünün yerel şebeke/fider bağlamında değerlendirilmesi	Yerel esneklik planlaması, yatırım önceliklendirme, operasyonel karar destek	Talep tarafı esnekliğinin kullanıcı programı olmaktan çıkarılıp şebeke işletimi ve planlama kararlarına bağlanması

Tablo 16’te görüldüğü üzere, pilot uygulama kapsamında üretilcek veri seti farklı kurumsal karar başlıkları için doğrudan kullanılabilir göstergeler sağlayacaktır. Bu yaklaşım, dağıtım şirketleri açısından talep tarafı yönetimini izleme, analiz etme ve karar süreçlerine bağlama kapasitesinin kurumsallaşmasına katkı sağlayabilir.

İkinci önemli boyut, organizasyonel hazırlık düzeyidir. Talep tarafı yönetimi yalnızca sayaç okuma faaliyeti değildir; aynı zamanda müşteri ilişkileri, bilgi teknolojileri, veri yönetimi, stratejik planlama ve düzenleyici uyum işlevlerini bir araya getiren çok birimli bir süreçtir. Bu nedenle kurumsal kapasite, yalnızca teknik personel sayısı ile değil, iş süreçlerinin entegrasyon düzeyi ile de değerlendirilmelidir.

Üçüncü boyut, iş birliği modelleridir. Talep tarafı uygulamalarında dağıtım şirketleri, iletim sistemi işletmecisi, düzenleyici kurum, teknoloji sağlayıcıları, toplayıcılar ve nihai kullanıcılar arasında açık rol tanımları gerekmektedir. Bu bağlamda kurumsal etki, yalnızca kurum içi hazırlık değil, kurumlar arası koordinasyon mekanizmalarının olgunluğu ile de ilişkilidir. Özellikle talep tarafı katılımı, toplayıcılık ve yerel esneklik uygulamalarında kurumsal rollerin açık tanımlanmaması, uygulama ölçeklenebilirliğini ve karar alma hızını sınırlayabilmektedir.

Pilot uygulama bulguları, hangi kullanıcı gruplarının, hangi yük tiplerinin ve hangi zaman dilimlerinin esneklik bakımından daha anlamlı olduğunu göstererek, dağıtım şirketleri içinde daha sistematik bir talep tarafı karar yapısının kurulmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle her hane yalnızca ölçüm yapılan bir nokta değil, belirli bir analiz rolü üstlenen tanımlı bir örneklem birimi olarak değerlendirilmelidir. Bu yaklaşım, veri toplama sürecinin daha sistematik, karşılaştırmalı analizlerin daha metodolojik ve kurumsal öğrenmenin daha yapılandırılmış biçimde yürütülmesini destekleyecektir.

Dördüncü boyut, uygulama sahipliği ve kurumsal sürdürülebilirliktir. Pilot uygulamaların kurumsal bilgiye dönüşmesi, performans göstergeleriyle desteklenmesi ve standart uygulama yaklaşımına bağlanması gerekmektedir. Kurumsal öğrenme oluşmadığında, uygulamalar parçalı kalmakta ve süreklilik kazanamamaktadır.

Her hane yalnızca ölçüm yapılan bir nokta değil, belirli bir analiz rolü üstlenen tanımlı bir örneklem birimi olarak tasarlanmıştır. Bu yaklaşım, dağıtım şirketleri açısından veri toplama sürecinin daha sistematik, karşılaştırmalı analizlerin daha metodolojik ve kurumsal öğrenmenin daha yapılandırılmış biçimde yürütülmesine katkı sağlayacaktır.

Beşinci boyut, yerel şebeke düzeyinde esneklik ihtiyacının kurumsal karar süreçlerine bağlanmasıdır. Talep katılımı uygulamaları yalnızca kullanıcı programı olarak değil, aynı zamanda yerel şebeke işletimini destekleyen bir araç olarak ele alınmalıdır. Bu durum, özellikle fider bazlı planlama ve yerel esneklik ihtiyacının kurumsal işleyişe entegrasyonunu önemli hâle getirmektedir.

