

**TC. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSİTÜTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI
İKTİSAT BİLİM DALI**

**HANEHALKI ELEKTRİK TÜKETİM DAVRANIŞLARINDA
DÜRTMELERİN ETKİSİNİN META ANALİZİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ: KOCAELİ ÖRNEĞİ**

(DOKTORA TEZİ)

Zeynep NARMAN

KOCAELİ 2022

**TC. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSİTÜTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI
İKTİSAT BİLİM DALI**

**HANEHALKI ELEKTRİK TÜKETİM DAVRANIŞLARINDA
DÜRTMELERİN ETKİSİNİN META ANALİZİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ: KOCAELİ ÖRNEĞİ**

(DOKTORA TEZİ)

Zeynep NARMAN

Doç.Dr. Ferhat PEHLİVANOĞLU

KOCAELİ 2022

**TC. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI
İKTİSAT BİLİM DALI**

**HANEHALKI ELEKTRİK TÜKETİM DAVRANIŞLARINDA
DÜRTMELERİN ETKİSİNİN META ANALİZİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ: KOCAELİ ÖRNEĞİ**

(DOKTORA TEZİ)

Tezi Hazırlayan: Zeynep NARMAN

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No:05.07.2022/20

KOCAELİ 2022

ÖNSÖZ

Öncelikle, lisans eğitimimden itibaren akademik gelişimimde büyük emeği bulunan ve bu çalışmaya bilgi ve birikimi ile büyük katkılar sunan, kıymetli danışman hocam Doç.Dr. Ferhat PEHLİVANOĞLU'na sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Lisans, yüksek lisans ve doktora sürecinde birçok alanda bilgi ve birikiminden yararlandığım Prof. Dr. Recep TARI ve Prof. Dr. Şevket Alper KOÇ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Son olarak, sonsuz desteği ve sabrı için sevgili eşim Abdullah NARMAN'a, 3.5 yaşındaki canım kızım Asmin Ela NARMAN'a ve desteklerini her zaman hissettiren aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
GRAFİKLER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.ENERJİ VE DAVRANIŞSAL EKONOMİ: KAVRAMSAL VE TEORİK ÇERÇEVE	4
1.1.ENERJİ VERİMLİLİĞİ.....	7
1.2. BİRİNCİL VE İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI.....	10
1.2.1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	11
1.2.1.1. Güneş Enerjisi	12
1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi.....	16
1.2.1.3.Jeotermal Enerji	19
1.2.1.4. Biokütle Enerjisi	24
1.2.1.5. Hidroelektrik Enerjisi.....	26
1.2.1.6.Gel-Git Enerjisi.....	28
1.2.1.7. Hidrojen Enerjisi	31
1.2.2. Fosil Yakıtlar	35
1.2.2.1. Petrol.....	35
1.2.2.2.Kömür.....	39
1.2.2.3. Doğalgaz.....	41
1.2.3.Nükleer Enerji	44
1.3.ENERJİ TÜKETİMİNDE DAVRANIŞSAL EKONOMİNİN ROLÜ.....	46
1.3.1.Enerji Tüketimi ve Davranışsal Ekonomi	55
1.3.2.Tüketici Davranışı	57
1.3.3.Tüketici Davranışını Etkileyen Faktörler.....	60
1.3.3.1. Tüketici Davranışını Etkileyen Psikolojik Faktörler	61
1.3.3.1.1. Motivasyon.....	61
1.3.3.1.2. Algı.....	62
1.3.3.1.3. Öğrenme.....	62

1.3.3.1.4. İnançlar ve Tutumlar	63
1.3.3.2. Tüketici Davranışını Etkileyen Sosyal Faktörler	64
1.3.3.2.1. Referans grupları	64
1.3.3.2.2. Aile	64
1.3.3.2.3. Sosyal statü	65
1.3.3.3. Tüketici Davranışını Etkileyen Kültürel Faktörler	65
1.3.3.3.1. Kültür	65
1.3.3.4. Tüketici Davranışını Etkileyen Kişisel Faktörler	67
1.3.3.5. Tüketici Davranışını Etkileyen Ekonomik Faktörler	68
1.3.3.5.1. Kişisel Gelir.....	68
1.3.3.5.2. Gelir Beklentisi.....	68
1.3.3.5.3. Tasarruf	68
1.3.3.5.4. Tüketici Kredisi	69
1.3.3.5.5. Hazır Değerler	69
1.3.4. Feedback (Geribildirim).....	69
1.3.4.1. Doğrudan Geribildirim.....	74
1.3.4.2. Dolaylı Geribildirim	75
1.3.4.3. Dinamik Fiyatlandırma	78
1.3.4.4. Ödül ve Teşvikler	81

İKİNCİ BÖLÜM

2.ENERJİ TÜKETİMİNDE DAVRANIŞ DEĞİŞİKLİKLERİ VE META ANALİZ YÖNTEMİ.....	82
2.1. HANEHALKI ELEKTRİK TÜKETİMİNİ AZALTMAYA YÖNELİK TEŞVİKLER	82
2.1.1.Parasal Teşvikler	83
2.1.2. Parasal Olmayan Teşvikler	84
2.1.2.1.Kişisel Geribildirim	84
2.1.2.2. Sosyal Geribildirim.....	85
2.2. SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ.....	86
2.2.1. Dünyada Enerji Görünümü.....	88
2.2.2.Türkiye’de Enerji Görünümü	94
2.2.3.Hanehalkı Enerji Durumu.....	98
2.3. META ANALİZİ.....	102
2.3.1. Meta Analizi Avantaj ve Dezavantajları.....	105
2.3.2. Etki Büyüklüğü ve Tedavi Etkisi.....	107

2.3.2.1. Standartlaşmış Ortalamalara Dayanan Etki Büyüklüğü (D ve G)	110
2.3.2.2. Oranlara Dayalı Etki Büyüklüğü (Risk Oranı ve Olasılık Oranı)	111
2.3.2.3. Korelasyona Dayalı Etki Büyüklüğü	113
2.3.1.4. Meta Analizinde Kullanılan İstatiksel Modeller	113
2.3.1.4.1. Sabit Etkiler Modeli (FE).....	113
2.3.1.4.2. Rastgele Etkiler Modeli (RE)	115
2.3.1.4.3. Dayanıklı (Robust) Model	117
2.3.1.5. Meta Analizinde Heterojenlik.....	118
2.3.1.6. Meta Analizinde Yayın Yanlılığı.....	120
2.3.1.6.1. Huni Grafiği.....	121
2.3.1.6.2. Begg ve Mazumdar Yöntemi.....	122
2.3.1.6.3. Egger Regresyon Yöntemi.....	123
2.3.1.7. Moderatör Analizleri	124
2.3.1.7.1. Analog ANOVA (Alt Grup Analizleri).....	124
2.3.1.7.2. Meta Regresyon	125
2.4. BAĞIMLI VE BAĞIMSIZ DEĞİŞKENİN ÖLÇÜLMESİ	127
2.5. VERİLERİN TOPLANMASI	128
2.5.1. Dahil Edilme Kriterleri	128
2.5.2. Hariç Tutulma Kriterleri	129
2.6. BULGULAR	131
2.6.1. Tanımlayıcı İstatistikler.....	131
2.6.2. Moderatör Analizler	132
2.6.2.1. Geribildirim Türüne İlişkin Moderatör Analiz	132
2.6.2.2. Geribildirim Yapıldığı Süreye İlişkin Moderatör Analiz	133
2.6.2.3. Yayın Yılı Değişkenine Göre Moderatör Analizi	134
2.6.3. Yayın Yanlılığı.....	135
2.7. META ANALİZ SONUÇLARI	138
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
3. GERİ BİLDİRİMİN ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİ: KOCAELİ ÜZERİNE DENEYSEL BİR UYGULAMA	140
3.1. KOCAELİ'DE ENERJİ TÜKETİMİ	140
3.2. DENEYİN AMACI, YERİ VE TASARIMI	142
3.3. DENEYİN YÖNTEMİ.....	144
3.4. VERİ TOPLAMA TEKNİĞİ VE ARAÇLARI.....	146
3.5. DENEYİN HİPOTEZİ	148

3.6.VERİLERİN ANALİZİ	149
3.6.1. Bağımlı ve bağımsız değişkenler	149
3.6.2. Hanelere ilişkin Tanımlayıcı Özellikler	150
3.6.3. Geribildirim HaneHalkı Elektrik Tüketimine Etkisi	151
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	154
KAYNAKÇA	161
ÖZGEÇMİŞ.....	179
EKLER.....	180



ÖZET

Konut elektrik tüketiminin toplam tüketim içindeki hızlı artışı, enerji kaynaklarının tükenmesi konusunda büyük bir endişeye yol açmıştır ve bu nedenle enerji verimliliği standartlarının düzenlenmesinin, ulusal seviyelerde enerji politikası için etkili bir araç olduğuna inanılmaktadır. Bu kapsamda, konutlarda akıllı ölçüm ve enerji geribildirim, enerji tüketimini azaltmaya ve sürdürülebilir bir toplum oluşturmaya yönelik olarak dünya çapında dikkatleri üzerine çekmiştir. Elektrik ölçümü, yerleşim bölgelerinde güç tüketimini azaltmanın bir yolu olarak küresel ilgi görmüş ve birçok teorik çalışma kişiselleştirilmiş bilginin önemini ortaya koymuştur. Ancak yapılan araştırmalar ev yaşam tarzına odaklanan çok az geribildirim gösterimi olduğunu göstermektedir. Halbuki, haneleri elektrik tüketimini azaltmaya teşvik etmek, giderek daha esnek bir elektrik talebi yaratmanın bir aracı olarak kullanılmalıdır. Bu nedenle bu çalışmada ilk olarak, konutlarda elektrik tüketimini azaltmaya yönelik incelenen çalışmalara ilişkin genel etkinin ortaya konması için bir meta analizi yapılmıştır. Literatürde incelenen çalışmalar, parasal, bilgilendirici ve davranışsal teşviklerin tüketim üzerinde %6,4 ile %7,4 arasında bir etki doğurabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada 43 çalışmaya ilişkin 95.841 hane verileri kullanılarak bir meta analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, kişisel geribildirim ve parasal bilgilerin tüketimi azaltmada gerçek zamanlı geribildirim ve parasal teşviklerden daha etkili olduğunu göstermektedir. Akabinde, literatüre katkı sağlaması amacı ile Kocaeli’de belirlenen 63 hane üzerinde deneysel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırma, 1 kontrol grubu ve 2 deney grubundan oluşmaktadır. Deney sonuçları; deney gruplarının kontrol grubuna göre daha az tükettiğini ve kişisel geribildirim sosyal geribildirime nazaran tüketim üzerinde %5 daha etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Hanehalkı Elektrik Tüketimi, Meta Analizi, Geribildirim

ABSTRACT

The rapid increase in residential electricity consumption in total consumption has led to a great concern about the depletion of energy resources and therefore the regulation of energy efficiency standards is believed to be an effective tool for energy policy. In this context smart metering and energy feedback in residences has attracted worldwide attention to reduce energy consumption and create a sustainable society.

Smart metering and energy feedback in residences has attracted worldwide attention for reducing energy consumption and building a sustainable society. Electricity metering has attracted global attention as a way to reduce power consumption in residential areas, and many theoretical studies have demonstrated the importance of personalized information. Many research shows that there are very few feedback displays that focus on home lifestyle. However, encouraging households to reduce their electricity consumption should be used as a means of creating an increasingly flexible electricity demand. For this reason, in this study, firstly, a meta-analysis was conducted to reveal the overall effect of the studies examined to reduce electricity consumption in residences. Studies examined in the literature have shown that monetary, informative and behavioral incentives can have an effect between 6.4% and 7.4% on consumption. In this study, a meta-analysis was conducted using data from 95,841 households from 43 studies. The results show that personal feedback and monetary information are more effective in reducing consumption than real-time feedback and monetary incentives. Subsequently, an experimental research was carried out on 63 households in Kocaeli with the aim of contributing to the literature. The research consists of 1 control group and 2 experimental groups. Experiment results; showed that the experimental groups consumed less than the control group and that personal feedback was 5% more effective on consumption than social feedback.

Keywords: Household Electricity Consumption, Meta-Analysis, Feedback

KISALTMALAR LİSTESİ

BE: Davranışsal Ekonomi
GHG: Sera Gazı
NN: Sinir Ağı
CO₂: Karbondioksit
Li-ion: Lityum İyon
ABD: Amerika Birleşik Devletleri
EAPI: Enerji Mimarisi Performans Endeksi
ESI: Enerji Sürdürülebilirlik Endeksi
SESI: Sürdürülebilir Enerji Sistemi Endeksi
IEA: Uluslararası Enerji Ajansı
USEPA: ABD Çevre Koruma Kurumu
PV: Güneş Pili veya Fotovoltaik
SET: Güneş Enerjisi Teknolojileri
ESG: Jeotermal sistemler
HDR: Sıcak kuru kaya
MT: Milyon Ton
IPCC: İklim Değişikliği Paneli
DTP: Dinamik Gelgit Gücü
API: Amerikan Petrol Enstitüsü
OPEC: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
OECD: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
NGL: Gaz Sıvıları
GSYİH: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
AMA: Amerikan Pazarlama Birliği
IHD: Ev İçi Ekran Cihazları
ICT: Bilgi ve İletişim teknolojisi
IoT: Nesnelerin İnterneti
RTP: Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma
CPP: Kritik Zirve Fiyatlandırması
TOU: Kullanım Süresi Fiyatlandırması
HER: Ev Enerji Raporları
BT: Bilgi Teknolojisi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı.....	15
Tablo 2: Dünyadaki Yıllık Kara ve Deniz Rüzgâr Potansiyeli	18
Tablo 3: Jeotermal Sistemlerin Sıcaklık, Entalpi Ve Fiziksel Duruma Göre Sınıflandırılması	21
Tablo 4: Bölgelere Göre Gel-Git Genişliği ve Havza Alanı	30
Tablo 5: Genel Hidrojen Üretim Yöntemleri	32
Tablo 6: Taş Kömürü ve Kahverengi Kömür Karşılaştırması	40
Tablo 7: Geribildirim Türleri ve Özellikleri	73
Tablo 8: Anahtar Göstergeler.....	89
Tablo 9: Dünya Birincil Enerji Talebi ve Karbon Enerji İlişkisi Senaryosu.....	92
Tablo 10: Bölgelere Göre Tahmini Hanehalkı Enerji Tüketimi (Pazarlanan Yakıtlar, Yakacak Odun Vb. Dahil Değil) (Katrilyon Btu)	100
Tablo 11: Meta Analizi Adımları.....	104
Tablo 12: Cohen'in Etki Büyüklüğü Sınıflandırılması	109
Tablo 13: Sonuç Tablosu İçin Isımlendirme	111
Tablo 14: Tablo İçin Kurgusal Veriler.....	111
Tablo 15: Etki Büyüklükleri (Pearson R) ve Heterojenlik Testi Sonuçları.....	131
Tablo 16: Geribildirim Türüne İlişkin Moderatör Analizi	132
Tablo 17: Uygulama Süresine İlişkin Moderator Analizi	133
Tablo 18: Uygulamanın Yapıldığı Yıla İlişkin Moderator Analizi.....	134
Tablo 19: Egger Testi.....	136
Tablo 20: Ortalamanın Sağına ve Soluna Kayıp Verilerin Eklendiği Düzeltilmiş Etki Büyüklüğü Tablosu (Duval Ve Tweedie)	137
Tablo 21: İllere Göre Kişi Başına Düşen Net Elektrik Tüketimi (Kwh/Kişi)	141
Tablo 22: Kullanım Alanlarına Göre Elektrik Tüketim Miktarı(Kwh).....	142
Tablo 23: Deney Grubu ve Deney Zamanına Ait Haftalık Elektrik Tüketiminin İstatistikî Verileri	147
Tablo 24: Hipotezler	149
Tablo 25: Deney Grubundaki Hanelerin Eğitim Durumları.....	150
Tablo 26: Eğitim Düzeylerine Göre Ortalama Tüketim Miktarı.....	150
Tablo 27: Deney ve Kontrol Grubundaki Hanelerin Bulunduğu Kat	150
Tablo 28: Deney ve Kontrol Grubu Hanelerinin Öntest Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması	151
Tablo 29: Varyansların Homojenlik Testi.....	152
Tablo 30: Ancova Analizi	153
Tablo 31: Tanımlayıcı İstatistikler	154

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Birincil Enerji Talebi ve Karbon Emisyonları Senaryosu.....	90
Grafik 2: Yeni Politikalarda Türlerle Göre Enerji sektöründe Planlanan Yatırımlar (2012-2035)	91
Grafik 3: Bölgelere Göre Elektrik Talebindeki Değişim.....	93
Grafik 4: Kişi Başı Gelir ve Elektrik Tüketimi	95
Grafik 5: Kurulu Gücün Kaynaklara göre Dağılımı (2020)	96
Grafik 6: Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Dönem İçindeki Payları	96
Grafik 7: Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı	97
Grafik 8: Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyon Miktarı.....	97
Grafik 9: Mesken Elektrik Tüketimi (GWH)	101
Grafik 10: Huni Grafiği Örnek Dağılımı	121
Grafik 11: Coğrafi Dağılım	131
Grafik 12: Huni Grafiği	136
Grafik 13: Duval ve Tweedie Test Sonucu.....	138
Grafik 14: Haftalık Elektrik Tüketim Ortalaması.....	147

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Atık.....	10
Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Kaynakları	12
Şekil 3: Farklı Rüzgâr Türbini Türlerine Genel Bakış.....	16
Şekil 4: Biyokütle Enerjisi.....	25
Şekil 5: Genelleştirilmiş Doğal Gaz İşleme Şematiği	42
Şekil 6: İhtiyaçlar Hiyerarşisi	61
Şekil 7: Akış Şeması.....	129

GİRİŞ

Dünya bugün pek çok sorunla karşı karşıyadır ve gündemin en önemli konularından biri sürdürülebilirliktir. Sürdürülebilir enerji, "sürdürülebilir kalkınma" ile ilgili herhangi bir tartışmanın merkezinde yer alır, hem ekonomik perspektiften hem de toplumun devam eden hayatta kalmaya olan ilgisinin daha geniş perspektifini oluşturur. Yeterli ve uygun fiyatlı enerji kaynakları ekonomik kalkınmanın ve geçimlik tarım ekonomilerinden modern sanayi ve hizmet odaklı toplumlara geçişin anahtarı olmuştur. Enerji, gelişmiş sosyal ve ekonomik refahın merkezinde yer alır ve çoğu endüstriyel ve ticari servet üretimi için vazgeçilmezdir. Bu nedenle enerjinin verimli kullanımı, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bir gereklilik olarak kabul edilmektedir. 2017 yılında sanayi öncesi dönemden bu yana sıcaklığın 1,1 °C arttığı ve 2013-2017 arası yılların bugüne kadar kaydedilen en sıcak yıllar olduğu bilinmektedir. Sıcaklık artışı dünya çapında şiddetli fırtınalar ve sel baskınlarından insan yaşamı üzerinde büyük ekonomik etkileri olan ölümcül kuraklıklara kadar birçok etki bırakmıştır. Artan küresel ve bölgesel sıcaklıkların arkasındaki ana etken ise insan etkisidir (World Meteorological Organisation, 2018).

Artan sıcaklıklarla mücadele etmek için dünyanın dört bir yanındaki hükümetler, insanoğlunun gezegen üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için hedefler belirlemiştir. Bir bütün olarak AB, sera gazı (GHG) emisyonlarında 1990 seviyelerine kıyasla %20 azalma, üretim karışımında %20 yenilenebilir enerji payı ve enerjide %20 iyileştirme şeklindeki 2020 hedeflerini gerçekleştirme yolunda ilerlemektedir. Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için; ulaşım, sanayi ve konutlarda enerji kullanımı gibi hayatın her alanında verimlilik önlemleri alınmaktadır.

Konut elektrik tüketimindeki artış, konut alanlarında enerji verimliliği çalışmalarını ön plana çıkarmaktadır. Artışı etkileyen birçok faktör ve bu artışın birçok etkisi vardır. Son kullanıcı sayısının fazla olması, ev aletlerinin çeşitliliği ve insanların konfor arayışı, konutlarda enerji tüketimindeki artışın sebeplerinden sadece birkaçını oluşturmaktadır. Bu büyümenin etkisi temel olarak karşılanamayan talep, yüksek miktarda enerji ithalatı, daha sık elektrik kesintisi vb. olarak sıralanabilir. Literatüre bakıldığında, CO2 emisyonlarını azaltmak için birçok araştırmacının evlerdeki elektrik tüketimini çeşitli yöntemlerle analiz ettiği görülmektedir. Örneğin; Verdejo

vd.(2017) Şili'deki konut elektrik tüketimini tahmin etmek için istatistiksel parametrik doğrusal modeli uygulamıştır. Aydınalp vd.(2003), sinir ağı (NN) yöntemi ile ulusal ve bölgesel düzeyde konut elektrik tüketimini incelemiştir. Fan vd.(2017), şehirleşmenin konut elektrik tüketimindeki değişiklikler üzerindeki etkisini araştırmak için divisia ayrıştırma yöntemini kullanmış ve konut elektrik tüketimini etkileyen faktörleri analiz etmiştir. Swan ve Ugursal (2009), konut sektöründeki elektrik tüketimi için çeşitli modelleme tekniklerine genel bir bakış sunmuştur. Zhang vd.(2018), doğrudan ve dolaylı elektrik tüketimini hesaplamak için girdi-çıktı analizini ve ekolojik ağ analizini benimsemiş, Pekin'deki 28 sektörün elektrik tüketim yapısını araştırmak için karbon ayak izi tekniğini kullanmıştır.

Literatürün çoğunluğu, yerleşim alanlarındaki sorunu çözmek için hanelerin enerji tüketim modellerini anlamaya odaklanmıştır. Ancak, konut verimliliğine ulaşmak için tüketici davranışları üzerine derin bir araştırma yapılması gerekmektedir. Neyse ki “Davranışsal Ekonomi” (BE) adı altında, insan davranışının ekonomi teorisinde anlaşılmasının ve temsilinin nasıl geliştirileceğine odaklanan bir araştırma grubu, son birkaç yılda yerleşik bir disiplin statüsüne ulaşmıştır. Geleneksel ekonomi kara tahtasına yeni araştırma araçları ve disiplinler arası bakış açıları getirmiştir.

Davranışsal ekonomi araştırması, geleneksel ekonominin gerçek dünyanın iyi bir temsili olmadığını öne süren ajanların davranış ve kararlarının deneysel bulguları ve ampirik gözlemleri etrafında gelişir (Wolfgang, 2006). Geleneksel ekonomi teorisinde ajanlar, geleceğin üstel iskontosunu kullanarak beklenen faydayı maksimize eder ve mevcut tüm bilgilere ücretsiz erişime sahiptirler. Deneysel ayarlar ve ampirik gözlemler, gerçek dünyadaki insan davranışının bu tür optimizasyon modellerinin öngördüğünden sistematik olarak saptığını göstermektedir. İnsanların karar vermesinin, davranışsal önyargılar dediğimiz, bilgi işlemeyi ve karar vermeyi basitleştiren bir dizi kurala dayandığını gösterir. Bu bağlamda davranışsal ekonomi, geleneksel ekonominin 2 varsayımından birden fazlasına meydan okur. Politika yapıcılara, ekonomik birimlerin seçenekleri nasıl değerlendirdiği, nasıl kararlar aldığı ve ekonomik çevredeki bir değişikliğe veya yargı hatasına dayalı olarak davranış sistemlerini nasıl uyarladığı konusunda bilgi verebilecek yeni bir bakış açısı sağlar. Geleneksel ekonomi için, doğru fiyat teşviği kurarak bir piyasa başarısızlığını düzelteren bir politika optimum sonucu vermek için yeterliyse, davranışsal ekonomi sonuçları

aynı zamanda oyuncuların bilgiyi karar verme sürecinde işleme biçimine de bağlı olacaktır.

Enerji tüketimindeki çeşitlilik ve verimlilik kazanımlarına rağmen tüketimde yaşanan artış, tüketici davranışlarını etkilemeye ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik teşviklere ihtiyaç duyulduğunu ortaya çıkarmıştır. Tüketicilerin pasif olduğu ve tüketimlerinin farkında olmadığı geleneksel elektrik piyasasında, davranışları etkilemek oldukça zordur. Bununla birlikte, akıllı sayaçların konut sektörüne girmesi, hanelerde enerji tüketimini azaltmaya yönelik teşviklerin uygulanmasına olanak tanıyan önemli bir teknolojik gelişmedir. Akıllı sayaçlar, tüketicilerin enerji tüketimi yönetiminde daha aktif rol aldığı ancak tek başlarına oldukları bir elektrik piyasası için kilit teknolojik ilerlemedir. Bu kapsamda, tüketicileri taleplerini düşürmeye teşvik etmek için yeterli değildir. Davranışsal bir değişikliği motive etmek için tüketicilerin uygun şekilde teşvik edilmesi gerekir.

