



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENERJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
ENERJİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**AKILLI ŞEBEKELERE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ
ENTEGRASYONUNUN ÇEVRE AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Ahmet KIZMAZ

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Ocak 2023**

AKILLI ŞEBEKELERE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ
ENTEGRASYONUNUN ÇEVRE AÇISINDAN İNCELENMESİ

Ahmet KIZMAZ

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Yönetimi Anabilim Dalı
Enerji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ

Konya
Ocak 2023

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dâhilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

5 Ocak 2023

Ahmet KIZMAZ

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

5 Ocak 2023

Ahmet KIZMAZ

Üzerimde emeği olan herkese.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın konusunu belirleme sürecimde fikirlerinden etkilendiğim Sayın Selim ÇELİKTEN'e, tez çalıőmamın baőından sonuna kadar olan süreçte desteğini sürekli hissettiren hocam ve danıőmanım Sayın Dr. Fatma Didem TUNÇEZ'e, eğitim hayatım boyunca kıymetli bilgilerinden faydalandığım hocalarım Sayın Dr. Hasan ALMA'ya, Sayın Dr. Sırrı UYANIK'a, Sayın Dr. Őerife ÖZKAN NESİMİÖĞLU'na, Sayın Dr. Mustafa Fatih BOZ'a, Sayın Dr. Mustafa Ayaz YAVUZ'a ve diğer tüm hocalarıma teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen ve beni bu günlere getiren babam Abdullah KIZMAZ'a, annem Ümmüğülsün KIZMAZ'a minnetlerimi sunar ve teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan ve gösterdiği anlayıőtan dolayı sevgili niőanlım İrem ABRAK'a teőekkürü borç bilirim.

5 Ocak 2023

Ahmet KIZMAZ

ÖZET

Ahmet KIZMAZ

Akıllı Şebekelere Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonunun Çevre Açısından
İncelenmesi

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2023

İnsanlık tarihi boyunca yapılan tüm işlerde bir miktar enerji kullanılmıştır. Yirminci yüzyılda artan teknolojiye paralel olarak enerjiye olan ihtiyaç da artmıştır. Özellikle elektrik enerjisi hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Her geçen gün artan nüfus ve teknolojiyle beraber elektrik kullanım miktarı da artacaktır. Fosil kaynakların bir gün tükeneceği bilindiğinden yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmenin önemi her geçen gün daha da artacaktır. Günümüzde kullanılan elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, artan elektrik enerjisi ihtiyacından dolayı sürekli genişletilmektedir. İlerleyen yıllarda mevcut şebekelerden akıllı şebeke sistemlerine dönüşüm mecburi bir istikamet olacaktır. Teknolojinin hayatın her alanında kullanılması ve sağladığı kolaylıklar, elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde de kullanılacaktır. Avrupa Ülkeleri başta olmak üzere birçok ülkede akıllı şebeke uygulamalarına geçiş süreci başlatılmıştır. Türkiye de akıllı şebekelerin dünyadaki örneklerini inceleyip akıllı şebeke sistemleri için yol haritasını belirlemiştir. Akıllı şebeke sistemlerine güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre edebilen ülkeler hem enerjide dışa olan bağımlılığını azaltmış olacak hem de daha çevreci bir şebeke yapısına kavuşmuş olacaklardır. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve akıllı şebekelere geçiş sürecinin hızlandırılması daha çevreci bir şekilde elektrik üretilmesine imkân tanıyacaktır.

Anahtar Kelimeler

Akıllı Şebeke, yenilenebilir enerji, çevre

ABSTRACT

Ahmet KIZMAZ

Environmental Investigation of the Integration of Renewable Energy Resources Into
Smart Grids
Master's Thesis
Konya, 2023

Some amount of energy has been used in all work done throughout human history. In the twentieth century, the need for energy has increased in parallel with the increasing technology. Especially electrical energy has become an indispensable part of life. With the ever-increasing population and technology, the amount of electricity usage will also increase. Since it is known that fossil resources will run out one day, the importance of producing energy from renewable energy sources will increase day by day. Electricity transmission and distribution networks used today are constantly being expanded due to the increasing need for electrical energy. In the coming years, the transformation from existing grids to smart grid systems will be an obligatory direction. The use of technology in all areas of life and the convenience it provides will also be used in electricity transmission and distribution networks. The transition process to smart applications in the world, especially in European Countries, has been started. Turkey also examined the examples of smart grids in the world and determined the roadmap for smart grid systems. Countries that can integrate renewable energy sources such as solar and wind into their smart grid systems will both reduce their dependence on foreign energy and have a more environmentally friendly grid structure. Increasing the use of renewable energy sources in electricity production and accelerating the process of switching to smart networks will allow for more environmentally efficient electricity generation.

Keywords

Smart Grid, renewable energy, environment

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE ELEKTRİK ŞEBEKE SİSTEMİ.....	4
2.1. Şebeke Yapısı	4
2.2. Mevcut Durum Analizi.....	4
3. AKILLI ŞEBEKELER.....	10
3.1. Akıllı Şebeke Sisteminin Elemanları	11
3.1.1. Akıllı Üretim.....	11
3.1.2. Akıllı İstasyonlar	11
3.1.3. Akıllı Dağıtım.....	12
3.1.4. Akıllı Sayaçlar	12
3.1.5. Bütünleştirilmiş Haberleşme	12
3.1.6. İleri Kontrol Metotları	12
3.2. Mikro Şebekeler	13
3.2.1. Mikro Şebekelerin Faydaları	14
3.3. Akıllı Şebekelerin Amaçları	15
3.4. Akıllı Şebekelerde Olması Gereken Özellikler	15
3.4.1. Kendini İyileştirme	15
3.4.2. İletişim	16
3.4.3. Güvenlik	16
3.4.4. Optimizasyon.....	16
3.4.5. Uyumluluk	16
3.4.6. Entegrasyon	16

3.5. Akıllı Şebekelerin Avantajları	17
4. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE AKILLI ŞEBEKE ÇALIŞMALARI	19
4.1. Avrupa	21
4.1.1. İtalya Telegestore Projesi (2000-2005)	22
4.1.2. Malta Enemalta Projesi (2008-2013).....	23
4.1.3. İngiltere Akıllı Sayaçlara Geçiş Programı	24
4.1.4. Almanya DENA I ve II Akıllı Şebeke Projeleri	24
4.1.5. Fransa Linky Pilot Projesi	25
4.1.6. İspanya Endese (2010-2015)	26
4.2. Diğer Ülkeler	26
4.2.1. Amerika Birleşik Devletleri.....	26
4.2.2. Japonya	27
4.2.3. Çin	27
4.2.4. Hindistan.....	27
4.2.5. Brezilya.....	28
4.2.6. Güney Kore.....	28
4.2.7. Avustralya.....	28
4.2.8. Rusya	29
4.3. Türkiye’de Akıllı Şebeke Çalışmaları	29
4.3.1. Akıllı Şebeke Açısından Türkiye Ulusal Enerji Sistemi	29
4.3.2. Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi.....	31
4.3.3. 2035 Vizyon ve Stratejisi.....	33
5. AKILLI ŞEBEKELERDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMININ ÇEVRE AÇISINDAN ANALİZİ.....	39
5.1. Sera Gazı Emisyonu	39
5.2. CO ₂ Yoğunluğu	42
5.3. Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kullanımının Çevre Açısından Önemi	48
5.4. Dünya’da CO ₂ Azaltma Hedefleri.....	51
6. SONUÇ	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	59

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. 2020 yılı kaynaklara göre kurulu güç ve üretim değerleri.....	5
Tablo 2. 2019-2020 yılları kurulu gücün kaynak bazında gelişimi	6
Tablo 3. 2000-2019 yılları yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün değişimi (MW)	8
Tablo 4. Akıllı şebeke teknolojisine yatırım yapan ilk 10 ülke	19
Tablo 5. 2018 yılı sera gazı emisyonlarının ülkelere göre dağılımı (Milyon Ton CO ₂ Eşdeğeri)	44
Tablo 6. Türkiye 1990-2019 yılları sektörlere göre sera gazı emisyonları	46
Tablo 7. Çin'in akıllı şebeke ile karbon emisyonu azaltma potansiyeli	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1990-2020 yılları lisanslı elektrik üretiminin kaynak bazında gelişimi (GWh) ..7	
Şekil 2. 2020 yılı kaynak bazında elektrik enerjisi üretimi.....9	
Şekil 3. 2020 yılı yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi.....9	
Şekil 4. Akıllı şebeke akış diyagramı..... 10	
Şekil 5. Akıllı şebeke sistem şeması 13	
Şekil 6. Mikro şebeke modeli..... 15	
Şekil 7. Mevcut şebeke ve akıllı şebeke sisteminin karşılaştırılması..... 17	
Şekil 8. 2013-2014 ve 2015 yıllarında bazı ülkelerin akıllı iletim ağları için yaptıkları yatırım miktarı.....20	
Şekil 9. 2013-2017 yıllarında bazı ülkelerin akıllı sayaç kurulum miktarı.....20	
Şekil 10. Avrupa akıllı şebekeler ısı haritası.....22	
Şekil 11. Telegestore projesinde kullanılan sayaçlar23	
Şekil 12. Fransa Linky pilot projesinde kullanılan sayaç25	
Şekil 13. Fosil kaynakların kalan ömrü.....40	
Şekil 14. Yakıtlara göre karbondioksit emisyon miktarı (MWh/CO ₂)40	
Şekil 15. 1990-2020 yılları Dünya CO ₂ emisyonları (MtCO ₂)41	
Şekil 16. 2020 yılı Dünya CO ₂ yoğunluğu (kCO ₂ /\$15p)42	
Şekil 17. 2000-2020 yılları Dünya CO ₂ yoğunluğu (kCO ₂ /\$15p).....43	
Şekil 18. Türkiye 1990-2019 yılları sera gazı emisyon miktarı.....45	
Şekil 19. Türkiye 2018 yılı ekonomik faaliyet alanlarına göre küresel sera gazı emisyonları (%).....47	
Şekil 20. 2018 yılı bazı ülkelerin küresel CO ₂ emisyonları (%)47	
Şekil 21. 2000-2020 yılları Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı.....50	
Şekil 22. 2020 yılı Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı (%).....50	
Şekil 23. 2020 yılı Dünya elektrik üretimi rüzgâr ve güneşin payı (%)51	

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AEMO	Avustralya Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu
BDT	Bağımsız Devletler Topluluğu
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
CO ₂	Karbondioksit
EISA	Enerji Bağımsızlığı Yasası
ENTSO-E	Avrupa İletim ve Dağıtım Sistemi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ERDF	Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GAZBİR	Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği
GPRS	Genel Paket Radyo Servisi
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla
GWh	Gigawatt saat
IoT	Nesnelerin İnterneti
IT	Bilgi Teknolojileri
İEA	Uluslararası Enerji Ajansı
kCO ₂	Kilo Karbondioksit
MtCO ₂	Milyon Ton Karbondioksit
MW	Megawatt
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü
OSOS	Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
OT	Operasyonel Teknolojiler
PLC	Programlanabilir Kontrol Cihazı
SAYKOM	Sayaçlar Komisyonu
SCADA	Merkezi Denetim ve Veri Toplama
TAŞ	Türkiye Akıllı Şebekeler
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Her geçen gün gelişen teknolojiyle beraber elektrik kullanım oranı da artmaktadır. Daha rahat bir yaşam için kullanılan çoğu sistem elektrik enerjisine bağımlıdır. İlk elektrik şebekesi 1882’de New York’ta Thomas Edison tarafından kurulmuştur. Artan elektrik enerjisi kullanımından dolayı mevcut şebekeler yetersiz kalmaya başlamıştır. Bununla beraber şebekeler sürekli genişletilmek zorunda kalmıştır. Günümüzde kullanılan elektrik şebekeleri artan elektrik enerjisi kullanımından dolayı enerji talebini karşılamakta yetersiz hale gelecektir. Ayrıca üretilen elektriği tüketicilere ulaştıran mevcut şebekelerde, voltajın artırılıp azaltılmasından dolayı enerji kayıpları yaşanmaktadır. Bu sebeplerden dolayı akıllı şebeke dediğimiz yeni bir şebeke yapısına geçilmek zorunda kalacaktır.

Elektrik enerjisi üretmek için kullanılan fosil kaynakların da tükeneceği bilindiğinden (kömür 114 sene, doğal gaz 53 sene ve petrol 51 sene), güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılmalıdır. Hem fosil kaynakların tükenmesiyle yenilenebilir enerji kaynakları mecburi istikamet olacak hem de daha çevreci oldukları için bu kaynaklara yatırım yapan devletler ileride daha güçlü bir konumda olacaklardır. Bu bağlamda, her geçen gün artan elektrik enerjisi kullanımıyla beraber, mevcut şebekelerin terkedilip akıllı şebekelere geçilmesi zorunlu hale gelecektir. Ayrıca fosil kaynakların tükenmesiyle beraber yenilenebilir enerji kaynakları da akıllı şebekelere entegre edilmek zorunda kalacaktır.

Bu çalışmada; mevcut elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri ve akıllı şebeke sistemleri ayrı ayrı incelenip akıllı şebeke sistemlerinin mevcut elektrik şebekelerine göre üstünlükleri açıklanacaktır. Akıllı şebeke sistemini mevcut elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanmaya başlayan ülkelerin ne gibi çalışmalar yaptıkları incelenip Türkiye’nin bu konudaki çalışmaları değerlendirilecektir. Akıllı şebeke sistemlerine güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesinin çevre açısından ne gibi faydaları olacağı ortaya konacaktır. Ayrıca akıllı şebeke sisteminin çift yönlü veri akışı sağlaması sayesinde üretici-tüketici modelinin tüketiciye olan faydalarından bahsedilecektir. Akıllı şebeke sistemlerini elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanmaya başlayan ülkeler incelenip Türkiye için yol haritası oluşturulmaya çalışılacaktır. Literatürde akıllı şebeke sistemlerine yenilenebilir enerji

kaynaklarının entegre edilmesi konusu incelenmesine karşın çevre açısından ne gibi katkılar sağlayacağı konusundaki bilgiler yetersizdir. Çalışmada akıllı şebeke sistemlerine yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesinin çevre ve tüketici açısından sağlayacağı faydalar açıklanmaya çalışılacaktır.

Akıllı şebeke sistemini mevcut elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanmaya başlayan ülkelerin yaptığı çalışmalar ve Türkiye'nin bu konuda ne gibi çalışmalar yaptığı incelenip Türkiye için nasıl bir akıllı şebeke sisteminin olması gerektiği ortaya konmaya çalışılacaktır. Türkiye'de güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kullanım oranları incelenip, akıllı şebeke sistemlerine yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesinin katkılarının neler olacağı açıklanacaktır. Akıllı şebekelerin yaygınlaşması ve artan yenilenebilir enerji kullanımından yararlanarak daha çok tüketicinin sisteme katılması için neler yapılabileceği açıklanmaya çalışılacaktır. Mevcut elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinin dijitalleştirilip akıllı şebeke sistemlerine geçilmesi ve rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının akıllı şebeke sistemlerine entegre edilmesinin çevre açısından herhangi bir katkısının olup olmadığı incelenecektir.

Tez çalışmasında nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman analizi yönteminden yararlanılacaktır. Yazılı kaynakların incelenmesi sonucu bilgi havuzu oluşturulacak ve elde edilen bilgiler niteliksel çözümleme yöntemiyle analiz edilecektir. Araştırmayla alakalı ilk ve temel bilgilere ulaşmak ve farklı görüş ve fikirleri karşılaştırmalı olarak analiz edebilmek amacıyla kitaplar, dergiler, bültenler, gazeteler, belgeler, bilimsel araştırma raporları, online veri tabanları, e-kitaplar ve e-dergiler olmak üzere basit kaynak incelemesi yöntemiyle detaylı bir literatür taraması gerçekleştirilecektir. Çalışmada öncelikli olarak ulusal ve uluslararası literatür taraması yapılacak ve Dünya'da yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenecektir.

Dünya'daki çoğu ülkenin elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, alt yapısı ve işletme yöntemleriyle artan elektrik talebini ilerleyen yıllarda karşılayabilecek durumda değildir. Ayrıca elektrik üretimi için fosil yakıtlara olan bağımlılık elektrik şebekelerinin gelişmesini ve elektrik talebinin karşılanmasını güçleştirmektedir. Nüfusun her geçen gün artması ve gelişmekte olan ülkelerin sanayisinin hızlıca ve sürekli olarak büyümesinden dolayı elektrik kullanım miktarı da artmaktadır.

Artan elektrik talebinin ilerleyen yıllarda mevcut elektrik şebekeleriyle kontrol altına alınması oldukça zorlaşacaktır. Teknolojinin gelişmesi ve hayatı kolaylaştırmasıyla beraber ülkeler akıllı şebeke sistemlerine yönelik yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Birçok ülke akıllı şebeke sistemiyle ilgili projeler ve hedefler belirleyerek, çeşitli programlar hazırlamışlardır. Dünya’da faaliyette olan akıllı şebeke çalışmalarının en önemli hedefi, kayıp-kaçak miktarını azaltıp enerji kaynaklarından daha etkin ve verimli bir şekilde yararlanmak olmuştur. Dünya’da birçok ülke akıllı şebeke sistemleriyle ilgili yapılan çalışmalara kayıtsız kalmayıp bu yönde gereken stratejiler ve hedefler oluşturarak, akıllı şebeke projelerini uygulamaya başlamışlardır. Hem Türkiye’de hem de Dünya’da mevcut elektrik şebeke sistemlerinin, günümüzde kullanılan teknolojiye uyumlu hale gelebilmesi amacıyla bir değişim yaşaması gerekmektedir. Yaşanması muhtemel olan değişim sürecinde doğru planlama yapılarak, planların hızlıca gerçeğe dönüştürülmesi hedeflenmelidir. Ekonomik açıdan güçlü birçok ülke, akıllı şebeke yatırımlarını planlayıp bir kısmını uygulamaya başlamışlardır. Ülkelerde akıllı şebeke sistemlerinin yaygınlaştırılmasıyla beraber; dengeli elektrik tüketim miktarlarının belirlenmesi, gerçek zamanlı veri akışı, enerji arz-talebinde yaşanan arızaların en aza indirilmesi, karbon emisyonunun azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması sağlanmış olacaktır. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artıran ve mevcut elektrik şebekelerini dijitalleştirip akıllı şebekelere geçiş yapan ülkeler, hem yenilenebilir enerji kaynaklarının karbon salınımının olmaması hem de akıllı şebeke sistemleri sayesinde elektrik üretim ve tüketiminin daha kontrol edilebilir olması dolayısıyla mevcut durumlarına göre daha çevreci bir şekilde elektrik üretimi yapmış olacaktırlar.

2. TÜRKİYE ELEKTRİK ŞEBEKE SİSTEMİ

2.1. Şebeke Yapısı

Elektrik iletim ve dağıtım şebeke sistemlerinde dirençten dolayı kayıplar yaşanmaktadır. Üretilen elektriğin taşınmasında yaşanan kayıp miktarı kadar elektriğin kalitesi de oldukça önemlidir. Teknolojik aletler kaliteli, güvenilir ve sürdürülebilir enerjiye gereksinim duymaktadırlar. Türkiye, mevcut elektrik iletim hatlarında gerilimde meydana gelen dalgalanmalar, frekans değişimleri ve sisteme aşırı yüklenme neticesinde meydana gelen elektrik enerjisi kesintilerinden dolayı Avrupa İletim ve Dağıtım Sistemi'ne (ENTSO-E) hala tamamen uyumlu hale getirilememiştir. Meydana gelen bu sorunları çözüme kavuşturmak amacıyla ulusal enerji yönetim merkezi kurulmuş ve bazı enerji nakil hatlarının elektriğin primer kısmında kurulan enerji analizörleri sayesinde elektrik enerjisinin kalitesi takip edilmiştir. Milli Güç Kalitesi İzleme Merkezi aracılığıyla elektrik iletim sistemi anlık olarak izlenmiş ve sistemde yaşanan arızalar gerekli müdahaleler sayesinde ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Bu sayede ENTSO-E sistemine entegre hale gelebilmek için gereken elektrik enerjisi kalite standardı oluşturulmaya çalışılmaktadır (Dal, 2017).

2.2. Mevcut Durum Analizi

Türkiye hâlihazırda, Bulgaristan ve Yunanistan ile belirli miktarda elektrik ticareti yapmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri nükleer enerjiden vazgeçme politikaları uygulayıp nükleer enerji yerine güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmaya yönelmektedir. Bu sebeple, Türkiye komşu ülkelerin enerji potansiyelini ENTSO-E ile entegre edip bundan faydalanmayı planlamaktadır. Ayrıca Türkiye elektrik iletim şebekelerindeki anlık olarak izleme yapabilen sistemleri artırma faaliyetlerini sürdürmektedir (Erol, 2007).