Genel değerlendirme itibarıyla, talep tarafı uygulamalarının kurumsal etkisi olumlu ve dönüştürücü niteliktedir. Ancak bu dönüşümün başarıya ulaşabilmesi için veri yönetişiminin güçlendirilmesi, kurumsal rollerin netleştirilmesi, paydaş koordinasyonunun artırılması ve yerel şebeke ihtiyaçlarını dikkate alan işleyiş modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kurumsal etkinin daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için, pilot uygulama deneyimlerinin kurumsal öğrenmeye dönüştürülmesi ve uygulama sonuçlarının standart süreçlere aktarılması önem taşımaktadır. Bu kapsamda kurumsal etki analizinde öne çıkan başlıca değerlendirme alanları ve güçlendirme ihtiyaçları Tablo 17’de özetlenmektedir.

Tablo 17. Kurumsal Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar

Boyut	Mevcut Durum / Düzenleyici Bağ	Kurumsal Sonuç	Temel Güçlendirme İhtiyacı
Veri yönetişimi	Sayaç verisi ve merkezi izleme kapasitesi mevcut olmakla birlikte, yüksek çözünürlüklü ve cihaz kırılımlı verinin kurumsal kullanımı sınırlıdır. Saatlik mahsuplaşma ve veri izleme yönündeki güncel gelişmeler veri temelli yaklaşımı güçlendirmektedir.	Veri, operasyonel izleme düzeyinden analitik karar desteği düzeyine tam olarak taşınamamaktadır.	Analitik kullanım, veri standardizasyonu ve karar destek entegrasyonu
Organizasyonel hazırlık	Talep tarafı yönetimiyle ilişkili işlevler farklı birimlere dağılmış durumdadır; ancak bu alan için bütünleşik kurumsal işleyiş henüz sınırlıdır.	Kurum içinde koordinasyon ve süreç sahipliği netleşmedikçe uygulama ölçeklenmesi zorlaşmaktadır.	Birimler arası koordinasyon ve görev tanımlarının netleştirilmesi
Paydaş iş birliği	Toplayıcılık mevzuatı ve talep tarafı katılımına yönelik gelişmeler, dağıtım–iletim–toplayıcı–düzenleyici ilişkisinin daha görünür hâle geldiğini göstermektedir.	Kurumsal roller tanımlanmaya başlasa da uygulama pratiği ve iş modeli olgunluğu sınırlıdır.	Dağıtım–iletim–toplayıcı iş modeli ve veri paylaşım çerçevesi
Pilot uygulama sahipliği	Pilot uygulamalar kurumsal öğrenme potansiyeli taşımaktadır; ancak sonuçların standart süreçlere dönüşmesi her zaman garanti değildir.	Pilot bulgular kurumsal hafızaya aktarılmazsa uygulamalar parçalı kalabilir.	Kurumsal öğrenme, performans göstergeleri ve standartlaşma
Yerel şebeke entegrasyonu	Yerel şebeke işletimi açısından fider bazlı ihtiyaçlar görünür olmakla birlikte, talep esnekliği verisi henüz planlama ve yatırım süreçlerine sınırlı ölçüde entegredir.	Talep tarafı yönetimi, şebeke işletimini destekleyen araç olmaktan çok kullanıcı programı düzeyinde kalabilmektedir.	Fider bazlı esneklik planlaması ve yerel karar süreçlerine entegrasyon



Şekil 12. Kurumsal İşleyişte Talep Tarafı Yönetimi Entegrasyonu

Kurumsal etkinin yalnızca kurum içi organizasyonla sınırlı olmadığı, aynı zamanda çok aktörlü bir koordinasyon yapısı gerektirdiği Şekil 12’de görsel olarak sunulmaktadır. Şekil 12’de dağıtım şirketleri, iletim sistemi işletmecisi, düzenleyici kurum, teknoloji sağlayıcıları, toplayıcılar ve son kullanıcılar arasındaki ilişki ağı bütüncül bir çerçevede gösterilmektedir.

5.7 Düzenleyici Etki Analizi

Talep tarafı yönetimi uygulamalarının ölçeklenebilir biçimde yaygınlaşabilmesi, teknik ve kurumsal hazırlığın yanı sıra açık, uygulanabilir ve destekleyici çerçeveye ihtiyaç bulunmaktadır. Düzenleyici etki analizi, mevcut ulusal mevzuatın talep tarafı yönetimi, veri erişimi, toplayıcılık, kullanıcı hakları ve esneklik hizmetleri bakımından ne ölçüde elverişli olduğunu değerlendirmektedir. Düzenleyici etki analizinin temel bileşenleri ve bu bileşenlerin talep tarafı yönetiminin uygulanabilirliği üzerindeki etkileri Şekil 13’te özetlenmektedir.