Bu tez, tüketicilerin enerji tüketiminde bir azalmayı gerçekleştirmek için kullanılan teşviklere nasıl tepki verdiğini incelemektedir. Bu amaçla çalışma 3 ana bölüme ayrılmıştır. İlk bölümde, konut tüketicilerinin tüketimini azaltmak için uygulanan teşviklerin kavramsal çerçevesi ve açıklanan teşviklerle nasıl etkileşime girdikleri açıklanmıştır. İkinci bölümde, teşviklerin konut enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştıran deneysel çalışmaların sonuçlarını analiz etmek için meta-analitik bir yaklaşım kullanılmıştır. Bölüm 2'nin amacı, farklı teşviklerin konut tüketimi üzerindeki etkisinin kesin tahminlerini elde etmek için mevcut deneysel literatürü nicel olarak analiz etmektir. İkinci bölümde ele alınan araştırma sorusu “Haneleri enerji tüketimini azaltmaya teşvik etmek için hangi teşvikler en etkilidir?” Meta-analiz, gerçek etkinin daha kesin bir tahminini elde etmek için aynı hedefi (teşviklerin konut enerji tüketimi üzerindeki etkisi) araştıran birçok çalışmanın sonuçlarını birleştirme uygulamasıdır. Buradaki fikir, etki büyüklüğüne ilişkin birçok tahminin birleşiminin, gerçek etkinin daha iyi bir tahminine yol açmasıdır.

Buna ek olarak, üçüncü bölümde hem kişisel geribildirim hem de sosyal karşılaştırmalar şeklindeki dürtmelerin, tüketimi azaltmadaki etkisini ölçmek amacı ile Kocaeli’de belirlenen 63 hane üzerinde deneysel bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1.ENERJİ VE DAVRANIŞSAL EKONOMİ: KAVRAMSAL VE TEORİK ÇERÇEVE

Yaşam döngüsü içerisinde, dünyaya ulaşan güneş ışınları ile başlayıp binlerce enzimin işleyişi için gerekli minimum sıcaklıklara kadar uzanan sayısız enerji zorunluluğu bulunmaktadır. Kesintisiz olarak devam eden bu zorunluluklar çevreyi kontrol edip, organizmaların performansına sınırlar koyarak dünyadaki yaşamı şekillendirmiştir. Enerjinin dünya tarihindeki belirleyici rolü genellikle daha yüksek enerji akışlarında ustalaşmanın mümkün kıldığı, artan karmaşıklık arayışı olarak görülmekte ve bu durum doğal bir önerme olarak yorumlanmaktadır. Bu arayışın, hâkim olan ana taşıyıcılar ve baskın ısı kaynakları temelinde dönemlendirilmeside başka bir açık önerme olarak ortaya çıkmaktadır (Smil,1994: s.16). Bu yaklaşım, insan türünün evrimini farklı enerji dönemlerine bölmekte ve daha güçlü, daha esnek ve daha verimli enerji dönüştürme yolları sağlayan enerji geçişlerinin önemini ortaya çıkarmaktadır. Bu büyük tarih görüşünden çıkan en ilgici çekici sonuç ise, birbirini izleyen enerji dönemlerinin kısalan süresi ve büyük enerji geçişlerinin artan hızıdır.

İlk enerji çağı, 300.000 yıldan daha uzun süre önce, insan türü Homo Sapiens'in Homo Erectus'tan farklılaşmasıyla başlamış ve yaklaşık olarak günümüzden 10.000 yıl öncesinde yerleşik toplumların başlangıcına kadar devam etmiştir (Singer,1954: s.290). Bununla birlikte, tarih öncesi dönem boyunca daha fazla enerji akışını kontrol etmeye yönelik tüm çabalar, insan metabolizmasının sınırlı gücü ve ateşin verimsiz kullanımıyla sınırlı kalmıştır. Hayvanların evcilleştirilmesi ile metallerin ve diğer dayanıklı malzemelerin üretilmesi için ateşten yararlanılması ise ilk büyük enerji geçişini oluşturmuştur. Bu ekstra enerjilere güvenmek, endüstri öncesi toplumların enerji verimini bir kattan fazla artırmıştır. İkinci geçiş sadece birkaç bin yıl sonra başlamış ve ilki kadar evrensel olmamıştır. Ancak etkileri bazı yerlerde daha derin olmuş ve nispeteden erken bir fark yaratmıştır. Üçüncü büyük enerji geçişi (hareketli ana taşıyıcıların motorlarla - biyokütle enerjilerinin fosil yakıtlarla ikame edilmesi) ise sadece birkaç yüzyıl önce Avrupa ülkelerinde başlamış ve 20. yüzyılda tüm sanayileşmiş ülkeler tarafından hayata geçirilmiştir. Bu geçiş, düşük gelirli ekonomilerin çoğunda, özellikle de Afrika'da henüz seyrini izlememiştir. En son enerji geçişi ise, dünyanın ilk elektrik üretim istasyonlarının Londra ile New York'ta (her

ikisi de Edison'un kömürle çalışan santralleri) ve Appleton, Wisconsin'de (ilk hidroelektrik istasyonu) hizmete sokulduğu 1882 yılından beri devam etmektedir (Smil,1994:s.193).

Yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, artan gıda hasadı, daha fazla kişisel eşya birikimi, bol miktarda eğitim ve boş zaman fırsatları ile birlikte ortaya çıkan büyük ölçüde geliştirilmiş kişisel hareketlilik, daha yüksek enerji kullanımı arayışının temel bireysel yararı olmuştur. Dünya nüfusunun büyümesi, ulusların yükselen ekonomik gücü, imparatorlukların askeri yeteneklerin genişlemesi ve dünya ticaretinin genişlemesi ile insan ilişkilerinin küreselleşmesi, arayışın anahtar kolektif sonuçları olmuştur(Pacey,1990:s.189). Bu noktada, neden enerjiyi ve özellikle elektrik enerjisini depolamaya ihtiyaç olduğu sorusu karşımıza çıkmaktadır. Enerji depolama; üretimin, hizmet endüstrisinin, gelecekteki yenilenebilir enerji endüstrisinin ve takıntı haline getirdiğimiz tüm taşınabilir elektroniklerin kritik bir bileşenidir. Modern enerji depolama yöntemleri kullanılsaydı, lityum iyon (Li-ion) piller vasıtasıyla akıllı telefon ve diğer taşınabilir cihazların son on yılda gösterdiği gelişme bu şekilde ilerlemeyecekti. Enerji depolaması, eğlencenin yanı sıra sabit frekanslı kesintisiz bir güç kaynağına sahip olmanın gerekli olduğu yüksek teknoloji üretiminde de kritik bir rol oynamaktadır(Fletcher,2011: s.210). ABD endüstrisi tarafından her yıl, temelde kısa süreli elektrik kesintileri nedeniyle yaklaşık 80 milyar doların kaybedildiği bildirilmektedir(La Commare ve J. H. Eto, 2004). Bu durumdan anlaşılacağı üzere, enerji kullanımı konut, ulaşım, hizmet, tarım gibi alt sektörlerin yanı sıra sanayide de büyük bir paya sahiptir (Andrews ve Jelley, 2007:s.2). Bu nedenle sürecin sürdürülebilir kılınması gerekmektedir.

Sürdürülebilir enerji gelişimi tarafından belirtilen hedeflere ulaşmak için, dönüşüm verimliliğinin birkaç kriteri karşılaması gerekmektedir. Verimlilik iyileştirme potansiyeli genellikle hafife alınmaktadır. Enerji dönüşüm sistemlerinin çoğu, verimlilik iyileştirmesini ayrı bir süreç olarak kabul eder ve analizlerinde yalnızca sürecin potansiyel iyileştirmesini yansıtır ancak enerji sisteminin ekserji analizi ile elde edilen verimlilik iyileştirme potansiyelini ortaya koymaz. Fosil yakıt enerji kaynakları kullanımı çoğunlukla yanma süreçleri ile ısıya dönüştürülmektedir. Yanma işleminin 900-1300 °C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşmesi ve düşük sıcaklıkta % 40'ın üzerinde ısı kullanılması nedeniyle optimum yakıt kullanımını elde

etmek için hattaki enerji dönüştürme süreçlerini ve enerji talebini getirmek için verimliliğin termodinamik değerlendirmesini dikkate almak çok önemlidir (Afgan, vd 1998: s.249).

Özellikle çevre sorunları başta olmak üzere sürdürülebilirlik konularına yönelik kamu bilincinin artması, paydaşların ve toplumun yeşile gitme baskısı, şirketleri tüm değer zincirlerini değerlendirmeye ve sürdürülebilirlik hedefleri belirlemeye teşvik etmektedir. Birçok firma, bu hedeflere ulaşmak için faaliyetlerinde dağıtım stratejilerinde ve paketleme yöntemlerinde büyük değişiklikler yapmıştır. Enerji tüketimi ile ilgili etkilerin azaltılması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için en etkili çabalardan biridir. Bu, enerji tasarrufu önlemleri kullanılarak veya yenilenebilir enerji teknolojilerinden üretilen güç kullanılarak sağlanabilmektedir. Enerji sürdürülebilirlik açısından büyük rol oynadığından, yenilenebilir enerjiye yatırım yapmak teknolojiler yatırımcılar arasında cazip hale gelmiş ve bu aynı zamanda tüm dünyada ucuz, güvenilir, ekolojik ve erişilebilir enerji sağlamak için önemli bir adım olmuştur(Siemens,2014).

2040 yılında enerji talebinin bugünkünden %56 daha fazla olacağı bir dünyada yenilenebilir enerjinin önemi kesinlikle artmaya devam edeceği düşünülmektedir. Yenilenebilir enerji sektörü hâlihazırda pek çok yatırımcıyı cezbetmiş olsa da 21. Yüzyıl Yenilenebilir Enerji Politika Ağı'nın küresel enerji durumu raporu, yenilenebilir enerji sektörünün önünde hala uzun bir yol olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, geleceğin enerji sistemi sürdürülebilir olmalıdır. Bir yandan güvenli ve kesintisiz enerji arzına izin vermeli, diğer yandan çevresel sürdürülebilirliğe baskı yapmadan toplumun amacına ulaşabilmelidir. Enerji sisteminin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için uzun süredir gösterge tabanlı ölçüm sistemi kullanılmaktadır. Enerji Mimarisi Performans Endeksi (EAPI) (World Economic Form,2017), Enerji Sürdürülebilirlik Endeksi (ESI) (World Energy Council, 2018) ve Sürdürülebilir Enerji Sistemi Endeksi (SESI) (Fathurrahman, 2016) bu tür ölçüm örneklerindendir. Her indeks farklı olsa da göstergeler genel olarak hesaplama yaklaşımı ve göstergeler dizisi açısından üç sürdürülebilir kalkınma boyutunu yansıtır: ekonomik, sosyal ve çevresel. Türkiye açısından, yukarıda bahsedilen endekslerin hiçbiri Türk enerji sisteminde çok güçlü bir sürdürülebilirliği

desteklememektedir. Örneğin EAPI ve ESI, Türkiye'nin enerjinin dışa bağımlılığı konusunda büyük endişe yaratmaktadır.

1.1.ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği, birçok duruma bağlı olarak farklı anlam ve sonuçları ile tartışılmaya devam ettiği için, terimin kavramsal açıdan tanımlanması önem arz etmektedir. Mühendisler, ekonomistler, sivil toplum örgütleri, ulusal politika yapıcılar, bölgesel belgeler ve diğer paydaşlar, enerji verimliliğinin ne anlama geldiğine dair farklı anlayışlara sahiptir. Bu bağlamda, literatürde ve sözlüklerde bulunan “enerji verimliliği” tanımları aşağıda incelenmiştir.

Cambridge Business Dictionary, enerji verimliliğini "enerji verimli aydınlatma, enerji verimli binalar, diğerlerinin yanı sıra herhangi bir israf etmeden yalnızca gerektiği kadar enerji kullanan şeyler" olarak tanımlamaktadır. Concise Oxford English Dictionary ise enerji verimliliğini “bir makine tarafından veya bir süreçte gerçekleştirilen işin harcanan toplam enerjiye veya alınan kalbe oranı” olarak kabul etmektedir. Mühendisler enerji verimliliğine termodinamik açıdan bakmakta ve bazıları, enerji verimliliğinin, “bir görevi yerine getirmek için gereken enerji kalitesi ve miktarı ile kaynaklarımıza gömülü enerjinin kalitesi ve miktarı arasındaki uyumu en üst düzeye çıkarmayı” gerektirdiğine inanmaktadır (Rotenberg,2005:28). Ekonomistler ise, enerji verimliliğini, "fiyatın bilgi ve işlem maliyetlerinin yokluğunda gerçek sosyal maliyeti yansıttığı bir piyasada tüketiciler tarafından belirlenen düzeyde elektrik kullanımı" olarak tanımlamaktadır. Kısacası, ekonomistler, enerji verimliliğini piyasada kullanılan enerjinin maliyetiyle ilişkilendirirken, mühendisler enerji verimliliğini gerçek girdi ve çıktı ölçülerine bağlamaktadır (Rotenberg,2005:s.30).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), enerji tüketimindeki büyümeyi yönetmenin ve sınırlandırmanın bir yolu olarak “enerji verimliliğini” kabul etmektedir. IEA’ya göre aynı enerji girdisi için daha fazla hizmet veya daha az enerji girdisi için aynı hizmeti sağlıyorsa, enerji daha verimli olmaktadır. Örneğin, kompakt bir floresans ampülü aynı miktarda ışık üretmek için akkor ampulden daha az enerji kullandığından, kompakt floresans ampülü daha enerji verimli olarak kabul edilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri (bundan sonra ABD olarak belirtilecektir) Enerji Bakanlığı'na göre, enerji verimliliği "daha azıyla daha fazlasını yapmaktır". Onlara göre, "verimlilik" doğal olarak enerjinin son kullanım, üretim ve dağıtım noktasında tüketilme şekli ile bağlantılıdır. Bu tanım, enerji verimliliğinin elde edilebileceği bir araç olarak verimli enerji kullanımını ve tüketimini vurgulamaktadır. Dünya Enerji Konseyi, enerji verimliliğini “belirli bir hizmet için (ısıtma, aydınlatma, vb.) veya faaliyet düzeyinde kullanılan enerjide azalma” olarak tanımlar. Enerji tüketimindeki azalma çoğunlukla teknolojik değişikliklerle ilişkilidir ancak bu durum her zaman geçerli değildir. Çünkü kullanılan enerjideki azalma sektördeki daha iyi organizasyon ve yönetimden veya iyileştirilmiş ekonomik koşullardan da (teknik olmayan faktörler) kaynaklanabilmektedir (Kartal,2019: s.2).

Enerji verimliliği artık çoğu gelişmiş ülkenin kamu politikası gündeminde önemli bir yere sahiptir. Bir politika hedefi olarak enerji verimliliğinin önemi, ticari, endüstriyel rekabetçilik ve enerji güvenliği faydalarının yanı sıra CO2 emisyonlarının azaltılması gibi çevresel faydalarla da bağlantılıdır (Patterson,1996: s.377). Geleneksel enerji verimliliği tanımı aynı hizmeti verebilmek için daha az enerji kullanmak olsa da, ülkelere bundan fazlasını sunabilmektedir. Ülkelerin benimsediği verimlilik politikaları, ekonomik büyümenin sürdürülmesinde, emisyonların azaltılmasında ve güvenliğin en kolay ve en ucuz şekilde sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Pehlivanoğlu vd 2013: s.131).

Enerji verimliliği, bir politika hedefi olmanın yanı sıra yerleşim alanları açısından da önem arz etmektedir. Yerleşim alanlarındaki enerji verimliliği birkaç şekilde sağlanabilmektedir. Örneğin bina tasarımı, evi ısıtmak için gereken enerjiyi azaltmada önemli bir araçtır. Bu durum inşaat aşamasında dikkate alınırsa, evin ısıtılması veya soğutulması için gereken enerji daha az olacaktır(Haas,1997:s. 803). Doğal ışık kullanmak ve havalandırmaya izin vermek gibi evlerin daha iyi tasarlanması, sürdürülebilir evler için atılan adımlardır. Dahası, güneş enerjisi ve depolanan yağmur suyunun belirli bir amaç için yeniden kullanılması, sürdürülebilir şekilde inşa edilmiş evlere daha fazla verimlilik katmaktadır (Bertoldi ve Werle,2009:s. 932). Daha az enerji ile ısıtmaya ve aydınlatmaya yardımcı olan bina tasarımının yanı sıra, inşaat sürecinde yalıtım da dikkate alınmalıdır. Yalıtım sayesinde kullanılan enerji miktarı önemli ölçüde azalacaktır.

Son olarak, enerji verimliliği açısından önem arz etmesine rağmen, literatürde göz ardı edilen ve enerji verimliliğinde meydana gelen değişiklikleri izlemek için kullanılan 4 temel göstergeden söz edilmektedir.

Termodinamik: Tamamen termodinamik biliminden türetilen ölçümlere dayanan enerji verimliliği göstergeleridir. Bu göstergelerden bazıları basit oranlar iken bazıları gerçek enerji kullanımını 'ideal' bir süreçle ilişkilendiren daha karmaşık ölçümlerdir.

Fiziksel-termodinamik: Enerji girdisinin hala termodinamik birimlerle ölçüldüğü, ancak çıktının fiziksel birimlerle ölçüldüğü hibrit göstergelerdir. Bu fiziksel birimler, sürecin hizmet sunumunu ölçmeye çalışmaktadır.

Ekonomik-termodinamik: Bunlar aynı zamanda sürecin hizmet sunumunun (çıktısının) piyasa fiyatları cinsinden ölçüldüğü hibrit göstergelerdir. Termodinamik ve fiziksel-termodinamik göstergelerde olduğu gibi enerji girişi, geleneksel termodinamik birimler cinsinden ölçülür.

Ekonomik: Bu göstergeler enerji verimliliğindeki değişiklikleri yalnızca piyasa değerleri (\$) cinsinden ölçmektedir. Yani, hem enerji girdisi hem de hizmet sunumu (çıktı) parasal terimlerle numaralandırılmaktadır (Patterson,1996:377).

Molina (2014), 2009-2012 döneminde ABD için enerji verimliliği programlarının maliyetlerini ve maliyet etkinliğini analiz ederek, enerji verimliliğinin, yeni bir elektrik santrali inşa etmek gibi farklı elektrik üretim seçeneklerine kıyasla en düşük maliyetli kaynak olduğu sonucuna varmıştır. Dahası, IEA'ya göre, 2000'den beri enerji verimliliği iyileştirmeleri gerçekleştirilmezse, dünya 2016'da %12 daha fazla enerji kullanacaktır. Bu miktar, Avrupa Birliği'nin toplam enerji ihtiyacına karşılık gelmektedir.

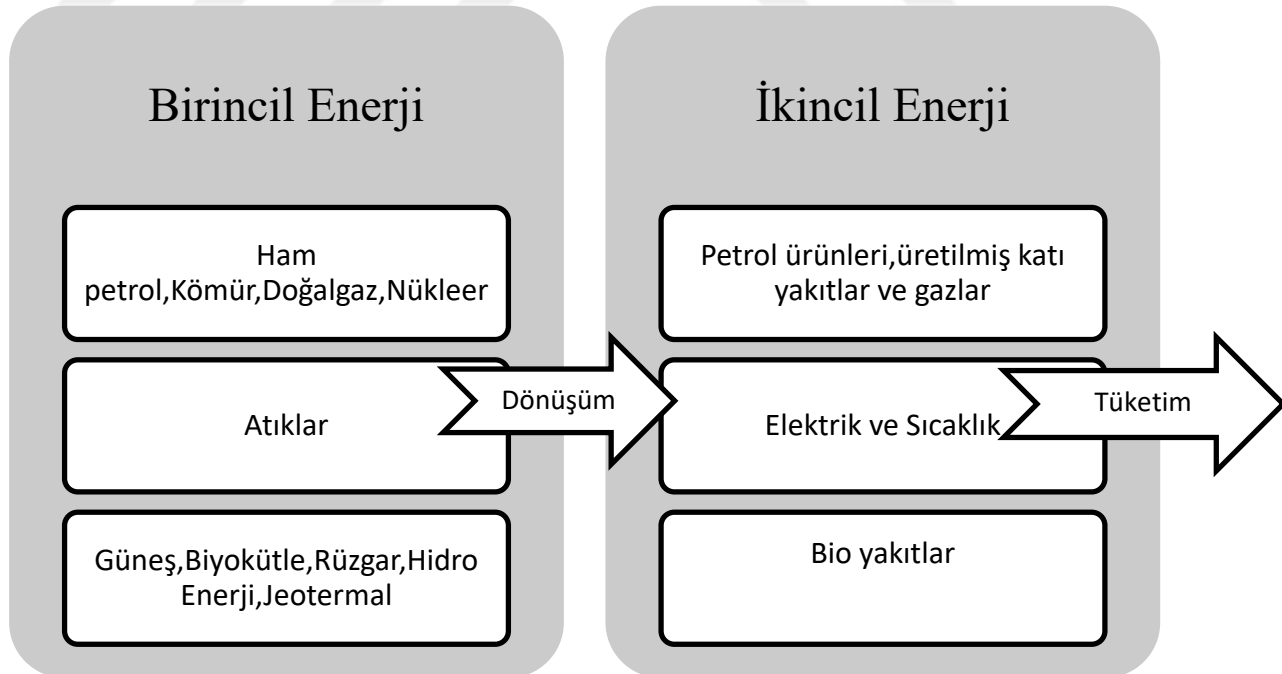
Diğer ülkelere benzer şekilde Türkiye de son yıllarda enerji verimliliğinin artırılması konusunda önemli adımlar atmıştır. Kişi başına düşen enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu oldukça yüksek olan Türkiye, 2007 yılında esas olarak 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununun çıkarılmasıyla enerji verimliliği önlemlerini başlatmıştır. O zamandan bu yana, sanayi, ulaşım gibi farklı sektörlerde verimliliği

teşvik etmek gibi önemli hedeflerin belirlendiği bu yasaı başka birçok mevzuat da başarmıştır. Bu sektörler dışında konutlarda doğrudan enerji verimliliğini hedefleyen bazı düzenlemeler de getirilmiştir. Bu nedenle, Türkiye'de enerji verimliliği politika açısından çok önemli olmuştur.

1.2. BİRİNCİL VE İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

Üretim süreçlerine göre enerji kaynakları birincil enerji ve ikincil enerji olarak sınıflandırılmaktadır. Birincil enerji doğrudan çevreden çıkarılmakta veya tutulmakta iken, ikincil enerji birincil enerjiden elektrik veya yakıt şeklinde dönüştürülmektedir. En yaygın birincil enerji kaynakları kömür, petrol, doğal gaz ve biyokütledir. Öte yandan, radyoaktif maddelerden gelen nükleer enerji, dünyanın iç kısmında depolanan termal enerji ve yerçekiminden kaynaklanan rüzgar, hidrolik ve güneş şeklindeki potansiyel enerji de birincil enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji türleri ise elektrik, benzin, dizel, kok kömürü, petrol koku ve sıvılaştırılmış petrol gazıdır.

Şekil 1: Atık



Doğrudan kullanıma hazır olan enerjiye ikincil enerji denir. Yenilenemez, yenilenebilir veya atık formundaki birincil enerji, Şekil 1'de açıklanan bazı dönüştürme teknikleri ile elektrik veya yakıt şeklinde faydalı enerjiye (ikincil enerji) dönüştürülmektedir. Öte yandan, güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal enerji ve akan su gibi birincil enerjiye dayalı yenilenebilir enerji kaynakları genellikle ya elektrik ya da termal enerji ile eşitlenmektedir. Birincil kaynaklar tarafından üretilen nihai enerji genellikle elektrik enerjisi olmakla birlikte, kaynaklar aynı zamanda termal, mekanik ve kimyasal enerjiye de dönüştürülebilmektedir.