Tablo 1'e göre, 2020 yılı toplam kurulu güç 95.890,61 MW olarak gerçekleşmiştir. Toplam kurulu güç içerisinde %32,3'lük (30.983,90 MW) oranla hidrolik santraller ilk sırada gelmektedir. Toplam üretim miktarı ise 305.330,21 GWh olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim miktarı içerisinde %25,6'lık (78.114,95 GWh) payla ilk sırada hidrolik santraller yer almaktadır (Akusta, 2019).

Tablo 1. 2020 yılı kaynaklara göre kurulu güç ve üretim miktarları

KAYNAK TÜRÜ	TOPLAM KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)	TOPLAM ÜRETİM (GWH)	ORAN
HİDROLİK	30.983,90	32,3	78.114,95	25,6
DOĞAL GAZ	26.041,93	27,2	69.277,54	22,7
LİNYİT	10.119,92	10,6	38.163,85	12,5
İTHAL KÖMÜR	8.986,85	9,4	62.466,47	20,5
RÜZGÂR	8.832,40	9,2	24.680,83	8,1
GÜNEŞ	6.667,42	7	11.242,48	3,7
JEOTERMAL	1.613,19	1,7	9.929,41	3,3
BİYOKÜTLE	1.115,59	1,2	5.501,94	1,8
TAŞ KÖMÜRÜ	810,77	0,8	3.415,83	1,1
ASFALTİT	405	0,4	2.222,88	0,7
FUEL ÖİL	305,93	0,3	313,04	0,1
NAFTA	4,74	0	0	0
LNG	1,95	0	0	0
MOTORİN	1,04	0	1	0
TOPLAM	95.890,61	100	305.330,21	100

Kaynak: (EPDK, 2020).

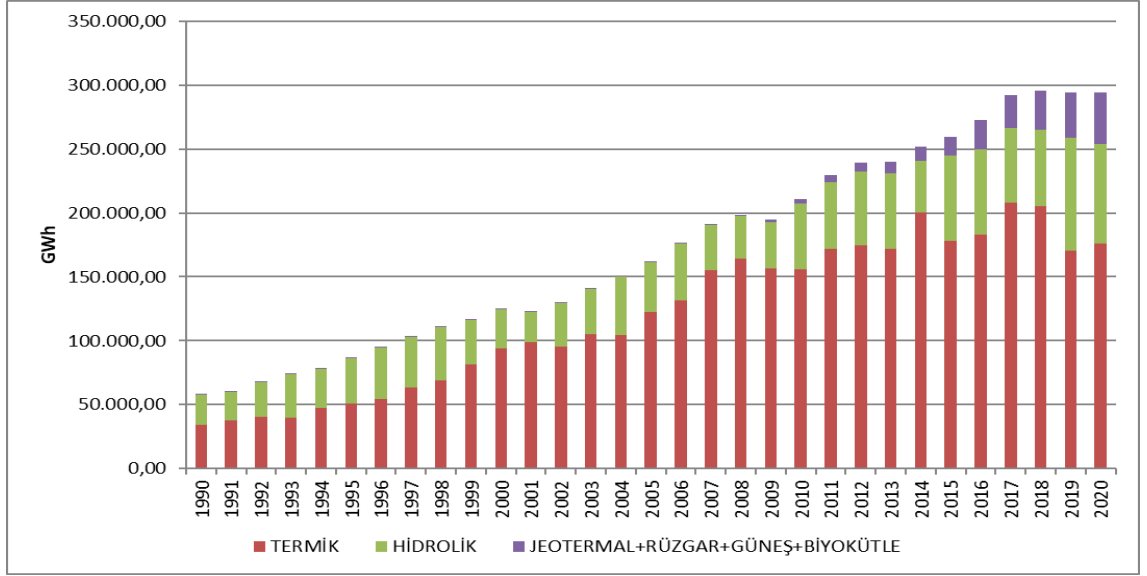
Tablo 2'ye göre, 2019 yılında 84.959,96 MW olan kurulu güç miktarı, 2020 yılında %4,8'lik bir artışla 89.067,14 MW'e yükselmiştir. 2020 yılında 2019 yılına göre kurulu güç miktarında özellikle güneş, biyokütle, rüzgâr ve barajlı hidroelektrik santrallerinde artış görülmektedir. 2019 yılında; kurulu gücü 169,69 MW olan güneş enerjisi santralleri %141,5'lik bir artışla 409,80 MW'e, kurulu gücü 724,62 MW olan biyokütle enerji santralleri %42,4'lük bir artışla 1.031,88 MW'e, kurulu gücü 7.520,8 MW olan rüzgâr enerji santralleri %16,5'lük bir artışla 8.761,57 MW'e ve kurulu gücü 20.619,42 MW olan barajlı hidroelektrik santralleri %11,2'lik bir artışla 22.925,03 MW'e yükselmiştir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarında yaşanan bu artışa bakarak daha çevreci kaynaklardan enerji üretimine doğru bir trend olduğunu söyleyebiliriz (Durmuşoğlu, 2018).

Tablo 2. 2019-2020 yılları kurulu gücün kaynak bazında gelişimi

Kaynak Türü	2019 Değeri (MW)	Pay (%)	2020 Değeri (MW)	Pay (%)	2019-2020 Değişimi (%)
DOĞAL GAZ	25.936,72	30,5	25.639,26	28,8	-1,1
BARAJLI	20.619,42	24,3	22.925,03	25,7	11,2
LİNYİT	10.101,03	11,9	10.119,92	11,4	0,2
İTHAL KÖMÜR	8.966,85	10,6	8.986,85	10,1	0,2
RÜZGÂR	7.520,28	8,9	8.761,57	9,8	16,5
AKARSU	7.877,23	9,3	8.050,23	9	2,2
JEOTERMAL	1.514,69	1,8	1.613,19	1,8	6,5
BİYOKÜTLE	724,62	0,9	1.031,88	1,2	42,4
TAŞ KÖMÜR	810,77	0,9	810,77	0,9	0
GÜNEŞ	169,69	0,2	409,80	0,5	141,5
ASFALTİT KÖMÜR	405	0,5	405	0,5	0
FUEL OİL	305,93	0,4	305,93	0,3	0
NAFTA	4,74	0	4,74	0	0
LNG	1,95	0	1,95	0	0
MOTORİN	1,04	0	1,04	0	0
Genel Toplam	84.959,96	100	89.067,14	100	4,8

Kaynak: (EPDK, 2020).

Şekil 1'e göre, 1990 yılında yaklaşık 60.000,00 GWh olan elektrik üretim miktarı, 2020 yılında yaklaşık 5 kat artışla 300.000,00 GWh'e ulaşmıştır. Hidrolik enerji santralleri tarafından üretilen elektrik miktarı bazı yıllarda düşüş eğilimi gösterse de genel olarak yükseliş eğilimindedir. Termik kökenli enerji santralleri tarafından üretilen elektrik miktarı özellikle son 10 yıl içerisinde zikzaklı bir yapıya sahiptir. Jeotermal, rüzgâr, güneş ve biyokütle enerji santralleri tarafından üretilen elektrik miktarı ise 2009 yılından itibaren gözle görülür biçimde artış eğilimi göstermiştir. Toplam üretim miktarı içerisinde jeotermal, rüzgâr, güneş ve biyokütle santrallerinin payının artması ve termik kökenli santrallerin payının azalması çevre açısından oldukça olumlu bir durumdur. Termik kökenli santraller yerine jeotermal, rüzgâr, güneş ve biyokütle gibi daha çevreci kaynaklara doğru bir yöneliş olduğunu söyleyebiliriz (Gedik, 2015).



Şekil 1. 1990-2020 yılları lisanslı elektrik üretiminin kaynak bazında gelişimi (GWh)

Kaynak: (EPDK, 2020).

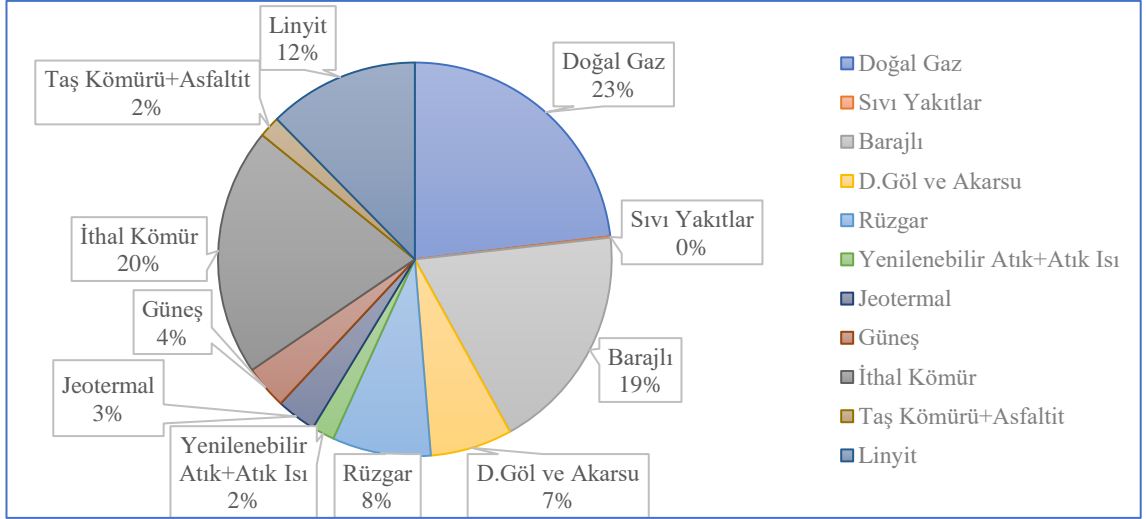
Tablo 3'e göre, 2000 yılında toplam kurulu güç miktarı 27.264,1 MW olarak gerçekleşmiştir ve toplam kurulu güç içerisinde yenilenebilir enerji santrallerinin payının %41,2 (11.221,6 MW) olduğu görülmektedir. Ayrıca 2000 yılında yenilenebilir enerji kurulu gücünün büyük kısmını hidrolik santrallerin oluşturduğunu söyleyebiliriz. 2019 yılında toplam kurulu güç miktarı 91.267,0 MW'e ulaşmıştır ve toplam kurulu güç içerisinde yenilenebilir enerji santrallerinin payı %48,6'ya (44.395,3 MW) yükselmiştir. Bununla beraber 2019 yılı yenilenebilir enerji santrallerinin kurulu gücünde 2000 yılının aksine özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin payının arttığını söyleyebiliriz. Toplam kurulu güç içerisinde yenilenebilir enerji santrallerinin kurulu gücü bazı yıllarda düşüş göstermiş olsa da tablonun bütününe bakıldığında, yenilenebilir enerjiye doğru bir yöneliş olduğunu ve kurulu gücün aynı doğrultuda arttığını söyleyebiliriz (Saydam, 2019).

Tablo 3. 2000-2019 yılları yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün değişimi (MW)

Yıllar	Hidrolik	Jeotermal	Rüzgar	Güneş	Biyokütle	Yenilenebilir Kurulu Gücü	Türkiye Toplam Kurulu Gücü	Yenilenebilir Payı (%)
2000	11.175,20	17,50	18,90		10,00	11.221,60	27.264,10	41,20
2001	11.672,90	17,50	18,90		10,00	11.719,30	28.332,40	41,40
2002	12.240,90	17,50	18,90		13,80	12.291,10	31.845,80	38,60
2003	12.578,70	15,00	18,90		13,80	12.626,40	35.587,00	35,50
2004	12.645,40	15,00	18,90		13,80	12.693,10	36.824,00	34,50
2005	12.906,10	15,00	20,10		13,80	12.955,00	38.843,50	33,40
2006	13.062,70	23,00	59,00		19,80	13.164,40	40.564,80	32,50
2007	13.394,90	23,00	147,50		21,20	13.586,60	40.835,70	33,30
2008	13.828,70	29,80	363,70		38,20	14.260,40	41.817,20	34,10
2009	14.553,30	77,20	791,60		65,00	15.487,10	44.761,20	34,60
2010	15.831,20	94,20	1.320,20		85,70	17.331,30	49.524,10	35,00
2011	17.137,10	114,20	1.728,70		104,20	19.084,20	52.911,10	36,10
2012	19.609,40	162,20	2.260,60		147,30	22.179,50	57.059,40	38,90
2013	22.289,00	310,80	2.759,70		178,00	25.537,50	64.007,50	39,90
2014	23.643,20	404,90	3.629,70	40,20	227,00	27.945,00	69.519,80	40,20
2015	25.867,80	623,90	4.503,20	248,80	277,10	31.520,80	73.146,70	43,10
2016	26.681,10	820,90	5.751,30	832,50	363,80	34.449,60	78.497,40	43,90
2017	27.273,10	1.063,70	6.516,20	3.420,70	477,40	38.751,10	85.200,00	45,50
2018	28.291,40	1.282,50	7.005,40	5.062,80	621,90	42.264,00	88.550,80	47,70
2019	28.503,00	1.514,70	7.591,20	5.995,20	791,30	44.395,30	91.267,00	48,60

Kaynak: (TEİAŞ, 2020).

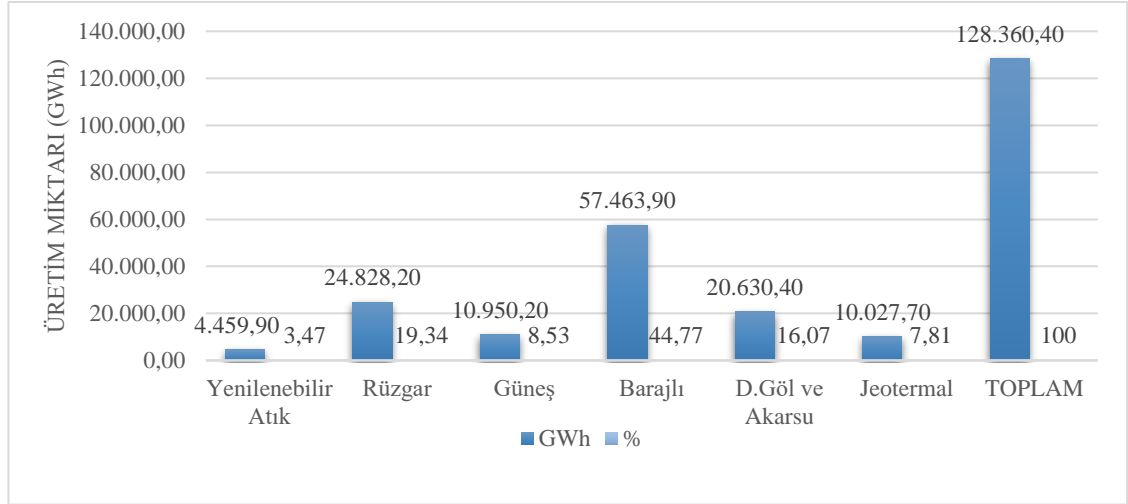
Şekil 2'ye göre, 2020 yılı elektrik üretimi 306.703 GWh olarak gerçekleşmiştir. Bu üretim miktarının; 78.093 GWh'ı hidroelektrik [(57.463 GWh'ı barajlı (%18,74), 20.630 GWh'ı doğal göl ve akarsu (%6,73)], 70.931 GWh'ı doğal gaz (%23,13), 62.505 GWh'ı ithal kömür (%20,38), 37.938 GWh'ı linyit (%12,37), 24.828 GWh'ı rüzgâr (%8,10), 10.950 GWh'ı güneş (%3,57), 10.027 GWh'ı jeotermal (%3,27), 5.736 GWh'ı yenilenebilir atık ve atık ısı (%1,87), 5.368 GWh'ı taşkömürü ve asfaltit (%1,75), 322 GWh'ı sıvı yakıtlardan (%0,11) karşılanmıştır (Sağır, 2021).



Şekil 2. 2020 yılı kaynak bazında elektrik enerjisi üretimi

Kaynak: (TEİAŞ, 2020).

Şekil 3'e göre, 2020 yılı toplam elektrik üretimi 306.703,1 GWh olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın %41,85'lik (128.360,4 GWh) kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. 128.360,4 GWh olan yenilenebilir enerji üretiminin büyük kısmı ise %44,77'lik (57.463,9 GWh) pay ile barajlı hidroelektrik enerji santralleri tarafından gerçekleştirilmiştir (Yaylalı, 2008).

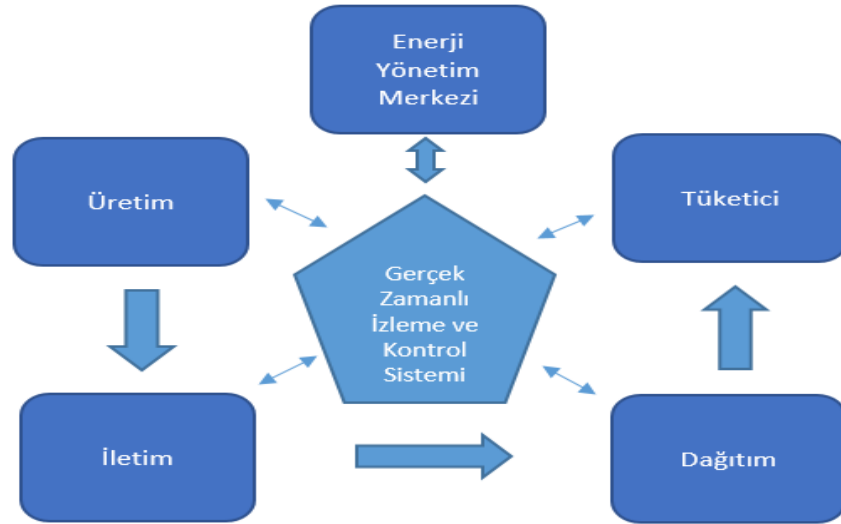


Şekil 3. 2020 yılı yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi

Kaynak: (TEİAŞ, 2020).

3. AKILLI ŞEBEKELER

Şebeke, birbirleriyle entegre olan yapılardan oluşan sistemdir. Akıllı şebeke denmesinin sebebi elektrik üretiminden tüketimine kadar olan sürecin dijital bir şekilde otomasyon kullanılarak yönetilmesidir. Akıllı şebeke, elektrik arz ve talep dengesini çift yönlü olarak gerçekleştiren ve elektrik şebeke sistemlerini sürekli izleyebilme ve gerektiğinde kontrol edebilme imkânı olan enerji yönetim sistemi olarak tanımlanabilir. Akıllı şebekeler, elektriğin üretilmesi, iletimi-dağıtım ve tüketiciler olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Akıllı şebekeler hem talep hem de arz tarafındaki sistem kullanıcılarına verimli, sürekliliği olan, ekonomik ve güvenli bir şekilde elektrik enerjisi tedarikini gerçekleştirmek için oluşturulacak yeni nesil elektrik şebeke sistemidir. Bu sistemle beraber tüketiciler akıllı ev otomasyon projeleri ve elektrik şebekesindeki işletme optimizasyonu sayesinde, sistemde aktif olarak rol alabileceklerdir. Sistem kullanıcıları akıllı şebekelerin fiyat sinyallerine göre, kendilerine en uygun gördükleri zamanda ve fiyatta elektrik alımı yapabileceklerdir. Ayrıca tüketiciler üretim imkânına sahipse sisteme elektrik de satabileceklerdir (Akcanca & Taşkın, 2011).



Şekil 4. Akıllı şebeke akış diyagramı

Kaynak: (Akcanca & Taşkın, 2011).

3.1. Akıllı Şebeke Sisteminin Elemanları

Bir akıllı şebeke sisteminde bulunması gerekenler 6 grup altında toplanabilir. Bunlar;

- 1) Akıllı Üretim,
- 2) Akıllı İstasyonlar,
- 3) Akıllı Dağıtım,
- 4) Akıllı Sayaçlar,
- 5) Bütünleştirilmiş Haberleşme ve
- 6) İleri Kontrol Metotlarıdır.

3.1.1. Akıllı Üretim

Akıllı üretim, elektrik şebekesinin farklı noktalarından alınan geri beslemelere göre, elektrik enerjisi üretiminin mümkün olan en verimli şekilde yapılmasını amaçlamaktadır. Yani elektriğin; geriliminin, frekansının ve güç faktörünün otomatik olarak ayarlanarak elektrik üretiminin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 ve Amerika Birleşik Devletleri'nde, Akıllı Üretim Liderliği Koalisyonu olarak adlandırılan proje ve kuruluşlar tarafından desteklenen akıllı üretimin Avrupa ve Amerika'daki tanımı, bir elektrik üretim ve tedarik zincirinde anlık olarak bilgi alışverişi sağlayan, neden sonuç ilişkileri kurabilme becerisine sahip, planlama ve yönetim aracı olarak kullanılabilmeye imkân tanıyan, bilgisayar tabanlı veri ve bilginin entegre hale getirilmesine akıllı üretim denir. Akıllı üretim, elde edilen verinin analizi, modellenmesi ve gerçek zamanlı olarak simülasyonunu sağlamada kolaylık sağlar. Ayrıca elde edilen tüm bu veriler istenildiği zaman ve en uygun şekilde rahatça ulaşılabilecek şekilde muhafaza edilmektedir (Eldem, 2017).