Şekil 13. Talep Tarafı Yönetimi İçin Düzenleyici Etki Analizi Çerçevesi

Düzenleyici etkinin ilk boyutu, talep tarafı kaynaklarının piyasa ve sistem süreçlerine erişimidir. Talep tarafı yönetiminin etkin biçimde işleyebilmesi için küçük ölçekli aktörlerin, kullanıcı tarafı kaynaklarının ve toplayıcılık yapılarının sisteme katılımını mümkün kılan bir düzenleyici yapıya ihtiyaç bulunmaktadır.

İkinci boyut, ölçüm sistemleri ve veri erişimidir. Talep tarafı uygulamalarının işleyebilmesi için tüketim verilerinin zamanında, güvenilir ve erişilebilir olması gerekmektedir. Bu kapsamda ölçüm çözünürlüğü, veri erişim yetkileri, kullanıcı rızası, veri paylaşım standartları ve veri güvenliği ilkeleri, veri temelli talep tarafı yönetimi uygulamaları için belirleyici başlıklar olarak değerlendirilmektedir. Ölçüm çözünürlüğü, veri erişim yetkileri, kullanıcı rızası, veri paylaşım standartları, davranışsal teşvik mekanizmaları ve küçük ölçekli kaynakların sisteme katılımı gibi başlıklar, veri temelli talep tarafı yönetimi için belirleyici olacaktır.

Üçüncü önemli alan, kullanıcı hakları ve tüketicinin güçlendirilmesidir. Talep tarafı uygulamalarının toplumsal kabul kazanabilmesi için kullanıcıların korunmuş, bilgilendirilmiş ve seçenek sahibi aktörler olarak konumlandırılması gerekmektedir. Bu nedenle düzenleyici çerçeve, yalnızca teknik işleyişi değil; bilgilendirme, şeffaflık, veri mahremiyeti, rıza yönetimi ve kullanıcıya sağlanacak faydanın açık biçimde tanımlanmasını da kapsamalıdır.

Dördüncü boyut, Avrupa Birliği ile uyum yönelimidir. Türkiye'nin mevcut yapısı tam uyumlu bir noktada değerlendirilemese de son yıllarda atılan adımların, daha esnek, kullanıcı odaklı ve veri temelli bir elektrik piyasası yapısına doğru yakınsama eğilimi taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle düzenleyici etki, yalnızca mevcut durum üzerinden değil; uluslararası eğilimler, Avrupa Birliği çerçevesi ve ulusal piyasa yapısının gelişim yönü dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Beşinci boyut, ikincil düzenlemeler ve uygulama rehberleridir. Mevcut düzenleyici zemin önemli olmakla birlikte, yaygın ve ölçeklenebilir uygulamalar açısından piyasa erişim detayları, veri yönetimi ilkeleri, kullanıcı koruma mekanizmaları, ölçüm standartları ve yerel esneklik hizmetlerine ilişkin uygulama açıklıklarının güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu başlıklar, düzenleyici çerçevenin uygulamada öngörülebilir, denetlenebilir ve ölçeklenebilir hâle gelmesi açısından önem taşımaktadır.

Pilot sonuçları; hangi veri standartlarının, hangi kullanıcı koruma çerçevelerinin, hangi ölçüm ve paylaşım esaslarının ve hangi teşvik mekanizmalarının uygulamada daha işlevsel olabileceğine ilişkin somut politika girdileri üretebilir. Bununla birlikte bu değerlendirme, raporun kapsamı gereği ayrıntılı bir düzenleme tasarımı veya beyaz kitap önerisine dönüştürülmeden; uygulama temelli bir öğrenme zemini olarak ele alınmalıdır.