1.2.1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları

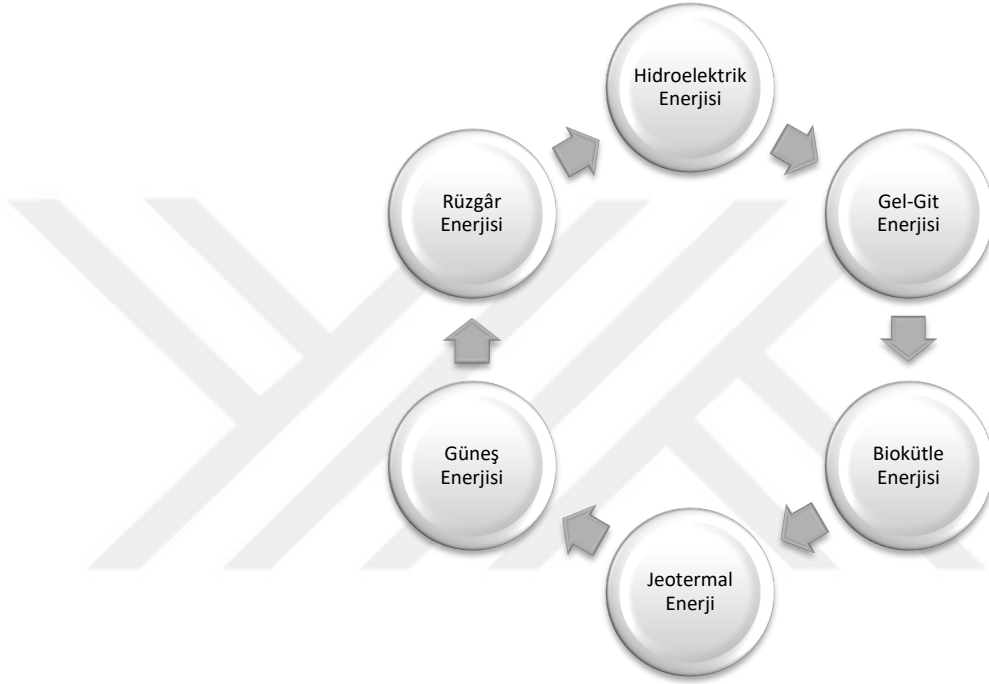
Modern dünyada enerji, gıda yetiştirmeye, evlere güç sağlamaya ve sonsuz günlük ürünler üretmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca, katlanarak artan bir nüfus yoğunluğu sorunu ile birlikte enerji tüketimi de artmaktadır. Bu gelişen zorluğun ardından herkes enerjiyi sürdürmek ve yeniden kullanmak için mücadele etmektedir. Bilim ve teknoloji ile biyokütle, rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji çözümleri küresel kabul ve uygulamaya sahiptir. Şüphesiz enerji, dünyadaki herhangi bir ulusun büyümesinde çok önemli bir role sahiptir. Enerji kullanımı, fabrikalara, bilgisayarlara, arabalara enerji sağlamak ve insan refahı için vazgeçilmezdir. Kısacası, enerjinin ekonomik kalkınmanın hayati kaynağı olmasına karşın çevreyi doğrudan kirletmesi, enerji alanında önlemler alınması gerektiğini, aksi halde dünyanın bir çevre felaketiyle karşı karşıya kalacağını göstermektedir (Sims, 2004; DeCanio, 2009; Reddy ve Assenza, 2009). Bu durumda, yenilenebilir enerji potansiyel olarak enerji arzını artırmak ve emisyonları azaltmak için önemli bir rol oynamaktadır (Apergis vd 2010:s.2256).

Literatürde “yenilenebilir enerji” için pek çok tanım bulunmaktadır. İş sözlüğü, onu doğal olarak yenileyici veya pratik olarak tükenmez kaynaklardan türetilen enerji olarak tanımlamaktadır. Ancak bu tanımın içinde küçük bir kusur vardır. Tanımlama, “doğal olarak rejeneratif” terimini kullanmaktadır ve bu terim aynı zamanda yenilenmeleri nedeniyle fosil yakıtlar için de geçerlidir. Ancak bu yenileme binlerce yıl almaktadır. Frewin, Öğrenci Enerji web sitesinde “Yenilenebilir Enerji” başlıklı makalesinde daha iyi bir tanım vermektedir. Bunu, "insan ömrü boyunca tükenmeyen veya yenilenebilen kaynaklardan üretilen enerji" olarak tanımlamaktadır. Shinn, onu

sürekli yenilenen enerji olarak tanımlarken, benzer bir tanım, USEPA'dan Kasper tarafından aktarılmaktadır: "Kısa sürede kendini yenileyen ve azalmayan yakıt kaynaklarına dayanan kaynaklardır".

Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları şekil 2’de görüldüğü gibidir:

Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Kaynakları



Kaynak: Owusu vd 2016

1.2.1.1. Güneş Enerjisi

Güneş, dünyadaki tüm enerji kaynaklarının doğrudan veya dolaylı olarak temelini oluşturmaktadır (Artkın,2018:s.288). Tüm rüzgâr, fosil yakıt, hidro ve biyokütle enerjisinin kökeni güneş ışığından gelmektedir. Güneş enerjisi dünya yüzeyine 120 petawatt (1 petawatt = 10¹⁵ watt) oranında düşmektedir. Bu, bir günde güneşten alınan tüm güneş enerjisinin 20 yıldan fazla bir süre tüm dünyanın talebini karşılayabileceği anlamına gelir. Her bir yenilenebilir enerji kaynağı için potansiyeli bugünün teknolojisine göre hesaplanabilmektedir. Teknolojideki gelecekteki ilerlemeler, her enerji kaynağı için daha yüksek potansiyele yol açacaktır. Bununla birlikte, dünya çapındaki enerji talebinin her yıl yüzde 5 oranında artmaya devam

etmesi beklenmektedir. Güneş enerjisi, böylesine büyük ve sürekli artan bir talebi karşılayabilecek tek seçenektir (Chu,2011: s.2).

Bugün dünyaya ulaşan güneş enerjisini değerlendirmenin iki yolu vardır: ısıya dönüştürmek ve elektrik enerjisine dönüştürmek. Bu anlamda güneş pilleri, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmek ve bunları doğrudan elektriğe dönüştürmek için kullanılmaktadır. Güneş Pili veya Fotovoltaik (PV) pil, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren silikon, galyum arsenit ve kadmiyum tellür vb. yarı iletken malzemelerden oluşan bir cihazdır. Güneş pilleri güneş ışığını emdiğinde, pozitif/negatif bağlantılarda serbest elektronlar ve delikler oluşur. Güneş pilinin pozitif ve negatif bağlantıları DC elektrik ekipmanına bağlanırsa, elektrikli ekipmanı çalıştırmak için akım verilir.

Kristal Silikon PV Modülü: PV modülü üretmek için tek kristalli silikon veya monokristal silikon(Çok kristalli) olmak üzere iki tip silikon kullanılmaktadır. Çok kristalli silikon PV modülü, tek kristalli silikon PV modülünden daha düşük dönüşüm verimliliğine sahiptir ancak her ikisinin de ortalama %10-12 arasında yüksek dönüşüm verimliliği vardır.

Amorf Silikon PV Modülü: Amorf silikon (a-Si) PV modülü, ışığı kristal silikon PV modülünden daha etkili bir şekilde emer, böylece daha ince yapılabilir. Yüksek verimliliğin gerekli olmadığı ve düşük maliyetin önemli olduğu tüm uygulamalar için uygundur. Amorf silikon PV modülünün tipik verimliliği yaklaşık %6'dır.

Hibrit Silikon PV Modülü: İnce amorf silikon katmanlarıyla çevrili tek kristalli silikonun bir kombinasyonu, daha düşük ışık seviyelerine veya dolaylı ışığa karşı mükemmel hassasiyet sağlar. Hibrit silikon PV modülü, yaklaşık %17'lik en yüksek dönüşüm verimliliği seviyesine sahiptir.

Güneş enerjisi, 1370 W / m² sabit yoğunluğu ve 0-1100 W / m² arasında değişen yüzey alanı ile yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Ülkemizin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saattir. Maksimum güneşlenme 365 saat ile temmuz ayında,

minimum güneşlenme süresi ise 103 saat ile aralık ayında olmuştur. Aylık ortalama güneşlenme süresi 220 saattir (Yelmen, 2018:s. 2045).

Güneş enerjisi teknolojileri (SET'ler), geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla bariz çevresel avantajlar sağlamakta ve böylece insan faaliyetlerinin sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunmaktadır. Doğal kaynakların tükenmesini hesaba katmadan, temel avantajları CO2 emisyonlarının azalması ve normal olarak herhangi bir hava emisyonunun veya atık ürünlerin operasyonları sırasında bulunmaması ile ilgilidir.

Çevre ile ilgili olarak, SET'lerin kullanımının olumlu sonuçları aşağıdaki gibidir:

- Sera gazı emisyonlarının azaltılması (esas olarak CO2, NO x) ve toksik gazın önlenmesi emisyonlar (SO2, partiküller),
- Bozulmuş arazinin ıslahı,
- Gerekli iletim hatlarının azaltılması elektrik şebekeleri ve
- Su kaynaklarının kalitesinin iyileştirilmesi (Various,2000).

Sosyo-ekonomik açıdan bakıldığında ise SET'lerin kullanımı aşağıdaki gibi avantajlar sağlamaktadır:

- Bölgesel / ulusal enerji bağımsızlığının artması;
- Önemli iş fırsatlarının sağlanması,
- Enerji arzının çeşitlendirilmesi ve güvenliği,
- Enerji piyasalarının deregülasyonunun desteklenmesi ve
- Gelişmekte olan ülkelerde kırsal alan elektrifikasyonunun hızlanması.

Ayrıca, SET'lerin olumsuz etkileri genellikle küçüktür ve uygun azaltma önlemleri ile en aza indirilebilmektedir. SET'lerin potansiyel çevresel yükleri, projenin boyutuna ve yapısına bağlı olarak düzenli olarak sahaya özeldir. Bu yükler genellikle konfor kaybıyla ilişkilendirilir (Örn. Görsel etki veya gürültü - kurulum ve yıkım aşamaları sırasında) ve etkiler aşağıdaki şekilde en aza indirilebilmektedir:

- Alternatif konumların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini ve beklenen etkinin tahmin edilmesini içeren merkezi güneş sistemlerinin uygun şekilde

konumlandırılması (yoğun nüfuslu alanlardan uzakta ve korunan alanlarda veya önemli doğal güzelliğe sahip alanlarda değil); konut güneş sistemleri her yere kurulabilir, özellikle çatılara entegre edilebilir,

- Uygun operasyonel uygulamalar (akılcı su kullanımı, güvenlik önlemleri, atık bertaraf uygulamaları, biyolojik olarak parçalanabilen kimyasalların kullanımı vb. dahil);
- Halkın kabulünü sağlamak için planlamanın ilk aşamalarında halkın ve ilgili kuruluşların katılımı,
- Mevcut en iyi teknolojilerin / tekniklerin kullanılması ve teknolojinin iyileştirilmesi (örneğin, merkezi kule sistemlerinde ısı transfer ortamı olarak havanın kullanımı, " gelişmiş " Stirling motorları)
- Binanın kabuğundaki entegrasyon,
- Mantıklı planlama kısıtlamaları ve geliştirme öncesi değerlendirmeler (örneğin su kullanımı, alışkanlık kaybı, beklenen CO2 tasarrufunun tahmini, vb.),
- İşçilerin eğitimi, özel güneş gözlüğü kullanımı,
- İşletme ve inşaat sırasında ısı yalıtımı kullanımı, işçilerin eğitimi, özel güneş gözlüğü kullanımı, işletme ve inşaat sırasında ısı yalıtımının kullanılması, üniformalar, sisteme alışma (Tsoutsos vd 2005: s.290)

Tablo 1: Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -aylık)	Güneşli Saatler (saat/ay)
Ocak	51,75	103
Şubat	63,27	115
Mart	96,65	165
Nisan	122,23	197
Mayıs	153,86	273
Haziran	168,755	325
Temmuz	175,38	365
Ağustos	158,4	343
Eylül	123,28	280
Ekim	89,99	214
Kasım	60,82	157
Aralık	46,87	103
Toplam	1.311	2.640

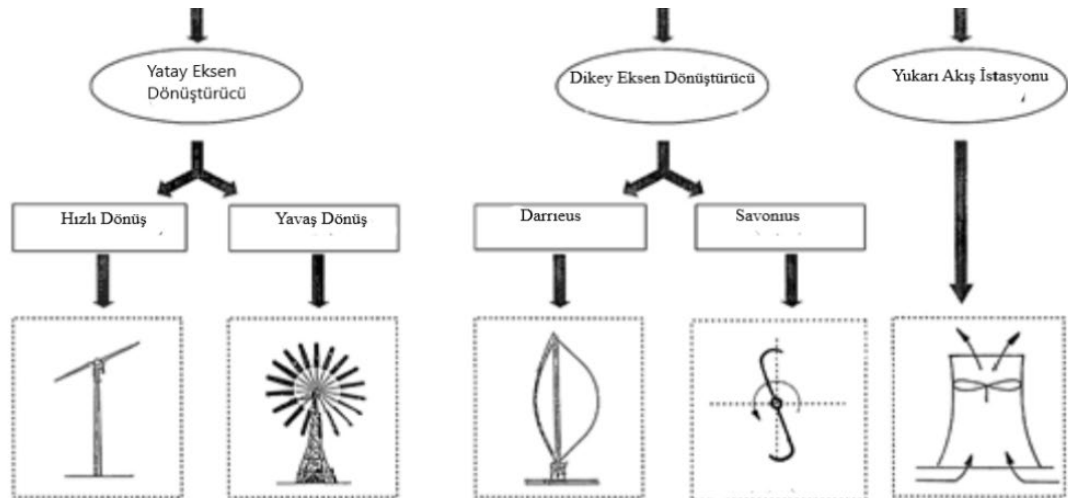
Kaynak: Yelmen,2018

1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin tarihi M.Ö 2000 li yıllara dayanmaktadır. Mısır, İran, Çin ve Japonya’da icat edilen yel değirmenlerinin özellikle tarım alanlarında kullanıldığı bilinmektedir. Atmosferin gündüz ısınıp geceleri güneş radyasyonu nedeniyle soğumasının yol açtığı basınç farkı, elektrik enerjisi üretmek için kullanılabilecek hava akışını sağlamaktadır. Güneşten gelen enerjinin yaklaşık %2’si rüzgâr enerjisine dönüştürülmektedir. Başlangıçta rüzgâr enerjisinin her ne kadar tarım alanında kullanıldığı bilinse de son 10 yıldır elektrik üretimi için kullanılmaktadır (EIA,2018). Bir rüzgâr enerjisi sisteminde, rüzgârdaki enerji iki veya üç pervane benzeri kanadı ana mile bağlı bir rotor etrafında döndürmektedir. Rotor, elektrik üretmek için bir jeneratör döndürmekte ve böylece bir rüzgâr türbini, rüzgârdaki kinetik enerjiyi mekanik güce dönüştürmektedir. Rüzgâr enerjisi sistemleri yapılarına göre yatay ve dikey eksenli rüzgâr enerjisi türbinleri olarak sınıflandırılabilir (Öztürk ve Yüksel,2016: s.1265).

En yaygın cihaz yatay eksenli rüzgar türbidir. Bu türbin, düzenleme amacıyla genellikle uzun eksenleri etrafında döndürülebilen (Pitch-regulation) yalnızca birkaç aerodinamik olarak optimize edilmiş rotor kanadından oluşur. Bunu düzenlemenin bir başka daha ucuz yolu, kanatları, kanatlar boyunca akan havanın belirli bir hızda türbülansa gireceği şekilde tasarlamaktan ibarettir.

Şekil 3: Farklı Rüzgâr Türbini Türlerine Genel Bakış



Bu türbinler, 10 kWh ile bir miktar MW arasında değişen güç sağlayabilir. Avrupa pazarındaki en büyük türbin 8 MW güce sahiptir ve daha büyük makineler test edilmektedir. Bu türün verimliliğinin nedeni türbin sayısının çok yüksek olmasıdır. Bu nedenle, sadece dişli şanzımanı ve jeneratörü küçük ve ucuz tutmak için “yüksek hızlı motorlara” ihtiyaç duyan elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Yatay eksenli rotorun bir diğer geleneksel (eski) tipi, çok kanatlı rüzgar türbinidir. İlk olarak yaklaşık yüz yıl önce inşa edilmiştir. Bu tür rüzgar değirmenleri, onları mekanik su pompalarını çalıştırmak için uygun kılan yüksek bir başlangıç torkuna sahiptir. Dönme sayısı düşüktür ve kanatlar kolay geometriye sahip basit levhalardan yapılmıştır. Su pompalamak için bir dönüş düzenleyici sistem gerekli değildir, ancak türbini fırtına hasarına karşı korumak için mekanik bir güvenlik sistemi kuruludur.

Bu tür "yavaş hızlı türbinlerin" mekanik stabilitesi çok yüksektir ve bazıları elli yıldan fazla çalışma periyoduna sahiptir. Üçüncü tür bir türbin, dikey eksenli bir yapı olan DARRIEUS olarak bilinmektedir. Avantajları, rüzgarın yönüne bağlı olmamalarıdır. Başlamak için, motor olarak çalışan bir jeneratörün yardımına veya dikey eksenin üstüne monte edilmiş bir SAVONIUS rotorunun yardımına ihtiyaçları vardır. Diğer bir avantaj, rüzgar hızının yükseklikle önemli ölçüde artması ve kulelerdeki yatay eksenli tekerleklerin daha ekonomik hale gelmesidir. Bununla birlikte, elektrik şebekesi olmayan bölgelerde merkezi olmayan elektrik temini için birkaç kilovatlık çok düşük güç aralığında DARRIEUS türbinleri üreten bazı şirketler vardır. Savonius rotoru yalnızca araştırma faaliyetleri için kullanılmaktadır, (Örn. özellikle rüzgar hızı için bir ölçüm cihazı olarak) güç üretimi için kullanılmaz.

Ele alınacak son teknik, Up-Stream-Power-Station veya termal kule olarak bilinmektedir. Prensip olarak, bir rüzgar türbini ve bir güneş kollektörü arasındaki bir karışım olarak kabul edilebilmektedir. Dar, yüksek bir kulenin tepesinde, yükselen sıcak hava tarafından tahrik edilen dikey bir eksende bir rüzgar çarkı bulunmaktadır. Kulenin eteğine yerleştirilen güneş kollektörü havayı ısıtır. Kollektörün tasarımı basittir; şeffaf bir plastik folyo, kulenin etrafındaki bir daire içinde zeminde birkaç metre üzerine sabitlenir. Bu nedenle istasyonun çok fazla alana ihtiyacı var ve kulenin çok yüksek olması gerekmektedir. Böyle bir sistem yalnızca yüzde bir civarında çok düşük bir verimliliğe sahiptir. Dünya çapında şimdiye kadar sadece bir adet Up-Stream-Power Station inşa edilmiştir (Bir Alman şirketi tarafından tasarlanmıştır).

Birkaç yıl boyunca İspanya'daki Manzarenas'ın bulunduğu yerde tatmin edici bir şekilde çalışmış ancak seksenlerin ortalarında kötü hava koşulları nedeniyle yok edilmiştir. Bu istasyonun elektrik gücü 20 kWh'dır, kule yüksekliği ve kollektörün çapı ise yaklaşık 200 metredir. 200 MW elektrik performansına sahip ikinci bir Up-Stream-Power Station Avustralya'da planlanmıştır ancak henüz hayata geçirilememiştir. Kule yüksekliği yaklaşık 1000 metre ve kollektör alanının çapı yaklaşık 7000 metre olarak planlanmıştır. Şimdiye kadar kurulmuş yeni bir Up-Stream-Power Station yoktur.

Kısacası, rüzgâr hızı ve özelliği, rüzgâr türbininin kullanımı için temel parametrelerdir. Rüzgârdan enerji elde etmenin temel avantajları temiz, güvenli ve yenilenebilir kaynak olmasından ileri gelmektedir. Öte yandan rüzgâr kuvveti sabit değildir ve sıfırdan fırtına kuvvetine kadar değişmektedir. Bu, rüzgâr enerjisine dayalı enerji üretiminin ana dezavantajı olarak kabul edilmektedir (Savrul ve Kılınç,2016).

Bir diğer önemli özellik ise rüzgâr türbinlerinin denizde de kurulabilmesidir. Rüzgâr çiftlikleri kolaylıkla sökülebilir ve arazileri kolaylıkla restore edilebilir. Türkiye'de bu yeni teknoloji Batı Karadeniz ve Ege Denizi'nde uygulama bulacaktır.

Tablo 2, dünyadaki yıllık kara ve deniz rüzgâr potansiyelini göstermektedir. Tablodan da görülebileceği üzere, kara rüzgâr potansiyeli açık denizlere göre çok yüksektir.

Tablo 2: Dünyadaki Yıllık Kara ve Deniz Rüzgâr Potansiyeli

Alanlar	Dünya çapında, PWh	
	CF sınırlaması yok	%20 CF sınırlaması
Karada	1,100	690
Açık Denizde	47	42
Açık Denizde	46	40
Açık Denizde	87	75
Toplam	1,300	840

Kaynak: Lu,2009

Rüzgâr enerjisi; emisyonu olmayan, doğal kaynakları tüketmeyen, küresel ısınmaya katkı sağlamayan, asit yağmurlarına neden olmayan ve yerel çevreye duyarlı bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisinin yakın çevresine verdiği gürültü, TV ve radyo yayınlarıyla etkileşimi, kuşlar üzerindeki tehlikeler ve görsel etkiler bilinen çevresel etkililerdir (Kumbur vd 2005: s. 290).

Rüzgar türbinlerinden gelen gürültü, insan kulağını yakın noktalarda etkiler; bunlardan biri hava makinenin kanatlarından geçerken oluşan aerodinamik veya geniş bant gürültüsüdür. Diğerleri ise dişli kutusu ve jeneratör gibi dönen mekanik ve elektriksel elemanlardan ortaya çıkan ton veya tek frekanslı gürültüdür. Rüzgâr santrallerinin görsel ve estetik kirlilik gibi olumsuz çevresel etkilerinin yanı sıra, gürültüye, kuş ölümlerine, kuşların göç yollarını değiştirmesine neden olması, ayrıca radyo ve televizyon alıcılarında parazit oluşturmamasından söz etmek mümkündür.

Türkiye rüzgâr yönünden zengin bir ülkedir. En yüksek değer yıllık ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğu açısından 3,29 m / s ve 51,91 W / m² olarak Marmara Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. En düşük değer ise 2,12 m / sn hız ve 13,19 W / m² güç yoğunluğu ile Doğu Anadolu'dadır. Türkiye, 20 W / m²'lik maksimum rüzgâr enerjisi yoğunluğunun %64,5'ine sahiptir. Bugün Alaçatı ve Bozcaada'da iki rüzgâr çiftliği ve Germiyan'da 3 türbinden oluşan bir otoprodüktör fabrikası bulunmaktadır. Onaylanan toplam 16 rüzgâr çiftliği projesinin yanı sıra küçük ölçekli özel kullanım talepleri de olurken, küçük ölçekli türbin üretimine de başlanmıştır (Tavman, 2001).

1.2.1.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerjinin alan ısıtma, endüstri ve elektrik üretimi için büyük ölçekte kullanılması ilk kez 20. yüzyılda gerçekleşmiştir. Prens Piero Ginori Conti, 1904 yılında Toskana, Larderello'da jeotermal buharla elektrik enerjisi üretimine başlamıştır. İlk büyük ölçekli belediye bölgesel ısıtma hizmeti ise 1930'da İzlanda'da başlamıştır. Jeotermal enerji, hem elektrik üretimi hem de doğrudan kullanım için seksen yılı aşkın bir süredir ve yüzlerce MW ölçeğinde ticari olarak üretilmektedir. Kullanım son otuz yılda hızla artmıştır. 2000 yılında, 80'den fazla ülkede jeotermal kaynaklar tanımlanmış ve dünyanın 58 ülkesinde jeotermal kullanımın sayısal kayıtları bulunmaktadır (Huttrer,2001:s.10).

Jeotermal enerjinin doğrudan uygulanması, alan ısıtma ve soğutma, endüstri, seralar, balık yetiştiriciliği ve sağlık kaplıcaları gibi çok çeşitli son kullanımları içerebilmekte ve çoğunlukla mevcut teknolojiyi ve basit mühendisliği kullanmaktadır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının teknolojisi, güvenilirliği, ekonomisi ve çevresel kabul edilebilirliği dünya çapında kanıtlanmıştır. Başlıca doğrudan kullanım türleri (Lund ve Freeston, 2001) banyo / yüzme / balneoloji (%42), alan ısıtma (%35- bunun %12'si jeotermal ısı pompaları ile), seralar (%9), balık çiftçiliği (%6) ve endüstridir (%6) (Fridleifsson, 2001:95). Bunların yanı sıra jeotermal enerji diğer enerji kaynaklarına göre oldukça ucuzdur (Çukurçayır ve Sağır, 2008: s.267).

Jeotermal enerji, ısı enerjisi kaynağı olarak dünyanın içinden doğal olarak elde edilmektedir. Isının kökeni, gezegenin iç yapısı ve orada meydana gelen fiziksel süreçlerle bağlantılıdır. Isı, yer kabuğunda çok büyük miktarlarda bulunmasına rağmen, eşit olmayan bir şekilde dağıtılmakta, nadiren yoğunlaşmakta ve genellikle mekanik olarak kullanılamayacak kadar büyük derinliklerde bulunmaktadır (Owusu, 2016: s.14).