3.1.2. Akıllı İstasyonlar

Şebekelerin yüksek gerilim kısmı ile orta ve düşük gerilim kısmı arasında bulunan ve devre kesici gibi koruma elemanlarını kontrol eden sistemlerdir. Güç faktörü ve işlem kontrolünü sağlarlar. Akıllı istasyonlar sayesinde, üretim verimliliğinin kontrol edilmesi ve güç biriminin bilgisayar ve ağ teknolojisine entegre edilmesi sağlanır. Ayrıca, akıllı şebeke sistemlerinde güç faktörü performansı, devre kesicileri, transformatörler, batarya

durumunun izlenmesi ve kritik/kritik olmayan yüklerin kontrolü bu istasyonlar tarafından gerçekleştirilmektedir (Atıcı, 2021).

3.1.3. Akıllı Dağıtım

Akıllı dağıtım sayesinde şebeke sistemleri, okuyucu ve izleyici aletlerin yardımıyla daha güvenli bir hale gelmiş olur. Bununla beraber şebekeler, ani elektrik kesintilerine karşı maksimum seviyede güvenli hale gelmiş olur. Akıllı dağıtım, kendi kendini onarabilen, dengeli ve optimize edilmiş bir yapı içerir. Ayrıca otomatik izleme ve analiz faaliyetlerini gerçekleştirir ve akıllı şebeke sistemlerinde önemli bir görev üstlenirler. Bu görev, meteorolojik ve geçmiş sistem verilerinden yola çıkarak arızaları tahmin edebilme yeteneğine sahiptir (Atıcı, 2021).

3.1.4. Akıllı Sayaçlar

Akıllı sayaçlar sayesinde, elektrik üreticileri ile elektrik tüketicileri arasında Genel Paket Radyo Servisi (GPRS) ve Programlanabilir Kontrol Cihazı (PLC) gibi haberleşme altyapılarının yardımıyla çift yönlü veri akışı sağlanmış olur. Bu sayede hem üreticiler hem de tüketiciler anlık olarak ödeme verilerini görebilmektedir ve gerçek zamanlı bilgi akışı sağlaması sayesinde üretilen gücün kalitesi, yaşanan elektrik kesintileri, sayaçta yapılan hileler ve tüketim verileri anlık olarak görüntülenebilmektedir. Ayrıca akıllı sayaçlar sayesinde olası arıza durumlarında bakım-onarım ekibinin hızlı bir şekilde doğru yere ulaşabilmeleri sağlanır (Eldem, 2017).

3.1.5. Bütünleştirilmiş Haberleşme

Veri toplama (SCADA) merkezleri sayesinde, elektrik şebeke sisteminin korunmasını ve kontrol edilmesini sağlayan cihazlar, bütünleştirilmiş bir sistemde sistem kullanıcılarının da akıllı elektronik cihazlarını kullanarak sistem ile etkileşimi sağlamış olur (Eldem, 2017).

3.1.6. İleri Kontrol Metotları

İleri kontrol metotları, elektrik şebeke sistemini kontrol edip yöneten ve kullanım miktarlarını tahmin eden cihazlar ve algoritmalar topluluğunu ifade eder. Yaşanabilecek elektrik enerjisi kesintilerine ve güç kalitesi problemlerine karşı otomatik olarak gerekli

getirilmesini sağlayan sensörler ve diğer elektronik cihazlar ile gerçek zamanlı verileri bulut tabanlı bir bilgi deposunda muhafaza eder.

3.2.1. Mikro Şebekelerin Faydaları

Sistemde yaşanacak elektrik kesintilerinde mikro şebeke jeneratörleri ve muhtemel piller devreye girerek, elektrik gelene kadar müşterilere güç sağlamaya devam eder. Bu da sistemin güvenilirliğini artırmış olur. Ayrıca merkezi şebekelerde talebin arttığı zamanlarda yardımcı kaynak şebeke olarak sisteme enerji sağlarlar.

Mikro şebekeler, elektrik fiyatlarının saatlik takip edilip, en uygun zamanda elektrik kullanım imkânı sağladığından ve tüketicilerin aynı zamanda üretmiş olduğu enerjiyi sisteme satarak gelir elde etmelerine olanak sağladığından tüketici dostu bir şebeke sistemidir. Mikro şebekeler, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre çalıştığından fosil kaynaklarla elektrik üretimi yapılan sistemlere göre daha temiz enerji üretir. Karbon salınımı olmadığından çevreye de zarar vermezler.

Mikro şebeke sistemleri, elektrik şebeke sistemlerinde enerji sürekliliğini sağlama ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegre edilmesinin artırılması için kullanılabilir. Üretici ve tüketiciler, mikro şebeke altyapısına haberleşme ve kontrol sistemlerinin entegre edilmesiyle beraber daha güvenilir bir şebeke sistemine kavuşmuş olacaklardır. Ana dağıtım şebekeleri ve diğer mikro şebekeler ile bağlı olan şebeke sistemi, içerisinde bulunan dağıtık üretim santrallerinde arıza ya da hava şartları dolayısıyla kesinti oluşması durumunda da enerjinin devamlılığını sağlayabileceklerdir. Şebekede oluşabilecek güç kalitesi problemleri ise, kontrol sistemleri sayesinde dengelenebilecektir (Turan, 2020).



Şekil 6. Mikro şebeke modeli

Kaynak: (Turan, 2020).

3.3. Akıllı Şebekelerin Amaçları

- Dijital bilgilerin ve sistemin korunmasını sağlamak.
- Şebeke operasyon faaliyetlerinden maksimum fayda sağlanması ve siber güvenlik önlemlerinin alınması.
- Güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve alternatif enerji kaynaklarının enterekte şebekelerdeki payının artırılması.
- Elektrik enerjisi ihtiyacının daha çevreci enerji kaynaklarından karşılanmasını sağlamak.
- Telefon ve bilgisayar gibi akıllı cihazların sistemle haberleşmesini sağlamak.
- Enerji talebinin arttığı ve azaldığı zamanlara göre şebekeyi otomatik olarak optimize etmek (Ekşi, 2019).

3.4. Akıllı Şebekelerde Olması Gereken Özellikler

3.4.1. Kendini İyileştirme

Şebekede meydana gelen elektrik arızalarını hızlı bir şekilde denetler ve sistemi iyileştirir. Oluşan elektrik aksaklıklarını tüketiciye minimum etki edecek şekilde yansıtır.

3.4.2. İletişim

Tüketici ve şebeke arasında akıllı cihazların yardımıyla haberleşmeyi sağlar. Ayrıca çift yönlü enerji ve bilgi akışı sağlar.

3.4.3. Güvenlik

Şebekeye karşı yapılabilecek siber ve fiziksel saldırıları hemen fark eder ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlar. Şebekenin güvenliğinin sağlanması şebekedeki elektrik arızalarını ve yükümlülükleri azaltır. Ayrıca insan kaynaklı hataları, doğal felaketleri, koruma hatalarını, güvenlik hatalarını ve açıklarını tespit eder ve gerekli iyileştirmeyi sağlar.

3.4.4. Optimizasyon

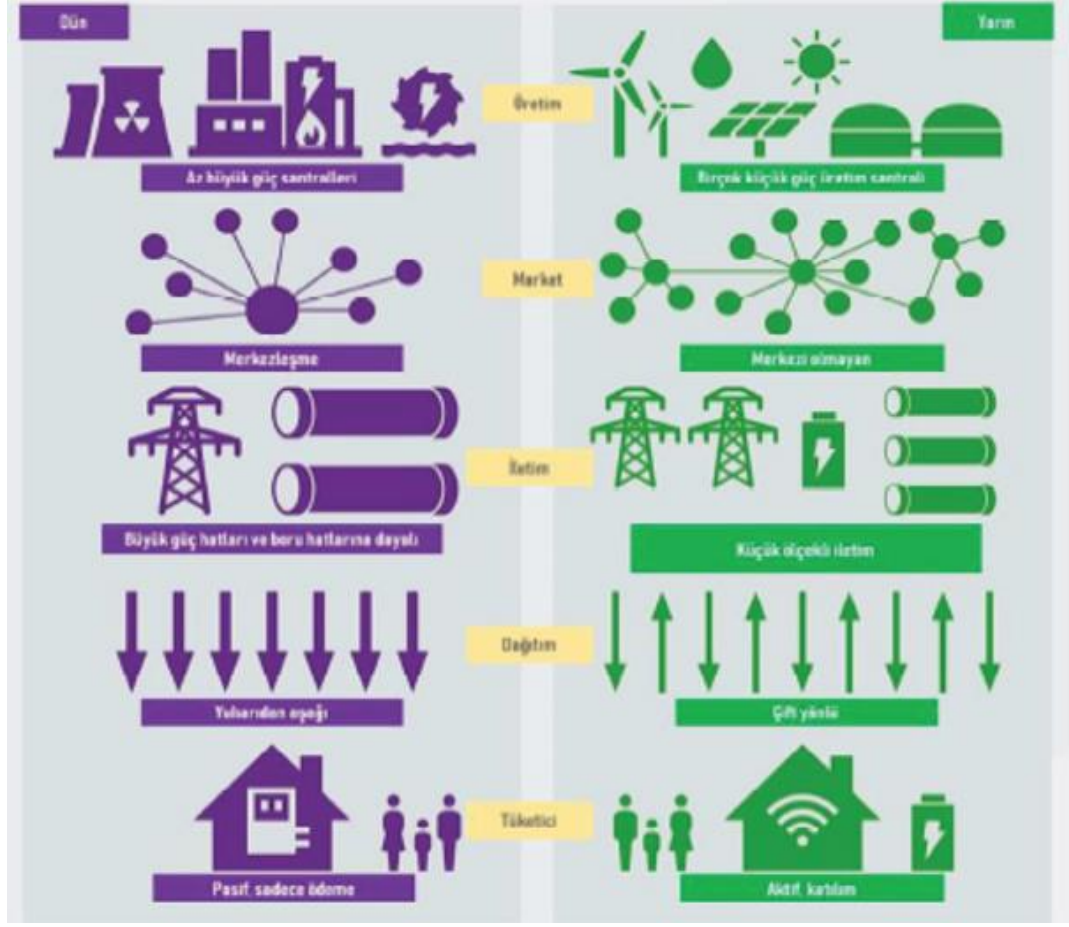
Kullanılan sistemlerin geliştirilmesi; yapılan işlemlerin ve bakım maliyetlerinin azaltılmasını sağlar.

3.4.5. Uyumluluk

Merkezi elektrik üretimi, rüzgâr ve güneş gibi dağıtık enerji kaynaklarından elektrik üretimi ve enerji depolama birimlerinin, enerji talebini karşılamada birbiri yerine kullanılmasının sağlanması.

3.4.6. Entegrasyon

Bilgi teknolojisinin elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılması, sistemde iyileştirme ve sistem yönetiminin standartlaşması ile entegre bir sistem oluşturmak (Ekşi, 2019).



Şekil 7. Mevcut şebeke ve akıllı şebeke sisteminin karşılaştırılması

Kaynak: (Aydın, 2020).

3.5. Akıllı Şebekelerin Avantajları

- Elektrik enerjisi tüketicilerine, klasik şebeke sistemine göre daha ayrıntılı bilgi ve enerji kullanım tarifeleri sunar.
- Akıllı ev projelerinin faaliyete geçmesiyle beraber, tüketicilerin enerji ihtiyaçlarını kendilerinin karşılayabilecek durumda olması sağlanır.
- Sistem kullanıcıları farklı tarifelere göre yapılan fiyatlandırma seçenekleri sayesinde daha uygun fiyata elektrik satın alabilir.
- Tüketilecek elektrik enerjisi miktarı kadar elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirileceğinden, üretilen elektrik enerjisi boşa harcanmaz. Tüketicilerin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi anlık olarak sistemden karşılanabilecek ve ihtiyaç fazlası elektrik tekrar sisteme aktarılacaktır.

- Elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinin altyapısının optimize edilmesi ve geliştirilmesi sağlanacaktır.
- Rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının, elektrik şebeke sistemlerine daha sistematik entegre edilebilmesinin önü açılacaktır.
- Elektrik dağıtım şebeke sistemlerine mikro üretim yapan tesislerin de eklenmesi ile elektrik şebekesindeki güç kalitesinin iyileştirilmesi sağlanabilecektir.
- Şebekelerde yaşanan kayıp ve kaçak miktarları azaltılacaktır.
- İletim ve dağıtım şirketlerinin şebekeleri yönetme faaliyetleri bilgisayar tabanlı uygulamalar sayesinde daha kolay yürütülebilecektir.
- Elde edilen ölçümler ve analizler sayesinde, sistemin ihtiyaç duyacağı enerji yatırımları doğru bir şekilde yapılabilecektir.
- Elektrikli araçların kullanımı için uygun bir altyapı sistemi oluşturulmuş olacaktır.
- Elektrik üretimi için kullanılan mevcut kurulu güç, daha etkin ve doğru bir şekilde kullanılacaktır (Akcanca & Taşkın, 2011).

4. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE AKILLI ŞEBEKE ÇALIŞMALARI

Teknolojik gelişmelerin hayatımızı kolaylaştırmasıyla beraber birçok ülke akıllı şebeke sistemlerine yönelik yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Birçok ülke akıllı şebeke sistemiyle ilgili projeler ve hedefler belirleyip, belirli programlar hazırlamışlardır. Dünya’da faaliyette olan akıllı şebeke çalışmalarının en önemli hedefi, kayıp-kaçak miktarını azaltıp enerji kaynaklarından daha etkin ve verimli bir şekilde yararlanmak olmuştur. Akıllı şebekeler sayesinde ulaşılmak istenen diğer hedefler ise; enerji üretimini güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak, karbon emisyon miktarını düşürmek, elektrik şebeke sistemlerini optimize etmek, ileriye yönelik tahmin yapabilen ölçüm altyapısını oluşturmak, elektrikli araçları ve akıllı evleri sistem ile entegre hale getirmek ve şebeke sistemini akıllı yönetim sistemleri ile yönetmektir. Akıllı şebeke çalışmaları yüksek maliyetler gerektirse de elde edilen enerji tasarrufları ve edinilen bilgiler sayesinde harcanan miktar birkaç yıl içinde kendini amorti edebilmektedir (Kırmızıoğlu, 2015).

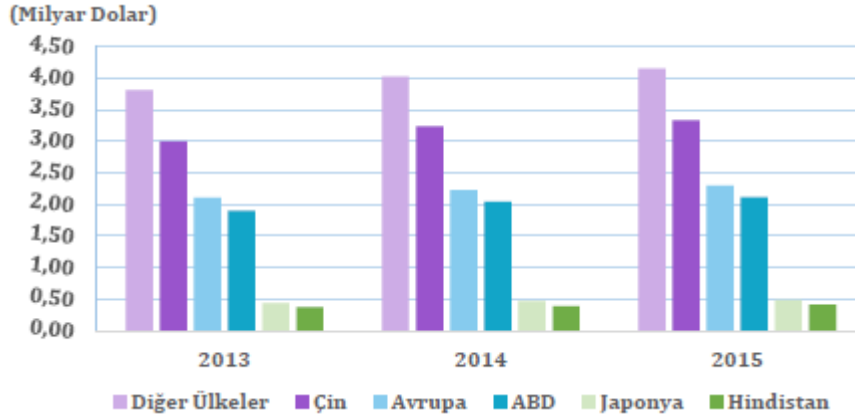
Tablo 4’e göre, akıllı şebeke teknolojisine yatırım yapan ilk 10 ülkeye bakıldığında, Çin 7.320 milyon dolar ve ABD 7.090 milyon dolarlık yatırımlarıyla diğer ülkelere göre açık ara öndedir. Çin ve ABD gibi devletlerin akıllı şebeke teknolojilerine bu denli yüksek yatırımlar yapması, akıllı şebeke teknolojisinin geleceği açısından oldukça olumlu bir durumdur. Çin’in yaptığı yatırımlar neticesinde hava kirliliği önemli ölçüde azaltılmış olacaktır.

Tablo 4. Akıllı şebeke teknolojisine yatırım yapan ilk 10 ülke

Ülke	Yatırım Miktarı (Milyon dolar)
Çin	7.320
ABD	7.090
Japonya	849
Güney Kore	824
İspanya	807
Almanya	397
Avustralya	360
İngiltere	290
Fransa	265
Brezilya	204

Kaynak: (Atıcı, 2021).

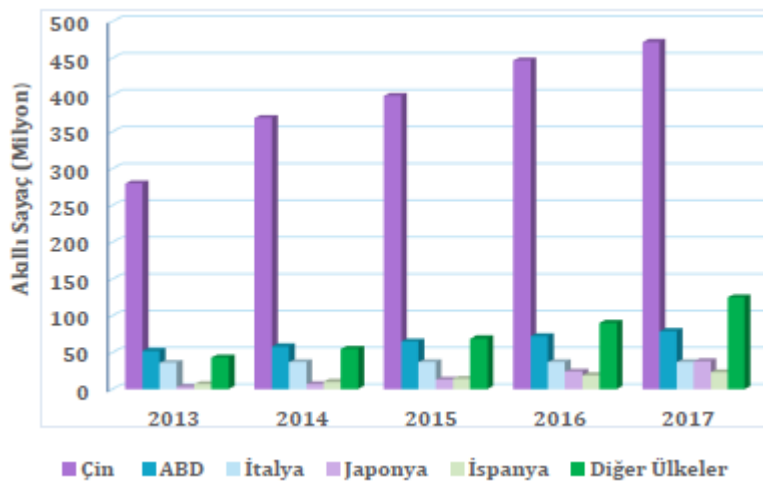
Şekil 8'e göre, akıllı iletim ağları için yapılan yatırımlara bakıldığında, Çin'in yapmış olduğu yatırım miktarı Avrupa ülkelerinin yapmış olduğu yatırım miktarından daha fazladır. Akıllı iletim ağları için yapılan yatırım miktarlarının ortalaması yaklaşık olarak; Çin 3.20 milyar dolar, AB 2.20 milyar dolar ve ABD 2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 8. 2013-2014 ve 2015 yıllarında bazı ülkelerin akıllı iletim ağları için yaptıkları yatırım miktarı

Kaynak: (Aktaş, 2020).

Şekil 9'a göre, akıllı sayaç kurulum miktarında da Çin'in açık ara liderliği göze çarpmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri açısından bakıldığında ise İtalya ve İspanya'nın liderliği göze çarpmaktadır. İtalya'da yaklaşık 30 milyon ve İspanya'da yaklaşık 15 milyon akıllı sayaç, ülkelerin nüfusuyla karşılaştırıldığında oldukça yüksek bir miktardır (Fu, 2021).

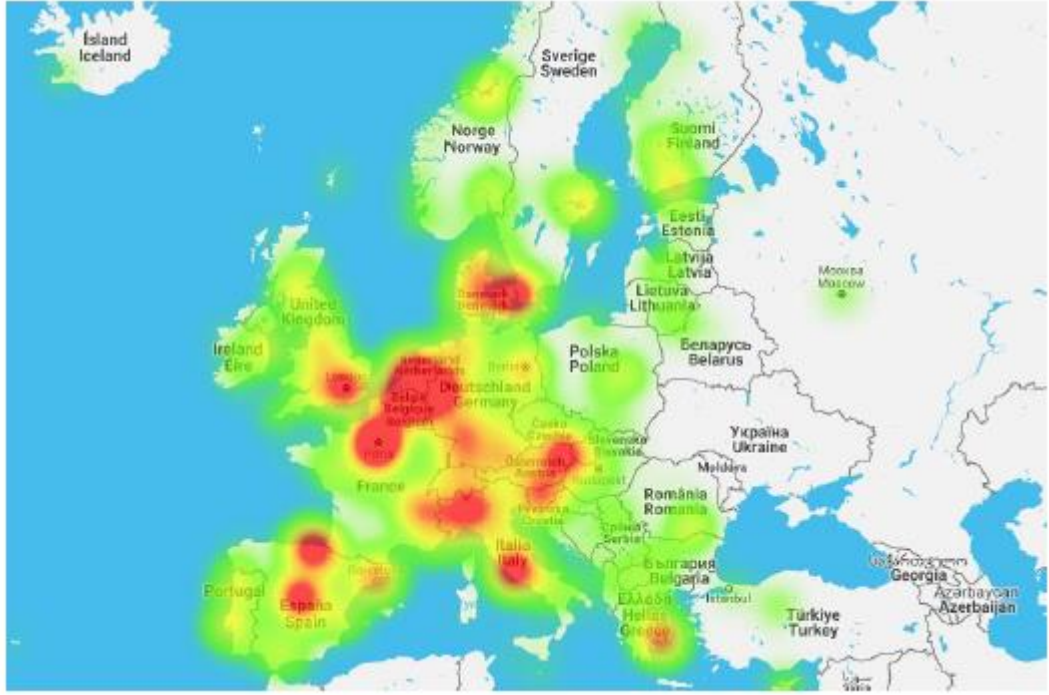


Şekil 9. 2013-2017 yıllarında bazı ülkelerin akıllı sayaç kurulum miktarı

Kaynak: (Aktaş, 2020).