Genel değerlendirme itibarıyla, talep tarafı yönetimine ilişkin düzenleyici zemin Türkiye'de oluşmaya başlamış durumdadır. Ancak yaygın ve ölçeklenebilir uygulamalar için mevcut mevzuatın; piyasa katılım mekanizmaları, veri erişim esasları, kullanıcı koruma hükümleri, uygulama rehberleri ve yerel esneklik hizmetleri bakımından daha da geliştirilmesi gerekmektedir. Düzenleyici etki analizinde değerlendirilen başlıca unsurlar ve bunlara ilişkin temel sonuçlar Tablo 18'da özetlenmektedir. Bu başlıklar göz önüne

alınarak talep tarafına yönelik pilot uygulama kapsamında pilot hanelerde düzenleyici etki ayrıca değerlendirilecektir.

Tablo 18. Düzenleyici Etki Analizinde Değerlendirilen Başlıca Unsurlar

Başlık	İncelenen Unsurlar	Düzenleyici Sonuç
Piyasa erişimi	Toplayıcılar, küçük ölçekli kaynaklar, kullanıcı tarafı esneklik kaynakları ve piyasa katılım mekanizmaları	Talep tarafı kaynaklarının sistem ve piyasa süreçlerine fiilen katılabilmesi
Ölçüm ve veri	Sayaç altyapısı, ölçüm çözünürlüğü, veri işleme, veri paylaşımı, kullanıcı rızası ve veri güvenliği	Talep tarafı uygulamalarının güvenilir ve veri temelli biçimde işletilebilmesi
Kullanıcı hakları	Bilgilendirme, şeffaflık, mahremiyet, tüketici koruma ve fayda paylaşımı	Sosyal kabulün, güvenin ve kullanıcı katılımının güçlenmesi
Avrupa Birliği uyumu	Elektrik piyasası, enerji verimliliği, esneklik, veri erişimi ve tüketici haklarına ilişkin AB yönelimleri	Ulusal çerçevenin esnek, kullanıcı odaklı ve veri temelli piyasa yapısına yakınsaması
İkincil düzenlemeler	Teknik usuller, rehberler, veri standartları, yerel esneklik hizmetleri ve denetim mekanizmaları	Ölçeklenebilir, öngörülebilir ve uygulanabilir bir düzenleyici zeminin oluşması

Bu değerlendirmeler birlikte ele alındığında, talep tarafı yönetimi uygulamalarının fizibilitesinin tek bir boyut üzerinden değil; teknik altyapı, ekonomik değer, finansal uygulanabilirlik, çevresel fayda, kullanıcı katılımı, kurumsal hazırlık ve düzenleyici açıklığın birlikte geliştiği bütüncül bir çerçeve içinde ele alınması gerektiği görülmektedir. Bu doğrultuda, izleyen bölümde etki analizlerinden elde edilen bulgular bir araya getirilerek genel değerlendirme sunulmaktadır.

6. Sonuçlar

Bu raporda elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye’de talep tarafı yönetimi uygulamaları açısından olumlu, ancak kademeli ilerlemeyi gerektiren bir fizibilite görünümü ortaya çıkmaktadır. Mevcut yapı, talep tarafı yönetimi için tamamen yetersiz bir başlangıç noktası sunmamakta; buna karşılık veri altyapısı, kullanıcı katılımı, kurumsal koordinasyon ve uygulama açıklığı bakımından geliştirilmesi gereken alanlar bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle talep tarafı yönetimi, kısa sürede tam ölçekli yaygınlaştırılabilecek hazır bir yapıdan ziyade, aşamalı olarak güçlendirilmesi gereken bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmelidir.

Uluslararası örnekler, talep tarafı yönetiminde veri görünürlüğü, zaman bazlı fiyat sinyalleri ve cihaz/yük grubu bazlı analizlerin birlikte ele alınmasının somut değer ürettiğini göstermektedir. Birleşik Krallık akıllı sayaç uygulamalarında akıllı sayaç ve In-Home Display kullanan tüketicilerde yaklaşık %3 elektrik ve %2,2 gaz tasarrufu raporlanırken; NREL’in konut tipi akıllı elektrikli araç şarjı çalışmasında akıllı şarj stratejisinin EV kaynaklı günlük puant talebi %23 azaltabildiği gösterilmiştir. IEA verileri de talep yanıtı programlarının sistem düzeyinde puant talep tasarrufu, müşteri katılımı ve enerji tasarrufu bakımından önemli potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, Türkiye’de yürütülecek pilot uygulamanın yalnızca ölçüm değil, aynı zamanda kullanıcı davranışı, yük kaydırma, puant yönetimi ve karar destek tasarımı bakımından da kritik bir öğrenme zemini sağlayacağını göstermektedir⁴⁴.