Jeotermal gradyan ortalamaları yaklaşık 30 °C / km'dir. Dünyanın iç kısmının sondajla erişilebilen ve eğimin ortalama eğimin çok üzerinde olduğu alanlar vardır (Barbier, 2002). Jeotermal rezervuarlardan kuyular ve diğer araçlar kullanılarak ısı çıkarılmaktadır. Doğal olarak yeterince sıcak ve geçirgen olan rezervuarlara hidrotermal rezervuar adı verilirken, tatmin edici derecede sıcak olan ancak hidrolik uyarımla iyileştirilen rezervuarlara gelişmiş jeotermal sistemler (ESG) adı verilmektedir. Yüze çekildikten sonra, çeşitli sıcaklıklardaki sıvılar elektrik üretmek ve ısı enerjisi kullanımını gerektiren diğer amaçlar için kullanılabilir (Edenhofer vd 2011). Jeotermal sistemler ve rezervuarlar, rezervuar sıcaklığı, entalpi, fiziksel durum veya doğası ve jeolojik konumu gibi farklı yönlerle sınıflandırılır. Tablo 3, ilk üç yönü temel alan sınıflandırmaları özetlemektedir.

Tablo 3: Jeotermal sistemlerin sıcaklık, entalpi ve fiziksel duruma göre sınıflandırılması

150°C'nin altında 1 km derinlikte rezervuar sıcaklığına sahip düşük sıcaklıklı (LT) sistemler. Genellikle sıcak veya kaynayan yaylarla karakterizedir.	Yaklaşık 190°C'den daha düşük sıcaklıklara karşılık gelen, 800 kJ/kg'dan daha az rezervuar sıvı entalpisine sahip düşük entalpili jeotermal sistemler.	Su sıcaklığı, geçerli basınçtaki kaynama noktasında veya altında olan sıvı ağırlıklı jeotermal rezervuarlar ve su fazı, rezervuardaki basıncı kontrol eder. Biraz buhar mevcut olabilir.
150- 200°C arasında 1 km derinlikte rezervuar sıcaklığına sahip orta sıcaklıklı (MT) sistemler.		Buhar ve suyun bir arada bulunduğu, sıcaklık ve basıncın kaynama noktası eğrisini takip ettiği iki fazlı jeotermal rezervuarlar.
200°C'nin üzerinde 1 km derinlikte rezervuar sıcaklığına sahip yüksek sıcaklık (HT) sistemleri. Fumaroller, buhar delikleri, çamur birikintileri ve oldukça değiştirilmiş zemin ile karakterizedir.	800 kJ/kg'dan büyük rezervuar sıvı entalpilerine sahip yüksek entalpili jeotermal sistemler	Sıcaklığın hakim basınçta veya üzerinde kaynadığı ve buhar fazının rezervuardaki basıncı kontrol ettiği, buharın baskın olduğu rezervuarlar. Bir miktar sıvı su mevcut olabilir.

Kaynak: (Bodvarsson, 1964; Axelsson ve Gunnlaugsson, 2000)

Jeotermal sistemler ayrıca doğalarına ve jeolojik ortamlarına göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Volkanik jeotermal sistemler bir şekilde volkanik aktivite ile ilişkilidir. Bu tür sistemler için ısı kaynakları, sıcak müdahaleler veya magmadır. Çoğunlukla

kalderalar gibi volkanik komplekslerin içinde veya yakınında bulunurlar. Çoğu levha sınırlarında, ancak bazıları sıcak nokta alanlarındadır. Geçirgen kırıklar ve fay bölgeleri, çoğunlukla volkanik sistemlerde su akışını kontrol eder.

- Konvektif faktör kontrollü sistemlerde ısı kaynağı, ortalamanın üzerinde ısı akışı ile tektonik olarak aktif alanlarda derinlikteki sıcak kabuktur. Burada jeotermal su, kayalardan gelen ısıyı çıkarmak için çoğunlukla dikey çatlaklar yoluyla kayda değer bir derinliğe (> 1 km) sirküle etmektedir.
- Sedimanter jeotermal sistemler dünyanın birçok büyük sedimanter havzasında bulunur. Bu sistemler, varlıklarını büyük derinliklerde (> 1 km) ve ortalamanın üzerinde jeotermal gradyanlarda ($> 30^{\circ}\text{C}/\text{km}$) geçirgen tortul tabakaların oluşumuna borçludur. Bu sistemler, bazı durumlarda kırıklar ve faylar rol oynasa da, konvektif değil, doğası gereği iletkendir. Ancak bazı konvektif sistemler (B) tortul kayalara gömülü olabilir.
- Jeo-basınçlı sistemler, stratigrafik tuzaklarda yakalanan sıvının litostatik değerlere yakın basınçlara sahip olabileceği, jeo-basınçlı petrol ve gaz rezervuarlarına benzer. Bu tür sistemler genellikle oldukça derindir; bu nedenle jeotermal olarak sınıflandırılırlar.
- Sıcak kuru kaya (HDR) veya geliştirilmiş (mühendislik) ESG, volkanizma veya anormal derecede yüksek ısı akışı ile faydalı sıcaklıklara ısıtılmış, ancak düşük geçirgenliğe sahip veya neredeyse geçirimsiz olan kaya hacimlerinden oluşur. Bu nedenle, geleneksel bir şekilde istismar edilemezler. Bununla birlikte, bu tür sistemlerde yapay rezervuarlar oluşturmaya çalışmak veya hali hazırda var olan kırılma ağlarını geliştirmek için hidro-kırılmayı kullanmak için birkaç yerde deneyler yapılmıştır. Bu tür sistemler çoğunlukla üretim/reenjeksiyon ikilileri aracılığıyla kullanılacaktır.
- Sığ kaynaklar, yakın yüzey oluşumları yoluyla normal ısı akışına ve yerkabuğunun yüzeyine yakın kayalarda ve sıcak yeraltı suyu sistemlerinde depolanan termal enerjiye atıfta bulunur. Toprak kaynaklı ısı pompalarının uygulanmasındaki son gelişmeler, bu kaynakların kullanımında yeni bir boyut açmıştır (Saemundsson, 2011: s. 3).

Bununla birlikte, jeotermal enerjinin temiz bir enerji kaynağı olduğu düşünülse de, gelişimi bertaraf edilmesi gereken bir miktar gaz ve atık su emisyonuna yol

açacaktır. Nükleer ve fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında jeotermal, iyi huylu bir enerji kaynağıdır. Jeotermal kaynaklı elektrikten kaynaklanan göreceli sera gazı emisyonları miktarları, fosil yakıtlardan gelen miktarların yalnızca bir kısmıdır ayrıca hidro ve güneş enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğu ile aynı büyüklüktedir. Bir yılda dünyanın 12,5 milyon ton (Mt) fuel oil tasarrufuna eşdeğer olduğu tahmin edilirken, doğrudan jeotermal ısı kullanımından (ve jeotermal ısı pompalarından) kaynaklanan tasarruf yılda yaklaşık 13,1 Mt'a eşittir (Hunt, 2001; Lund ve Freeston, 2001).

Jeotermal enerji gelişiminin yol açtığı çevresel sorunlar ise şu şekildedir:

- Sıvı çekilmesinin fiziksel etkileri,
- Gürültü,
- Termal etkiler,
- Kimyasal kirlilik,
- Biyolojik etkiler,
- Doğal özelliklerin korunması.

Jeotermal akışkanlar önemli miktarda nitrojen ve karbondioksit barındırmasının yanı sıra bir miktar da hidrojen sulfur, amonyak, vica ve radon içermektedir. Bu kimyasalların büyük bir kısmı sondaj deliklerine enjekte edilen tahliye sularına yoğunlaşmakta ve bu durum çevreyi asgari düzeyde olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte, yeraltı suyu tablasının alçalması ayrıca bir buhar yastığının oluşmasına veya hızlanmasına ve ardından alanın kaynamasına ve gazının alınmasına neden olabilmektedir. Böyle bir gelişme, geçmişte çok sayıda insanın ölümüne sebebiyet veren büyük patlamalara neden olmaktadır (Hunt, 2001). Sıvı çekilmesinin etkileri, kullanılmış sıvının rezervuara geri enjekte edilmesiyle büyük ölçüde aşılabilir.

Jeotermal kullanımın getirdiği gürültü, öncelikle geçici olan ve nadiren 90 dB'yi aşan sondaj gürültüsünden oluşmaktadır; bunu 120 dB'yi aşabilen ve 2 ile 4000 Hz arasında değişen ağrı eşiği boşaltma deliklerinden gelen gürültü takip eder. Tesis faaliyete geçtiğinde bir gürültü susturucu, çevresel gürültüyü ABD Jeoloji Araştırması tarafından belirlenen 65 dB sınırının altında tutabilir (Lindal,1973). Buhardaki jeotermal gazların deşarjı ise hava kirliliğine neden olabilir. Başlıca suçlular

karbondioksit ve hidrojen sülfittir ancak metan, cıva, radon, amonyak ve bor da sorunlara neden olabilir. Genellikle jeotermal sıvılarda bulunan gazın ana bileşeni olan karbondioksit ve küçük bir bileşen olan metan, sera gazları olarak rolleri nedeniyle dikkat gerektirmektedir.

Jeotermal kullanımda kimyasal kirlilik ise, kimyasalların buhar yoluyla atmosfere boşaltılmasının bir sonucudur; harcanan sıvı ayrıca çevreye zarar verme potansiyeline sahip çözünmüş kimyasallar içerebilmektedir (Kristmannsdo ve Armannsson,2003: s.453). Jeotermal enerji sayesinde sürekli güç elde edilebilmektedir. Küçük santraller şeklinde kurulmaya ve geliştirilmeye uygun olması, hava değişikliklerinden etkilenmemesi, fiyatının kömürlü termik santraller ve doğal gaz ile rekabet edebilecek düzeyde olması, yaydığı emisyon değerlerinin çok düşük olması ve fosil yakıtların fiyat dalgalarından bağımsız olması nedeniyle üstün avantajları olan bir enerji kaynağıdır (DPT,1996: s.9).

Sonuç olarak; pek çok jeotermal alan eşsiz güzellikte, tarihi açıdan ilgi çekici veya turistik yerler olduğundan, bunların korunması dikkate alınmalıdır. Bir bölgenin doğal durumuna rahatsızlık, su kaynakları, sıcak su kaynakları veya havuzlar, silika sinter terasları ve çamur havuzları gibi olayların bozulmasına veya yok olmasına, ayrıca yosun paspasları, termofilik bitkiler ve bakteriler gibi özel termofilik bitki örtüsüne neden olabilmektedir (Kristmannsdo ve Armannsson,2003: s.453).

1.2.1.4. Biyokütle Enerjisi

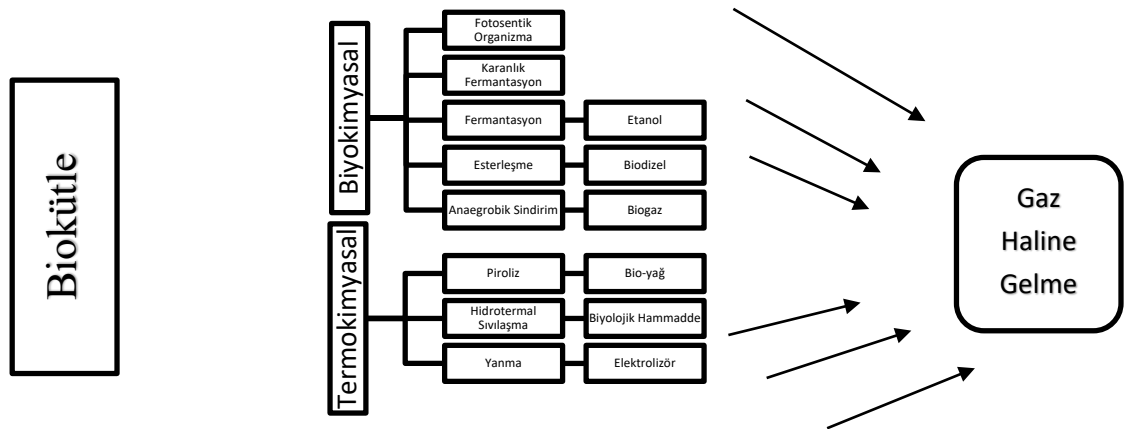
Biyokütle enerjisi terimi, fosil olmayan biyolojik malzemelerden üretilen herhangi bir ısı enerjisi kaynağına atıfta bulunmaktadır. Karadan olduğu kadar okyanus ve tatlı su habitatlarından da gelebilen biyokütle enerjisi, yakacak odundan mısır veya şeker kamışından üretilen etanole, çöplüklerden yakalanan metana kadar değişmektedir. Geliştirilmiş mikroorganizmalardan elde edilen hidrojen veya fotosentetik hücrelerden gelen elektrik gibi gelecekteki olası enerji kaynakları da biyokütle enerjisi olarak düşünülebilir ancak bunların karasal bitkilerden türetilen mevcut biyokütle enerjisi için olanlardan farklı bir dizi teknik zorlukları olacaktır (Fernandes,2007:s.5).

Güneş enerjisi, diğer tüm yenilenebilir enerji biçimlerinin "anası" ise, tüm çok hücreli organizmalar için birincil besin enerjisi kaynağı da biyokütledir. Biyokütle, bitki kütlelerini, bitki biyokütlesini, yakınlaştırma kütlelerini veya hayvan biyokütlesini içeren genel terimdir. İnsanoğlunun kullanmayı öğrendiği ilk enerji türü (gıda dışında) olan biyokütle enerjisi 18. yüzyılın sonuna kadar birincil yakıtı olarak kalmıştır. Ateşi keşfettikten sonra insanlığın yaptığı yeni keşif tarımdır (Abbasi ve Abbasi,2010: s. 919).

Biyokütle doğrudan yakıt olarak kullanılabilir, ancak bu kullanım şekli çok önemli bir kirlilik kaynağıdır. Bunun yanı sıra biyokütle, araçları, trenleri, gemileri ve uçakları çalıştırmak için kullanılamaz (Pei-dong vd 2007). Bu nedenle, biyokütlenin benzin ve dizelin yerini alabilecek sıvı yakıtlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Yakıt olarak diğer kullanımlar için biyokütle, biyokütleden çok daha temiz yanan metan gibi gazlara dönüştürülmelidir (Thornley vd 2009)

Biyokütleden çok çeşitli sıvı ve gazlı yakıtlar türetilebilir. Bunların tümü, yandığında esas olarak karbondioksit ve su buharı üreten karbon içeren yakıtlardır. Biyokütle, karbon olmayan yakıt hidrojeni üretmek için de kullanılabilir (Şekil 4) ancak bunu yapan mevcut tüm teknolojiler, uygulanabilir olamayacak kadar maliyetlidir. Şekil 4'te görülebileceği gibi, biyokütleden yakıt üretmenin iki ana yolu vardır: termokimyasal ve biyokimyasal.

Şekil 4:Biyokütle Enerjisi



Biyokütle enerji kaynakları en umut verici, en çok abartılan ve en çok sübvansede edilen yenilenebilir enerji kaynakları arasındadır. Fosil yakıt rezervlerinin bol

olmadığı bölgelerde enerji güvenliğini artırma, sıvı taşıma yakıtlarının arzını artırma ve teslim edilen enerji birimi başına atmosfere net karbon emisyonlarını azaltma konusunda gerçek potansiyele sahiptirler. Bununla birlikte, biyokütle enerjisinin artan kullanımı aynı zamanda doğal alanların yönetilen monokültürler için feda edilmesi, su yollarının tarımsal kirleticilerle kirletilmesi, toprak rekabeti yoluyla gıda kaynaklarının veya çiftlik yaşam tarzlarının tehdit edilmesi ve artan ormansızlaşma veya enerjinin bir sonucu olarak atmosfere net karbon emisyonlarının artması riskini de taşımaktadır (Raghu,2006:s.1742).

Biyokütle enerjisinin daha net anlaşılması, dünyamızda gerçekleşen küresel ısınma ve çevre kirliliğine değinmekten geçmektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) girişimiyle bu konu üzerine 103 bilim insanı tarafından bir rapor hazırlanmıştır. 8 Ağustos 2019 da kamuoyuna sunulan raporda atmosferin 1,5°C ısınması durumunda (sanayileşme öncesine göre) geri dönüşü olmayan bir olumsuzlukla karşılaşılacağı gösterilmektedir. Dünyadaki mevcut atmosfer ısınma derecesi sanayileşme öncesine göre zaten 1,0°C ısınmıştır. Bu durum 1.5 sınırını aşmamak için 2030 yılında küresel sera gazı emisyonlarının 2010 yılına göre %45 azalması gerektiğini ve 2050 yılında sıfırlanması gerektiğini göstermektedir. Aksi halde 2030 yılı sonrasında sınır aşımı söz konusu olacaktır.

Paris iklim Anlaşması ise söz konusu sınırın yeterli olmadığını vurgulamaktadır. Sera gazı emisyonlarında önemli bir paya sahip olan fosil yakıtların yanında tarım, ormancılık ve diğer toprak kullanımlarının önemini ortaya koymaktadır (IPCC,2020).

1.2.1.5. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik, hareketli suyun enerjisi kullanılarak üretilen elektrik olarak bilinmektedir. Genellikle tepelerden ve dağlardan kaynaklanan yağmur veya erimiş kar, sonunda okyanusa akan dereleri ve nehirleri oluşturmaktadır (Kumar vd 2011:s.5). Yüzyıllardır kullanılan bu enerji 19. yüzyılın sonlarında, elektrik üretimi için bir kaynak haline gelmiştir. İlk ticari hidroelektrik santrali 1879'da Niagara Şelalesi'nde inşa edilmiş ve 1881'de Niagara Şelalesi şehrindeki sokak lambaları hidroelektrikle çalıştırılmıştır. 1882'de ise dünyanın ilk hidroelektrik santrali Amerika Birleşik Devletleri'nde Appleton'da çalışmaya başlamıştır (Bagher,2015: s.17).

Hidroelektrik, hızla değişen yüklere veya sistem kesintilerine hızlı bir şekilde yanıt verebilmesi nedeniyle ulusal elektrik şebekesine önemli bir katkı sağlamaktadır. Reclamation'ın Batı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 58 elektrik santrali, yılda ortalama 42 milyar kWh (kilovat-saat) üretmekte ve 14 milyondan fazla insanın konut ihtiyaçlarını karşılamaya yetmektedir. Bu, yaklaşık 72 milyon varil petrole eşdeğer elektrik enerjisidir. Hidroelektrik santraller, elektrik enerjisi üretmenin en verimli yolu olmakla birlikte mevcut verimliliği yaklaşık yüzde 90'dır. Ayrıca, hidroelektrik santraller hava kirliliği yaratmaz, projeler diğer enerji üretim türlerine göre uzun ömürlüdür ve hidroelektrik jeneratörleri değişen sistem koşullarına hızlı bir şekilde yanıt vermektedir. Bu olumlu özellikler, hidroelektrik projelerini çekici elektrik enerjisi kaynakları yapmaya devam etmektedir. Tüm bunlara ek olarak hidroelektrik enerjinin başlıca avantaj ve dezavantajlarından söz etmek önem arz etmektedir (Moniruzzaman,2019: s.4).

Hidroelektrik Enerjinin Avantajlarından Bazıları

1. Bir baraj inşa edildikten sonra, sabit bir oranda elektrik üretilmektedir.
2. Elektriğe ihtiyaç yoksa savak kapıları kapatılmakta ve elektrik üretimi durdurulabilmektedir. Aynı zamanda su, elektrik talebinin yüksek olduğu başka bir zamanda kullanılmak üzere tasarruf edilebilmektedir.
3. Barajlar onlarca yıl dayanacak şekilde tasarlanmıştır ve bu nedenle yıllarca elektrik üretimine katkıda bulunabilecektir (Bagher,2015:s.18).
4. Barajın arkasında oluşan göl su sporları eğlence aktiviteleri için kullanılabilir.
5. Gölde su birikmesi, elektrik üretmek için su serbest bırakıldığında ihtiyaç duyulana kadar enerjinin depolanabileceği anlamına gelmektedir(National Hydropower Association, 1996).

Hidroelektrik Enerjinin Dezavantajları

1. Barajların yapımı son derece pahalıdır ve çok yüksek standartlarda inşa edilmesi gerekmektedir.
2. Baraj inşaatının yüksek maliyeti karlı olabilmeleri için onlarca yıl faaliyet göstermeleri anlamına gelmektedir.

3. Geniş arazi alanlarını su basması doğal çevrenin yok olabileceği anlamına gelmektedir.
4. Vadi içinde sular altında kalacak köy ve kasabalarda yaşayan insanlar taşınmak zorundadır. Bu, çiftliklerini ve işyerlerini kaybetmeleri anlamına gelir. Bazı ülkelerde, hidroelektrik planlarının devam edebilmesi için insanlar zorla uzaklaştırılmaktadır (Wind and Hydropower Technologies Program,2006:s.2).

Kısacası hidroelektrik; gücün, yüksekten alçağa hareket eden suyun enerjisinden elde edildiği yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Kanıtlanmış, olgun, öngörülebilir ve tipik olarak fiyat açısından rekabetçi bir teknolojidir. Hidroelektrik, bilinen tüm enerji kaynakları arasında en iyi dönüşüm verimliliğine sahiptir (yaklaşık% 90 verimlilik, sudan kabloya). Nispeten yüksek bir ilk yatırım gerektirmektedir ancak çok düşük işletme ve bakım maliyetleri ile uzun bir kullanım ömre sahip olacaktır (Kumar vd 2011:s. 4).

1.2.1.6.Gel-Git Enerjisi

Günden güne artan enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik yapılan çalışmalar da önemli olan kaynak çeşitliliğini arttırmaktır. Bu bağlamda dünyanın 4'te 3'üne sahip olan okyanuslar önemli ölçüde enerji kaynağı deposu olarak görülmektedir. Bunun nedeni okyanuslarda meydana gelen kinetik enerjinin çevreyi kirliletmemesi ve yenilenebilir olmasıdır. Bu sayede enerji üretimi, okyanuslarda meydana gelen ısı akışı, dalgalar ve gelgitlerden oluşmaktadır (ÇOB,2007: s.207). Gelgit değirmeni, bir kanaldan gelen gelgit ile doldurulan ve bir su çarkı yoluyla dışarı çıkan gelgit tarafından boşaltılan bir depolama havuzundan oluşmaktadır. Bu teknolojinin modern versiyonu, bir haliçin sularının geleneksel hidroelektrik enerjisine benzer bir şekilde bir barajın arkasında tutulduğu bir gelgit barajıdır (Charlier ve Finkl, 2009).

Gelgit barajları, 20. yüzyılın ortalarında büyük ilgi görmüştür ancak küresel olarak, çevresel etkiler ve bu teknolojiyle ilişkili yüksek sermaye maliyetleri nedeniyle yalnızca üç tesis faaliyet göstermektedir. Mevcut dönemlerdeki kalkınma ilgisi ise hızlı hareket eden gelgit akımlarında kinetik enerjiden yararlanmaya odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, daha az çevresel etki veya ekonomik zorluklarla gelgitlerden güç üretme potansiyeline sahiptir. Gelgit gücü, doğrudan ay ve güneş ile dünyanın okyanusları arasındaki yerçekimi etkileşiminden türetilen tek enerji biçimi olarak bilinmektedir.

Yerçekimi kuvvetleri gök cisimlerinin öngörülebilir hizalamalarına bağlı olduğundan, gelgit gücü de birinci dereceden tahmin edilebilmektedir (Polagye vd 2010).

Rance Gelgit Enerji Santrali dünyanın ilk gelgit enerji santrali ve aynı zamanda dünyanın en büyük ikinci gelgit enerji santralidir (yakın zamanda ikinci, ancak uzun bir süredir ilk). Tesis, Fransa'nın Brittany kentinde, Saint-Malo kasabası yakınlarında, Rance Nehri'nin ağzında yer almaktadır ve 1966 yılında işletmeye alınmıştır. 24 ampul türbini tarafından üretilen 240 MW'lık tepe değeri ile yıllık yaklaşık 540 GWh üretim sağlamaktadır. Böylece La Rance, gelgit gücünden devasa enerji üreten ilk enerji santrali olmuştur.

50'li ve 60'lı yıllarda, bu yeni nesil ampullerden en verimli tasarımı sağlamak için santral inşaatına başlamadan önce birçok çalışma yapılmış ve model türbinler test edilmiştir. Özellikle Saint-Malo'da sahada performans testlerinin yapıldığı bir model türbin inşa edilmiştir. Ancak şu ana kadar 1999 yılında yüksek basma yüksekliği için kam testleri gerçekleştirilmiş ve alçak basınçta potansiyel verimlilik kazanımları tespit edilmiştir. İndeks flo ölçümü için klasik yöntem, diferansiyel basınç ölçümleri için basınç musluğu bulunmadığından La Rance'de mümkün değildir. 1999 yılında bir adet akım ölçer ve bir adet Pitot tüpü ile indeks akış hızı keşfedilerek saha testleri yapılmıştır. Daha önceki tecrübelerle dayanarak 2013 yılında mutlak deşarj ölçümü yapılmasına karar verilmiştir. Tüm deşarj ölçüm yöntemleri arasında çok kısa girişler için IEC Standardı 60041 kod onaylı tek yöntem akım sayaçlarıdır. Bununla birlikte, her iki akış yönünde büyük bir girişte yüksek hızları ölçmek için özel bir yapı gereklidir (Rolandez,2014: s.17).