4.1. Avrupa

Avrupa Birliği tarafından 2006 senesinde kurulan, Avrupa Birliği Akıllı Şebekeler Teknoloji Platformu'yla beraber Avrupa ülkelerinin ilerleyen yıllardaki şebeke sistemi için hedefleri ve bu hedeflere gerçekleştirmek amacıyla yapılması gerekenler belirlenmiştir. Belirlenen hedeflere göre; yeni ürün çeşitleri, süreçler ve hizmetlerin kullanılmaya başlanması, sanayide verimlilik oranının artırılması, rüzgâr ve güneş gibi daha temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve küresel pazar içerisinde Avrupa'nın payını artırmak amaçlanmıştır. AB Akıllı Şebekeler Teknoloji Platformu'na göre, Avrupa Birliği'nin ekonomi ve çevreyle ilgili hedeflerinde, akıllı şebeke sistemleri öncü rol oynayacaktır. Avrupa Birliği'nin 20-20-20 hedefine göre 2020 senesinde, tüketilen enerji miktarının %20'sinin yenilenebilir enerjiye dayalı kaynaklardan elde edilmesi, karbon emisyon miktarını %20 oranında azaltmak ve enerji verimlilik miktarını %20 oranında artırmak amaçlanmıştır. Bu hedefe ulaşmak amacıyla yapılan faaliyetlerden biri de Avrupa Birliği ülkeleri ile Avrupa Birliği'ne aday ülkelerin geleceğin elektrik şebekelerinde vazgeçilmez olacak akıllı şebeke sistemlerini kurmak için yaptıkları altyapı çalışmalarıdır. Avrupa'da Fransa, Malta, İspanya, İtalya, Norveç, İngiltere, İsveç ve Hollanda özellikle akıllı sayaçlar kısmında zorunlu yasaları olan veya pilot program yürüten ülkelerdir. Almanya, Çekya, Estonya ve Slovenya gibi ülkelerde ise yasal bir yaptırım uygulanmamasına rağmen dağıtım şirketlerinin bazıları müşterilerinin hâlihazırda kullanmış oldukları sayaçlarını akıllı sayaçlar ile değiştirmektedir. Son 10 yıl içerisinde Avrupa'da yaklaşık 300 akıllı şebeke projesi yapılmıştır ve bu projelere toplam yaklaşık 5,5 milyar euro yatırım yapılmıştır. 2015 yılı itibariyle Avrupa'daki hanelerin neredeyse %10'unda akıllı sayaç kullanılırken, 2020 senesinde Avrupa genelinde 240 milyon akıllı sayacın kullanılması amaçlanmıştır (Kırmızıoğlu, 2015).



Şekil 10. Avrupa akıllı şebekeler ısı haritası

Kaynak: (GAZBİR, 2017).

4.1.1. İtalya Telegestore Projesi (2000-2005)

İtalya’da Enel şirketi tarafından, 2000 ve 2005 yıllarını kapsayan Telegestore projesi; elektrik şebeke sistemine akıllı sayaçların entegre edilmesi, hassas ölçüm teknikleri, iletişimde teknolojinin kullanılması ve elde edilen verilerin yönetimi gibi özellikleri sayesinde mevcut akıllı şebeke projelerinden farklılık göstererek Dünya’da akıllı şebeke uygulamalarının ilki olarak kabul görmektedir. Ar-Ge çalışmaları, akıllı sayaçların ve kondansatörlerin üretimi ve montajı, bilgi teknolojisi sistemlerinin iyileştirilmesi ve şebekenin optimize edilmesi için toplam yaklaşık 2,1 milyar euro harcama yapılmıştır. Bununla birlikte projenin yıllık 500 milyon euro kazanç sağlaması tahmin edilmiştir. Proje tamamlandığında, proje yatırım miktarı çok yüksek olmasına karşın, faturaların detaylı ve doğru ölçülmesi, şebekeye uzaktan erişim ve şebekeyi yönetme imkânı, değişik elektrik tarifelerinden yararlanma, elektrik enerjisinin dengeli bir şekilde ve kullanıma göre üretimi, enerji verimliliği, karbon oranında azalma ve kayıp-kaçak oranının azaltılması gibi avantajları sayesinde projenin kendini yaklaşık 5 yıl içerisinde amorti ettiği görülmüştür. Projeye birlikte, neredeyse 29,8 milyon mevcut sayaç akıllı

sayaçlarla değiştirilmiş ve 350 bin kondansatör kullanımı gerçekleştirilmiştir (Demirkol, 2019).

2006 senesinden itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği şebekeye ileten çift yönlü iletişim kurmaya imkân tanıyan, çok fazlı sayaçların kullanımı da faaliyete alınmıştır. Projenin tamamlanmasıyla beraber yaklaşık 700 bin tüketicinin faturalandırılması yük profillerine göre yapılmıştır. Bu proje sayesinde elektrik enerjisi ihtiyacı ve gücü otomatik olarak belirlenmiş; gün, hafta, ay ve mevsimsel olarak çeşitli tarife seçenekleri oluşturulmuş, şebekeye uzaktan erişim sayesinde enerji açma-kapama, yetkilendirme, kayıp-kaçak miktarının en aza indirilmesi, tüm müşteriler için ayrı ayrı veri yönetimi yapılabilmesi, aktif-reaktif enerji ölçümü yapılması, elektrik yük profillerinin ve depolama kapasite miktarlarının hesaplanması, tüm transformatörler için ayrı ayrı dengeleme yapılabilmesi ve abonelere anlık olarak enerji tüketim miktarlarının iletilmesi sağlanmıştır (Kırmızıoğlu, 2015).



Şekil 11. Telegestore projesinde kullanılan sayaçlar

4.1.2. Malta Enemalta Projesi (2008-2013)

2008 yılında başlatılan Enemalta Projesi ile 5 senelik bir süre içerisinde, Ülkedeki bütün elektrik ve su sayaçlarının yerine akıllı sayaçların kullanılması amaçlanmıştır. Bu proje sayesinde Malta, Dünya’da ilk akıllı şebeke ülkesi olarak kabul edilmiştir. Bu projeye birlikte ülke vatandaşlarının su ve elektriği kendilerine uygun gördükleri saatte kullanabilmelerine imkân tanıyan akıllı bir altyapı sistemi sağlanmıştır. Ayrıca elektrik enerjisinin ithalata bağımlı fosil kaynaklar yerine; yerli, çevreci ve daha temiz olan güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi sağlanmıştır. Su ve elektrik

şebeke sistemlerini entegre eden bu proje sayesinde; su sızıntılarının, elektrik kayıp-kaçaklarının önlenmesi ve elektrik dağıtım şirketlerinin akıllı şebekeler için yapacağı yatırımların akıllıca planlanması neticesinde mevcut kaynakların daha verimli kullanılması sağlanmıştır. Projeye birlikte yaklaşık 250 bin akıllı sayaç kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayaçlar, sistem kullanıcılarının elektrik tüketimini gerçek zamanlı ölçerek, verileri otomatik olarak sistem işletmecisine aktarmıştır. Ayrıca sistem kullanıcılarına farklı tarifelerden yararlanma imkânı sağlanmıştır. Kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla da daha az enerji ve su tüketen müşteriler ödüllendirilmiştir (Demirkol, 2019).

4.1.3. İngiltere Akıllı Sayaçlara Geçiş Programı

İngiliz hükümeti, İngiltere'deki tüm hane ve işyerlerinde akıllı sayaç kullanılmasını hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda akıllı şebekelere geçişi sağlamak amacıyla iki aşamadan oluşan bir program hazırlanmıştır. Bu programın temel hedefi, İngiltere'nin karbon emisyon miktarını azaltarak güvenli ve istikrarlı bir yapıya sahip enerji altyapı sistemini oluşturmaktır. Programın ilk aşamasının tamamlanmasıyla beraber, 2010 yılından 2015 yılına kadar olan süreçte akıllı şebeke sistem tasarımının yapılarak şebekeye uyum yöntemlerinin araştırılması amaçlanmıştır. İkinci aşamada ise 2015-2020 yılları arasında akıllı sayaç kullanıcı sayısının artırılması sağlanarak, 2019 senesinin sonlarına doğru yaklaşık 50 milyon akıllı sayacı elektrik ve doğal gaz şebekelerine entegre etmek amaçlanmıştır. Yapılacak yatırımların toplam maliyetinin yaklaşık 11 milyar euro olacağı tahmin edilmektedir (Kırmızıoğlu, 2015).

4.1.4. Almanya DENA I ve II Akıllı Şebeke Projeleri

Alman hükümeti, DENA I Akıllı Şebeke Projesi ile güneş ve rüzgâr gibi çevreci enerji kaynaklarını elektrik şebeke sistemine entegre etmeyi amaçlamaktadır. DENA I projesinin sonuçları incelenerek, 2004 senesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik miktarı payı olan %10'luk kısmı, 2010 senesinde %12,5'e, 2020 senesine gelindiğinde ise %20'ye çıkarmak amaçlanmıştır. Ayrıca akıllı sayaçların montajı da proje içerisinde yer verilen hedeflerdendir. Alman hükümeti, 2008-2012 yılları arasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegrasyonu sayesinde karbon emisyon miktarını aşamalı olarak 859 milyon tondan, 846 milyon tona indirmeyi

amaçlamıştır. DENA I Akıllı Şebeke Projesi tamamlandıktan sonra DENA II Akıllı Şebeke Çalışması faaliyete alınmıştır. Projeyle beraber üç temel hedefe öncelik verilmiştir. Bu doğrultuda özellikle güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak elde edilen elektrik üretim miktarını %39 seviyesine yükseltmek, elektrik şebeke altyapısını iyileştirmek ve abonelere elektriği kendilerine en uygun buldukları zamanda kullanabilmeleri için esneklik sağlamıştır. Proje tasarım aşamasındayken kullanılan elektrik şebekesindeki eksik yönler incelenmiş, akıllı şebeke sistemi için gereken şebeke iyileştirmesi ve genişletme çalışmaları için yeni yüksek gerilim hatlarının ilavesi (2015 yılında 850 km), ve aktif-reaktif güç kontrolünün nasıl yapılacağı belirlenmiştir. 2015 senesine kadar elektrik şebeke sisteminin bütününde istikrarlı ve güvenli bir şekilde gereken kontrollerin yapılması amaçlanmıştır (Kırmızıoğlu, 2015).

4.1.5. Fransa Linky Pilot Projesi

Elektrik dağıtım şebekesini geliştirmek, modern bir hale getirmek ve şebekeyi güvence altına almak için, elektrik dağıtım kamu hizmetinin sürekliliğinden sorumlu olan Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu (ERDF) tarafından sürekli yatırımlar yapılmaktadır. Elektrik şebekelerini toplumun yeni ihtiyaçları ile uyumlu hale getirmek büyük bir stratejik zorluk içermektedir. 2010 yılında Fransa’da yayınlanan bir yasa tasarısına göre, 2012 yılı ocak ayından 2016 yılının sonuna kadar ülkenin %95'inin mevcut sayaçlarının akıllı sayaçlar ile değiştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda ERDF, “iletişim protokolüne sahip sayaçlar” olarak adlandırılan yeni nesil akıllı sayaçlar olan “Linky” sistemini geliştirmiştir. Bununla beraber Fransa'da 300 bin “Linky” iletişim protokollü cihazın faaliyete geçirileceği bir pilot proje başlatılmıştır (Atıcı, 2021).



Şekil 12. Fransa Linky pilot projesinde kullanılan sayaç

Kaynak: (Atıcı, 2021).

4.1.6. İspanya Endesa (2010-2015)

İspanya Hükümeti, 2008 senesinde yürürlüğe giren yasa ile elektrik dağıtım şirketlerinin, sistem kullanıcılarının kullanmış olduğu mevcut sayaçlar yerine akıllı sayaç takmalarını zorunlu hale getirmiştir. Ayrıca sayaç değişimleri için tüketicilere ek maliyet oluşturulmayacaktır. Bu yasa neticesinde, Endesa elektrik dağıtım şirketinin 2010 yılından 2015 yılına kadar 13 milyon abonesine otomatik sayaç okuma ve yönetme imkânı sağlayacak alçak gerilimli akıllı sayaçlar takması kararlaştırılmıştır (Kırmızıoğlu, 2015).

4.2 Diğer Ülkeler

4.2.1. Amerika Birleşik Devletleri

ABD’de akıllı şebeke mevzuatı, 2007 senesinde faaliyete geçen Enerji Bağımsızlığı Yasası (EISA) ile düzenlenmiş ve ulusal elektrik iletim ve dağıtım şebeke sisteminin optimize edilmesi kararlaştırılmıştır. Bu yasa çerçevesinde oluşturulan temel hedefler; elektrik şebeke sisteminin daha güvenli, kaliteli ve verimli olmasını sağlamak amacıyla ağ tabanlı bilgi ve kontrol teknolojilerinin faaliyete alınması, şebeke faaliyetleri ve kaynaklarının iyileştirilmesi, enerji verimliliğini ve talep tepkisini algılayabilecek donanım ve uygulamaların şebekeye entegre edilmesinin sağlanması olarak belirtilmiştir. ABD’de akıllı şebeke çalışmalarının yaklaşık 20 yıl içindeki maliyetinin 338-476 milyar dolar arasında olacağı öngörülmektedir. ABD, bu çalışmalarla beraber 2015 senesinde 1 milyon elektrikli aracın faaliyete geçmesi ve 2035 senesinde elektriğin %80’ini yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmeyi hedeflemiştir. Ayrıca ABD’de mevcut elektrik hatlarının iyileştirilmesi, elektrikli araçların kullanımının yaygınlaştırılması, elektrik üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmak ve ileriye yönelik ölçüm yapabilen altyapı sisteminin kurulması gibi birkaç akıllı şebeke çalışması bulunmaktadır (Kırmızıoğlu, 2015).

4.2.1.1. Houston Akıllı Şebeke Projesi

Houston’da, ABD Hükümeti Enerji Departmanı tarafından da destek verilen akıllı şebeke projesi ile mevcut sayaçlar yerine 2,2 milyon yeni akıllı sayacın kullanılması ve elektrik şebeke sisteminin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Projenin toplam yatırım miktarı

olan 640 milyon doların, 200 milyon doları ABD Hükümeti tarafından finanse edilmiştir. Projenin amacı, hortum bölgesinde yer alan Houston için elektrik şebekesi altyapısını güçlendirmek ve tüketici merkezli bir sistem oluşturmaktır. Bu proje neticesinde gelişmiş ölçüm yapabilen altyapı sistemi kurulmuş ve meydana gelen elektrik arızalarını otomatik olarak algılayıp uzaktan gerekli müdahaleleri yapabilen akıllı şebeke sistemine geçiş yapılmıştır (Demirkol, 2019).

4.2.2. Japonya

Japonya'da dev sanayi paydaşları tarafından oluşturulmuş olan Japonya Akıllı Toplum İttifakı, ülkenin akıllı şebeke yol haritasının belirlenmesinde kritik görevler üstlenmektedir. Japonya 1990'lı yıllardan günümüze kadar, akıllı şebeke sistemleri için önemli miktarda yatırımlar gerçekleştirmiş ve bu konuda lider olma noktasına gelmiştir. Akıllı şebeke çalışmalarına çok erken başladığından dolayı, akıllı şebeke çalışmalarını talep kısmında sürdürmektedir. 2010 senesinde, akıllı şebeke çalışmaları kapsamında 4 şehirde pilot uygulamalara başlanmıştır (Kırmızıoğlu, 2015).

4.2.3. Çin

Çin Hükümeti, akıllı şebekelere geçiş sürecinde İngiltere Hükümeti'nin de uyguladığı aşamalı geçiş programını uygulamaya koymuştur. İlk aşamada 2009 ve 2010 seneleri arasında elektrik şebeke sistemi planlaması ve pilot bölgelerin seçilmesini, ikinci aşamada 2011 yılından 2015 yılına kadar elektrik şebeke sistemi ve akıllı sayaç kurulumu ve son aşamada ise 2016 yılından 2020 yılı sonuna kadar elektrik şebeke sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. 2016 senesinden itibaren Çin Hükümeti, akıllı şebeke projelerine yaklaşık 60 milyar dolar harcama yapmıştır. Toplam yatırım miktarının 2020 senesi sonuna kadar yaklaşık 100 milyar dolar olması öngörülmektedir (GAZBİR, 2017).

4.2.4. Hindistan

Hindistan, elektrik iletim ve dağıtım kayıplarında yaklaşık %50'lik oran ile Dünya'da birinci sıradadır. Bu kayıpları azaltmak amacıyla 2008 senesinde Hindistan Akıllı Şebekeler Konferansı yapılmıştır. Konferansta alınan kararlar neticesinde 2020 senesine

kadar 130 milyon sayacın akıllı sayaçlarla değiştirilmesi hedeflenmiştir (GAZBİR, 2017).

4.2.5. Brezilya

Brezilya, akıllı şebeke çalışmaları yapabilmek amacıyla pilot şehirler belirleyen ve alt yapı çalışmalarını devam ettiren ülkelerden biridir. 2012 senesinde 1 milyon adet uzaktan okuma yapabilen akıllı sayaç kurulumunu gerçekleştirmiştir. 2021 senesinin sonlarına doğru yaklaşık 63 milyon akıllı sayaç kurulumu gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır (GAZBİR, 2017).

4.2.6. Güney Kore

Güney Kore, akıllı şebeke sistemine geçiş için 3 aşama ve 5 fazdan oluşan bir program hazırlamıştır. Bu program sayesinde 2030 senesinin sonuna kadar akıllı şebeke sistemini tamamen kullanmayı hedeflemiştir. Programın aşamaları; 2010-2012 yılları, 2012-2020 yılları ve 2021-2030 yılları olmak üzere üç kısma ayrılmıştır. Programın fazları; akıllı şebeke, akıllı tüketici, akıllı taşımacılık, akıllı yenilenebilirler ve akıllı elektrik hizmetleri olmak üzere beş kısma ayrılmıştır. Bu programla birlikte, elektrik şebeke sisteminin uzaktan izlenip kontrol edilmesi, akıllı evler için enerji yönetim faaliyetlerinin yapılabilmesi ve pilot araç şarj ünitelerinin kurulması amaçlanmıştır. Program sonuçlandığında ise elektrik şebeke sisteminin kendi kendini onarması, anlık olarak fiyatlandırma yapılmasına imkân tanınması ve elektrik enerjisi depolama cihazlarının kullanımının artırılması gibi pek çok akıllı sistemin aktif olarak kullanılabilmesi amaçlanmıştır (Akcanca & Taşkın, 2011).

4.2.7. Avustralya

Avustralya'da, Avustralya Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (AEMO) tarafından ülkedeki elektrik dağıtım şirketlerine, tüketicilerin mevcut sayaçlarını akıllı sayaçlarla değiştirme şartı uygulanmıştır. Ayrıca Avustralya Hükümeti, "akıllı şebeke, akıllı şehirler" projesiyle beraber enerji sektöründeki paydaşları ile müşterek bir proje yürütmekte ve bu projeye 52,5 milyon euro kaynak ayırmıştır (Akcanca & Taşkın, 2011).

4.2.8. Rusya

Rusya'da yaklaşık 1,5 milyon mesken grubu abonenin akıllı elektrik şebekesine bağlanması sağlanmıştır. Abonelere ayrı ayrı, elektrik tüketim miktarının enerji şirketi tarafından kontrolünü sağlayan akıllı sayaçlar takılmıştır (Akcanca & Taşkın, 2011).

4.3. Türkiye'de Akıllı Şebeke Çalışmaları

Türkiye'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 20.02.2012 tarihinde yayımlanan 2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nde akıllı şebeke altyapı çalışmalarına başlanması öngörülmüştür ve akıllı şebeke uygulamalarının kademeli olarak yaygınlaştırılması çalışmalarına başlanacağı belirtilmiştir. Ayrıca bu kapsamda elektrik enerjisi ve doğal gazda yıllık talebin belirlenmesi ve elektrik enerjisinin depolanması gibi çalışmalar yapılması da belirtilmiştir.

4.3.1. Akıllı Şebeke Açısından Türkiye Ulusal Enerji Sistemi

Türkiye'de akıllı şebeke çalışmaları, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının öncülüğünde kamu, özel ve sivil toplum kuruluşlarının katılımları ile hazırlanmış olan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nde (2012-2023) gerçekleştirilecek çalışmalardan bir tanesi olarak belirtilmiştir. SA-04/ SH-02/E-01 kodlu çalışmaya göre, enerji ve güç miktarına göre kademelendirilmiş tarife, çok terimli sayaç ve akıllı şebeke çalışmalarının yapılması olarak oluşturulmuştur. Ayrıca Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından, mevzuatta yer alan Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği uyarınca, tedarik sürekliliği kalitesi ve ticari ve teknik kalitenin denetlenmesi için otomatik izleme ve kontrol yapılabilen sistemlere ihtiyaç duyulduğu açıkça belirtilmiştir.