Çalışma bulguları, teknolojik açıdan gerekli altyapının kurulabilir olduğunu; ancak ölçüm sistemlerinin, veri çözünürlüğünün, analitik kapasitenin ve kullanıcıya dönük geri bildirim mekanizmalarının güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ekonomik açıdan talep tarafı uygulamalarının sistem maliyetlerini azaltma, puant yük baskısını hafifletme ve mevcut şebeke varlıklarının daha verimli kullanılmasını sağlama yönünde güçlü bir potansiyel taşıdığı anlaşılmaktadır. Finansal açıdan ise uygulanabilirlik olumlu olmakla birlikte, sonuçların yatırım ölçeğine, katılım düzeyine ve uygulama tasarımına duyarlı olduğu görülmektedir. Çevresel açıdan bakıldığında talep tarafı yönetimi, yalnızca enerji tüketiminin azaltılması üzerinden değil, tüketimin zamanlamasının iyileştirilmesi yoluyla da değer üretmektedir. Bu kapsamda puant yük azaltma ile yük kaydırma yaklaşımlarının birlikte ele alınması hem sistem işletimi hem de yenilenebilir üretimle uyum bakımından daha güçlü bir değer önerisi sunmaktadır.

Bu kapsamda pilot uygulama ile üretilen veri seti sayesinde; hane bazında cihaz tüketim dağılımları, puant saat davranışları, yük kaydırma potansiyeli, standby tüketim oranları ve eşzamanlı yük kullanım desenleri somut olarak ortaya konulacaktır. Bu çıktılar; enerji verimliliği önerileri, EV şarjı ve PV/batarya kullanım senaryoları, klima ve elektrikli ısıtma-soğutma kaynaklı mevsimsel puant etkileri, standby/baz yük azaltımı, fider ve trafo düzeyinde yük planlaması, CAPEX optimizasyonu (elektrik dağıtım şirketleri için) ve kullanıcı segmentasyonu gibi karar başlıklarına doğrudan girdi sağlayacaktır. Aynı zamanda bu veri seti, dağıtım şirketleri açısından örnek bir talep tarafı yönetimi veri

⁴⁴ UK Government, Department for Energy Security and Net Zero. (2026, March 10). *Smart metering policy framework post 2025: Government response (accessible webpage)*.

platformu mantığının ve veri temelli karar desteği yaklaşımının sınanmasına da imkân verecektir.

Sosyal açıdan uygulamaların başarısı, büyük ölçüde kullanıcı farkındalığına, güven düzeyine, veri görünürlüğüne ve program tasarımının kullanıcı dostu niteliğine bağlıdır. Kullanıcının yalnızca veri sağlayan değil, fayda gören ve süreci anlayan bir aktör olarak konumlandırıldığı uygulamalarda katılım ve davranış değişikliği potansiyelinin daha yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle pilot uygulamada kullanıcıya sağlanacak geri bildirim, yalnızca bilgilendirme aracı olarak değil; enerji tasarrufu davranışı, zaman bazlı tüketim kararı ve talep kaydırma isteğini etkileyebilecek sosyal bir müdahale alanı olarak ele alınmalıdır.

Kurumsal açıdan ise dağıtım şirketlerinin veri temelli karar alma, yerel esneklik ihtiyacını tanımlama ve çok paydaşlı iş birliği modellerini işletme kapasitesinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Pilot uygulamadan elde edilecek toplam tüketim, cihaz grubu tüketimi, puant saat verisi, EV şarjı, PV/batarya, standby yükü, anket ve hane profili verileri; yatırım planlama, fider/trafo kapasite değerlendirmesi, kullanıcı segmentasyonu, yerel esneklik planlaması ve düzenleyici raporlama süreçlerinde kullanılabilecek kurumsal karar girdileri üretecektir. Düzenleyici açıdan bakıldığında ise talep tarafı yönetimi için temel zeminin oluşmaya başladığı, ancak uygulama rehberliği, veri yönetimi, piyasa erişimi ve kullanıcı koruma alanlarında daha ayrıntılı çerçevelere ihtiyaç bulunduğu anlaşılmaktadır.