Gelgit enerjisi temiz, güvenilir güç sağlayabilir ve ortaya çıkan türbin tasarımları okyanus enerjisinden teknolojik ve ekonomik olarak elektrik üretimini mümkün kılmaktadır. Gelgit enerjisi projeleri uygulanabilir bir yenilenebilir enerji kaynağı olabilmesinin yanında fosil yakıta dayalı enerji kaynaklarının yerini alabilir ve karbondioksit üretiminin azaltılması yoluyla deniz çevresine fayda sağlayabilmektedir. Aynı zamanda daha az savunmasız olma avantajına sahiptir. İklim değişikliği; rüzgar, güneş, dalga, mikro ve geleneksel hidro, iklim rejimlerinde meydana gelen değişimlerin neden olduğu yenilenebilir enerji akışlarındaki öngörülemeyen değişikliklere duyarlıdır. Gelgit akıntısı kaynağının bir diğer avantajı

ise, hem mekansal hem de zamansal olarak tahmin edilebilir ve ölçülebilir olmasıdır (Nicholls-Lee ve Turnock,2008: s.83). Ancak gelgit şu anda yenilenebilir enerjinin en ucuz şekli değildir ve gelgit enerjisinin çevre üzerindeki gerçek etkileri henüz tam olarak belirlenememiştir. Gelgit enerjisi tesislerini uygun şekilde yerleştirmek ve işletmek ve yenilenebilir enerji portföyüne sağlayabileceği potansiyel katkıyı keşfetmek için, teknolojinin risklerinin daha iyi anlaşılması gerekecektir. Olumlu bir politika ortamına ve gelgit enerjisi araştırma ve geliştirmesine yapılan mütevazı hükümet yatırımına rağmen, gelgit cihazlarının konumlandırılmasına izin verilmesi ilerlemenin önünde önemli bir engel olmaya devam etmektedir (Bedard 2008).

Hem aydan hem de güneşten gelen ve suyu yukarı çeken yerçekiminin yanı sıra Dünya'nın dönme ve yerçekimi gücü sayesinde suyu aşağı çekerek oluşturduğu yüksek ve alçak gelgitlerden enerji üretilmektedir. Suyun değişen gelgitlerdeki bu hareketi, kinetik enerjinin doğal bir biçimidir. Kinetik enerjiyi elektriğe dönüştürmek için gereken tek şey bir buhar jeneratörü, gelgit türbini veya daha yenilikçi dinamik gelgit gücü (DTP) teknolojisidir. Mühendislik şirketi SIMEC Atlantis, kısa süre önce, daha düşük bir işletme ve bakım maliyetiyle daha fazla elektrik üretebilen dünyanın en büyük tek rotorlu gelgit türbinini tasarlamıştır (Husseini,2018:s.23).

Gelgit enerjisine geleneksel yaklaşım, yüksek gelgitte suyun hapsedilmesi ve daha sonra düşük gelgitte suyun türbinlerden serbest bırakılması için kurulan barajlar ile hapsedilmiş suyun potansiyel enerjisini kullanmaktır. Dolayısıyla bir baraj bitkisi, geniş bir yüzey alanına ve maksimum gelgit genliğine sahip bir yerde enerjisini en üst düzeye çıkaracaktır. Aşağıdaki tablo, dünyanın en hareketli bölgelerinden bazılarını göstermektedir:

Tablo 4: Bölgelere göre gel-git genişliği ve Havza alanı

Bölge	Ortalama Gel-git Genişliği (m)	Havza Alanı (km2)
La Rance, Fransa	4	17
Fundy Körfezi, Kanada	5.5	240
Annapolis Kraliyet, Yeni İskoçya	3.2	6

Severn Haliç, Büyük Britanya	4	420
Garolim Körfezi, Güney Kore	2.5	85

Kaynak: Garrett, 1974: 11

1.2.1.7. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, yerkabuğunda en bol bulunan üçüncü kimyasal elementtir ancak diğer elementlerle kimyasal bileşiklerde değişmez bir şekilde bağlıdır. Bu nedenle, elektrik veya ısı gibi enerji kullanan diğer hidrojen içeren kaynaklardan üretilmelidir. Hâlihazırda hidrojen, doğal gazın buharla reformasyonu ve kömür veya ağır hidrokarbonların kısmi oksidasyonu ile fosil yakıtlardan büyük miktarlarda üretilmektedir (Sigfusson,2007). Bu yöntemler ölçek ekonomilerinden yararlanabilir ve şu anda büyük ölçekli hidrojen üretimi için en ucuz ve en yerleşik tekniklerdir.

Hidrojen enerjisi, hidrojen yakıt talebini karşılamak ve hidrojen üretimi, depolaması, dağıtımı, güvenliği ve kullanımı ile ilgili teknolojilerin kanıtlanmasını ve test edilmesini sağlamak için kısa ve orta vadede kullanılabilirler. Bununla birlikte, uzun vadede, hidrojen ekonomisinin hidro karbonlardan türetilen hidrojen tarafından yönlendirilmesinin sürdürülemez olduğu açıktır. Fosil yakıtlardan reformasyon ve gazlaştırma süreçleri kullanılarak hidrojen üretimi her zaman bir yan ürün olarak karbondioksit verir. Ancak, ayırma ile ilgili tüm işlemler enerji yoğunudur, maliyetlidir ve potansiyel olarak çevremize zarar vermektedir. Kilit risk, karbondioksit sekestrasyonunun belirsiz uzun vadeli ekolojik sonuçlarından kaynaklanmaktadır.

Karbondioksit salınımı olmadan hidrojen üretiminin daha umut verici bir yolu, hidrokarbonların, biyokütlenin ve kentsel katı atıkların yüksek sıcaklıkta pirolizi (oksijen yokluğunda bozunma), endüstriyel kullanımı ve/veya kolay sekestrasyonu ile birlikte hidrojene ve (katı) karbon karasına dönüştürülmesidir. Şu anda, bu işlemin maliyeti, doğal gazın buharla reformasyonundan önemli ölçüde daha yüksektir.

Tablo 5: Genel Hidrojen Üretim Yöntemleri

Yöntem	Tanımlama	Malzeme	Enerji
Su elektrolizi	Elektrokimyasal reaksiyonları yönlendiren bir doğru akım geçirerek suyun oksijen ve hidrojene ayrışması.	Su	Elektriksel
Yüksek Sıcaklık buhar elektrolizi	Su molekülünü ayırmak ve elektrokimyasal reaksiyonları yönlendirmek için termal enerjiyle desteklenen doğru akım kullanılarak buharla ayrıştırma yapılır.	Buhar	Elektriksel Termal
Fotoelektrokimyasal su ayırma	Suyu elektrolize etmek ve H ₂ ve O ₂ üretmek için elektrik ve fotonik enerji kullanır.	Su	Fotonik, Elektrik
Fotokataliz	Su molekülünü ayrıştırmak için fotonik enerji ve katalizörler kullanır.	Su	Fotonik
Biyofotoliz	Sudan hidrojen üretmek için tersine çevrilebilir bir indirgenebilir kofaktör ve foto metabolik olarak aktif mikroplar kullanır.	Su	Fotonik ve Biyokimyasal
Anaerobik sindirim	Oksijen yokluğunda biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerden hidrojen çıkarmak için mikroplar tarafından manipüle edilen biyolojik enerjiyi kullanır.	Biyokütle	Biyokimyasal
Termoliz	Su molekülünü çok yüksek sıcaklıkta (2500°C) parçalamak için termal enerji kullanır.	Su	Termal

Termokimyasal su ayırma	Su ayırmanın genel sonucu ile bir döngüde gerçekleştirilen termal olarak tahrik edilen kimyasal reaksiyonlar.	Su	Termal
Termokatalitik çatlama	Hidrokarbonların karbon-hidrojen bağlarını kırmak ve sonunda hidrojen üretmek için termal enerji kullanır.	Fosil Yakıtlar	Termal
Gazlaştırma	Katı karbonlu malzemeleri O ₂ ve/veya buhar ile reaksiyona sokarak karbon monoksit ve hidrojene dönüştürür.	Su, Fosil yakıtlar, Biokütle	Termal
Reform	Karbon dioksit ve hidrojen üretmek için karbon bazlı sıvı veya gaz yakıtları yüksek sıcaklıkta buharla reaksiyona sokar.	Su, Fosil yakıtlar veya Biyoyakıtlar	Termal

Kaynak: Sharma vd 2015

Bununla birlikte, gerçekten sürdürülebilir bir hidrojen enerjisi ekonomisinin faydalarını elde etmek için, hidrojenin fosil olmayan kaynaklardan üretildiği bir duruma açıkça geçilmelidir ki bunların başında su gelmektedir (Turner, 2004). Hidrojenin, suyun elektrolizi ile ticari üretimi %75'lik bir verimliliğe ulaşır ancak hidrojenin maliyeti şu anda fosil yakıtlardan üretilenden birkaç kat daha yüksektir (Dutton 2002; Ewan ve Allen 2005; International Energy Agency, 2006). Yenilenebilir enerji kaynaklarından (örneğin rüzgâr, dalga, gelgit) elde edilen elektrik yerel hidrojen ihtiyaçlarını karşılayabilir ancak yeni enerji kaynağı olarak yaygın kullanımı için küresel anlamda gereken hidrojen hacimlerini kesinlikle karşılamayacaktır. Gerekli miktarda hidrojenin üretilmesi için mikroorganizmalar ve fermentasyon kullanılarak biyokütlenin biyolojik olarak yeniden şekillendirilmesi yolunun başarılı olması durumunda dikkatler yeniden hidrojen enerjisine yoğunlaşacaktır. Bu yöntem karbondioksit salmaktadır ancak bu daha fazla biyokütlenin büyümesiyle geri dönüştürülebilir (böylece karbondioksit nötr aktivitesi olarak sayılır). Bu noktada bir uyarıda bulunmak gerekirse; ekinleri/biyokütleyi büyütmek için gübre kullanıldığında,

bu gübreleri sentezlemek için amonyak kullanılacağı, bu amonyak hidrojen ve nitrojenle sentezlendiğinde ise zorunlu olarak bir "CO2 maliyeti"ne neden olacağı açıktır.

Hidrojen üretiminin kutsal kâsesi, suyu elektrik kullanmadan doğrudan bileşenlerine, hidrojen ve oksijene ayırmak için güneş enerjisini kullanan bir fotokatalitik süreç aracılığıyla güneş ışığının verimli ve doğrudan dönüştürülmesi olacaktır. Bu ideal üretim rotası, okyanuslarımızdan suyu ayırmak için Güneş'in gücü olan 'güneş hidrojenini' hasat eder. Hidrojenin düşük maliyetli ve verimli güneş enerjisi üretimine ulaşmak, yenilikçi malzemelerin geliştirilmesini, ortaya çıkan fiziksel fenomenleri, yeni sentetik teknikleri ve tamamen yeni tasarım konseptlerini gerektirmektedir. Mevcut nükleer (filyon) teknolojisini, suyun elektrolizi yoluyla hidrojen üretmek için kullanılabilecek elektrik üretir. Yüksek sıcaklıkta su elektrolizini (daha az elektrik enerjisi ile) veya ısıyı ve suyu ayırıştırmak için kimyasal bir süreci kullanacak termokimyasal döngüleri mümkün kılacak nükleer reaktörler de geliştirilmektedir. Füzyon gücü başarılı bir şekilde geliştirilirse, hidrojen üretimi için temiz, bol ve karbonsuz bir kaynak için iyi bir kaynak olabilir.

Konvansiyonel yakıtların tüketiciye ulaşmasını sağlayan mevcut sistemler hidrojen ile kullanım için kolayca dönüştürülemezler. Hidrojenin taşınması için mevcut seçenekler arasında çelik boru silindirlerinde sıkıştırılmış gaz (200 bar), sıvı hidrojen tankları ve birkaç yerel hidrojen boru hattı ağı örneği bulunmaktadır. Tüm bu seçenekler pahalıdır ve son kullanıcılar için hidrojenin maliyetine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Üretim noktasından son kullanıcılara yakıt ikmali yapana kadar yüksek güvenlik standartlarını korurken teslimat maliyetlerini azaltacak yeni konseptlere ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle, bir hidrojen dağıtım altyapısının temel bileşenlerini, başlangıçta ulaşım kullanımı ve yerel hidrojen dolum istasyonlarını tedarik etmek için geliştirilmesi gerekmekte, bu durum yaygın olarak hidrojen ekonomisine ilk büyük giriş olarak kabul edilmektedir. Ardından, düşük maliyetli ve güvenilir hidrojen tedariki sağlayan ulusal bir hidrojen dağıtım ağının bileşenleri oluşturulmalıdır. Yeni bir hidrojen ağının inşası, yeni malzemelerin araştırılması ve geliştirilmesi, düşük maliyetli kompresör teknolojisi, contalar, sensörler ve kontrollerin yanı sıra herhangi bir hidrojen dağıtım sisteminin güvenliğini sağlamak için gerekli yeniden doldurma istasyonlarının altyapısının eşlik ettiği önemli bir

yatırım gerektirecektir. Yerel enerji üretimi ve hidrojen yakıt istasyonları için merkezi olmayan (yani yerelleştirilmiş) bir hidrojen üretimi modeli, boyut, üretim maliyeti vb. açısından tamamen yeni gereksinimleri olan küçük ölçekli tesislere odaklanacaktır.

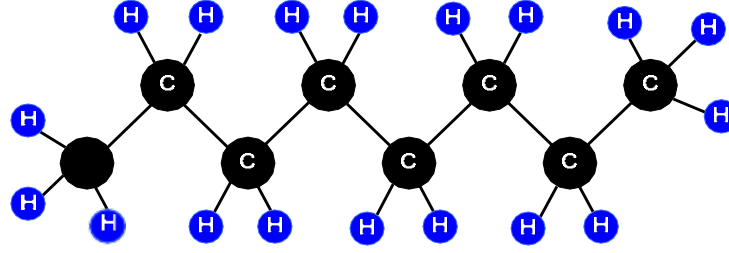
Yerelleştirilmiş hidrojen üretimi, erişilebilir yakıt dağıtımına daha uygun olabilir, ancak CO₂ tutumu, büyük ölçekli merkezi üretim kadar etkili olmayabilir. Enerji sektöründe hidrojenin yüksek penetrasyon oranlarına ulaşıldığında, hidrojen dağıtımı için ideal uzun vadeli seçenek, merkezi hidrojen üretim tesislerini sabit kullanıcılar ve mobil dolum istasyonları ile birleştiren bir hidrojen boru hatları şebekesi olacaktır. Bununla birlikte, bazı bölgelerde, örneğin uzak yeniden doldurma istasyonlarında veya etkili (küçük ölçekli) reformasyon üniteleri ile diğer gelişmiş hidrojen üretim yöntemleri kullanılarak evlerde yerel olarak hidrojen üretmek hala daha ucuz olabilmektedir (Edwards vd 2007:s.1046).

1.2.2. Fosil Yakıtlar

1.2.2.1. Petrol

Petrol, dünya yüzeyinin altında gazlar, sıvılar veya katılar olarak bulunan çok çeşitli hidrokarbonları tanımlamak için kullanılmaktadır. En yaygın iki form doğal gaz ve ham petroldür. Petrol, büyük ölçüde alkan ve aromatik bileşiklerden oluşan çeşitli hidrokarbonların karmaşık bir karışımından oluşur. Renk, uçuk sarıdan kırmızıya ve kahverengiden siyah veya yeşile kadar değişirken, yansıyan ışıkla çoğu durumda yeşil bir tondadır. Petrol bir fosil yakıttır çünkü milyonlarca yıl önce ölen ve okyanusların dibine batmış minik deniz bitkilerinin ve hayvanlarının kalıntılarından oluşmuştur. Küresel çevresel kaygılar ve azalan ham petrol kaynakları alternatif yakıtlara olan talebi artırmıştır. Küresel iklim değişikliği aynı zamanda zamanımızın en önemli çevre sorunudur. Küresel ısınma, Kyoto Protokolü, sera gazlarının salınımı ve fosil yakıtların tükenmesi, dünya çapında çevresel kaygı konularıdır.

Ham petrol, çoğunlukla alkanlar (C_nH_{2n+2} formundaki tek bağ hidrokarbonlar) ve daha küçük fraksiyonlu aromatikler (benzen C_6H_6 gibi altı halkalı moleküller) olmak üzere 200 veya daha fazla farklı organik bileşikten oluşan karmaşık bir yapıdır.



Farklı ham petroller, bu çeşitli bileşiklerin farklı kombinasyonlarını ve konsantrasyonlarını içermektedir. API (Amerikan Petrol Enstitüsü) belirli bir ham petrolün ağırlığı, yalnızca özgül ağırlığının veya yoğunluğunun bir ölçüsüdür. API derecesi olarak ifade edilen API numarası ne kadar yüksek olursa, ham ürün o kadar az yoğun (daha hafif, daha ince) olur. Basitçe söylemek gerekirse, API derecesi ne kadar düşükse, ham maddenin o kadar yoğun (daha ağır, daha kalın) olduğu anlamına gelmektedir. Farklı alanlardan ve bir tarla içindeki farklı oluşumlardan elde edilen ham maddeler, bileşim olarak benzer veya önemli ölçüde farklı olabilir.

API sınıfı ve hidrokarbonlara ek olarak, ham petrol, düzenlenen ve çıkarılması gereken kükürt gibi diğer istenmeyen elementler için karakterize edilir. Ham petrol API ağırlıkları tipik olarak 7 ila 52 arasında değişir, bu da yaklaşık 970 kg/m³ ila 750 kg/m³'e karşılık gelir, ancak çoğu 20 ila 45 API yerçekimi aralığına düşer. Hafif ham petrol (yani, 40-45 derece API) en iyi olarak kabul edilse de daha hafif ham petrol (yani, 46 derece API ve üstü) tipik bir rafineri için genellikle daha iyi değildir. Ham petrol 40-45 derece API'den hafifledikçe daha kısa moleküller içerir, bu da daha düşük karbon sayısı anlamına gelir. Bu aynı zamanda, çoğu rafinerinin üretimini en üst düzeye çıkarmaya çalıştığı yüksek oktanlı benzin ve dizel yakıt olarak faydalı moleküllerden daha azını içerdiği anlamına gelir. Öte yandan, bir ham petrol 35 derece API'den daha ağırsa, daha fazla işlenmeden yüksek oktanlı benzin ve dizel yakıtı kadar kullanışlı olmayan daha uzun ve daha büyük moleküller içermektedir. Ayrıntılı fiziksel ve kimyasal özellik analizine tabi tutulan ham petrol için, API gravite, doğal olarak oluştukları (yani, tağşiş, karıştırma, harmanlama, vb. olmadan) benzer bileşimdeki ham petrollerin kalitesinin kaba bir indeksi olarak kullanılabilir. Farklı tür ve kalitede ham petroller karıştırıldığında veya farklı petrol bileşenleri karıştırıldığında, API gravite, sıvı yoğunluğunun bir ölçüsünden başka bir şey için anlamlı bir şekilde kullanılamaz (Devold,2013).

Başarılı bir sondajdan sonra ham petrol çıkarımı (ekstraksiyonu) başlamaktadır. En popüler üç ekstraksiyon yöntemi:

1. Patlamalı ekstraksiyon: Her ham petrol yatağının, her 10 metre derinlikte bir bara kadar artan doğal bir katman basıncı vardır. Çözünmüş gaz da petrol kuyusundan ham petrol ile birlikte akar ve birleşik akış kuyuda basınç azalmasına neden olur. Sonuç olarak, hacim genişlemesi ile birlikte gaz petrolden çıkmaya başlar. Bu durumda petrol kuyusundan ham petrolün çıkışı, şişe açıldığında soda suyunun çıkışına benzetilebilir.

2. Gazlı elevatör ekstraksiyonu: Patlamalı ekstraksiyon doğal olarak sona erdikten sonra, petrol kuyusu, yağı dışarı çıkmaya zorlayacak ve böylece petrolün serbest akış süresini uzatacak yeterli basınç altında tutulur. Gazlı elevatör ekstraksiyonunun ayrı bir uygulama alanı vardır. Sıklıkla, daha büyük derinliklerden (yaklaşık 2500 ila 3500 metre arasında) petrolün çıkarılması sırasında gaz asansörlerine pompalama tercih edilir.

3. Pompalı ekstraksiyon: Pompaj en sık kullanılan yapay ekstraksiyon yöntemidir. Bu ekstraksiyon yönteminin en önemli özelliği pompa kullanılmasıdır. Pompa üç bölümden oluşur: derin pompa, pompa bağlantısı ve son olarak tahrik motoru ile pompa desteği (at kafası olarak adlandırılan) ile temsil edilen tahrik ünitesi. Bu pompanın normal strok hızı, birkaç stroktan dakikada 20 stroğa kadar değişir. Yüksek viskoziteli petrol veya bitümlü petrol çıkarılıyorsa, ham petrol çıkarmada özel bir sorun ortaya çıkar.

Dünyanın bazı yerlerinde, özellikle Kanada'da, pratik güç kaynaklarından uzak, viskoz ve parafinik ham petrollere sahip önemli sayıda petrol kuyusu bulunmaktadır. Bu tür petrol kuyularının çoğu, gözenekli tuzaklara sahip tortularda yoğunlaşmıştır. Bu tür yağların çıkarılması için en popüler yöntem termal yöntemdir. Bu yöntemde, iki eşmerkezli dairenin her birinde altı sondaj deliği bulunan on üç sondaj sistemi tarafından oluşturulan ve tek tip üçgen bir ızgarada bulunan sondaj deliklerinin açılmasıyla petrol yatağı ekstraksiyon için açılır. Bu on üç sondaj deliği şu şekilde yerleştirilmiştir: bir merkezi sondaj deliği çevreleyen altı sondaj deliğinden oluşan bir daire (yani ilk eşmerkezli daire) ve ikinci eşmerkezli daireyi oluşturan altı delikli bir

dairedir. Böylece on üç sondaj kuyusu, sondaj kuyularının her biri en yakın olanlardan eşit uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Isı ortamı (petrolün viskozitesinin düşürülmesi için), her döngüsü üç aşamadan oluşan bir akışta gerçekleştirilir. İlk aşamada, ısı ortamının girişi, merkezi giriş sondaj deliği ve bir dış halkanın her ikinci çıkarma deliği aracılığıyla eş zamanlı olarak başlatılır. Ham petrol, diğer tüm sondaj kuyularından çıkarılır. İkinci aşamada, ısı ortamının girişi de merkezi sondaj deliğinden gerçekleştirilir, ancak sondaj deliklerinin dış halkadaki rolü değişir: ısı ortamı girişli sondaj delikleri artık çıkarma sondaj delikleri ve çıkarma sondaj delikleri artık sıcak ortam girişli sondaj delikleri haline gelir. İkinci aşamada verilen ısı-ortam miktarı, birinci aşamadaki ile aynıdır. Son aşamada, ısı-ortam kuyusu olarak sadece merkezi kuyu kullanılır ve diğer kuyuların tamamı çıkarma kuyusu rolünü oynar.

Petrol 1859'da Pennsylvania'da ticari amaçlı ilk petrol kuyusunun açılmasıyla endüstrileşmiştir. Bu tarih itibariyle uluslararası rekabette öncelikler arasında yer alan petrol sanayisi 1. Dünya Savaşı'na kadar özellikle Rockefeller tekeli (ABD) tarafından kontrol edilmiştir. İlerleyen süreçte orta doğu devletleri arasında ortaya çıkan güç dengesizlikleri gibi nedenler ile 2. Dünya Savaşı sonrasında büyük petrol şirketlerinin güçlerinde azalma olmuştur. Akabinde, 1960'da ihracatçı ülkelerin çıkarlarını korumaya yönelik olarak OPEC kurulmuş, ancak 1973 yılında ortaya çıkan petrol krizi, petrol güvenliğini zedelemiş ve devlet-şirket ilişkilerinde değişikliğe yol açmıştır (Bayra,2012).

Kriz sonrasında yaşanan şok karşısında OECD ülkeleri, herhangi bir kriz anında gerekli olan uyum politikalarının başlatılması ve özellikle ülke ekonomilerinin petrole olan bağımlılığını azaltmaya yönelik çeşitli önlemler çerçevesinde Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) kurmuştur. Bununla birlikte, 1900-2000 yılları arasında dünya genelinde üretilen petrolün 150 milyon varilden 28 milyara ulaşması, petrolün 20. yüzyılın en güçlü enerji kaynağı olduğunu göstermektedir (Cenk,2012:s.191). Petrolün uluslararası rekabette öncelikler arasında yer alması ise ülkeleri dünya üzerinde enerji üstünlüğü elde ederek küresel güç olma hedefine yoğunlaştırmıştır. Bu nedenle öncelikli hedef, petrol kaynakları bakımından zengin olan ülkelerin kontrol altına alınması olmuştur. Chester Projesi ise 20. yüzyılda batılı güçlerin petrol kaynaklarına

ulaşmaya yönelik yaptıkları ilk proje olarak kabul edilmektedir (Alkin ve Atman, 2006: s.2).