Bazı mevzuat düzenlemelerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni kapsayan yatırımların başlatılması için gerekli adımlar atılmıştır. Mevzuat gerekliliklerinden biri de elektrik dağıtım şirketlerinin otomatik sayaç okuma sistemi yatırımlarına başlamasına yöneliktir. Yapılan düzenlemelerden de anlaşılacağı gibi, uzaktan izleme ve kontrol, elektrik dağıtım sisteminin yönetimi, coğrafi bilgi sistemleri ve iletişim sistemleri gibi bileşenler elektrik sektörü için ilerleyen zamanlarda kaçınılmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkacaktır.

Türkiye’de entegre bir bilgi sistemini sağlayacak akıllı şebeke sistemleri için gerekli olan yatırımların tüm dağıtım bölgelerinde artırılacağını da söyleyebiliriz. TEİAŞ öncülüğünde başlayan ve ardından elektrik dağıtım şirketleri tarafından sürdürülen bir vizyon ve faaliyete geçirme süreci bulunmaktadır. Buna göre akıllı sayaçlar ve uzaktan okuma sistemlerine geçiş için gerekli faaliyetler yürütülmektedir. Ayrıca elektrik şebekesinin anlık olarak izlenip kontrol edilmesine yönelik bağımsız olarak yürütülen “Şebeke İzleme ve Dağıtım Sistem Yönetimi” yatırım harcamaları da yer almaktadır. Fakat yürütülen bu faaliyetlerin bütünleşik ve ulusal bir akıllı şebeke projesinin bir unsuru olmaktan oldukça uzak kaldığı görülmektedir. İlerleyen zamanlarda elektrik şebeke sistem yatırımlarının verimliliğini artırmak ve tedarikin sürdürülebilir olması amacıyla akıllı şebeke yatırımlarının hızla artarak faaliyete geçirilmesi öngörülmektedir. Yapılacak akıllı şebeke yatırımlarının; Dünya’da uygulanan akıllı şebeke sistemlerinin incelenip, abone hizmetleri ve faturalandırma sistemi ile de tam bütünleşik bir yapıda faaliyete geçmesi planlanmaktadır (Akcanca & Taşkın, 2011).

Türkiye’de elektrik ve doğal gaz piyasasında, iletim ve dağıtım faaliyetlerinde özelleştirme devam ederken, bununla beraber iletim ve dağıtım şebeke sistemlerinin optimize edilmesine yönelik faaliyetler de sürdürülmektedir. Türkiye, bu çalışmalarına paralel olarak, tedarikçi ve aboneler arasında çift yönlü, sürekli, güvenilir ve hızlı bir şekilde veri akışı yapabilme hedefiyle akıllı şebeke çalışmalarını da başlatmıştır. Bu faaliyetler neticesinde, Türkiye’nin akıllı şebeke sistemlerine olan ilgisi her geçen gün artmaktadır. Bu maksatla;

- Elektrik iletim ve dağıtım şebeke sistemlerinin yenilenmesi amacıyla gerekli denemeler ve çalışmalar yapılmış,
- Başta elektrik dağıtım şirketleri olmak üzere piyasa katılımcıları tarafından gerekli fayda-maliyet tahminleri yapılmış,
- TÜBİTAK öncülüğünde uluslararası projelere katılım sağlanmış,
- Otomatik sayaç okuma ve farklı SCADA sistemleri için gereken yatırımlar yapılmış,
- Elektrik şebekelerinin anlık olarak izlenip kontrol edilebilmesi için gereken yatırımlar yapılmış,

- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesinde, akıllı sayaç üretimi yapabilmek amacıyla SAYKOM kurulmuştur.

Türkiye’de akıllı şebeke uygulamaları en başta elektrik şebeke sistemine, ardından doğal gaz şebeke sistemine ve su tüketim miktarları fazla olan organize sanayi bölgelerine uygulanmaya başlamıştır. İlerleyen zamanlarda da haneler için akıllı şebeke çalışmaları yapılması planlanmaktadır. Türkiye, akıllı şebeke uygulamaları açısından diğer ülkeler ile kıyaslandığında, Türkiye’nin hala başlangıç düzeyinde olduğunu söyleyebiliriz. Elektrik sayaçlarının henüz %1,2’si Otomatik Sayaç Okuma Sistemi’ne (OSOS) sahip olup, bu sayaçların artırılmasına yönelik faaliyetler yapılmaktadır.

Dünya’da birçok ülke akıllı şebeke sistemleriyle ilgili yapılan çalışmalara kayıtsız kalmayıp, bu yönde gereken stratejiler ve hedefler oluşturarak, akıllı şebeke projelerini uygulamaya başlamışlardır. Akıllı şebeke sistemleri çok yüksek miktarda yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Ancak yapılan yatırımlar kendini kısa süre içinde amorti edebilmektedir. Bunlara dayanarak hem Türkiye’de hem de Dünya’da mevcut elektrik şebeke sistemlerinin, günümüzde kullanılan teknolojiye uyumlu hale gelebilmesi için bir dönüşüm sürecine girmesi gerekmektedir. Yaşanması muhtemel bu değişim sürecinde doğru bir planlama yapıp, planların en kısa zamanda faaliyete alınması hedeflenmelidir. Ekonomik açıdan güçlü birçok ülke, akıllı şebeke yatırımlarını planlayıp, bir kısmını uygulamaya başlamışlardır. Ülkelerde akıllı şebeke sistemlerinin yaygınlaştırılması sonucunda; dengeli elektrik tüketim miktarlarının belirlenmesi, gerçek zamanlı veri akışı, enerji arz-talebinde yaşanan arızaları en aza indirmek, karbon emisyonunun azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması sağlanmış olacaktır. (GAZBİR, 2017).

4.3.2. Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi

Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme projesi ile tüketicilerin elektrik piyasasında aktif rol almasını sağlamak, toplam elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payını artırmak, elektrik şebeke sisteminin verimliliğini ve elektrik güç kalitesini artıracak maliyet etkin bir akıllı şebeke sistemine geçişte gereksinim duyulan yol haritasını oluşturmak ve akıllı şebeke sistemlerine geçiş için gereken yol haritasının hazırlanması amaçlanmıştır. Akıllı şebeke yol haritası belirlenirken, bütün elektrik dağıtım şirketlerinden alınan verilerin incelenmesi ve her

elektrik dağıtım şirketinin ayrı ayrı kendine özgü mevcut yapısının incelenmesi, Dünya genelinde akıllı şebekelere kısmen geçiş yapmış olan ülkelerin akıllı şebeke vizyonları, hedefleri, gerçekleştirdikleri ve gerçekleştirecekleri projelerden yararlanılmıştır. Türkiye elektrik piyasasının tüketici merkezli ve rekabete dayalı serbest piyasa yapısına geçebilmesi için elektrik dağıtım şebeke sisteminin teknolojik dönüşümü temel zorunluluktur. Yapılan bu proje kapsamında;

- Akıllı şebeke sistemleri için gereken ihtiyaçların belirlenmesi ve fonksiyonel analizinin yapılması,
- Elektrik dağıtım şirketlerinin kullanmış oldukları sistemlerin mevcut durum incelemesi yapılarak, mevcut sistemlerinin akıllı şebekeye uygunluk seviyelerinin belirlenmesi,
- Akıllı şebekeye geçişi sağlamak amacıyla senaryolar tanımlanması ve bu gerekli stratejilerin geliştirilmesi,
- Elektrik dağıtım şirketlerine kılavuz olacak bir yol haritasının oluşturulması,
- Akıllı şebeke sistemleri için yol haritasının belirlenmesi, şebeke için gereken ekipmanların fayda-maliyet açısından analiz edilmesi ve bu sistemlerin yararlarından gereksinimlere uygun olarak faydalanabilmek amacıyla değişik çözüm yollarının belirlenmesi,
- Akıllı şebeke sistemleri için gerekli olan insan kaynağının belirlenmesi ve bu kaynağın gelişimi için yapılması gerekenlerin; elektrik dağıtım şirketleri, kamu kurumları, yerli ve yabancı piyasa katılımcıları ile paylaşılması ve elde edilen bilgilerin rapor edilmesi,
- Akıllı şebeke sisteminin Türkiye elektrik tarifesine olası etkilerinin araştırılıp raporlanması,
- Mevzuata uygun olup olmadığının incelenmesi ve ilgili mevzuatta güncelleme yapmak amacıyla öneriler sunulması,
- Akıllı şebeke stratejisinin ilgili piyasa katılımcılarının stratejik amaçlarına uygunluk durumunun incelenip raporlanması gibi faaliyetler gerçekleştirilecektir.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte; Dünya'daki diğer akıllı şebeke sistemlerinden yararlanılarak elektrik dağıtım şirketlerinin akıllı şebekeye geçişini sağlamak amacıyla en uygun zamanın planlanması, strateji ve yol haritası belirlenmesi, akıllı şebeke sistemlerinde kullanılacak IT (Bilgi Teknolojileri) ve OT (Operasyonel Teknolojiler) sistemleri arasındaki entegrasyonun faydalarının tüm piyasa katılımcıları için belirlenmesi, geliştirilen stratejiler doğrultusunda elektrik dağıtım şirketleri, EPDK, sektör paydaşları ve tüm ülke için fayda-maliyet analizlerinin gerçekleştirilmesi ve akıllı şebeke sistemlerinin kurulması için gerekli güncellemeler yapılması ve bu sayede akıllı şebeke vizyonunun önünün açılması amaçlanmaktadır.

Türkiye'de akıllı şebeke sistemi için 2014 yılından itibaren yoğunlaşan Ar-Ge çalışmaları ile gelişmiş ölçüm altyapıları, tüketici tarafı yönetimi, akıllı sayaçlar ve haberleşme gibi konularda pilot projeler başlatılmıştır. TAŞ'2023 projesindeki çalışmalara göre akıllı şebekeler ile ilgili yapılacaklar şu şekilde gruplandırılmıştır:

- Akıllı şebeke şirket hedef ve stratejisi
- Gelişmiş şebeke izleme, kontrol ve yönetim sistemleri
- Bilişim Teknolojileri altyapıları ve veri analitiği
- Kurumsal uygulama entegrasyonu
- Dağıtık üretim kaynaklarının ana şebekeye entegrasyonu ve enerji depolama
- Varlık yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
- Elektrikli araçlar
- Akıllı sayaç altyapıları ve tüketiciler
- Haberleşme altyapıları
- Siber güvenlik (akillisebekerurkiye.org, 2016).

4.3.3. 2035 Vizyon ve Stratejisi

Ülkeler için enerji altyapısının güçlendirilmesi ekonomik refahın artırılmasında önemli etkenlerden biridir. Her geçen gün artan teknolojiyle beraber toplumda artan kaynaşma ve büyüyen çevre farkındalığı, ilerleyen yıllarda mevcut şebekelerimizin değişmesini

zorunlu hale getirecektir. Akıllı şebeke sistemleri, sürdürülebilir ve çevre dostu yarımlar için en önemli faktörlerden bir tanesidir.

Türkiye ilerleyen senelerde elektrik üretimini fosil kaynaklardan karşılamak yerine, nükleer ve yenilenebilir kaynaklardan karşılamaya çalışacaktır. Ayrıca enerjinin daha verimli kullanılmasıyla beraber oluşacak rekabetçi bir piyasanın varlığı, tüketici memnuniyeti ve tüketicilerin sisteme katılımını artırmaya yardımcı olacaktır. Tüm bunlarla birlikte toplumsal refah da büyük oranda artırılmış olacaktır.

Akıllı şebeke sistemleri sayesinde, mevcut şebekelerde elektrik üretimini kontrol eden bir yöntem yerine, elektrik tüketimini kontrol eden bir şebeke yapısına geçilecektir. 2035 yılında ulusal elektrik şebekemizin; yüksek güvenilirlikli, kaliteli bir biçimde tedarik sürekliliği, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli artan bir yapıda olmasını sağlamak amacıyla TAŞ'2023 çalışma grubunun akıllı şebeke vizyon önerisi şu şekildedir;

“Güvenli bir gelecek için;

Çevresel sürdürülebilirliği ve enerji kaynaklarının verimli bir şekilde değerlendirilmesini dikkate alarak,

Ekonomik büyüme için gerekli olan düşük maliyetli elektrik enerjisini yüzde yüz yerli kaynaklardan karşılayıp, yenilenebilir enerji üretimini de azamiye çıkararak karbon ayak izini asgari seviyeye çekmek amacıyla,

2020 yılı ve sonrasında akıllı şebeke yatırımları ile elektrik iletimi ve dağıtımını en uygun şekilde yönetip, katılımcı, rekabetçi ve düşük maliyetli bir elektrik piyasası ile ülke refahına en yüksek katkıyı sağlamak”

2035 akıllı şebeke hedeflerini gerçekleştirebilmek için kanun çıkaranların, düzenleyici kurumların, sanayinin, elektrik enerjisi üreticilerinin, iletim ve dağıtım şebeke sistem işleticilerinin, tedarikçilerin, Ar-Ge kuruluşlarının, uluslararası kuruluşların ve finans sektörünün, teknolojik gelişmelere ve tüketicilerin taleplerine göre birlikte çalışmaları gerekmektedir. Belirlenen akıllı şebeke hedeflerinin başarıya ulaşabilmesi için; şeffaf, tahmin edilebilir ve tutarlı uzun vadeli hedeflerin belirlenmesi, yenilikçi yatırımlara destek verilerek kamuoyunun tam desteğinin alınması ve tüm piyasa katılımcılarının bu konudaki bilgi seviyelerini artırmak maksadıyla gerekli eğitim ve farkındalık

faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir (Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi, 2016).

4.3.3.1. Akıllı Şebeke Öncelikleri ve 2035 Hedefleri

Türkiye enerji politikasının ana hedefi olan “%100 Yerli ve Yenilenebilir” enerji kaynaklarına dayalı olarak ve daha az maliyetli elektrik üretimine geçebilmek için enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılığın en aza indirilmesi, enerjinin yerli kaynaklardan karşılanması ve tahmin edilebilir bir enerji piyasa sisteminin kurulması gerekmektedir. Tüm bunların gerçekleştirilmesi amacıyla da elektrik iletim ve dağıtım şebekelerimizin akıllı şebeke sistemlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. 2035 yılında tamamlanması beklenen akıllı, modern ve entegre edilmiş elektrik şebekesi sayesinde:

- İletim ve dağıtım sistemlerinde yaşanan kayıp-kaçak miktarının azaltılmasına çok büyük katkı sağlanacaktır. 2035 yılına kadar kaçak elektrik kullanımının sonlandırılıp şebeke de yaşanan teknik kayıpların da en düşük düzeye çekilmesi sağlanacaktır.
- Tedarik sürekliliğinin optimize edilmesi ve OECD ülkelerinin ortalamasının üzerine çıkartılması sağlanacaktır.
- Bütünleşik yük yönetimi sayesinde enerjinin kalite ve süreklilik standartlarının yükseltilmesi sağlanacaktır.
- Otomasyon sistemleri ile dağıtım hizmetlerinin maliyeti azaltılacak ve tüm süreçler dijitalleştirilecektir. Daha verimli enerji kullanımı ve işlem hızının artması da tüketicilere düşük tarife olarak yansıtacaktır.
- Sistem kullanıcılarının tüketim bilgilerine anlık olarak ulaşabilmeleri ve piyasaya katılımlarının sağlanması sayesinde, piyasanın şeffaflığı ve rekabetçiliği artırılmış olacaktır.
- Bütünleşik varlık yönetimi ile doğru zamanda yapılacak yatırımlar, yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmeye yardımcı olacaktır.

- Farklı tarife uygulamaları sayesinde abonelerin enerji maliyetleri azaltılmış olacaktır ve milli gelir ve enerji tasarrufu miktarı da artırılmış olacaktır. Bu sayede ulusal karbon ayak izi miktarı da azaltılmış olacaktır.
- Elektrik üretim tesislerinin verimlilik miktarları anlık olarak takip edilebilecek ve gerektiğinde reaktif enerji kontrol edilerek tüm sistemin güvenli bir şekilde çalışması sağlanacaktır.
- Gelişmiş talep tarafı yönetimiyle beraber, puant talebin düşürülmesi ve kaynak verimliliğinin artırılması sağlanmış olacaktır.
- Yakın gelecekte yaygınlaşması beklenen elektrikli araçlar, çatı tipi güneş panelleri ve elektrik depolama sistemleri için gerekli altyapı sistemlerinin hazırlanması, uzun dönemde “Yerli ve Yenilenebilir Enerji” stratejik amacına ulaşılmasını sağlayacaktır.
- Akıllı şebeke sisteminde kullanılacak teknolojinin yerli tasarıma sahip, üretiminin Türkiye’de yapılması ve sistem için gerekli yatırımların yerli kaynaklardan karşılanması gelişmişlik seviyesini artıracaktır.

Akıllı şebeke sistemlerinde tüm bu faydaların sağlanabilmesi için elektrik dağıtım şirketlerinin İşletme Hakkı Devri tabanlı lisanslarının sonu olan 2035 yılına kadar ulaşılması gereken hedefler aşağıdaki gibidir:

- Dağıtık Üretim: Küçük ölçekli dağıtık ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin yaygınlaştırılmasını sağlamak amacıyla dağıtım şebeke altyapısının bu yapıya göre oluşturulması.
- Akıllı Sayaç Kullanımını Artırma: 2025 yılına kadar dağıtım sisteminde kullanılan elektrik enerjisinin %80’ini, 2035 yılına kadar ise sistem kullanıcılarının en az %80’ini içeren gelişmiş ölçüm altyapılarının kurulması.
- Ulusal Akıllı Sayaç Protokolü: Yerli sayaç haberleşme protokolünün oluşturulması ve yaygınlaştırılması.
- Tüketici Tarafı Katılımı: Elektrik sistem kullanıcılarının piyasaya katılımının sağlanması. (Müşterilerin en az %80’inin akıllı ölçüm altyapılarına ve %40’ının elektrik piyasasına dâhil edilmesi)

- Şebeke İzlenebilirlik/Kontrol Edilebilirlik: Elektrik şebeke altyapılarında; şebekenin kritik noktalarında takip edilebilirlik oranını %80, kontrol edilebilirlik oranını %20 ve şebekenin kendi kendini iyileştirme oranını %10'a yükseltmek.
- Esneklik Yönetimi: Talep tarafı yönetiminin aktif ve optimizasyona dayalı olarak gerçekleştirilmesi ve esneklik oranı yüksek olan kaynakların faaliyete alınması.
- Şebeke Verimliliği: Şebekede kullanılan sistemlerin kapasite kullanım miktarlarının %20 seviyesinde iyileştirilmesini sağlamak.
- Operasyonel Verimlilik: Operasyonel faaliyetlerde %20 verimlilik sağlamak.
- Kayıp-Kaçak Seviyesi: Elektrik üretim, iletim ve dağıtım şebekelerindeki toplam kayıp-kaçak seviyesinin %8 seviyesine indirilmesi.
- Şebeke Dayanıklılığı: Akıllı şebeke altyapılarını olası saldırılardan ve doğal afetlerden korumak amacıyla gereken önlemlerin alınması.
- Veri ve Analitik Odaklı İşletmecilik: Yapılan işlerin veri ve analitik tabanlı devam ettirilmesi ve bütünleşik sistemlerin oluşturulması.
- Birlikte Çalışabilirlik ve Standardizasyon: Uluslararası akıllı şebeke haberleşme ve bilgi protokollerine tam uyum sağlanması ve ulusal standartların geliştirilmesini sağlamak.
- Altyapı Harmonizasyonu: Elektrik, doğal gaz ve su altyapılarının entegre hale getirilmesi ve mümkün olan en fazla yararın sağlanmaya başlanması.
- Elektrikli Araçlar: Elektrikli araçlar için gerekli şarj istasyonlarının şebeke ile entegre hale getirilmesi ve kapasite kullanım yönetimi için gerekli altyapı sistemlerinin kurulması.
- Mikro/Nano Şebeke Uygulamaları: Yeni yapılacak binaların %50'sinin mikro-şebekelere entegre edilmeye uygun şekilde yapılandırılması.
- Yenilikçi Şebeke Bileşenleri: Süper iletkenler, amorf trafo ve güç elektroniği tabanlı anahtarlama ekipmanları gibi gelişmiş şebeke teknoloji ve ekipmanlarının kullanılmaya başlanması.