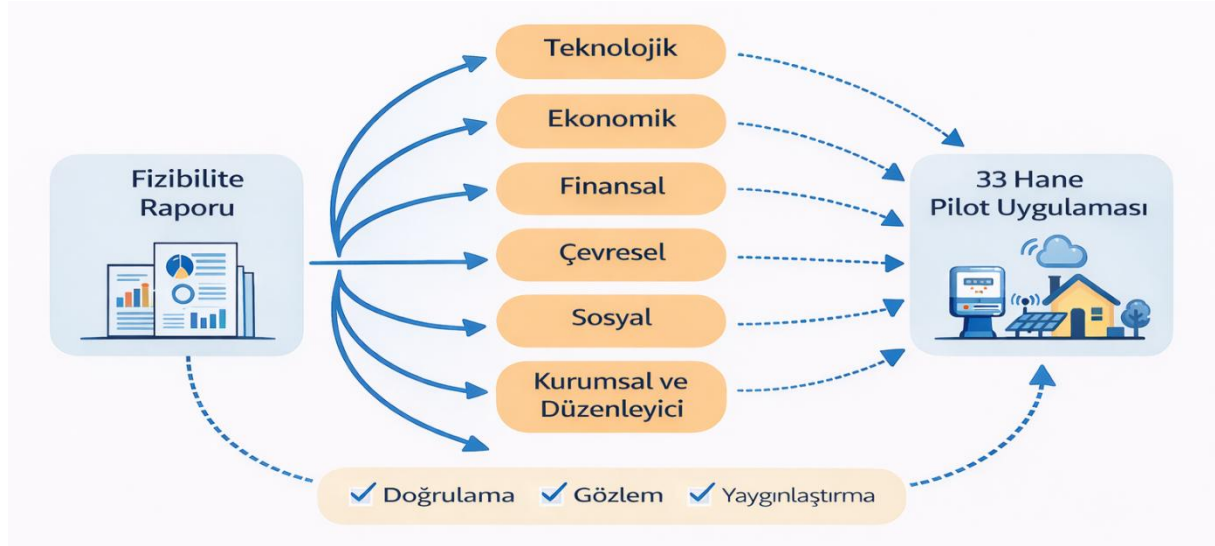
Uluslararası uygulamalar ve literatür bulguları, talep tarafı yönetimi çalışmalarında iki tamamlayıcı çıktı türü bulunduğunu göstermektedir: doğrudan enerji tasarrufu, puant azaltımı ve yük kaydırma gibi ölçülebilir uygulama sonuçları ile bu sonuçların cihaz ve zaman bazında ayrıştırılmasını sağlayan analitik doğrulama kapasitesi. Bu çerçevede önerilen pilot uygulama, Türkiye koşullarında hem doğrudan talep tarafı göstergeleri üretmeyi hem de ileride geliştirilebilecek cihaz grubu bazlı karar destek modelleri için veri zeminini oluşturmaya hedeflemektedir.

Pilot uygulama kapsamında elde edilecek bulgular; başta Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu olmak üzere düzenleyici kurumların talep tarafı yönetimi mekanizmalarını tasarlamasında, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. tarafından sistem yük tahminlerinin iyileştirilmesinde ve elektrik dağıtım şirketleri tarafından yerel şebeke planlaması, puant yönetimi ve yatırım optimizasyonu süreçlerinde doğrudan kullanılabilecek nitelikte olacaktır. Bu bulgular ayrıca, veri temelli talep tarafı yönetimi uygulamaları için gerekli ölçüm çözünürlüğü, kullanıcıya dönük teşvik yapıları, veri erişim esasları ve uygulama standartları bakımından düzenleyici öğrenme girdisi de sağlayabilecektir.

Projenin bir sonraki iş paketinde gerçekleştirilecek olan talep tarafı pilot uygulamasında, hane seçimi; iklim, yerleşim, konut tipi, doluluk düzeyi ve özel tüketim senaryoları dikkate alınarak kontrollü biçimde kurgulanmıştır. Bu sayede EV şarjı, PV/batarya, klima/elektrikli ısıtma-soğutma, yüksek cihaz yoğunluğu ve standby yükleri gibi farklı kullanım örüntülerinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi mümkün olacaktır. Bu farklılaştırılmış ölçüm yaklaşımı sayesinde proje, yalnızca ortalama tüketim davranışlarını değil; farklı

teknoloji ve kullanım senaryolarına sahip hanelerin şebeke, maliyet, emisyon ve kullanıcı davranışı üzerindeki etkilerini de ortaya koyabilecektir.