Hayatımızda önemli bir yere sahip olan petrol; ısıtma, elektrik üretimi, kimya ve diğler sanayi dallarında hammadde olarak kullanılmaktadır. Petrolün taşınması diğler kaynaklara göre kolaydır ve daha az emek ile üretilmektedir. Bu da petrolün avantaj sağlamasında ve öne çıkarılmasında etkili olmaktadır (Smith, 1994:s.127). Ancak keşfedilmesi ve çıkarılması için ileri teknoloji ihtiyacı ve yüksek maliyetlerin yanı sıra kullanımının çevrede çok fazla kirliliğle sebep olması da petrolün dezavantajları arasındadır (Pehlivanoglu vd 2021,s.512).

Hayatın vazgeçilmez bir unsuru haline gelen enerji, günümüzde kalkınmanın sağlanmasında da önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir (Demir,1993: s.35). Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarına kanıtlanmış rezervlerden ve yıllık üretim miktarlarından bakıldığında, petrolün rezerv ömrünün 42 yıl olduğı tahmin edilmektedir. Petrol, 2007 yılı itibarıyla küresel enerji talebinin %35,6'sını karşılamaktadır. Dünyadaki toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmına sahip olan petrol, birçok ÷lke tarafından gelişme ve endüstrileşmenin sağlanması için yüksek miktarda talep edilmektedir. Bu durum enerji ve petrol arasındaki güçlü bağın göstergesi olarak cereyan etmektedir (Gökçe,2014: s.144).

1.2.2.2. Kömür

Kömür, ağırlıklı olarak karbon, hidrojen ve oksijenle birlikte bünyesinde az miktarda da olsa kükürt ve nitrojen de barındıran maden ve kayaç olarak adlandırılmaktadır. Kömür, zamanla bitki kalıntılarına etki eden hem biyolojik hem de jeolojik süreçlerin bir ürünüdür. Vasküler bitkilerdeki biyopolimerler, kömür oluşumunda en önemli başlangıç malzemeleridir. Özellikle önemli olan, yapısal bileşeni lignoselüloz biyopolimeridir. Kömür için temel aromatik çerçeveyi sağladığı düşünülen ise damarlı bitkilerdir (Hatcher, 1990).

İlk olarak 18. Yüzyıl da yaşanan sanayi devrimi ile birlikte başlıca tüketim maddesi olan kömürün önemi, dünya genelinde yaşanan bir nüfus artışıyla ortaya çıkan elektririk talebini karşılaması ve ısınmayı sağlaması nedeniyle giderek artmıştır. Ancak 20. yy sonrasında petrol tüketiminde meydana gelen artış, dünya enerji tüketimindeki

kömür payını azaltmıştır. Yaşanan petrol krizleri (1973-1979) sonrasında ise petrol rezervi düşük olan ülkeler kömür üretimini arttırmaya başlamışlardır.

Bununla birlikte dünya genelinde 75'den fazla ülkede kömür yataklarının olması, kömürün en yaygın fosil yakıtlardan biri olduğunun göstergesidir. Avrupa'daki ve bir dereceye kadar Kuzey Amerika'daki ülkeler, tüketimlerini alternatif enerji kaynaklarına kaydırmaya çalışsalar da yaşanan azalma önemli kömür rezervlerine sahip olan Asya'daki gelişmekte olan ekonomiler tarafından fazlasıyla telafi edilmektedir. Bu anlamda tek başına Çin, dünyanın geri kalanı kadar kömür kullanmaktadır (WordPress,2016). Gelişmekte olan ülkelere oranla daha fazla kömür tüketilmektedir. Bunun başlıca nedeni ise Avrupa Birliği üyesi ülkeler ile diğer gelişmiş ülkelerin CO2 salınımını azaltmak amacıyla doğalgaza yönelmesidir (IEA,2008).

Kömür üretiminde önde olan ülkeler, özellikle kendi kömürlerini sınıflandırmakla birlikte genel bir sınıflandırmada yapmaktadırlar. Kömürün çeşitlerine ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılması ilk olarak 1957 yılında Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından desteklenen Uluslararası Kömür kurulunca yapılmıştır. (DPT, 2001b:s.6). Yapılan sınıflandırma IEA/OECD tarafından kömür üretim ve ticaretinde kullanılan sert (taşkömürü) ve kahverengi (alt-bitümlü ve linyit) kömürler şeklindedir.

Tablo 6:Taş Kömürü ve Kahverengi Kömür Karşılaştırması

TAŞ KÖMÜRÜ	KAHVERENGİ KÖMÜR
- Nemli ve külsüz bazda 24 MJ/kg (5700 Kcal/kg) üzerinde kalorifik değere haiz olan kömürdür. Uçucu madde içeriği, kalorifik değer ve koklaşma özelliklerine göre alt sınıflara ayrılır. - Koklaşabilir Kömür: Yüksek fırınlarda kullanılabilir kalitede koklaşma özelliğine sahiptir. Metalurjik kömür olarak da adlandırılır.	- Nemli ve külsüz bazda 24 MJ/kg (5700 Kcal/kg) altında kalorifik değere haiz olan kömürdür. Toplam nem içeriği ve kalorifik değere göre alt sınıflara ayrılırlar. - Yarı bitümlü kömür: 17-24 MJ/kg (4.165-5.700 Kcal/kg) arasında kalorifik değere haiz olan kömürdür.

• Diğer bitümlü kömürler ve Antrasit: Koklaşabilir kömür olarak sınıflandırılmayan taşkömürüdür. Buhar kömürü (steam coal) olarak da adlandırılır. Şlam, mikst ve düşük kalitede diğer ürünler de bu sınıfa dahildir.	• Linyit: 17 MJ/kg (4.165 Kcal/kg) altında kalorifik değere haiz olan kömürdür.
---	---

Kaynak: Türkiye Kömür Sektör Raporu-2009

Dünyada elektrik üretiminde kömürün payının yüksek olmasının nedenleri arasında; petrol ve doğalgaz rezervlerinin belli alanlarda toplanması, yüksek maliyetler ve nükleer kaynaklı atık sorunları sayılmaktadır. Bugün kömürün payında azalma olmasının nedeni olarak ise iklim değişikliği endişesi gösterilmektedir. Ancak buna rağmen kömürün enerji üretimindeki yüksek payının 2030 yılına kadar devam edeceği öngörülmektedir (BP,2019).

1.2.2.3. Doğalgaz

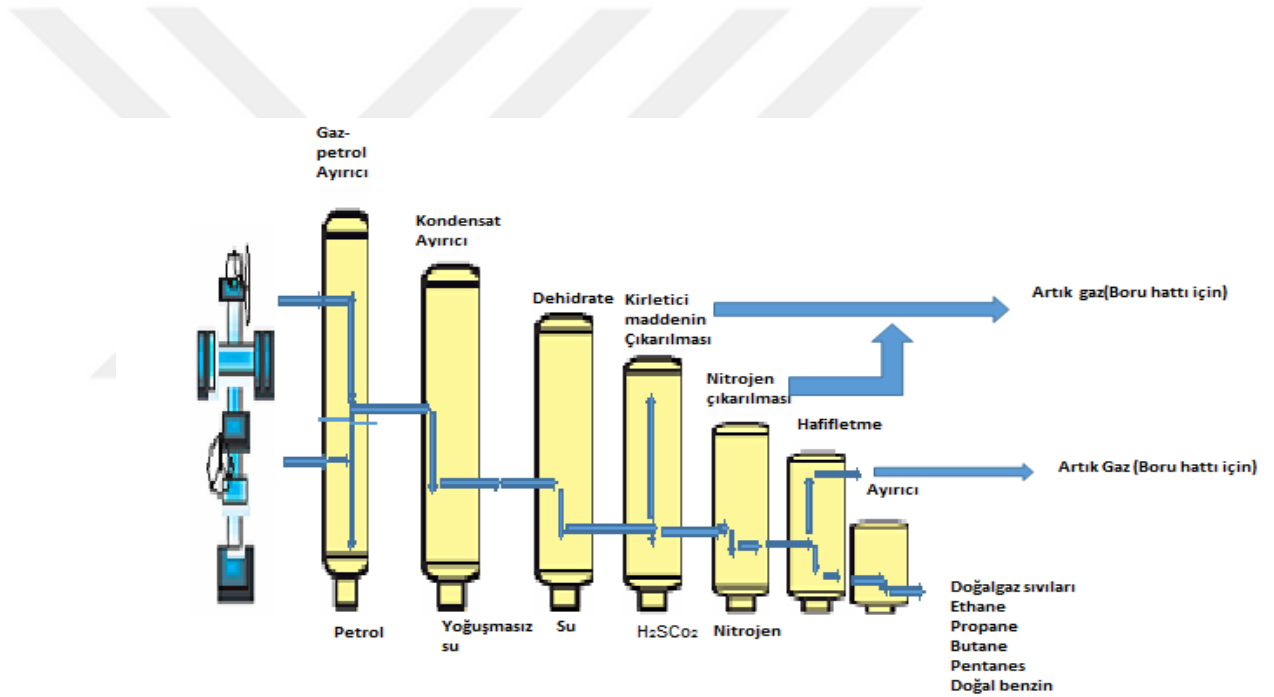
Doğalgaz içerisinde yüksek oranda METAN (CH_4) bulundurmasının yanı sıra az miktarda da olsa Etan (C_2H_6), Propan (C_3H_8) ve Butan (C_4H_{10}) gibi elementler içeren kokusuz ve renksiz bir yapıya sahip bileşen olarak ifade edilebilmektedir. Hafif ve uçucu olma özelliğine sahip olan doğalgaz zehirlenme özelliği gütmemesine rağmen havadaki gaz miktarının artması sonucu zehirlenmeye yol açabilmektedir. En önemli özelliklerinden biri fosil yakıtlar arasındaki en temiz enerji kaynağı olmasıdır. Çevreye verdiği olumsuz etkinin diğer enerji kaynaklarına oranla düşük olması doğalgazın yenilenebilir enerji kaynaklarına erişim sağlanana kadar tercih edilmesinin temel nedenidir. Bu alanlarda doğal gaz karbonun gerisinde kalmaktadır ancak petrole göre daha az külfetlidir. Teknolojinin gelişmesi gaz döngüsünün her alanında etkisini azaltmaktadır. Kuşkusuz, genellikle yakıtın kendisinden değil, çevrenin korunmasına ilişkin kurallara uyulmamasından kaynaklanan ve organize bir devlet için geçerli olması gereken etkiler de vardır.

Bununla birlikte doğalgaz, yeryüzünün alt tabakasında yıllar itibariyle geçirdiği doğal dönüşüm sonucu basınç ve ısı ile etkisiyle değişime uğrayan bir enerji

kaynağıdır. Her ne kadar gaz olarak bulunması nedeniyle kontrolünün daha hassas yapılması Türkiye’de kullanımını yaygınlaştırsa da, büyük bir çoğunluğunun ithal edilmesi ve kaynak çeşitlilik yetersizliği nedeniyle enerji arz güvenliğinin sağlamada sorun teşkil etmektedir (Arslan,2009: s. 216).

Doğalgazın ortaya çıkışı dünya petrol krizinin ardından petrole bağımlı kalmak istemeyen ülkelerin enerji kaynak arayışıyla olmuştur. Kısacası petrol krizi sonrası fiyatlarda meydana gelen artış alternatif bir enerji kaynağının doğuşuna yol açmıştır (TMMOB,2008).

Şekil 5:Genelleştirilmiş Doğal Gaz İşleme Şematığı



Kaynak: Energy Information Administration

Doğalgaz işleme kuyu başında gerçekleşmektedir (Şekil 5). Üretim kuyularından çıkarılan ham doğal gazın bileşimi yer altı yatağının türüne, derinliğine ve konumuna ve bölgenin jeolojisine bağlı olarak değişmektedir. Petrol ve doğal gaz genellikle aynı rezervuarda bir arada bulunur. Petrol kuyularından üretilen doğal gaz genellikle "ilişkili-çözülmüş" olarak sınıflandırılır, yani doğal gaz ham petrol ile ilişkilendirilir veya ham petrol içinde çözülür. Ham petrolle herhangi bir ilişkisi bulunmayan doğal gaz üretimi "ilişkisiz" olarak sınıflandırılır. 2004 yılında, ABD kuyu başı doğal gaz

üretiminin yüzde 75'i ilişkili değildi. Çoğu doğal gaz üretimi, metana ek olarak değişen derecelerde küçük (iki ila sekiz karbonlu) hidrokarbon molekülleri içerir. Yeraltı basınçlarında gaz halinde bulunmalarına rağmen, bu moleküller normal atmosferik basınçta sıvı hale gelecektir (yoğunlaşacaktır). Toplu olarak bunlara yoğunlaşma veya doğal gaz sıvıları (NGL'ler) denir. Kömür rezervuarlarından ve madenlerden çıkarılan doğal gaz (kömür yatağı metan), esas olarak yoğunlukla metan ve karbondioksitin (yaklaşık yüzde 10) bir karışımı olan birincil istisnadır.

İkinci Dünya Savaşı'ndan önce madenciler, doğalgazı atmosfere salmakta ve yakıp ya da taşıyamadıkları için ayrı bir tortuysa yeraltına bırakmaktadırlar. Günümüzde gazın kaynaktan tüketime taşınması, gaz endüstrisinin çok önemli bir bileşenidir. Boru hattı basıncı ile veya uygun gemi ve kara araçları ile sıvılaştırılarak taşınır. İlk boru hatlarından biri 1891'de ABD'de inşa edilmiştir. Yaklaşık 200 km uzunluğundaki hat, ilkeldi durumda bulunmaktaydı ve etkili bir aktarıma sahip değildi. Teknolojideki gelişmeler artık büyük miktarlardaki doğal gazın üretim yerinden binlerce kilometre ötedeki tüketime güvenli, verimli ve etkin bir şekilde aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Boru hatları, boyutlarına ve kapsamlarına göre 3 kategoride ayrılmaktadır. Birincisi, üretim sahasından kullanıcı ülkesine ve eyaletler arası transferle ilgilidir. İkinci kategori, yerel şebekelere gaz taşıyan herhangi bir ülkenin ulusal şebekesidir. Son olarak tüketicilere yerel dağıtım ağı var. Boru hattı inşaat projeleri yüksek maliyetlidir ve detaylı planlama gerektirir. Pipeline'ın sistemleri şunları içermektedir:

- 1) Borular,
- 2) Kompresör istasyonları,
- 3) İzleme istasyonları,
- 4) Akış valfleri,
- 5) Denetim ve veri toplama ve işleme sistemler.

Boru hattı inşaatı kârsız görüldüğünde, gaz, özel gemiler veya trenler ile sıvı halde (LNG) taşınmaktadır. Kuru gazın -2600 Fahrenheit'te soğutulması, normal

basınçta sıvılaşmasını sağlar ve böylece gaz halindeki formun 1/600'üne eşit bir hacim kaplar. LNG ticareti, 30 yıllık sürekli büyümenin ardından 2012'de durgunluk yaşamıştır. Buna rağmen son beş yıldaki artış %36'dır. Bunun nedeni, mevcut pazarlarda artan talep ve gelişmekte olan ekonomilerden gelen yeni taleptir. Japonya'da kademeli olarak nükleer santrallerin yerini alması, yeni pazarların ortaya çıkması ve ulaşım sektörüne dinamik olarak dahil edilmesini sağlayacak teknoloji gelişmesi nedeniyle LNG'ye olan talebin artması umut vericidir. LNG sistemi, taşıma araçlarının yanı sıra sıvılaştırma ve gazlaştırma istasyonlarını da içermektedir. Bu tesisler yüksek maliyetlidir ve inşaatları tıpkı boru hatları gibi ülkeler arasında çok yıllık sözleşmeler gerektirir. Sıvılaştırma istasyonları aynı zamanda depolama ve boru hattı inşa etmenin ekonomik olmadığı düşünülen noktalara transfer için boru hattının sıvılaştırılması için de kullanılır.

1.2.3. Nükleer Enerji

Enerji de 2030 yılı ve sonrasında yaşanacak olan %60 lık bir enerji talebi öngörüsü ve petrol ve doğalgazda ülkelerin dışa bağımlı olması enerji politikalarının gözden geçirilmesini gerekli kılmıştır. Bu sayede ülkeler, yaşanan enerji krizleriyle birlikte rekabetçi enerji politikaları gerçekleştirmek, enerji çeşitliliğini arttırmak ve alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi amaç edinmişlerdir (Yıldırım ve Örnek 2007:s.3). Enerji alanında karbon salınımını azaltmaya yönelik yapılan radikal değişiklikler sonucu sera gazı açısından temiz bir teknoloji olarak görülen nükleer enerji ön plana çıkmaktadır. Nükleer enerji, dünya elektriğinin yaklaşık %11'ini ve 380.000 megawatt'ın üzerinde (MWe) toplam kapasite ile OECD ülkelerinde elektriğin %21'ini sağlayan dünyadaki en önemli enerji kaynaklarından biridir (Kaplan vd 2017).

31 ülkede faaliyet gösteren yaklaşık 440 ticari nükleer enerji reaktörü bulunmaktadır ve yaklaşık 65 reaktör daha yapım aşamasındadır (Özcan vd 2016; Akyüz, 2016). Türkiye, hızla büyüyen ekonomisi ve nüfusu nedeniyle artan enerji talebini karşılamak için nükleer santraller inşa eden ülkelerden biridir (Coşkun ve Tanrıover, 2016). Bununla birlikte, Türkiye'nin nükleer enerji politikası, insanların nükleer santrallere ilişkin anlayışlarını şekillendiren farklı değerler nedeniyle çeşitli şekillerde algılanan hem avantajları hem de dezavantajları olduğu için hala tartışmalı

bir konudur. Destekçiler nükleer santrallerinin ucuz, güvenilir ve çevre dostu enerji kaynakları olduğunu iddia ederken, muhalifler nükleer santrallerin maliyetli, yenilenemez ve çevre dostu olmadığını savunmaktadır (Akyuz,2017: s.1).

Enerji ithal eden ülkelerin karşı karşıya olduğu enerji güvenliği sorunu da aynı derecede yıldırııcıdır (Hedenus vd 2010). Orta Doğu'nun değişken bölgelerinde enerji kaynaklarının yoğunlaşması, enerji arzının güvenilirliği açısından birçok ülke için riskler içermektedir (Gnansounou,2008). Enerji güvenliği ve çevresel zorluklar, birçok ülkeyi fosil yakıtlara alternatifler bulmaya zorlamaktadır. Hem yenilenebilir hem de nükleer enerji kaynaklarının enerji güvenliği ve çevresel bozulma sorunlarına bazı çözümler sağladığına inanılmaktadır. Sonuç olarak, birçok ülke ithal petrole bağımlılığı azaltmak, güvenli enerji arzını arttırmak, ithal fosil yakıtlarla ilişkili fiyat dalgalanmalarını en aza indirmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için nükleer ve yenilenebilir enerji yatırımları yapmaktadır (Toth and Rogner, 2006; Vaillancourt vd 2008; Adamantiades and Kessides, 2009).

Pek çoğu hem nükleer hem de yenilenebilir enerjinin, neredeyse karbonsuz enerji kaynakları olarak küresel ısınma ve enerji güvenliği sorunlarına temel bir çözüm sağlayabileceğine inanılmaktadır (Elliott,2007; Ferguson,2007). Nükleer enerji kullanımından bıkmış ülkeler bile artık enerji arzını çeşitlendirmek, enerji güvenliğini iyileştirmek ve fosil yakıtlara düşük karbonlu bir enerji alternatifi sağlamak için nükleer enerji geliştirmeye ilgi göstermektedir.

Çünkü nükleer enerji, sadece birçok ülkenin enerji ihtiyacının karşılanmasında değil, aynı zamanda emisyonların azaltılmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Adamantiades ve Kessides'e (2009) göre nükleer santrallerin dünya çapında işletilmesi, nükleer santrallerin şu anda dünya enerji kullanımından kaynaklanan CO2 emisyonlarının yaklaşık %10'unu kurtarmakta ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Nükleer santraller, OECD ülkelerinde elektrik sektörünün ürettiği sera gazı emisyonu miktarının azaltılmasında önemli bir rol oynamıştır (Nuclear Energy Agency, 2002).Dahası, Avrupa Birliği (2006), Avrupa'nın nükleer enerji kullanılmadan CO2 emisyonlarını azaltmada önemli bir etki yapamayacağını savunmaktadır (Apegis vd 2010: s.2256).

Nükleer enerjide temelde kullanılan 3 reaktör vardır. Bunlar kaynar su reaktörleri, basınçlı su ve basınçlı ağır su reaktörleridir. Basınçlı ağır su reaktörünü diğer reaktörlerden ayıran en önemli özelliği herhangi bir zenginleştirme işlemi yapılmaksızın doğal uranium kullanmasıdır (Rosenkranz ve Antony,2011).

Nükleer enerji, her ne kadar çevre ve küresel ısınma anlamında avantaj sağlasa da mevcut teknoloji ile nükleer kazalar, nükleer silahlarda artış ve radyoaktif atık sorunu gibi risklere sahiptir. Tüm bunların yanında, nükleer felaket insanları psikolojik açıdan derinden etkileyen ve gelecekler nesillere kadar uzayan bir afettir. 1979 Üç Midil Adası kazası ve 1986 Çernobil faciasının yanında 2011 yılında yaşanan Fukushima nükleer kazası, nükleer felaket olarak nitelendirilen ve nükleer enerjinin gelişimini tehdit eden olaylar olarak ön plana çıkmaktadır. Reaktörde bulunan buhar patlaması sonucu Ukrayna'nın kuzeyinde gerçekleşen Çernobil nükleer enerji kazası, barışçıl dönemde yaşanan en büyük nükleer enerji kazası olarak bilinmektedir. Fukushima kazası ise nükleer tesisinde reaktörlerin aşırı ısınması sonucu gerçekleşmiştir (Saygın,2006).

Nükleer enerjinin büyüme odağının Asya olmasının nedeni ise reaktörlerin 10'da 8'inin Çinde bulunmasıdır. Çin ve Hindistan gibi nüfusu yüksek olan ülkelerde kömür ağırlıklı bir enerji tüketimi, enerji güvenliğini arttırmak adına alternatif enerji kaynakları aratmaktadır. (OPEC,2011: s.19). Bu bağlamda nükleer enerji talebinde 2035 yılına kadar %44 bir artış beklenmektedir. Çünkü Çin'de inşaatı devam eden 19 nükleer elektrik reaktörü ve Hindistan'da yapımı devam eden 6 nükleer enerji reaktörüne ek olarak Çin'de 41 adet nükleer güç, Hindistan'da ise 15 nükleer fisyon reaktör yapımı planlanmaktadır (FMO,2019:s.3).

1.3.ENERJİ TÜKETİMİNDE DAVRANIŞSAL EKONOMİNİN ROLÜ

Adam Smith, on sekizinci yüzyılda, insanın ekonomik karar verme sürecinin kusurlu olduğunu ve hakkaniyet ve adalet değerlerinden etkilendiğini kabul eden ilk kişilerden biridir (Ashraf vd 2005). Fisher ve Pareto, yirminci yüzyıldaki Büyük Buhran sırasında bu fikri yeniden gözden geçirmiş ve ekonomik karar vermede insan faktörünü vurgulayarak 1929 borsa çöküşünü açıklamaya çalışmıştır. 1955'te ekonomist Herbert Simon, insanların sonsuz karar verme yeteneklerine sahip

olmadıklarını, kararlar ilgili bilgi miktarının zaman ve diğer hesaplamalarla sınırlı olduklarını savunarak "sınırlı rasyonellik" terimini ortaya atmıştır (Simon, 1982).