- Piyasa Yapısı ve Mevzuat: Yapılacak mevzuatların enerji piyasasındaki dönüşümü ve yeni iş modellerinin oluşmasını sağlaması ve destekleyici yapıda oluşturulması.
- Teknoloji Geliştirme ve İhracat: Teknoloji geliştirme ve ihracat için depolama, IoT (Nesnelerin İnterneti), veri analitiği, şebeke yönetim yazılımları, akıllı sayaçlar ve güneş paneli gibi hedeflere destek sağlamak.
- Yerli Akıllı Sayaç Altyapıları: Akıllı sayaç imalatının %90'ın üzerinde bir payla yerli kaynaklardan yapılmasını sağlamak (Çoksürer, 2013).

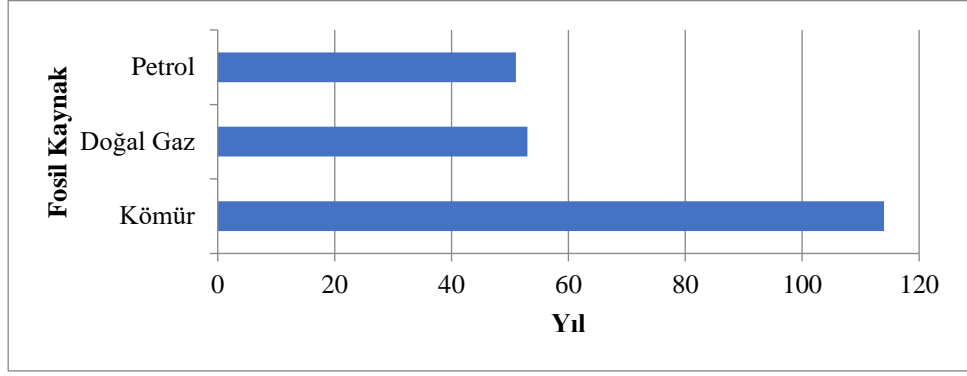
5. AKILLI ŞEBEKELERDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMININ ÇEVRE AÇISINDAN ANALİZİ

5.1. Sera Gazı Emisyonu

Atmosferin ısınmasına sebep olan, karbondioksit ve metan gibi gazlara sera gazı denir. Sera gazları, yeryüzünden uzaya doğru yayılan ısının bir miktarını yeryüzüne geri yansıtarak Dünya'nın ısınmasına sebep olurlar. Meydana gelen bu olay sera etkisi olarak adlandırılmaktadır. Sera etkisinden dolayı iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi olaylar meydana gelmektedir. Karbondioksit ve metan gibi gazların atmosfere geri aktarılan miktarı sera gazı emisyonu olarak tanımlanmaktadır (Küçükaya, 2017).

Fosil yakıtlardan elektrik üretilmesi sonucunda açığa çıkan sera gazları; ozon tabakasının incelmesine, ormanların tahrip olmasına, yer altı sularının azalmasına, iklim değişikliğine, kuraklığa, sele ve heyelana neden olmaktadır. Bu sebeple elektrik üretimi, sera gazı salınımı olmayan rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak elde edilmelidir. İnsan ve diğer canlı varlıkların hayatları boyunca faaliyetlerini gerçekleştirdikleri ve etkileşimde buldukları fiziki, sosyal, ekonomik, kültürel ve doğal ortama çevre denir. Çevre ve elektrik üretimi arasındaki ilişki incelendiğinde bu iki kavramın beraber değerlendirilmesi ve birbirlerinden etkilendikleri ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlardan elektrik üretilmesi sonucunda meydana gelen çevresel sorunların çözüme kavuşturulması, rüzgâr ve güneş gibi çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasıyla sağlanabilir (Honça, 2018).

Şekil 13'e göre, fosil kaynakların kalan rezerv ömrü; petrol için 51 yıl, doğal gaz için 53 yıl ve kömür için 114 yıldır. Yeni keşifler yapılmazsa, bu verilere göre; 51 yıl sonra petrol, 53 yıl sonra doğal gaz ve 114 yıl sonra kömür artık kullanılamayacaktır. Fosil yakıtların tükeneceği mutlak bir şey olduğu için, fosil yakıtlardan enerji üretmek yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretimini yaygınlaştırmak gerekmektedir.

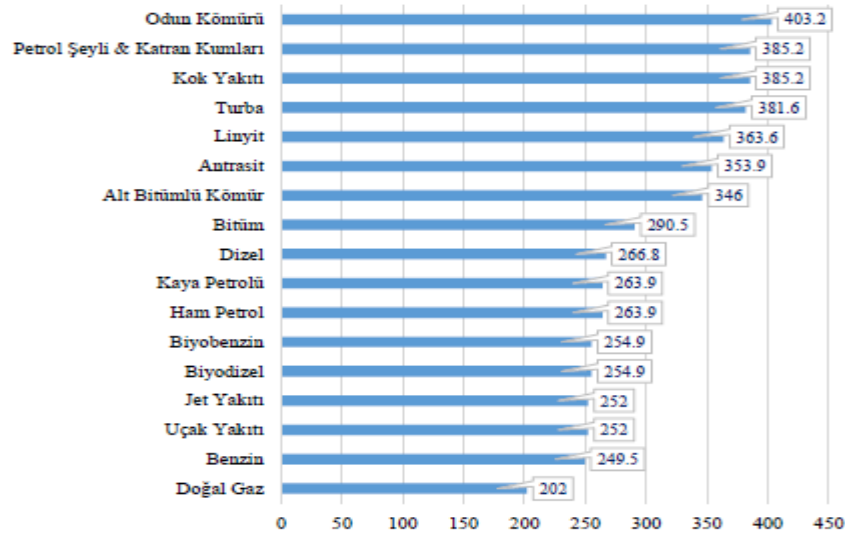


Şekil 13. Fosil kaynakların kalan ömrü

Kaynak: (Akbal, 2021).

Şekil 14'e göre; 1 MWh'lik enerji üretmek için açığa çıkan CO₂ miktarında, en yüksek değer, 403 kilogram eşdeğer CO₂ miktarıyla odun kömürüne aittir. Diğer fosil kaynak türlerine göre daha çevreci olan doğal gazda bile, 1 MWh'lik enerji elde etmek için 202 kilogram eşdeğer CO₂ açığa çıkmaktadır. Enerji üretmek için fosil yakıtlardan yararlanıldığında, atmosfere ciddi miktarda CO₂ salınımı olmaktadır. Bunun neticesinde hava kirliliği ve iklim değişikliği gibi tüm Dünya'yı ilgilendiren sonuçlar meydana gelmektedir (Koç, 2021).

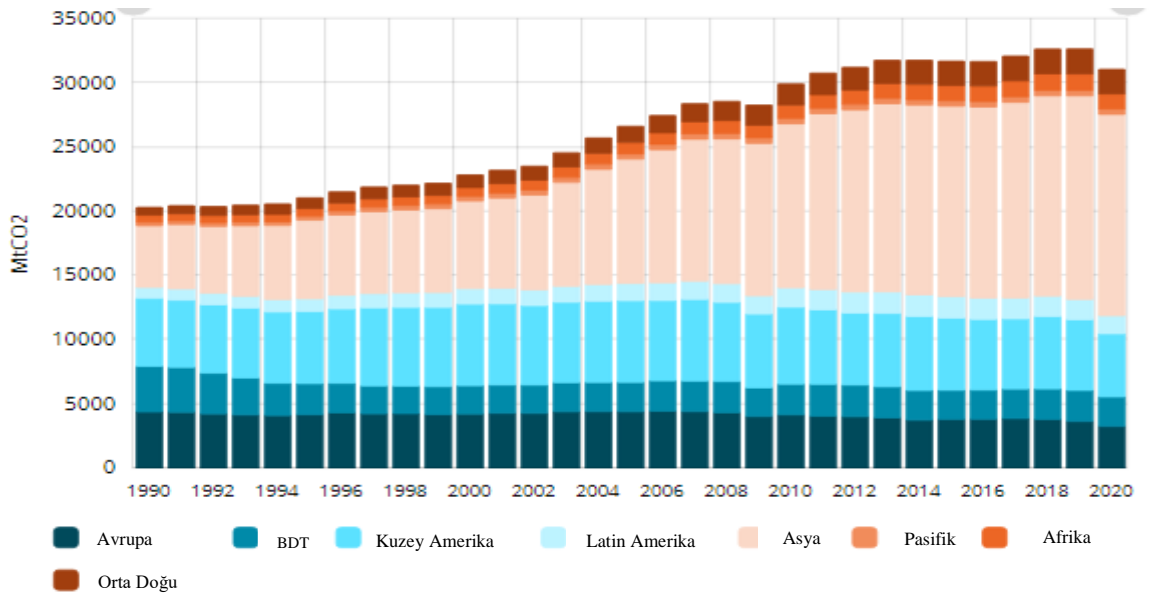
1 MWh'lik enerji üretmek için güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak ise, CO₂ salınımı olmamasına imkân tanımaktadır. Fosil yakıtların aksine yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi oldukça çevre dostudur.



Şekil 14. Yakıtlara göre karbondioksit emisyon miktarı (MWh/CO₂)

Kaynak: (Koç, 2021).

Şekil 15'e göre; 1990 yılında yaklaşık 20 bin MtCO₂ olarak gerçekleşen emisyon miktarı, 2020 yılında yaklaşık %50 artışla 30 bin MtCO₂'e yükselmiştir. Emisyon salınımına bakıldığında, en fazla emisyon salınımının Asya Kıtası'nda gerçekleştiği görülmektedir (Özellikle fosil yakıt kullanımı fazla olan Çin'in payı fazladır). Avrupa'nın emisyon salınım miktarında, özellikle son yıllarda belirgin bir düşüş görülmektedir. Bağımsız Devletler Topluluğu'nun 90'lı yılların başındaki emisyon salınım miktarı, bazı yıllarda durağan olsa da genele bakıldığında azalış eğilimindedir. Kuzey Amerika'nın emisyon salınım miktarı; 90'lı yıllardan 2000 yılına kadar artış, 2000-2008 arası dönemde durağan, sonraki yıllarda ise azalış eğilimindedir. Latin Amerika'nın emisyon salınım miktarı, bazı yıllarda durağan devam etse de artış eğilimindedir. Asya'nın emisyon salınım miktarı, ciddi bir artış eğilimi göstererek, 2020 yılında 1990 yılına göre yaklaşık 3 kat artmıştır. Afrika'nın emisyon salınım miktarı genel olarak artış eğilimindedir. Orta Doğu'nun emisyon salınım miktarının geneldeki payı az gibi gözükse de bölge bazında yaklaşık 3 kat artış gözlemlenmektedir.



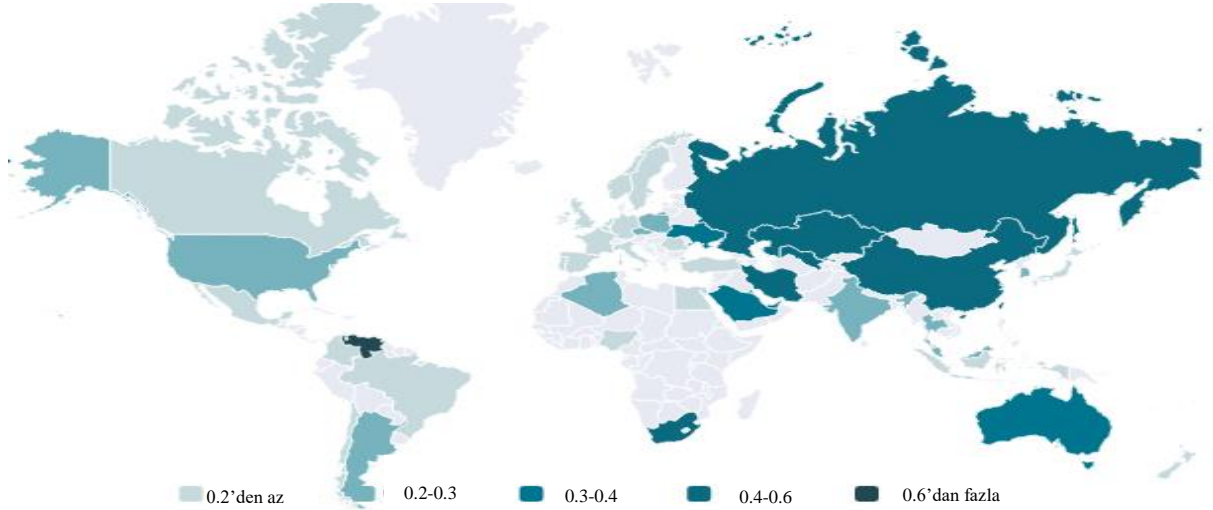
Şekil 15. 1990-2020 yılları Dünya CO₂ emisyonları (MtCO₂)

Kaynak: (Enerdata, 2020).

5.2. CO₂ Yoğunluğu

CO₂ yoğunluğu, yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya (GSYİH) oranıdır. Bir birim GSYİH oluşturmak için yayılan CO₂'yi ölçer. GSYİH, enflasyonun etkisini ortadan kaldırmak ve genel fiyat seviyelerindeki farklılıkları yansıtmak ve enerji tüketimini gerçek ekonomik faaliyet düzeyiyle ilişkilendirmek için sabit döviz kuru ve satın alma gücü paritesi ile ifade edilir. GSYİH için döviz kuru yerine satın alma gücü paritesi oranlarının kullanılması, yaşam maliyetinin düşük olduğu bölgelerde GSYİH'nin değerini artırmakta ve dolayısıyla CO₂ yoğunluklarını azaltmaktadır. CO₂ emisyonları sadece fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğal gaz) yanmasından kaynaklanan emisyonları kapsamaktadır (Enerdata, 2020).

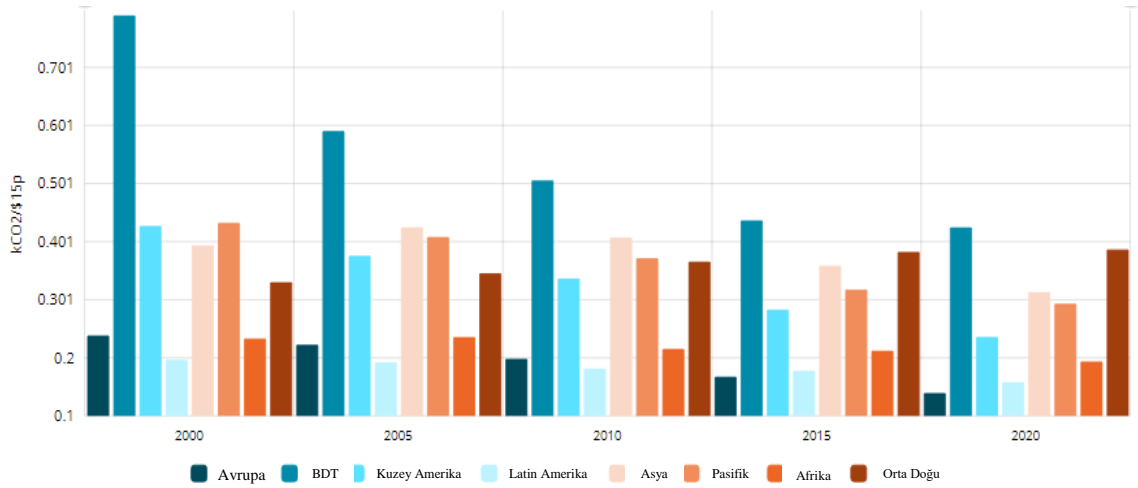
Şekil 16'ya göre, Dünya CO₂ yoğunluğunun en fazla olduğu kıta, Asya Kıtası'dır. Dünya CO₂ yoğunluğu en fazla olan ilk 12 ülke sırasıyla; Venezuela 0.602 kCO₂/\$15p, Güney Afrika 0.595 kCO₂/\$15p, İran 0.580 kCO₂/\$15p, Kuveyt 0.575 kCO₂/\$15p, Rusya 0.451 kCO₂/\$15p, Tayvan 0.443 kCO₂/\$15p, Özbekistan 0.434 kCO₂/\$15p, Çin 0.418 kCO₂/\$15p, Kazakistan 0.416 kCO₂/\$15p, Ukrayna 0.379 kCO₂/\$15p, Suudi Arabistan 0.323 kCO₂/\$15p ve Avustralya 0.314 kCO₂/\$15p (Subaşı, 2019).



Şekil 16. 2020 yılı Dünya CO₂ yoğunluğu (kCO₂/\$15p)

Kaynak: (Enerdata, 2020).

Şekil 17'ye göre, verilen tüm yıllarda CO₂ yoğunluğu en fazla olan Bağımsız Devletler Topluluğu'dur. Avrupa Kıtası'nda CO₂ yoğunluğu azalış eğilimi göstererek, özellikle 2020 yılında ciddi azalış görülmektedir. Bağımsız Devletler Topluluğu'nun CO₂ yoğunluğu diğer bölgelere göre oldukça yüksek olmasına karşın, sürekli azalış göstermiştir. Kuzey Amerika Kıtası'nın CO₂ yoğunluğu azalış eğilimindedir. Latin Amerika'nın CO₂ yoğunluğunda az da olsa düşüş yaşanmıştır. Asya Kıtası'nın CO₂ yoğunluğu 2005 ve 2010 yıllarında 2000 yılına göre artış göstermiş olsa da 2015 ve 2020 yıllarında düşüş eğilimi göstermiştir. Pasifik CO₂ yoğunluğu 2020 yılı haricinde pek düşüş yaşamamıştır. Son olarak Orta Doğu'da CO₂ yoğunluğu sürekli artarak devam etmiştir. Diğer bölgelerin aksine Orta Doğu'nun CO₂ yoğunluğunun arttığı göze çarpmaktadır (Şahin, 2021).



Şekil 17. 2000-2020 yılları Dünya CO₂ yoğunluğu (kCO₂/\$15p)

Kaynak: (Enerdata, 2020).

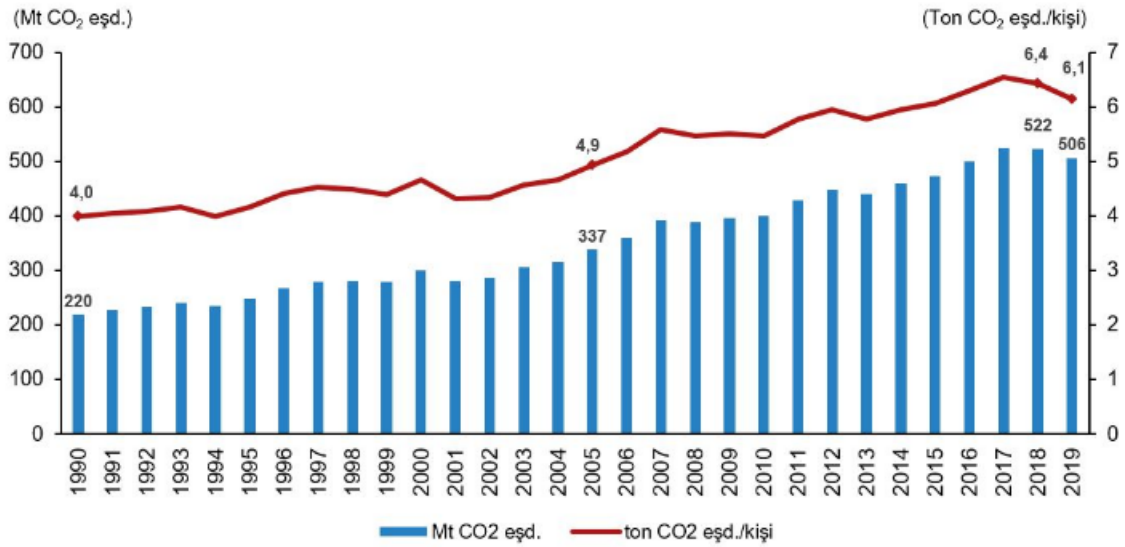
Tablo 5'e göre; 2008 yılı, sera gazı emisyon salınımında lider ülke, 10.500 MtCO₂ eşdeğeriyle Çin'dir. Çin'in ardından sera gazı emisyon salınımında yüksek paya sahip ilk 5 ülke sırasıyla; 6.676 MtCO₂ eşdeğeriyle Amerika Birleşik Devletleri, 2597 MtCO₂ eşdeğeriyle Hindistan, 2220 MtCO₂ eşdeğeriyle Rusya, 1238 MtCO₂ eşdeğeriyle Japonya ve 858 MtCO₂ eşdeğeriyle Almanya'dır. İzlanda, Malta ve Lihtenştayn'ın sera gazı emisyon salınımı ise 10 MtCO₂ eşdeğerinden daha düşük seviyededir (Çevikalp, 2019).