Fizibilite değerlendirmesinden pilot uygulamaya ve buradan yaygınlaştırma aşamasına uzanan ilişki Şekil 14’da gösterilmektedir. Pilot uygulama ile hane halklarının puant yük azaltma (peak shaving) ve talep kaydırma (load shifting) potansiyeli irdelenecektir.



Şekil 14. Fizibilite Değerlendirmesinden Pilot Uygulamaya Geçiş Çerçevesi

Kısa Vadeli Öncelikler

Kısa vadede öncelik, mevcut yapının görünür ve ölçülebilir hâle getirilmesi ile pilot uygulamanın başlatılmasıdır. Bu kapsamda, mevcut veri, sayaç ve şebeke analitiği envanterinin çıkarılması; pilot hanelerin ve mümkünse kritik fiderlerin seçilmesi; zaman bazlı veri üretimi ile kullanıcı davranışlarının izlenmesi gerekmektedir. Bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan pilot uygulama, bu aşamada yalnızca veri toplama faaliyeti olarak değil, fizibilite raporunda tanımlanan etkilerin ilk saha doğrulaması olarak değerlendirilmelidir.

Kısa vadede ayrıca kullanıcı görünürlüğünü artıran dijital geri bildirim araçlarının test edilmesi, kullanıcıya dönük basit ve anlaşılır bilgilendirme mekanizmalarının geliştirilmesi, dağıtım şirketleri, Türkiye Elektrik İletim A.Ş., toplayıcılar ve ilgili düzenleyici kurumlar arasında ortak çalışma ve eşgüdüm mekanizmalarının kurulması önem taşımaktadır. Talep esnekliği ihtiyacının değerlendirilmesinde fider bazlı yaklaşımın yöntemsel bir ilke olarak benimsenmesi de kısa vadeli öncelikler arasında yer almalıdır.

Orta Vadeli Öncelikler

Orta vadede öncelik, pilot uygulamadan elde edilen bulguların kurumsallaştırılması ve ölçeklenebilir bir yapıya dönüştürülmesidir. Bu kapsamda akıllı sayaç ve veri iletim altyapısının öncelikli bölgelerde hızlandırılması, veri çözünürlüğünün ve veri erişim kalitesinin artırılması gerekmektedir. Özellikle kullanıcı davranışını ve yük kaydırma potansiyelini anlayabilmek için zaman bazlı veri yapısının güçlendirilmesi önem taşımaktadır.

Bu dönemde kullanıcı segmentasyonu ve esnek yük sınıflandırma modelinin geliştirilmesi de öncelikli bir ihtiyaçtır. Pilot uygulama sonuçları ile teknolojik, ekonomik, finansal, çevresel ve sosyal etkiler yeniden doğrulanmalı; ardından kademeli yaygınlaştırma planı hazırlanmalıdır. Aynı zamanda dağıtım şirketleri bünyesinde veri yönetimi, esneklik analitiği ve kurumsal koordinasyon kapasitesinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu aşama, talep tarafı yönetiminin geçici bir proje alanı olmaktan çıkarılıp kurumsal bir uygulama alanına dönüşmesi bakımından kritik önemdedir.

Uzun Vadeli Öncelikler

Uzun vadede talep tarafı yönetiminin, enerji verimliliği politikaları, akıllı şebeke uygulamaları, piyasa tasarımı ve yerel şebeke işletimi ile tam entegre bir yapıya kavuşturulması gerekmektedir. Bu aşamada talep tarafı yönetimi yalnızca pilot uygulamalar veya sınırlı ölçekli esneklik programları olarak değil, dağıtım ve sistem işletiminin sürekli bileşenlerinden biri olarak ele alınmalıdır.