1979'da Kahneman ve Tversky, “beklenti teorilerini” sunan ufuk açıcı bir makale yayınlamıştır (Kahneman ve Tversky 1979; Messick ve Tenbrunsel 1996). Beklenti teorisine göre, insanlar ekonomik karar vermelerini etkileyen bilişsel önyargılardan muzdariptir. Örneğin, kesin kazançlar içeren seçimlerde riskten kaçınırlar ve kesin kayıplar içeren seçeneklerde risk ararlar. Son yıllarda, topluca “ikili süreç teorileri” olarak adlandırılan bir grup teori, davranışsal ekonomi araştırmalarında artan bir önem kazanmıştır (Kahneman,2011). İkili süreç teorileri, iki farklı akıl yürütme türü olduğunu öne sürmektedir. Genellikle "Sistem 2" olarak adlandırılan bir tür bilgi işlemenin rasyonel yolunu içermektedir. İçinde müzakereci ve yansıtıcı düşünme gerçekleşmekte ve bilgi sistematik olarak kurallara dayalı bir şekilde değerlendirilerek işlenmektedir. “Sistem 2” nin zahmetli olduğunu ve önemli bilişsel kaynaklar gerektirdiğini söylemeye gerek yoktur. Genellikle “Sistem 1” olarak adlandırılan diğer akıl yürütme türü, otomatik bir bilgi işleme yöntemini içermektedir. Sezgisel yöntemler, yargıları ve kararları hızlı bir şekilde oluşturmaya yardımcı olmak ve bireyin bunlara göre hızlı hareket etmesini sağlamak için kullanılır. Bu tür bir akıl yürütme, çok az bilişsel kapasite gerektirir ve büyük miktarda bilişsel kaynak hali hazırda eşzamanlı bilişsel görevlere bağlıyken hala eylemde olabilir. Sistem 2 işleme türü, bireyi ulusal bir aktör olarak yorumlayan orijinal ekonomik hesaplarla geniş ölçüde uyumludur ve bu nedenle çoğu ekonomik araştırma bu açıklama ile uyumludur. Bununla birlikte, Sistem 1 otomatik işleme türü ekonomik araştırmalarda uzun süredir ihmal edilmiş ve ancak son zamanlarda bir miktar önem kazanmıştır.

Davranışsal ekonominin başka bir çizgisi, bilginin insan zihninde nasıl işlendiğinin farklı yollarını araştırmanın yanı sıra insan davranışlarının diğer bireylerin kararlarıyla nasıl yönlendirildiğine odaklanmıştır. Bolton ve Ockenfels (2000), “eşitlik, karşılıklılık ve rekabet teorilerinde”, insan davranışının yalnızca kişinin elde ettiği maddi sonuçlarla değil, aynı zamanda kişinin kendi sonucunun diğerleriyle olan ilişkisi tarafından da motive edildiğini açıklamak için çeşitli ekonomik oyunlar kullanmaktadırlar. Bu varsayım, klasik ekonomik ültimat oyunlarında kolayca görünür hale gelmektedir. Bu iki oyunculu oyunlarda, teklif eden birinci oyuncu, iki oyuncu arasında dağıtabileceği belirli bir miktarda para alır. Cevap veren diğer oyuncu

ise daha sonra teklifi kabul edebilir veya reddedebilir. Teklifi reddetmek, her iki oyuncu için de sıfır getiri sağlar.

Standart ekonomik oyun teorisi, faydayı maksimize etmeye çalışmakla uyumlu olarak daha fazla paranın daha az paraya tercih edildiğini varsayar. Bu standart ekonomik varsayım, yanıtlayanın kendisine sıfırdan büyük bir miktar bırakan herhangi bir teklifi kabul etmesi gerektiği tahminleriyle sonuçlanacaktır. Bunu varsayarsak, teklif sahibi yanıt verene mümkün olan en küçük miktarı teklif etmelidir. Ancak ampirik veriler farklı şekilde önermektedir: Yanıt verenler sıfırdan büyük tüm teklifleri kabul etmezler. Küçük teklifler sıklıkla reddedilir. Teklif sahipleri bu davranışı önceden tahmin ediyor gibi görünüyor ve tipik olarak minimalden daha büyük miktarları göndermektedir. Ultimatom oyunu, insanın ekonomik kararlarının sosyal olduğunu ve kişinin kendi sonucunun diğerlerinin sonucuyla olan ilişkisinden etkilendiğini açıkça göstermektedir. Bunlar, (a) yanıt verenlerin eşitlik konusundaki endişelerine ve (b) teklif verenlerin stratejik düşüncelerine güçlü bir şekilde bağlıdır.

Ekonomik kararlar üzerindeki sosyal etki, yalnızca kişinin kendi sonucunun başkalarının sonucuyla doğrudan karşılaştırılmasının küçük kozmosunda belirgin olmakla kalmaz, aynı zamanda normların etkisiyle daha büyük ölçekte de tespit edilebilir. Yukarıda açıklanan ultimatom oyunu örneği, eşitlik ve adalet normları, teklifte bulunanların ve yanıt verenlerin beklenti ve davranışlarını etkilemektedir. Tipik olarak toplumlarda benimsenen ve bireylere kuralcı bir şekilde ne yapmaları gerektiğini veya ne yapmamaları gerektiğini yasaklayıcı bir şekilde söyleyen normlara ihtiyati normlar denir. Bireyler tipik olarak, kişilerarası ilişkiler kurmak ve sürdürmek gibi sosyal nedenlerle bu normları takip ederler. İlginç bir şekilde, bu tür ihtiyati normların dışında, diğer bireylerin belirli durumlarda ne yaptıklarının salt açıklaması da insan davranışını güçlü bir şekilde şekillendirmektedir (Cialdini vd 1990).

Tanımlayıcı normlar olarak adlandırılan ikinci bir norm türü, bir toplumdaki farklı davranışların yaygınlığı hakkında bilgi sağlamaktadır. Bireylere, diğer insanların belirli koşullar altında nasıl davrandığını söylerler ve belirli bir durumda nasıl etkili davranacakları hakkında bilgi sağlayan karar verme buluşsal yöntemleri olarak kabul edilebilirler. Bir klasik deneyde, örneğin, Cialdini vd (1990), bireylerin temiz ve çöple dolu olan kamusal bir ortamda çöp atma davranışlarını gözlemlemiştir.

Temiz çevrede çöp olmaması, çöpün norm olmadığını açıklamaktadır. Tersine, tamamen çöp olan ortamda ise çöpün norm olduğunu öne sürmektedir. Sonuçlar, genel olarak, bireylerin temiz ortamlara kıyasla çöp dolu ortamlarda daha fazla çöp attığını göstermiştir. Temiz bir ortamda çöp atan birini görmek bireylerin daha az çöp atmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, çöplü ortamda, çöp atan bir kişinin görülmesi, katılımcıların çöp atma davranışını teşvik etmektedir. Bu bulgu, hakim olan tanımlayıcı normların insan davranışlarına nasıl rehberlik edebileceğinin bir örneğini oluşturmaktadır. Bireylerin dikkatini mevcut tanımlayıcı normlara çekmek, genel norma uyumlu davranışı arttırmaktadır. Bu ilke, sağlığı iyileştirme davranışına kolayca uygulanabilmektedir. Örneğin insanların çoğunluğunun belirli bir hastalığa karşı aşılandığı normuna bireylerin dikkatini çekmek, aşı olma kararı verenlerin genel yüzdesini artırmalıdır. Bu nedenle, bireylere diğer insanların davranışları hakkında aktif olarak bilgi sağlamak, insanların sağlık davranışlarını değiştirmek için güçlü bir dürtme aracıdır.

Dürtme, davranışsal ekonominin belirli bir alanıdır. Tanım gereği, dürtüler "seçim mimarisinin herhangi bir seçeneği yasaklamadan veya ekonomik teşviklerini önemli ölçüde değiştirmeden insanların davranışlarını öngörülebilir bir şekilde değiştiren herhangi bir yönüdür" (Thaler ve Sunstein, 2008:s.6). Kavramın 2008'deki kökeninden bu yana, ABD, İngiltere, Almanya ve daha pek çok ülkedeki hükümetler davranışsal ekonomi departmanlarını uygulamaya koymaktadır.

Dürtmeler, karakteristik olarak rasyonel ikna dışındaki yöntemlerle insanların karar çerçevelerini değiştirerek seçimleri belirli yönlere yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Örneğin, bir enerji şirketi, tüketicileri "dâhil etmelerini" zorunlu kılmak yerine varsayılan olarak "yeşil" enerji programlarına kaydedebilir ve böylece bu tür programlara katılımı artırabilir. Bununla birlikte, birçok politika yapıcı, olası etik itirazlara ilişkin endişeler nedeniyle, dürtüleri kabul etme konusunda isteksiz davranabilmektedir. Belki de dürtülere yönelik en yaygın itiraz babacan olmalarıdır. Yakından ilgili bir itiraz, dürtülerin insan özerkliğini ve faillliğini azaltmasıdır. Kısacası, bu itirazlar, dürtülerin, insanların hayatlarını istedikleri şekilde yaşama becerilerini azaltacak şekilde, uygunsuz bir şekilde insanların kararlarına müdahale ettiğini iddia etmektedir (Kasperbauer,2017: s.2).

Tüketici seçim davranışı için dürtmenin alaka düzeyine ve pratik ortamlarda yaygın uygulamalarına rağmen, bu dürtülerin etkinliğinin bir bireyin kişiliğine bağlı olup olmadığına dair hala çok az araştırma vardır (Jung ve Mellers, 2016; Otto, Clarkson ve Kardes, 2016; Stutzer vd 2011). Bununla birlikte, kişilik çalışması hem pratik hem de teorik amaçlarla ilgilidir: Pratik bir bakış açısından, kişiliğe göre bir ılımlılık, belirli birey alt grupları için dürtülerin etkisiz olabileceğini göstermektedir (Thunström,2019). Uç noktalarda, bazı alt gruplar için dürtüler geri tepebilir ve amaçlanandan farklı bir sonuca yol açabilir. Örnek olarak, Thunström, Gilbert ve Ritten (2018) masraftan kaçınma konusunda bireyler arası farklılıkları incelemiştir. Harcama sırasında kronik olarak acı çeken (yani maliyete duyarsız) kişilerin bir fırsat maliyeti hatırlatmasına maruz kaldıklarında harcama davranışlarını normalleştirmediklerini bulmuştur. Dahası, harcama yaparken kronik olarak acı çeken (yani maliyete duyarlı) kişiler için dürtü geri tepti ve bu tür bireyler için tipik olandan daha da kısıtlayıcı harcama davranışına yol açmaktadır (Ingendahl vd 2020: s.2). Bu nedenle, dürtme etkisinin yokluğundan hatta geri tepmesinden bireyler arası farklılıklar sorumluydu. Nitekim giderek artan bir araştırma grubu, bazen dürtülerin etkisiz kaldığını (Dimant vd 2020; John ve Blume, 2018; Myers ve Souza, 2020; Sunstein,2017) veya hatta geri teptiğini (John ve Blume, 2018; Liu vd 2016; Marreiros vd 2017; See vd 2013; Wilson vd 2015) göstermektedir.

Tüm bunların yanı sıra, nudge yaklaşımı çekici ve devrim niteliğinde bir fikir olarak bilinmektedir. Düşük ve hatta sıfır maliyetli müdahaleler ile hükümetler, sanki Homo economicus'un eksiksiz bilgiye ve mükemmel irade gücüne ve bilişsel yeteneklerine sahipmiş gibi, insanların sınırlarını aşmalarına ve kendi çıkarları doğrultusunda hareket etmelerine yardımcı olma rolünü oynamaktadır (Klaus ve Avishalom,2016: s.10).

Başka bir deyişle, dürtme yaklaşımı önemli bir yeniliği temsil eder: bu, somut bir hükümet faaliyetiyle sonuçlanan bir karar aracıdır. Dürtme yaklaşımı ve davranışsal ekonomi, multidisipliner bir alana dayanmaktadır. Aslında, her ikisi de örgütsel çağrışımı ve özellikleri unutmadan davranışsal ve bilişsel psikolojiyi ele almışlardır.

Thaler ve Sunstein (2008) bir dürtüyü şu şekilde tanımlar: Bir dürtü [...], seçim mimarisinin herhangi bir seçeneği yasaklamadan veya ekonomik teşviklerini önemli ölçüde değiştirmeden tahmin edilebilir bir şekilde insanların davranışlarını değiştiren herhangi bir yönüdür. Sadece bir dürtü olarak saymak için, müdahaleden kaçınılması kolay ve ucuz olmalıdır. Dürtmeler zorunlu değildir. Dürtme, bireyleri kendi çıkarlarına en uygun olan seçimlere yönlendiren ve seçme özgürlüklerini sınırlamadan refahlarını artıracak bir yaklaşım olan özgürlükçü paternalizm fikrine dayanmaktadır. Bireylerin kendi çıkarlarına en uygun olmayan seçimler yaptıklarını, tam bilgiye ve sınırsız bilişsel yeteneklere sahip olsalardı yapmayacakları seçimler yaptıklarını kabul eder (Thaler ve Sunstein, 2003).

Bununla birlikte, bu çerçeve Richard Thaler ve Cass Sunstein tarafından yayınlanmasından bu yana kamuoyundaki tartışmalarda giderek artan bir ilgi görmüştür. Kitapları, uygulamalarını sosyal refahtan sağlık hizmetlerine, işgücü verimliliğinden çevre sorunlarına kadar birçok alanda sunmaktadır. Onlara göre: "Hayatlarını daha uzun, daha sağlıklı ve daha iyi hale getirmek için insanların davranışlarını etkilemeye çalışmak meşrudur. Diğer bir deyişle, özel sektördeki kurumların ve ayrıca hükümetin, insanların seçimlerini hayatlarını iyileştirecek yönlere yönlendirmek için öz bilinçli çabalarını savunmaktayız" (Veglianti,2017: s.14).

Öncü yayınları ile Thaler ve Sunstein, hem akademik hem de uygulayıcıların dünyasında önemli bir tartışma başlatmıştır. Davranış ekonomisiyle ilgili bir grup çalışma, bireylerin seçimlerini yapmaları için bir dürtüye ihtiyaç duyduklarını göstermiştir (Baldwin,2014). Örneğin, kamu yönetiminde, bir politika yapıcı, kendi vatandaşları arasında fikrini yaymak için doğru mesajı seçmelidir. Bu nedenle, kendine özgü bir eylemi teşvik etmesi gereken bir hükümetin, daha verimli bir dürtüye yol açacak mesajı kullanması gerekir.

Literatürde, "dürtmek" için bazı önemli kurallar vardır. Bu kurallar dürtme teorisini diğer teorilerden ayırır. Sunstein'in (2014) çalışmasına göre, üç önemli kural vardır. Birincisi "dürtüler seçim özgürlüğü sağlar", ikincisi "etkililik ve şeffaflık" ve sonuncusu "kanıt ve test gerekliliği" dir. Bu yaklaşımlara özgürlüğü koruyan kurallar denir. Bu üç kural herhangi bir politikaya uygulandığında, bir dürtü oluşturur. Başka

bir deyişle, dürtme etkisi yaratmak için bu kuralların politikaya uygulanması gerekir. İlk kural, dürtülerin herhangi bir seçimi yasaklamadığını, bunun yerine teorinin insanları iyi seçimler yapmaya yönlendirmeyi amaçladığını belirtir (Sunstein,2014: s.560). Bu perspektifte, karar verici kararında özgürdür. Dolayısıyla bu kural, dürtme teorisini, özgürlük kısıtlamalarını içeren diğer tüm görüşlerden ayırır. Dahası, dürtme teorisi, sigara veya alkol vergilendirme gibi ekonomik teşviklerdeki herhangi bir değişikliği desteklemez.

Doğrudan sonuç, insanların sözde dürtülerden kolayca etkilenmesidir. Bu küçük bilişsel önyargılar, önemli maddi teşvikler empoze etmez (Sunstein,2014). Bu, dürtünün seçim özgürlüğünü koruması gerektiği anlamına gelir. İşe yarıyor çünkü insanları bilgilendiriyor ya da kararı kolaylaştırıyor. Bu, seçeneklerin maddi mevcudiyetini etkileyen geleneksel ataerkil araçlardan (vergiler ve sübvansiyonlar gibi) uzaktır. Seçenekler etrafında seçim mimarisi değişiklikleri ile devrim niteliğinde bir çerçevedir. Seçimlerin kendileri etkilenmediği için, dürtme savunucuları kendi paternalizmi, bireysel özerkliğe ve özgürlüğe daha saygılı olduğu için özgürlükçü olarak görürler çünkü insanlar dürtme olmadan yapacakları aynı (sözde aşağı) seçimleri yapmakta özgürdürler (Abdukadirov,2016:s.18).

Rasyonel teoriler kullanılarak cevaplanamayan birçok karar vardır çünkü zihinsel kısayollar mantıksızlığa neden olur(Thaler ve Sunstein,2008). Yine de, davranış biliminde çok bilgili bir kişi için, bu teorilerden biri, davranışsal iktisat disiplinine dayanan dürtüleri tanımlamak için temel bir ilke sağlar. Bu sezgisel bir deyimdir, "... bir dürtü, Econs tarafından göz ardı edilecek olsa bile, İnsanların davranışını önemli ölçüde değiştiren herhangi bir faktördür". Hausman ve Welch, "Tartışma: Dürtmek ya da Dürtmemek" başlıklı makalelerinde, bir noktada Thaler ve Sunstein'ın dürtme tanımını, bu ilkeyle tutarlılık nedenleriyle, geniş anlamda tasarlanmış teşvikleri dışlamak için gözden geçirmiştir. Hansen ve Jespersen, "Dürtmek ve Seçimin Manipülasyonu" başlıklı makalelerinde, etik olarak ilgili düşüncelere uyum sağlamak için dürtü kavramını yalnızca tesadüfi etkilerden ayırmak için tanımı daha da gözden geçiriyorlar ve bu süreçte ilkeyi bir temel olarak not etmektedirler (Hansen ve Jespersen,2013: s.6).

Neoklasik ekonomi, karar vericilerin her zaman mevcut tüm bilgileri içeren rasyonel seçimler yapacağını varsayarken, davranışsal ekonomi, rasyonel karar vericilerin sınırlarını göstermek için psikolojiden gelen bilgileri entegre etmektedir (Camerer ve Loewenstein, 2004; Kahneman, 2011). Davranışsal iktisat, 18. yüzyılda Adam Smith'in çalışmalarına kadar uzanır, ancak Kahneman'ın özellikle ikili süreç teorisinin ilerlemesine yönelik araştırmasıyla daha fazla ilgi gördü. Örneğin, bir kararın çerçevelenme şeklinin sonucu etkilediğini (Tversky ve Kahneman, 1981) veya herhangi bir belirli bilginin hatırlanmasının, bunun gerçekleşmesinin beklenen olasılığını belirlediğini buldular (Tversky ve Kahneman, 1973).

Davranışsal ekonomi kavramları, mantıksız davranışları klasik iktisat perspektiflerinden daha iyi açıklamaktadır. Bu nedenle, davranışsal ekonomi kavramlarını kullanmak, tüketici davranışını anlamak için faydalıdır (Thaler ve Sunstein, 2008).

Thaler ve Sunstein tarafından kullanılan en popüler örneklerden biri enerji vakasıdır: Elektrik enerjisi tedarikçisinin faturaya, kullanıcıların daha yüksek enerji verimliliği önlemlerine yapılan yatırımlarla ulaşabilecekleri potansiyel tasarrufların yaklaşık bir hesaplamasını koyması durumunda topluluğun yararlanabileceği tasarruf potansiyelini vurgulamaktadır (Schultz, 2007).

Akıllı sayaçların ve IHD'lerin kurulumu, (Enerji monitörleri) tüketicileri davranış değişikliğine çekmek için yeterli değildir. Hanelerin çoğunluğu IHD'lere ilgisiz kalmakta ve genellikle sadece enerji tüketimiyle ilgilenenler IHD'lerine dikkat etmektedir (Buchanan vd 2015). Perakende elektrik fiyatlarının toptan satış fiyatlarına daha iyi uyacak şekilde artırılması, yalnızca fiyat değişiklikleri konusunda tam olarak bilgilendirilmiş ve dikkatli olan tüketiciler üzerinde bir etkiye sahip olma eğilimindedir (Jesoe vd 2016). Bu göz önüne alındığında, tüketicinin teşviklere tepkisini artırmak için davranışsal ekonomiden araçların kullanımında bir artış olmuştur. Bu tür teşvikler “dürtmelerdir” ve çoğunlukla Nobel ödüllü Richard Thaler (2017) ve Daniel Kahneman'ın (2002) çalışmalarına dayanmaktadır.

Hanehalkları, sosyal ve ihtiyati kuralların kullanılması yoluyla enerji tüketimini azaltmaya yönlendirilmektedir. Sosyal normlar, bir hanenin enerji tüketimini

komşularının tüketimiyle karşılaştıran bir geribildirim türüdür (Schultz vd 2007, Nolan vd 2008). İhtiyati normlar, bir hanehalkının tüketimine komşularının tüketimine göre sosyal onay ekler '(Schultz ve diğerleri,2007). Örneğin, Opower bunu Ev Enerji Raporları (HER) ile uygulamaya koymaktadır. Bunlar, eğer komşularınızdan daha az tüketiyorsanız bir gülen surat (ihtiyati norm) ile birlikte kendi tüketiminin komşu hanelerin ortalama tüketimiyle karşılaştırmasını içeren kağıt faturalardır (Allcott, 2011b).

Günlük hayatta insanlar her zaman farklı karar verme durumlarıyla karşılaşır. İnsan için karar verme süreci kaçınılmazdır. Bireyler bilinçli veya bilinçsiz olarak pek çok karar verirler ve maksimum faydaya ulaşmak için verilen alternatifleri değerlendirerek her zaman mükemmel kararlar almaya çalışırlar. Ancak gerçeğin farklı olduğu görülmektedir. Ariely (2009), bireylerin karar süreçlerinde her zaman bilişsel önyargılarla karşılaştıklarını, dolayısıyla en iyi alternatifi seçmenin zorlaştığını belirtmiştir.

Bununla birlikte, davranışsal müdahalelerin etkilerinin kültürler arasında değişebileceğini belirtmek önemlidir. Hatta temel algı bireylere doğal olarak gelen adalet, kültürler arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılık, çocukların davranışlarında da gözlemlenebilir. Batı kültürlerinde çocuklar puan kazanımlarını katkıda bulunan üyelerin üretkenliğine göre dağıtırken, bazı Afrika kültürlerinde çocuklar karı çabaya göre değil, eşitlikçi ilkelere göre dağıtırlar (Schafer vd 2015). Benzer şekilde, insanların ekonomik karar verme sürecindeki kilit değişkenlerden biri olan risk tercihi sadece bireyler arasında değil, ülkeler ve kültürler arasında da farklılık göstermektedir. Spesifik olarak, daha yüksek gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYİH) sahip ülkelerde, insanlar kazançlar söz konusu olduğunda riskten daha fazla kaçınırlar ancak kayıplar söz konusu olduğunda daha fazla risk ararlar (Rieger vd 2015). Adillığe ve risk tercihine yönelik tutumlardaki kültürel çeşitlilik, davranışsal müdahalelerin farklı kültürlerde hangi sonuçları teşvik edebileceğini kritik bir şekilde belirleyebilir. Ayrıca, dürtme yoluyla davranışı değiştirmek, farklı davranış seçenekleriyle ilişkili değerlerle açıkça bağlantılıdır. Aşı söz konusu olduğunda, insanları aşı olmaya teşvik etmek, aşı yaptırmanın toplum yararına olduğu ve dolayısıyla arzu edilen davranış olduğu görüşü ile paralellik göstermektedir. Birçok insan bunun gerçekten böyle olduğu konusunda hemfikir olabilir. Bununla birlikte, insanlar bu soruyla ilgili ideolojilerinde farklılık

gösterir ve kesinlikle herkes aşı olmanın arzu edilen bir sonuç olduğu konusunda hemfikir değildir. Bu nedenle insanları dürtmek, genellikle doğada ataerkil olarak görülür, çünkü hangi davranışın istendiği (veya olmadığı) hakkındaki bir varsayım ile ilişkilidir (Sunstein,2015). İstenen sonuçlar için değerler farklı gruplar, toplumlar ve kültürler arasında değişebileceğinden, dürtmenin değer bağımlılığına ilişkin argümanlar, dürtme etkisinin yönünün büyük ölçüde kültürel hedeflere ve değerlere bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

1.3.1. Enerji Tüketimi ve Davranışsal Ekonomi

Davranışsal ekonomi kavramlarının enerji sektörüne uygulanması, son birkaç yılda bazı çalışmaların yayınlanmasıyla erken aşamalarda. İnsanların kendi bilgileri, değerleri, tutumları ve niyetleri ile gözlemlenebilir davranışları arasındaki büyük bir çelişkiyi analiz etmektedir. Yazarlar, geleneksel ekonomik teorilerin enerjiyle ilgili bazı davranışları açıklamakta neden başarısız olduğunu açıklayabilecek bilişsel önyargıları ve motivasyonel faktörleri tartışmıştır. Davranışsal ekonominin enerji ve iklim politikasına, enerji verimliliğine yatırıma ve kamu mallarının sağlanmasına nasıl uygulanabileceği sorusu birkaç çalışmada değerlendirilmiştir. Psikoloji, tasarım ve davranışsal ekonomi anlayışlarını, “e-algılama” teknolojilerini kullanabilen enerji verimli programların faydasına dahil eden teknikleri keşfetmeye özellikle dikkat edilmektedir (Cannistraro ve Lorenzini,2016). Aynı konuda, alternatif bir zamanla tutarlı davranış modeline dayanan vergilerin ve enerji verimliliği standartlarının refah analizi yapılmaktadır (Tsvetanov ve Segerson,2013). Bu durumda yazarlar, baştan çıkarmanın veya kendi kendini kontrol etmenin, enerji verimliliği eksikliğinin açıklanmasına katkıda bulunan bir faktör olabileceği ve standartların, tüketici seçimindeki ayartmadan kaynaklanan verimsizlikleri ele almak için bir taahhüt aracı olarak kullanılabileceği sonucuna varmaktadır.