Tablo 5. 2018 yılı sera gazı emisyonlarının ülkelere göre dağılımı (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri)

Ülkeler	Toplam Sera Gazı Emisyon Miktarı
Çin	10.500,5
Amerika Birleşik Devletleri	6.676,6
Hindistan	2597,0
Rusya	2220,1
Japonya	1238,3
Almanya	858,4
Kanada	729,3
Avustralya	558,0
Türkiye	520,9
İngiltere	465,9
Fransa	452,2
İtalya	427,5
Polonya	412,9
Kazakistan	396,6
İspanya	334,3
Hollanda	187,8
Çek Cumhuriyeti	127,4
Belçika	118,5
Romanya	116,1
Yunanistan	92,2
Avusturya	79,0
Yeni Zelanda	78,9
Portekiz	67,3
Macaristan	63,2
Bulgaristan	57,8
Finlandiya	56,4
Norveç	52,0
İsveç	51,8
Danimarka	49,7
İsviçre	46,3
Slovakya	43,3
Hırvatistan	23,8
Litvanya	20,3
Estonya	20,0
Slovenya	17,5
Letonya	11,7
Lüksemburg	10,5
İzlanda	4,9
Malta	2,2
Lihtenştayn	0,2

Kaynak: (TÜİK, 2021).

Şekil 18'e göre; 1990 yılında toplam sera gazı emisyonu 220 milyon ton CO₂ iken, 2019 yılında bu miktar %130 artışla 506 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Kişi başı gerçekleşen sera gazı emisyonu ise 1990 yılında 4 ton CO₂ eşdeğeri iken, 2019 yılında bu miktar %60 artışla 6,4 ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 30 yıllık sürecin ortalamasına bakacak olursak; toplam sera gazı emisyonu 337 milyon ton CO₂ eşdeğeri, kişi başı gerçekleşen sera gazı emisyonu ise 4,9 ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Yiğit, 2017).



Şekil 18. Türkiye 1990-2019 yılları sera gazı emisyon miktarı

Kaynak: (TÜİK, 2021).

Tablo 6'ya göre; Toplam sera gazı emisyon miktarı 2019 yılında, 1990 yılına göre %130 artışla 506 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Enerji sektörü toplam sera gazı emisyon miktarı 1990 yılına göre %161, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı toplam sera gazı emisyon miktarı 1990 yılına göre %147, tarım sektörü toplam sera gazı emisyon miktarı 1990 yılına göre %47,7 ve atık sektörü toplam sera gazı emisyon miktarı 1990 yılına göre %55,7 artış göstermiştir. 2019 yılında sektör bazında gerçekleşen sera gazı emisyon miktarında ise enerji sektörü 364 milyon ton CO₂ eşdeğeri ile ilk sırada yer almıştır. Enerji sektörünün ardından sırasıyla tarım sektöründe 68 milyon ton CO₂ eşdeğeri, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımında 56 milyon ton CO₂ eşdeğeri ve atık sektöründe 17 milyon ton CO₂ eşdeğeri sera gazı salınımı gerçekleşmiştir. 2019 yılında, 2018 yılına göre toplam sera gazı emisyon miktarı %3 azalmıştır. Sektör bazında bakacak olursak; endüstriyel işlemler ve ürün kullanımında %14, atıkta %5 ve enerji sektöründe %2'lik bir sera gazı emisyon azalışı

yaşanmıştır. Bunun aksine tarım sektöründe 2019 yılında, 2018 yılına göre %4'lük bir sera gazı artışı yaşanmıştır (TÜİK, 2021).

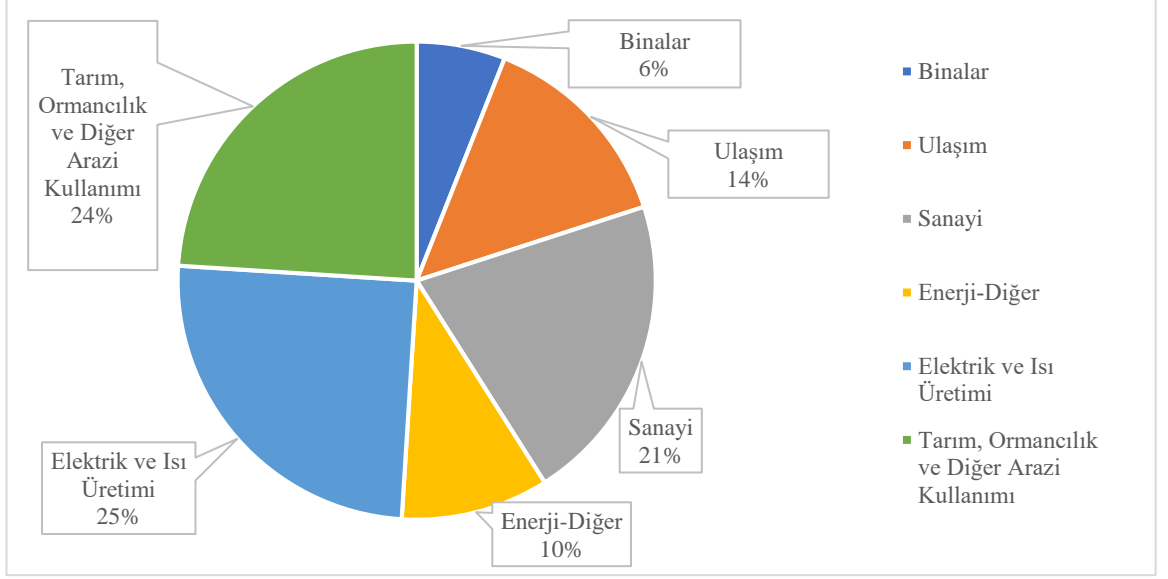
Tablo 6. Türkiye 1990-2019 yılları sektörler göre sera gazı emisyonları

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990-2019 değişim (%)	2018-2019 değişim (%)
Toplam emisyon	219,6	299,0	399,1	473,3	498,9	525,0	522,5	506,1	130,5	-3,1
Enerji	139,6	216,1	287,0	340,9	359,7	379,9	373,1	364,4	161,0	-2,3
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	22,8	26,2	48,1	57,2	61,4	64,0	65,9	56,4	147,1	-14,3
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	47,7	4,1
Atık	11,1	14,3	19,5	19,0	19,0	17,8	18,1	17,2	55,7	-5,0

Kaynak: (TÜİK, 2021).

Son 10 yıl içerisinde, yenilenebilir enerji teknolojilerinden faydalanma miktarı artarak yükselmeye devam etmiştir. Enerji arz güvenliğine katkı sağlaması, çevre dostu olması, ekonomik olması, enerjiye daha kapsamlı erişim imkanı sağlaması, özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi sektöründe teknolojiye daha fazla yararlanılmasıyla beraber maliyetlerin düşmesini sağlaması, sera gazı emisyon miktarını azaltmaya katkı sağlaması, karbon fiyatlandırma mekanizması ve dünyanın yaklaşık 130 ülkesinde verilen finansal destek ve teşvikler sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı daha cazip hale gelmiştir (EÜAŞ, 2020).

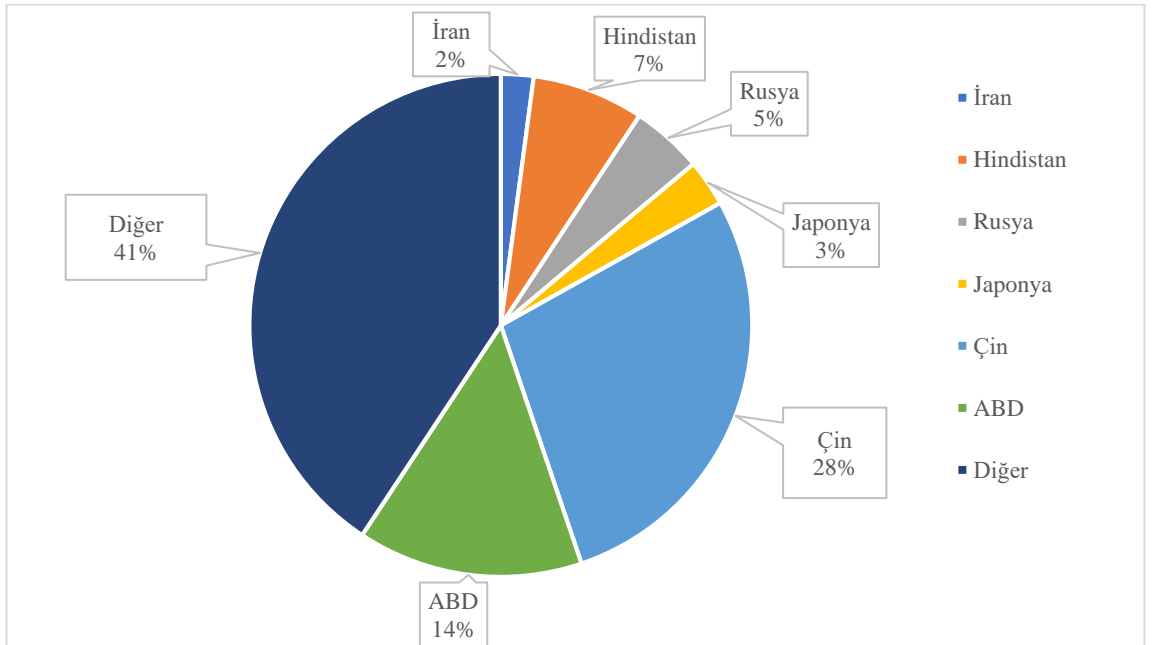
Şekil 19'a göre; Türkiye'de 2018 yılında, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %35'i enerji sektöründen kaynaklanmaktadır. Enerji sektöründen kaynaklanan %35'lik kısmın, %25'lik kısmını ise elektrik ve ısı üretimi oluşturmaktadır. Elektrik ve ısı üretiminde en önemli pay ise petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklardan kaynaklanmaktadır. Dünya genelinde, 2019 yılında enerji sektöründen kaynaklanan ve sera etkisi yapan gaz emisyonları, 2018 yılına göre (34,2 milyar ton) %0,03'lük azalış göstererek 33,3 milyar ton olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 19. Türkiye 2018 yılı ekonomik faaliyet alanlarına göre küresel sera gazı emisyonları (%)

Kaynak: (EÜAŞ, 2020).

Şekil 20'ye göre; Dünya'da 2018 yılında, en fazla CO₂ emisyon salınımı yapan ülkeler; Çin (%27,9), ABD (14,5), Hindistan (%7,2), Rusya (%4,6), Japonya (%3,0) ve İran (%2,1) şeklinde sıralanmaktadır. Türkiye ise Dünya'da 16.sırada yer almaktadır (EÜAŞ, 2020).



Şekil 20. 2018 yılı bazı ülkelerin küresel CO₂ emisyonları (%)

Kaynak: (EÜAŞ, 2020).

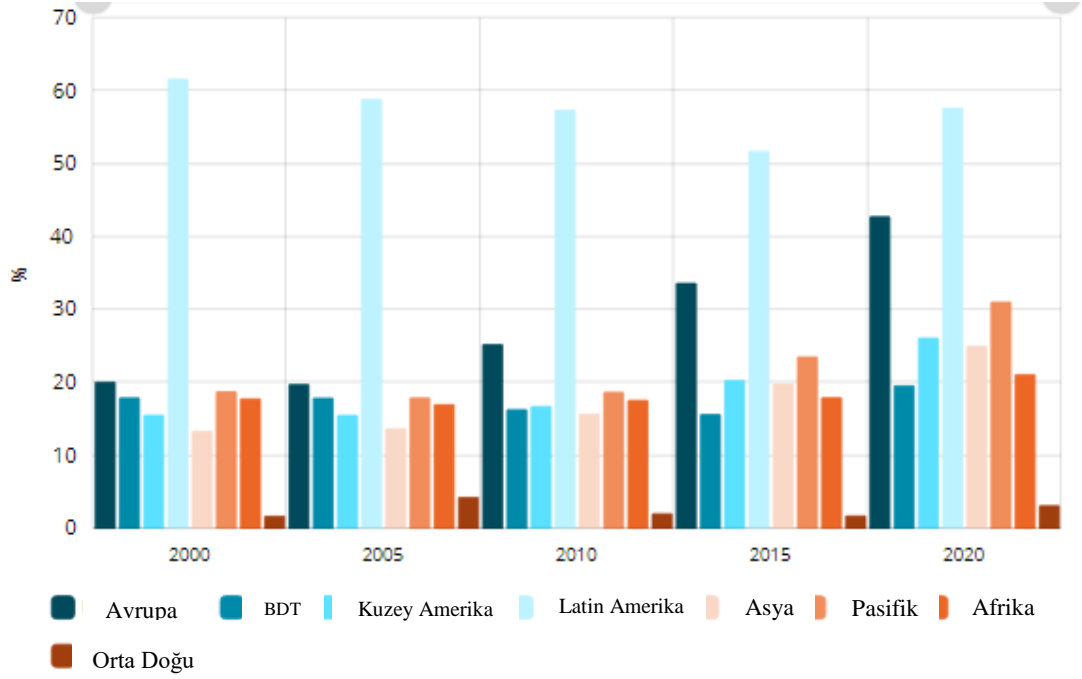
5.3. Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kullanımının Çevre Açısından Önemi

Dünya’da uzun yıllardan beri ülkelerin ekonomileri için kritik bir değere sahip olan enerji, hemen hemen bütün ülkeler için önem verilmesi gereken konulardandır. Hem Dünya’da ve hem de Türkiye özelinde genel olarak bakacak olursak, 21. yüzyıla kadar ülkeler enerji gereksinimlerini petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklardan karşılamaktaydılar. Petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklar bakımından büyük miktarda rezervi bulunan ülkeler; enerji kaynakları ithalatçısı konumunda olan ülkelere karşı, ihracatçı olma avantajlarını kullanarak baskı yapabilmekteydiler ve hatta zaman zaman küresel siyasette de söz sahibi olabilmekteydiler. Fakat 21. yüzyıldan itibaren enerji kaynakları ithalatçısı konumunda olan ülkeler hem enerjide arz güvenliğini sağlayabilmek hem de petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların çevreye verdikleri tahribattan ötürü alternatif enerji kaynakları bulma arayışına yönelmişlerdir. Dünya’da uzun yıllardan beri enerji ihtiyacının petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklardan karşılanması gerek ülke ekonomileri açısından gerekse toplum sağlığı açısından, küresel ısınma, iklim değişikliği ve karbon salınımı gibi çevre sorunlarının ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir. Her geçen gün artan nüfus ve sanayileşme ile atmosferde bulunan karbondioksit miktarı da artış göstermektedir (Gönül B. , 2012).

İklim değişikliği ve küresel ısınma gibi çevre sorunlarının farkına varan birçok ülke, enerji ihtiyaçlarını petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklardan karşılamak yerine güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaya yönelmişlerdir. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenmemesi ve çevre dostu olmaları, ülkelerin bu kaynakları tercih etme sebeplerindendir. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak enerji üretiminin, atmosferde bulunan karbondioksit oranını düşürdüğü artık tüm ülkeler tarafından bilenen bir gerçektir. Bu nedenle hem Dünya’da hem de Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak enerji üretiminin payı artmaktadır. Mevcut duruma bakıldığında, önümüzdeki yıllarda enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının daha da artacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Türkiye özelinde bakacak olursak; Türkiye hem jeopolitik konumunun hem de ikliminin elverişli olması sayesinde, fosil kaynaklar yerine güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanacaktır. Bu bakımdan ülkeler; kömür petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynakların

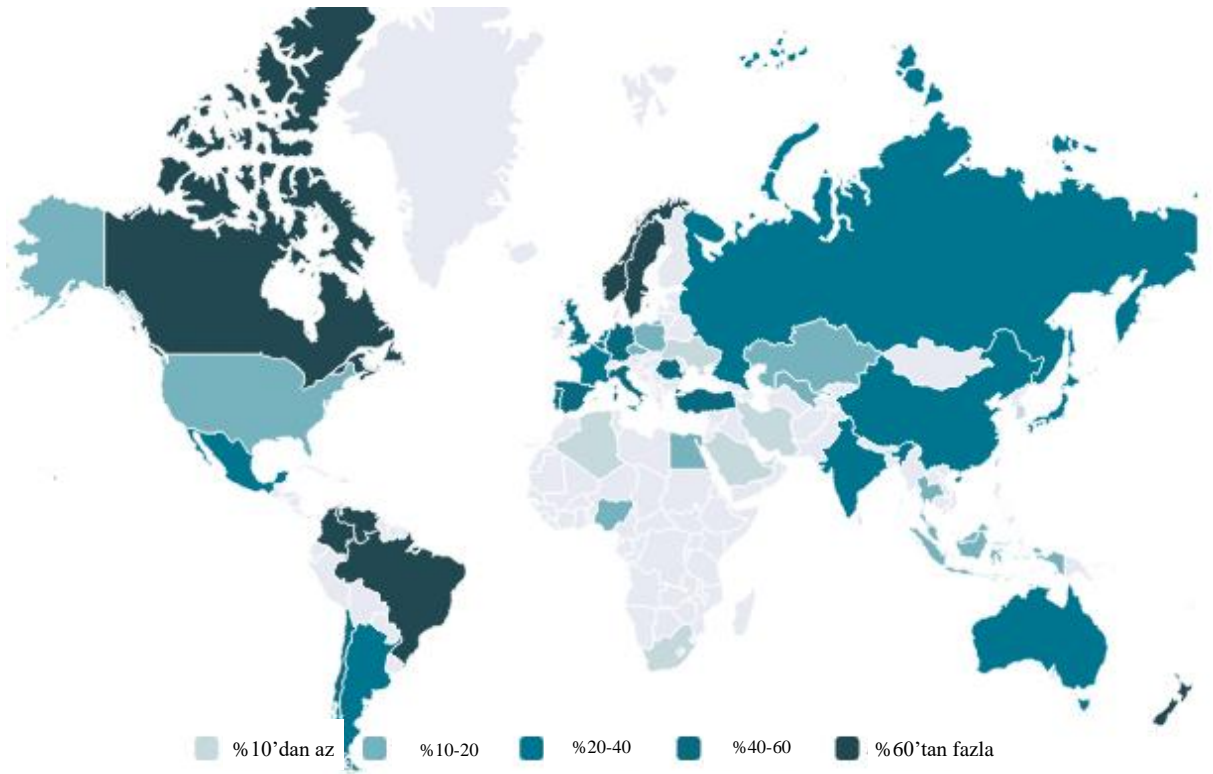
kullanımını azaltıp, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanacaklardır (Özcan, 2020).

Şekil 21'e göre; verilen tüm yıllarda Latin Amerika, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranında lider konumundadır. Avrupa Kıtası'nda, 2000 ve 2005 yıllarındaki elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı %20 iken, 2020 yılında bu oran 2 kattan daha fazla artarak yaklaşık %43'e yükselmiştir. Bağımsız Devletler Topluluğu'nda elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payında bazen artış bazen azalış yaşanmış olsa da yaklaşık %19 civarındadır. Kuzey Amerika Kıtası'nda, 2000 yılında yaklaşık %16 olan yenilenebilir enerji kaynaklarının payı, özellikle 2015 yılından sonra artarak 2020 yılında yaklaşık %27'ye yükselmiştir. Latin Amerika, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmada diğer bölgelere göre açık ara öndedir ve yaklaşık %58'lik bir orana sahiptir. Asya Kıtası'nda, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı sürekli artarak devam etmiştir. 2000 yılında yaklaşık %14'lük paya sahipken, 2020 yılında bu oran yaklaşık %26'ya yükselmiştir. Pasifik'te özellikle 2010 yılından sonra elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artmaya başlamıştır. 2000 yılında yaklaşık %19'lük paya sahipken, 2020 yılına gelindiğinde bu oran yaklaşık %31'e yükselmiştir. Afrika Kıtası'nda 2000-2015 yılları arasında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı yaklaşık %18 iken, 2020 yılında bu oran yaklaşık %21'e yükselmiştir. Orta Doğu'da elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı (yaklaşık %3), diğer bölgelerle kıyaslandığında oldukça düşüktür (Bashirov, 2016).