Küçük ölçekli esneklik kaynaklarının pazara katılımı, kullanıcı veri erişimi, toplayıcılık mekanizmaları ve yerel esneklik hizmetleri daha standart ve öngörülebilir bir yapıya kavuşturulmalıdır. Uzun vadede ayrıca yenilenebilir üretimle uyumlu **yük kaydırma** ile **puant yük azaltma** yaklaşımlarının ulusal esneklik politikasının birlikte yürüyen iki temel ayağı olarak ele alınması önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, talep tarafı yönetiminin yalnızca enerji tasarrufu aracı değil; aynı zamanda yenilenebilir entegrasyonu, sistem verimliliği, yerel şebeke dengesi ve karbon azaltımı açısından stratejik bir araç olarak konumlandırılmasını sağlayacaktır.

Kısa, orta ve uzun vadeli önceliklerin dönemsel dağılımı ile beklenen temel çıktılar Tablo 19’de özetlenmektedir.

Tablo 19. Sonuç ve Öneriler Çerçevesinde Yol Haritası

Dönem	Öncelikli Eylem	Beklenen Sonuç
Kısa Vadeli	Envanter çıkarımı, pilot alan seçimi, yöntemsel doğrulama	Başlangıç verisinin ve uygulama zemininin netleştirilmesi
Orta Vadeli	Sayaç ve veri altyapısının güçlendirilmesi, kullanıcı modeli, fiyat sinyalleri	Uygulamanın ölçeklenebilir hâle gelmesi
Uzun Vadeli	Piyasa entegrasyonu, standartlaşma, kurumsal kalıcılık	Ulusal ölçekte sürdürülebilir talep tarafı yönetimi modeli

Tablo 19’de özetlenen bu aşamalı ilerleme mantığı, mevcut durum tespitinden pilot uygulamaya, pilot uygulamadan doğrulama ve kademeli yaygınlaştırmaya, oradan da piyasa ve sistem entegrasyonuna uzanan uygulama yaklaşımı ile değerlendirilmelidir. Bu yol haritası Şekil 15’de görsel olarak sunulmaktadır.



Şekil 15. Talep Tarafı Yönetimi İçin Aşamalı Yol Haritası



Şekil 15, mevcut durum tespitinden pilot bölge veya fider seçimine, veri-kullanıcı-şebeke doğrulamasından kademeli yaygınlaştırmaya ve nihayet piyasa ile sistem entegrasyonuna uzanan aşamalı dönüşüm yaklaşımını ortaya koymaktadır. Bu görsel, talep tarafı yönetiminin tek adımda yaygınlaştırılabilir bir uygulama değil; doğrulama, öğrenme ve ölçekleme adımlarıyla ilerleyen bütüncül bir dönüşüm alanı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, talep tarafı yönetimi Türkiye’de uygulanabilir ve stratejik bir gelişim alanı olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, başarı; teknik altyapının güçlendirilmesi, kullanıcı katılımının artırılması, kurumsal işleyişin olgunlaştırılması ve düzenleyici çerçevenin uygulama odaklı biçimde geliştirilmesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle, hane halklarının talep yönetimi potansiyelini değerlendirmek amacıyla bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek olan ve pilot uygulama, yalnızca fizibilite bulgularının saha düzeyinde doğrulanmasına değil; Türkiye’ de talep tarafı yönetimi için hangi veri yapısının, hangi kullanıcı segmentlerinin, hangi yük gruplarının ve hangi müdahale araçlarının daha işlevsel olabileceğini gösteren somut bir öğrenme alanı oluşturacaktır. Bu nedenle talep tarafı yönetimi, kısa vadeli doğrulama adımları ile uzun vadeli sistem dönüşümünü birlikte hedefleyen aşamalı ve bütüncül bir politika alanı olarak ele alınmalıdır.



7. Ekler

Pilot Hane Anket Formu

Pilot uygulama kapsamında ölçüm verilerinin hane özellikleri, kullanım alışkanlıkları ve teknoloji sahipliği bilgileriyle birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla hazırlanacak anket taslağı bu ekte sunulmaktadır. Anket; konut tipi, hane yapısı, cihaz sahipliği, ısıtma-soğutma sistemi, elektrikli araç, çatı tipi GES/PV, tarife yapısı ve kullanıcı davranışı gibi başlıklarda tamamlayıcı veri toplanmasını amaçlamaktadır. Bu bilgiler, ölçüm sonuçlarının yorumlanmasında açıklayıcı değişken olarak kullanılacak ve farklı hane profilleri arasında karşılaştırmalı analiz yapılmasına katkı sağlayacaktır.