Şekil 21. 2000-2020 yılları Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı (%)

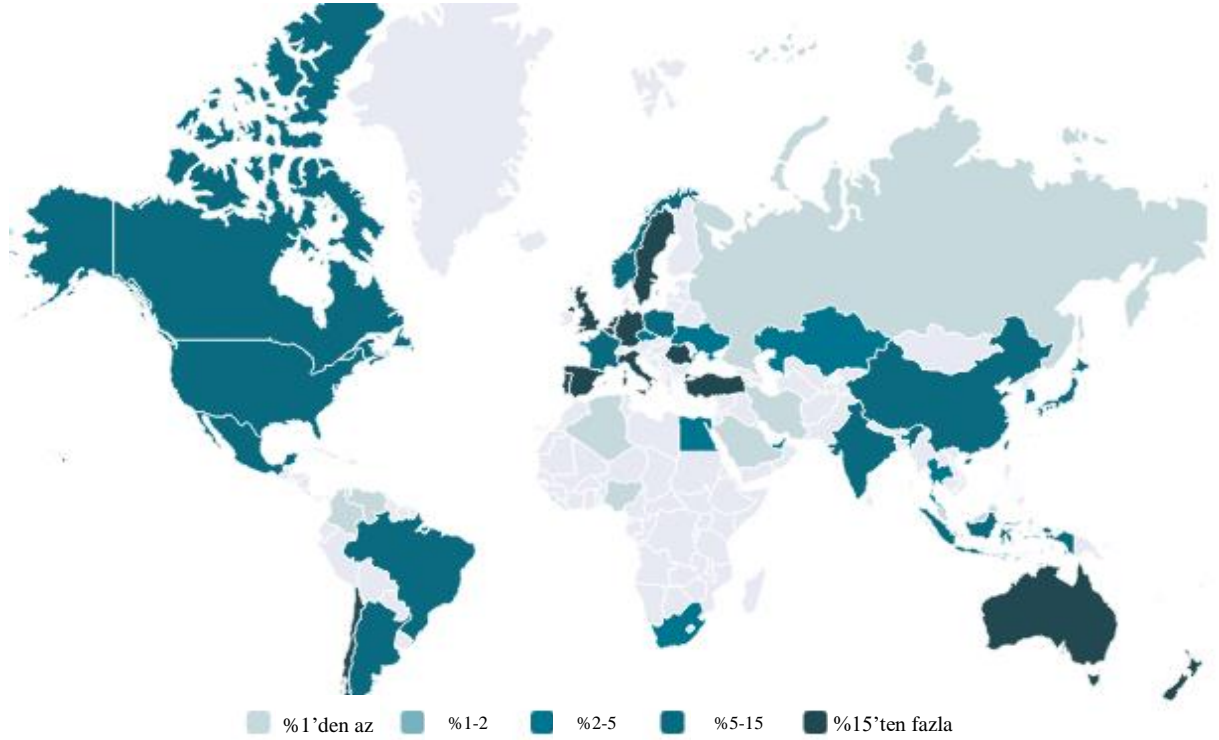
Kaynak: (Enerdata, 2020).



Şekil 22. 2020 yılı Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı (%)

Kaynak: (Enerdata, 2020).

2020 yılında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı yüzdelik olarak en yüksek ilk 12 ülke sırasıyla; Norveç %98.4, Brezilya %84.1, Yeni Zelanda %80, İsveç %68.4, Kanada %67.7, Kolombiya %64.8, Venezuela %60.9, Portekiz %59.7, Şili %48.2, Almanya %44.5, Romanya %44.2 ve İspanya %43.9.



Şekil 23. 2020 yılı Dünya elektrik üretimi rüzgâr ve güneşin payı (%)

Kaynak: (Enerdata, 2020).

2020 yılında elektrik üretiminde rüzgâr ve güneş enerjisinden yararlanma oranı yüzdelik olarak en yüksek ilk 12 ülke sırasıyla; Almanya %32.1, İspanya %29.1, Birleşik Krallık %28.3, Portekiz %26.8, Yeni Zelanda %23.9, Belçika %20, Hollanda %18.9, İtalya %18.3, İsveç %17.3, Şili %16.2, Romanya %15.5 ve Avustralya %15.3.

5.4. Dünya'da CO₂ Azaltma Hedefleri

Ülkelerin akıllı şebeke sistemlerine yönelmesindeki en önemli faktörlerden biri de CO₂ açığa çıkmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmaktır. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak, atmosfere salınan CO₂ emisyon miktarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Akıllı şebeke sistemlerine yenilenebilir enerji

kaynaklarının entegre edilmesi hem akıllı şebeke sistemlerinin hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu olması sebebiyle, ilerleyen yıllarda daha fazla kullanılacaktır. Bundan dolayı atmosfere salınan CO2 emisyon miktarı da azaltılmış olacaktır. 2030 yılına gelindiğinde, Dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %90 artacağı tahmin edilmektedir. Ülkelerin önem vermesi gereken konulardan biri de atmosfere salınan CO2 emisyon miktarının azaltılarak bu talebi karşılamak olmalıdır (Demirkol, 2019).

Malta'da kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı; 1990 yılında 6.5 ton, 1993 yılında zirve yaparak 7.6 ton 2000 yılında 5.5 ton, 2010 yılında 6.2 ton ve 2020 yılında 3 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı bazı yıllarda düşüş yaşamış olsa da genel olarak artış göstermektedir. Malta'da kişi başına düşen CO2 emisyon miktarında, yapılan akıllı şebeke yatırımlarının da etkisiyle 2020 yılında 1990 yılına göre %50'den daha fazla düşüş yaşanmıştır.

Almanya'da kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı; 1990 yılında 11.8 ton, 2000 yılında 10 ton, 2010 yılında 9.5 ton ve 2020 yılında 7 ton olarak gerçekleşmiştir. Almanya'da kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasının da etkisiyle düşüş eğilimine devam etmektedir.

Türkiye'de kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı; 1990 yılında 2.3 ton, 2000 yılında 3.1 ton, 2010 yılında 3.7 ton, 2017 yılında zirve yaparak 4.7 ton ve 2020 yılında 4.4 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı bazı yıllarda düşüş yaşamış olsa da genel olarak artış göstermektedir.

Sera gazı emisyon salınımında lider olan Çin'de, kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı; 1990 yılında 1.8 ton, 2000 yılında 2.5 ton, 2010 yılında 5.9 ton ve 2018 yılında 7 ton olarak gerçekleşmiştir. Çin'de artan kömür kullanımının da etkisiyle kişi başına düşen CO2 emisyon miktarı artarak devam ediyor diyebiliriz (İEA, 2021).

Çin'in karbon emisyonlarını azaltma taahhüdüne göre, ülke 2050'de karbon nötrlüğü elde etmek için çaba gösterecek. "2050 Dünya ve Çin Enerji Görünümü" raporu, Çin'in enerji yapısının temiz ve düşük karbona doğru gelişmeye devam edeceğine işaret ediyor. Temiz enerji 2030'dan sonra kademeli olarak kömürün yerini alacak ve 2030 ve 2050'de kömür oranı sırasıyla %47,1 ve %32,4'e düşecek. Belirlenen üç senaryo: ihtiyatlı tahmin, normal tahmin ve iyimser tahmin. İlk senaryolarda, ham kömürlü

elektrik üretimi mevcut bazda %30 oranında azaltılacak; ikinci ve üçüncüde, kömürle çalışan güç, aşağıda gösterildiği gibi %50 ve %70 oranında azaltılacaktır.

Tablo 7. Çin'in akıllı şebeke ile karbon emisyonu azaltma potansiyeli

Senaryolar	Kömürle Çalışan Gücün Azaltılması (%)	CO2 Emisyonlarının Azaltılması (Mt)	Karbon Emisyonlarının Değişim Oranı (%)
İhtiyatlı Tahmin	30	543,25	11,79
Normal Tahmin	50	905,41	19,65
İyimser Tahmin	70	1267,58	27,51

Kaynak: (Fu, 2021).

Akıllı şebeke kullanımının artırılması, daha iyi bir emisyon azaltma etkisinin elde edilmesine yardımcı olabilir. Akıllı şebeke uygulanarak, 2017 yılındaki 4608,28 Mt karbon emisyonuna kıyasla karbon emisyonunun %12 olan 543,25 Mt azaltılacağı tahmin edilmektedir. Normal ve iyimser koşullar altında, karbon emisyonları 905,41 Mt ve 1267,58 Mt, 2017 imalat sanayinde %19,65 ve %27,51'e denk geliyor. Bu nedenle akıllı şebeke kullanımı, karbon emisyonlarının azaltılması için büyük bir potansiyele sahiptir diyebiliriz.

6. SONUÇ

Yapılan tüm işler için bir miktar enerji kullanılmaktadır. İnsanlık tarihinin ilk zamanlarında enerji, avcılık ve toplayıcılık gibi temel ihtiyaçları gidermek amacıyla kullanılıyordu. Zamanla değişen çevre koşullarından dolayı enerjiye olan ihtiyaç da artmıştır. Artan nüfusla beraber enerji ihtiyacını farklı kaynaklardan sağlamanın yolları aranmıştır. Önceleri insan ve hayvan gücüyle yapılan çoğu iş, Sanayi Devrimi'yle beraber yerini makinelere bırakmıştır. İnsanlar artık enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kömür ve petrol gibi kaynaklardan yararlanmaya başlamışlardır. Makineleşmenin gittikçe artması insan hayatını kolaylaştırmıştır ve enerji tüketimi çok hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Elektriğin keşfi insanlık tarihinde bir dönüm noktası olmuştur. Elektrik sayesinde teknoloji çok hızlı bir şekilde gelişmeye başlamıştır. Elektrik şebekelerinin kurulmasıyla beraber elektrik sanayide kullanılmaya başlamıştır. Zamanla elektriğin evlerde de kullanılmaya başlanmasıyla hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir.

Günümüzde hayatı kolaylaştırmak için kullanılan teknolojik cihazların çoğu elektrik enerjisi kullanmaktadır. Artan dijitalleşmeyle beraber çoğu işlem artık bilgisayarlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Her geçen gün artan nüfus ve teknolojik gelişmelerle paralel olarak elektrik kullanım oranı da artacaktır. Günümüz mevcut elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, artan elektrik kullanımından dolayı sürekli genişletilmektedir. Dijitalleşmenin her alanda kullanılması ile beraber elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde de kullanılmaya başlanacaktır. Dünya'da ve Türkiye'de elektrik üretiminde kömür ve petrol gibi fosil kaynakların oranı oldukça yüksektir. Fosil kaynakların yakılması sonucu ortaya çıkan gazlar hem insan yaşamına hem de doğaya ciddi zararlar vermektedir. Bu nedenle elektrik ihtiyacımız rüzgâr ve güneş gibi daha çevreci kaynaklardan karşılanmalıdır.

Akıllı şebeke; hem dijitalleşmenin elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılmasına olanak sağlayacak hem de rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegrasyonunu sağlayıp daha kontrol edilebilir ve çevreci bir şebeke sistemi oluşmasına yardımcı olacaktır. Oluşturulan çift yönlü veri aktarımı sayesinde tüketicilerin aynı zamanda üretici olmasına da fırsat verilecektir. Tüketicilerin anlık olarak tüketim miktarlarına ulaşabilmesi sağlanarak daha şeffaf bir piyasa yapısı

oluşturulacaktır. Elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde yaşanan kayıp-kaçak oranları mümkün olan en az seviyeye indirilecektir. Sistemde oluşan arızalar otomatik olarak yetkili birimlere ulaştırılacak ve gerekli müdahaleler en kısa sürede yapılabilecektir. Belki de zamanla yapılan çalışmalar sonucunda kayıp-kaçak oranı sıfıra indirilecektir.

Dünya’da başta Avrupa Ülkeleri (İtalya, Malta, İngiltere, Almanya, Fransa ve İspanya) olmak üzere; Amerika, Hindistan, Brezilya, Güney Kore, Japonya, Çin, Avustralya ve Rusya akıllı şebeke sistemlerini ülkelerinde kullanmaya kısmi olarak başlamışlardır. Kimi ülkeler pilot şehirler seçip, kimi ülkeler ise pilot çalışmaları tamamlayıp akıllı şebeke sistemlerini yaygınlaştırmaya başlamıştır. Türkiye de akıllı şebeke uygulamalarını yakından inceleyip konuyla ilgili yol haritasını oluşturmuştur.

Türkiye’de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 20.02.2012 tarihinde yayınlanan 2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi’nde akıllı şebeke altyapı çalışmalarına başlanması öngörülmüştür ve akıllı şebeke uygulamalarının kademeli olarak yaygınlaştırılması çalışmalarına başlanacağı belirtilmiştir. Ayrıca bu kapsamda elektrik enerjisi ve doğal gazda yıllık talebin belirlenmesi ve elektrik enerjisinin depolanması gibi çalışmalar yapılması da belirtilmiştir. Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme projesi ile tüketicilerin elektrik piyasasına aktif katılımını sağlamak, toplam elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payını artırmak, elektrik şebeke sisteminin verimliliğini ve elektrik güç kalitesini optimize edecek maliyet etkin bir akıllı şebeke sistemine geçişte ihtiyaç duyulan metodolojiyi sağlamak ve akıllı şebeke sistemlerine geçiş için gereken yol haritasının hazırlanması amaçlanmıştır. Son olarak 2035 Vizyon ve Stratejisi ile akıllı şebeke sistemlerinden en iyi şekilde yararlanmanın yolları belirtilmiştir. Türkiye akıllı şebeke sistemleri için belirlediği hedefler doğrultusunda bu alanda dünyanın en iyilerinden biri olacaktır. Projelerin tamamlanmasıyla beraber daha çevreci ve kontrol edilebilir elektrik iletim ve dağıtım şebeke sistemlerine kavuşulmuş olunacaktır. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artıran ve mevcut elektrik şebekelerini dijitalleştirip akıllı şebekelere geçiş yapan ülkeler, hem yenilenebilir enerji kaynaklarının karbon salınımının olmaması hem de akıllı şebeke sistemleri sayesinde elektrik üretim ve tüketiminin daha kontrol edilebilir olması dolayısıyla mevcut durumlarına göre daha çevreci bir şekilde elektrik üretimi yapmış olacaklardır.

KAYNAKLAR

- Akbal, G. F. (2021). *Yenilenebilir enerji politikaları: Türkiye ve Çin karşılaştırması*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Akcanca, M. A., & Taşkın, S. (2011). Akıllı şebeke uygulanabilirliği açısından türkiye elektrik enerji sisteminin incelenmesi. *Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*, 2011, 26-27.
- Akıllı Şebeke Nedir? - Prowmes. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from <http://www.prowmes.com/blog/akilli-sebeke-nedir/>
- Aktaş, İ. Ş. (2020). Akıllı şebekelerde risk analizi.
- Akusta, E. (2019). *Yenilenebilir enerji, büyüme ve çevre ilişkisi: Türkiye örneği*. Yüksek lisans tezi, Kırklareli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırklareli.
- Atıcı, T. (2021). Enerji Depolama Tesisi İçeren Akıllı Şebeke Sisteminde Puant Yük Dengelemesi İçin Durum İzleme ve Kontrol Algoritması Geliştirilmesi.
- Aydın, Ö. (2020). *Hibrit yenilenebilir enerji sistemleri ile entegre akıllı şebekenin modellenmesi ve simülasyonu*. Yüksek lisans tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Bashirov, G. (2016). *Renewable energy consumption, carbon emissions and oil prices: a panel data analysis for G7 and BRIC countries*. Yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çevikalp, S. (2019). *Yeşil ekonomi çerçevesinde Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çoksürer, Y. (2013). *Akıllı şebekeler ve orta gerilim uygulamaları*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dal, E. (2017). Türkiye'de Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Teknolojik, Politik Ve Çevresel Kısıtlamalar İle Analizi.
- Demirkol, Ö. F. (2019). *Akıllı şebeke teknolojilerinin incelenmesi ve Türkiye açısından durum analizi*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Durmuşoğlu, B. (2018). *Renewable energy and carbon emission reduction: Analysis of Turkey and top emitting regions*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dünya'daki Akıllı Şebeke Uygulama Çalışmaları. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/dunyadaki-akilli-sebeke-uygulama-calismalari/4200#ad-image-2>
- Ekşi, E. (2019). *Akıllı şebekelerin mikro güneş santralleri ile entegrasyonu*. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eldem, M. (2017). Akıllı Şebekeler. *TMMOB EMO ANKARA ŞUBESİ HABER BÜLTENİ*, 7.

- Enerdata. (2020). *Dünya Enerji ve İklim İstatistikleri*. Enerdata: <https://yearbook.enerdata.net/co2/emissions-co2-data-from-fuel-combustion.html>
- EPDK. (2020). *EPDK 2020 Yılı Elektrik Piyasası Gelişim Raporu*.
- Erol, E. (2007). *Türkiye'de elektrik enerjisinin tarihi gelişimi: 1902-2000*. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- EÜAŞ. (2020). *2020 Yılı Elektrik Üretimi ve Ticareti Sektör Raporu*.
- Fu, H., Shi, Y., & Zeng, Y. (2021). Estimating Smart Grid's Carbon Emission Reduction Potential in China's Manufacturing Industry Based on Decomposition Analysis. *Frontiers in Energy Research*, 202.
- GAZBİR. (2017). Akıllı Şebekeler.
- Gedik, Ö. T. (2015). *Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gönül, B. R. (2012). *Yenilenebilir enerji kullanımı ve karbondioksit emisyonu*. Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Hashmi, M., Lehtonen, M., & Seppo, H. (2013). Effect of climate change on transformers loading conditions in the future smart grid environment. *Open Journal of Applied*
- Honça, H. L. (2018). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınmaya etkileri: Türkiye örneği*. Yüksek lisans tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- <https://www.enerjimiz.com>. (tarih yok). <https://www.enerjimiz.com/sozluk-enerjisi-6/mikro-sebeke-nedir-kullanim-avantajlari-nedir-64>. adresinden alındı
- İEA. (2021). *Veriler ve İstatistikler*. İEA.org: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=TURKEY&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2PerCap>
- Kabalci, Y., Kabalci, E., Padmanaban, S., Holm-Nielsen, J. B., & Blaabjerg, F. (2019). Internet of things applications as energy internet in smart grids and smart environments. *Electronics*, 8(9), 972.
- Kırmızıoğlu, E. (2015). Akıllı şebeke stratejileri ve örnek projeler. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Koç, E., Üniversitesi, M., & Gör, A. (n.d.). Makale The State of Energy in World and Turkey-General Evaluation Mahmut Can Şenel * Dünyada Ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme.
- Koç, K. (2021). *Finansal gelişme-karbon emisyonu ilişkisine yönelik ampirik bir uygulama*. Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- Küçükkaya, E. (2017). *Enerji Portalı*. Enerji Portalı: <https://www.enerjiportali.com/sera-gazi-nedir/> adresinden alındı
- Mikro Şebeke Nedir? Kullanım Avantajları Nedir? - Dağıtık Enerji. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from <https://www.enerjimiz.com/sozluk-enerjisi-6/mikro-sebeke->

- Nassef, L., & Al-Hebshi, R. (2020). Fuzzy based Reliable Cooperative Spectrum Sensing for Smart Grid Environment. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(8).
- Nur Asyık, H., Blagojce, S., & Akhtar, K. (2011). Analysis of distributed generation systems, smart grid technologies and future motivators influencing change in the electricity sector. *Smart Grid and Renewable Energy*, 2011.
- Özcan, S. (2020). Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Rolü: Çevresel Kuznets Eğrisi Bağlamında Ampirik Bir Analiz.
- Sağır, İ. H. (2021). *Türkiye'de enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri*. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Saydam, A. (2019). *Integration of variable renewable energy to the national power grid*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sektörlere göre dünya elektrik nihai tüketimi, 1974-2017 - Grafikler - Veri ve İstatistik - IEA. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-electricity-final-consumption-by-sector-1974-2017>
- Subaşı, S. (2019). *CO2 emisyonları, doğal gaz, yenilenebilir enerji kaynakları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye'deki dinamik değişkenlerin analizi*. Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Diyarbakır.
- Şahin, İ. (2021). *Investigating Turkey's annual offset volume from renewable energy sector and voluntary carbon projects*. Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TEİAŞ. (2020). *Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2020 Yılı İstatistikleri*.
- Turan, M. T. (2020). Akıllı Şebeke Altyapısı İle Yenilenebilir Enerji Santrallerinin Şebeke Entegrasyonu ve Koruma Sistemi Dizaynı.
- TÜİK. (2021). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri*.
- Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from www.akillisebekelerturkiye.org
- Türkiye'de elektrik enerjisinin tarihi gelişimi: 1902?2000 - Sayfa 98 - Ulusal Tez ve Araştırma Merkezi - Akademik Tezler ve Araştırmalar. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from <https://www.ulusaltezmerkezi.net/turkiyede-elektrik-enerjisinin-tarihi-gelisimi-19022000/98/>
- Usta, O., & Yumak, K. (2013). Akıllı Elektrik Şebekeleri ve Veri İletişimi-Smart Grid and Data Communication. TMMOB EMO Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu.
- Ülkelere Göre Elektrik Tüketimi. (n.d.). Retrieved June 25, 2020, from <https://www.enerjiatlası.com/haber/ulkelere-gore-elektrik-tuketimi>
- Yiğit, E. (2020). *BRİCT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonları, kentleşme ve petrol fiyatları üzerine VAR analizi*. Yüksek lisans tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet KIZMAZ

Doğum Yeri – Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2020, KTO Karatay Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Enerji Yönetimi Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2022, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (Orta), Almanca (Başlangıç)

Bilimsel Faaliyetleri :-

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : 2019, Doğal Gaz Toptan Satış Dairesi Talep Tahmin ve Operasyon Müdürlüğü, BOTAŞ

Projeler :-

Çalıştığı Kurumlar : 2022, AFA Enerji Danışmanlık, Operasyon Uzman Yardımcısı

: 2022, Dicle EDAŞ, Enerji Piyasaları Uzmanı

Tarih: 5 Ocak 2023