Bununla birlikte Pollitt (2011)’de yazarlar, davranışsal ekonominin enerji tüketimini azaltmak için “sihirli mermi” sağlama olasılığının düşük olduğunu savunmaktadır ancak, enerji tüketiminde potansiyel olarak sürdürülebilir değişiklikleri aramaya nereden başlanacağı konusunda da yeni öneriler sunmaktadır. Çalışma, iklim politikasının en yararlı rolünün, iklim politikasının karşılanabilirliğine ilişkin kamu algısı sorunlarına değinmek ve yenilenebilir elektrik arzında hava kaynaklı

değişikliklere daha iyi yanıt verebilen, daha duyarlı bir enerji talebinin yaratılmasını kolaylaştırmak olduğunu öne sürmektedir. Daha geniş bir bağlamda, önceki başka bir çalışmada Arango (2016), kentsel ve bölgesel büyümeye dayalı uzun vadeli bir elektrik dağıtım talebi evrim modelini önermektedir. Bu dinamik modelde, farklı tipteki düşük ve orta gerilim tüketicileri (konut, ticari ve endüstriyel) arasında ilişkiler oluşturmak için arazi kullanımı, kentsel kutuplar ve kentsel ekonomi kavramları kullanılmıştır. Talep evrimi, bu ilişkilerle ve diğerlerinin yanı sıra siyasi kalkınma arzuları, kentsel kalkınma planları, ekonominin bölgesel durumu ve coğrafi yönler gibi diğer faktörlerle de ilgilenmektedir. Mevcut yükler, yeni yüklerin çekicileri (veya itici etkenleri) olarak hareket eder. Uzun bir süre boyunca elektrikli araçların yayılmasına ilişkin politikaların tüketici davranışlarıyla nasıl etkileşime girebileceğini araştırmak için Kangur (2017)'de etmen tabanlı bir sosyal simülasyon modeli geliştirilmiştir. Hollandalı araç sürücüleriyle yapılan bir anketten elde edilen veriler, tüketici ihtiyaçlarını ve modellenen karar stratejilerini parametrelendirmek için kullanılmıştır. Model dört tür ihtiyaca dayanmaktadır: finansal, işlevsel, sosyal ve çevresel. Bu, sınırlı bir rasyonalite senaryosu altında basit buluşsal yöntemlere odaklanan önerilen modelden farklıdır.

Ayrıca elektrikli araçlar alanında Poghosyan (2015), 10 yıl boyunca alçak gerilim şebekesi üzerindeki etkilerine odaklanan aracı tabanlı bir simülasyon sunmuştur. Sosyal etkiler (yani, bir elektrikli araç sahibinin komşusunun elektrikli araç satın alması daha olasıdır) göz önünde bulundurulmuş ve sonuçlar, yerel düzeyde tepe talebi artırabileceğini ve mevcut Birleşik Krallık hükümet araştırmalarının önerdiğinden daha yüksek bir talep yaratabileceğini göstermiştir. Bireysel ev sahiplerinin eylemlerini uzun vadeli bir yerli stok modelinde birleştiren enerji tüketimine ilişkin tüketici davranışını modellemek için etmen tabanlı modellemenin kullanımı Lee (2014) tarafından gösterilmiştir. Sonuçlar, İngiliz enerji piyasasındaki mevcut sübvansiyonun, enerji verimliliği için bazı teknolojilere çok fazla destek sunduğunu ve bunun da daha büyük enerji tasarrufu potansiyeline sahip diğer teknolojilerin bastırılmasına yol açtığını göstermektedir. Model, yüksek düzeyde ayrıştırılmış bir stok modelini göz önünde bulundurarak bireysel ev sahiplerinin teknoloji satın almaya karar verme sürecini ele almayı amaçlamaktadır. Tüketicinin elektrik tüketimine ilişkin davranış analizi, diğer tüketim mallarının aksine, satın

alınan enerjinin müşteri tarafından "görülmediği", sadece yaptığı işi algılayabildiği için çok zorlayıcı olabilir. Bununla birlikte, modern toplumlarda konfor, bağlantı, bilgi ve güvenlik sağlamak için vazgeçilmez bir üründür. Bu nedenle, enerji sektörü ortamının en önemli aktörü olan tüketicinin davranışlarını ve etkileşimlerini daha iyi anlamaya çalışan tüketiciyi tartışmak çok önemlidir.

1.3.2. Tüketici Davranışı

Tüketici davranışı, bireyin herhangi bir mal, hizmet ve başka herhangi bir şeyi satın alırken fark yaratan psikolojik bir parçasıdır. Herhangi bir tüketicinin davranışı, herhangi bir işletmedeki veya doğrudan tüketicilerle ilgilenen herhangi bir kuruluştaki herhangi bir pazarlama yönetim ekibi için önemli olan birçok faktöre bağlıdır. Tüketici davranışının incelenmesi, tüketicilerin arama, değerlendirme, satın alma, tüketim ve satın alma sonrası davranışları ile satın alınan ürünlerin çevre ve kişisel özellikleri göz önünde bulundurularak elden çıkarılmasını içermektedir(Tarı ve Pehlivanoğlu,2007:194). Birey tarafından ürün ve hizmetlerin satın alınması ve tüketilmesinin çeşitli yönlerini inceleyen bilgi bütünüdür. Amerikan Pazarlama Birliği (AMA) tüketici davranışını, insanların çeşitli sosyal ve psikolojik değişkenlerle birlikte hayatlarının değişim yönünü yürüttüğü bilişsel, davranış ve çevresel olayların dinamik etkileşimi olarak tanımlamaktadır. Küresel pazar, çeşitlilik, tüketiciler, üreticiler, pazarlamacılar, perakendeciler, reklam medyası, kültürler ve gelenekler arasındaki çeşitlilik ve tabii ki bireysel veya psikolojik davranış üzerine bir çalışmadır. Aralarında hâkim çeşitliliğe rağmen, birçok benzerlik de vardır.

Walters (1974) tüketici davranışını şu şekilde tanımlamaktadır: "Bireylerin mal ve hizmetleri satın alıp almayacağına, neyi, ne zaman, nerede, nasıl ve kimden alacağına karar verme sürecidir." Mowen (1993) tüketici davranışını şu şekilde açıklayarak farklı bir tanım sunmaktadır: "Mal, hizmet, deneyim ve fikirlerin elde edilmesi, tüketilmesi ve elden çıkarılmasıyla ilgili satın alma birimleri ve değişim süreçlerinin incelenmesi." Bu tanım, yalnızca bireyi değil, aynı zamanda ürün veya hizmetleri satın alan grupları da kapsamak amacıyla satın alma birimlerine odaklanmaktadır. Schiffman ve Kanuk (1997) tüketici davranışını "Tüketicilerin ürün, hizmet ve fikirleri arama, satın alma, kullanma, değerlendirme ve elden çıkarma sırasında sergiledikleri davranış" olarak tanımlamaktadır. Schiffman ve Kanuk (1997)

tüketici davranışının, bireylerin mevcut kaynaklarını (zaman, para, çaba) tüketimle ilgili öğeler üzerinde harcamak için nasıl karar verdiklerinin incelenmesi olduğunu açıklayarak tanımı detaylandırmaktadır. Neyi, neden, ne zaman, nerede ve ne sıklıkla satın aldıkları ile satın alınan ürünü nasıl kullandıklarını incelemeyi içermektedir. Ayrıca tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamasını bekledikleri ürün ve hizmetleri arama, satın alma, kullanma, değerlendirme ve elden çıkarmada sergiledikleri tüm davranışları kapsamaktadır. Schiffman ve Kanuk'a (1997) göre tüketici, kişisel ve örgütsel tüketiciler olmak üzere iki farklı türe ayrıştırılabilir. Kişisel tüketiciler, kişisel kullanım, ev kullanımı veya bir başkasına hediye olarak ürün ve hizmet satın almaktadır. Örgütsel tüketiciler ise, kârlı ve kâr amacı gütmeyen kuruluşlar ile devlet kurumları dahil olmak üzere bir kuruluşu yönetmek için ürün ve hizmetler satın almaktadır.

Engel, Blackwell & Miniard (1990) tarafından yapılan tüketici davranışının nihai bir tanımında, "ürün ve hizmetlerin elde edilmesi, tüketilmesi ve elden çıkarılmasıyla doğrudan ilgili eylemler ile bu eylemlerden önce gelen ve bunları takip eden karar süreçlerin de dahil" olduğu belirtilir. Arnould vd (2002) ve Peter ve Olson (2002)'da (aslında yukarıdakilerden farklı olmayan) daha yeni açıklamalar veya tanımlar bulunabilir. Yukarıda verilen tanımlar, tüketici davranışı kavramına yeterli açıklık getirmektedir.

Tüketici davranışı çalışmasının amacı, pazarlamacının bunları hem kârlı hem de kâr amacı gütmeyen pazarlama alanlarına uygulamasını sağlamak için kavramsal ve teknik araçlar sağlamaktır. Tüketici davranışı (CB) çalışması pazarlamacılar için çok önemlidir çünkü onların pazardaki tüketicilerin satın alma davranışlarını anlamalarını ve tahmin etmelerini sağlamaktadır. Pazarlamacılar sadece tüketicilerin ne satın aldığıyla değil, aynı zamanda neden satın aldıkları, ne zaman, nerede ve nasıl satın aldıkları ile ne sıklıkla satın aldıkları, nasıl tükettikleri ve elden çıkardıkları ile de ilgilenmektedir. Tüketici araştırması, tüketici davranışını incelemek için kullanılan metodolojidir ve tüketim sürecinin her aşamasında yer alır: "Satın almadan önce, satın alırken ve satın aldıktan sonra." Araştırmalar, aynı ürünü satın alan iki farklı alıcının bunu farklı nedenlerle yapmış olabileceğini, farklı fiyatlar ödemiş olabileceğini, farklı şekillerde kullanılabileceğini, eşyalara karşı farklı duygusal bağları olabileceğini göstermektedir.

Harvard Business School'dan Profesör Theodore Levitt'e göre, Tüketici Davranışı çalışması işletme eğitimindeki en önemli çalışmalardan biridir, çünkü bir işletmenin amacı müşteri yaratmak ve müşteriye elde tutmaktır. Müşteriler, pazarlama stratejileri aracılığıyla oluşturulur ve korunur. Pazarlama stratejilerinin kalitesi, tüketicileri tanımaya, hizmet etmeye ve etkilemeye bağlıdır. Başka bir deyişle, bir işletmenin başarısı, yukarıdaki iki yöntemle yapılabilecek organizasyonel hedeflere ulaşmaktır. Bu, tüketiciler hakkındaki bilgilerin başarılı pazarlama stratejileri geliştirmek için kritik olduğunu, çünkü pazarlamacıları, tüketiciler ve pazarlamacılar ile tüketici davranışı ve pazarlama stratejisi arasındaki ilişkiyi düşünmeye ve analiz etmeye zorladığını göstermektedir. Tüketici davranışı disiplinlerarasıdır; psikoloji, sosyoloji, sosyal psikoloji, kültürel antropoloji ve ekonomi gibi çeşitli disiplinlerde bilim adamları, filozoflar ve araştırmacılar tarafından geliştirilmiş, insanlarla ilgili kavram ve teorilere dayanmaktadır. Tüketici davranışı çalışmasının temel amacı, pazarlamacıları, pazarları anlamak ve pazarlama stratejileri geliştirmek için kullanılabilecek ayrıntılı tüketici analizleri yapmak için gerekli bilgi ve becerileri sağlamaktır. Bu nedenle, pazarın natüralist ortamlarına yönelik becerileri ile tüketici davranışı araştırmacıları, genel olarak insan düşüncesini anlamamıza büyük bir katkı yapmaya çalışmaktadır. Tüketici davranışının incelenmesi, yönetimin tüketici gereksinimlerindeki ve yeni teknolojideki değişim ve gelişme eğiliminin potansiyelini tanımak için tüketicilerin ihtiyaçlarını anlamasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, piyasada iyi kabul görmesi için yeni şeyi tüketicilerin ihtiyaçları açısından ifade etmektedir. Aşağıda, farklı insan kategorileri tarafından elde edilen tüketici davranışı çalışmasının faydalarına ilişkin birkaç örnek verilmiştir: Bir pazarlama müdürü, tüketici davranışının, bu planları şirket içinde kabul ettirmek için daha iyi pazarlama planları tasarlamasına nasıl yardımcı olacağını bilmek ister. Hastane gibi kar amacı gütmeyen bir hizmet kuruluşunda, pazarlama departmanındaki bir kişi, hastaların ihtiyaçlarını ve bu ihtiyaçlara en iyi şekilde nasıl hizmet edileceğini bilmek ister. Üniversiteler ve Kolejer artık öğrenci alımına yardımcı olmak için tüketici davranışları hakkında bilgi sahibi olmaları gerektiğini kabul etmektedir. Pazarlama kabulleri, potansiyel öğrencilere pazarlama anlamına gelen kabul edilen bir terim haline gelmiştir.

Tüketici davranışı, stratejik pazar planlamasının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bütünsel Pazarlama kavramı yaklaşımının da temelini oluşturmaktadır. Tüketici bilgisindeki veya bilgi işleme yeteneklerindeki sınırlamalar, kararları ve pazarlama sonucunu etkilemektedir. Tüketici motivasyonu ve karar stratejileri, tüketici için önem veya ilgi düzeyleri açısından farklılık gösteren ürünler arasında farklılık gösterir ve pazarlamacılar, tüketiciye daha etkili bir şekilde ulaşmak için pazarlama kampanyalarını ve pazarlama stratejilerini uyarlayabilir ve geliştirebilir. Tüketici davranışının "resmi" bir tanımı; "Bireylerin, grupların veya kuruluşların incelenmesi ve ihtiyaçları karşılamak için ürünleri, hizmetleri, deneyimleri veya fikirleri seçmek, güvenceye almak, kullanmak ve elden çıkarmak için kullandıkları süreçler ve bu süreçlerin tüketici ve toplum üzerindeki etkileridir." Bazı yararlı noktalara değinmekte fayda vardır: Davranış, ya birey için ya da bir grup (örneğin, arkadaşlar, bir kişinin ne tür giysiler giydiğini etkiler) ya da bir kuruluş (iş yerindeki insanlar ne tür giysiler giyeceğine karar verir) bağlamında ortaya çıkar. Tüketici davranışı, ürünlerin nasıl satın alındığının araştırılmasının yanı sıra ürünlerin kullanımını ve elden çıkarılmasını da içermektedir. Ürün kullanımı genellikle pazarlamacının ilgisini çeker, çünkü bu, bir ürünün en iyi nasıl konumlandırılacağını veya artan tüketimi nasıl teşvik edebileceğini etkileyebilir. Birçok çevresel sorun, ürünün atılmasından kaynaklandığı için (örneğin, geri dönüşüm ücretinden tasarruf etmek için kanalizasyon sistemlerine motor yağı gönderilmesi veya çöplüklerde çöp birikmesi) bu da bir ilgi alanıdır. Tüketici davranışı, somut ürünler kadar hizmet ve fikirleri de içermektedir. Tüketici davranışının toplum üzerindeki etkisi de önemlidir. Örneğin, yüksek yağlı gıdaların agresif bir şekilde pazarlanması veya kolay kredinin agresif bir şekilde pazarlanması, ulusal sağlık ve ekonomi için ciddi yankılara sahip olabilmektedir.

1.3.3. Tüketici Davranışını Etkileyen Faktörler

Tüketici ve tüketici davranışına ilişkin genel kavramlar; pazarlama ve müşterinin ihtiyaçları ile başlayarak müşteri memnuniyeti ile sona erer. Her şey müşteri etrafında döndüğünde, tüketici davranışlarının incelenmesi bir zorunluluk haline gelir (Khan, 2007). Modern pazarlamada, müşterilerin seçim yapmak için büyük seçenekleri vardır. Bu nedenle pazarlamacılar tarafından müşterilerin ikna edilmesi, satın almaları üzerinde hayati bir etkiye sahiptir. Tüketicileri ikna etmek için

pazarlamacılar tüketici davranışlarını incelemek zorundadır. Tüketici satın alma davranışını etkileyen faktörler kültürel faktörler, sosyal faktörler, kişisel faktörler ve psikolojik faktörler olarak sınıflandırılmaktadır.

1.3.3.1. Tüketici Davranışını Etkileyen Psikolojik Faktörler

1.3.3.1.1. Motivasyon

Motivasyon, bu ihtiyacı karşılamak için hedefe yönelik davranışa yol açan aktive edilmiş bir iç ihtiyaç durumudur. Buna göre güdüler, belirli hedeflere yönelik davranışı uyandıran ve yönlendiren nispeten kalıcı, güçlü ve kalıcı içsel uyaranlar olarak tanımlanmaktadır (Trehan,2009). Satın alma sürecindeki başlangıç noktası, ihtiyacın tanınmasıdır. İhtiyaç, yararlı bir şeyin eksikliği olarak tanımlanabilir. Bir kişi rahatlık, stil, prestij, gurur veya başkalarıyla eşit olmak için bir ürünü satın almaya motive edilebilmektedir (Khan,2007). Pazarlamacılar motivasyonu neyin yarattığını bilirlerse, tüketicilerin markaları veya reklamları hakkında düşünme, dahil olma ve/veya bunlarla ilgili bilgileri işleme motivasyonunu etkilemek için pazarlama taktikleri geliştirebilirler (Smoke, 2009).

Maslow'un Motivasyon Teorisi (Abraham Maslow), insan ihtiyaçlarının en temel ihtiyaçlardan üst düzey ihtiyaçlara doğru bir hiyerarşide düzenlendiğini öne sürmektedir. En acil olan temel ihtiyaçlar karşılandığında, motive edici olmayacaklar ve insanlar daha üst düzeydeki ihtiyaçları karşılamaya yollarını aramaya başlayacaklar. Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Jonsson, 2010).

Şekil 6:İhtiyaçlar Hiyerarşisi



Fizyolojik ihtiyaçlar; yemek, su, uyku, ısınma gibi temel ihtiyaçlardır. Güvenlik ihtiyaçları; insanların belirli bir ortamda kendilerini güvende hissetmelerini anlatmaktadır. Sosyal ihtiyaçlar; insanın sevilme ve başkaları tarafından kabul görme isteğini açıklamaktadır. Saygı ihtiyaçları; insanların beğenilme ve saygı görme istekleri olarak özetlenebilir. Kendini gerçekleştirme ihtiyaçları ise; piramidin altındaki diğer tüm ihtiyaçları karşılanan insanlar daha fazlasını istemektedir. Bu ihtiyaçlar, kendinizi nasıl gördüğünüzü ve size nasıl saygı duyulduğunu gösterir.

1.3.3.1.2. Algı

Algı, etrafımızdaki dünyanın farkına varmamızı sağlayan ve duyumsama sürecinden sonra ona anlam veren enerjiye denir. Dünyadaki her insan çevresini farklı görür. Birkaç kişi belirli bir olay hakkında aynı fikirlere sahiptir. Hiç kimse her şeyin %100'ünü göremez veya hissedemez. İnsanların neden belirli ürünleri satın aldığını hiç merak ettiniz mi? Her şey algıyla ilgilidir. Algı, tüketicilerin duyuları aracılığıyla aldıkları bilgilere dayanarak çevrelerindeki dünyayı nasıl anladıklarıdır. Uyarılara yanıt olarak tüketiciler, bilinçaltında ihtiyaçlarını, değerlerini ve beklentilerini değerlendirir ve ardından bu değerlendirmeyi uyarıları seçmek, düzenlemek ve yorumlamak için kullanmaktadır (Connolly,2010).

Pazarın bir marka veya sektör algısı son derece önemlidir, bu nedenle büyük markalar, kendilerini ve sektörlerini çevreleyen genel algının mümkün olduğunca olumlu olmasını sağlamak için çok çalışır. Örneğin, Gillette gibi şirketler, ürünlerini "modellemesi" için David Beckham'a ödeme yapacaktır. Gillette, insanların Beckham hakkında hissettiklerini Gillette markasıyla aynı hizaya getirerek markalarının algısını iyileştirebilir veya marka hakkında zaten olumlu olan algıyı pekiştirebilir (Taylor, 2006).

1.3.3.1.3. Öğrenme

Öğrenme, bireyin davranışında deneyimden kaynaklanan değişiklikleri tanımlamaktadır. Her durumda algı önceki deneyimler tarafından koşullandırılır. Çünkü hazırlık setini, beklenti ve içine yeni uyarıları yerleştirmeye ve düzenlemeye çalışan çerçeveyi oluşturan budur (Blythe, 2008). Pazarlamacıların öğrenme teorisinin pratik önemi, bir ürünü güçlü dürtülerle ilişkilendirerek, motive edici ipuçları

kullanarak veya rakiplerle aynı dürtülerle ilişkilendirip benzer ipuçları sağlayarak talep oluşturabilmeleridir. Çünkü alıcılar benzer markalara bağlılık aktarma olasılıkları daha yüksektir (Lamb, 2010). İki tür öğrenme vardır:

Deneyimsel Öğrenme: Bir deneyim davranışınızı değiştirdiğinde gerçekleşmektedir.

Kavramsal Öğrenme: Doğrudan deneyim yoluyla kazanılmaz (Lee, 2007).

1.3.3.1.4. İnançlar ve Tutumlar

Kotler, inancı “bir kişinin bir şey hakkında sahip olduğu betimleyici düşünce” ve tutumu “bir kişinin bir nesne veya fikre yönelik olumlu veya olumsuz bilişsel değerlendirmelere, duygusal duygulara ve eylem eğilimlerine dayanması” olarak tanımlamaktadır. Bireyler, belirli ürün ve hizmetler hakkında belirli inanç ve tutumlara sahip olabilir (Sarangapani, 2009). Pazarlamacılar, insanların belirli ürün ve hizmetler hakkında formüle ettikleri inançlarla ilgilenirler çünkü bu inançlar, satın alma davranışını etkileyen ürün ve marka imajlarını oluşturmaktadır. Bazı inançlar yanlışsa ve satın almayı engelliyorsa, pazarlamacı bunları düzeltmek için bir kampanya başlatmak zorundadır.

Bir tüketici, Sony'nin Cyber-shot kamerasının en iyi HD videoyu çektiğine, kullanımı en kolay ve en makul fiyatlı olduğuna inanabilir. Bu inançlar bilgiye, inanca veya kulaktan dolma bilgilere dayanabilir. Tüketiciler, bir ürünün özellikleri hakkında bir dizi inanç geliştirme eğilimindedir ve daha sonra bu inançlar aracılığıyla bir marka imajı ve bir dizi inanç oluşturmaktadır (Lee, 2007). İnsanların din, siyaset, kıyafet, müzik, yemek vb. konularda tutumları vardır. Tüketicinin tutumu da tüketici davranışını etkilemektedir. Tüketicinin bir ürüne karşı tutumu olumluysa, tüketici davranışı üzerinde olumlu bir etkisi olacaktır. Pazarlamacılar, ürünlerine karşı hâkim olan tutumu keşfederler ve onu olumlu hale getirmeye çalışırlar. Halihazırda olumlu olan tutumu ise korumaya çalışırlar (Hoyer ve Deborah, 2008).

1.3.3.2. Tüketici Davranışını Etkileyen Sosyal Faktörler

1.3.3.2.1. Referans grupları

Referans grupları; aile üyeleri, arkadaşlar, sosyal kuruluşlar, profesyonel kurumlar ve ticaret gibi alıcı referans gruplarını içermektedir ve seçimi belirli markayı büyük ölçüde etkilemektedir. Referans grubu bir şekilde başkalarının değerini ve davranışını etkiler. Satın almaların çoğu, referans grubunun fikir ve görüşlerinden etkilenmektedir (Nesai, 2009).

Referans grubu bir kişiyi en az üç şekilde etkileyebilir. Birincisi, kişi yeni davranış ve yaşam biçimleriyle karşı karşıya kalacak; ikincisi, bireyin ilgi alanlarını etkileyen fikir ve tasavvurlar referans grubuna uyarlanacaktır. Üçüncüsü ise, yaratılan kompulsif koşullar, ürün markalarının seçimini etkileyebilecektir (Kotler ve Armstrong, 2006). Referans grupları, başkalarının değerini ve algılanan davranışlarını bir şekilde etkileyenlerdir. Referans grubunun kanaat önderlerinden farklı olduğuna dikkat edilmelidir. İnsan iletişimi çalışmasında, bazı insanların diğerlerinden daha fazla bilgi sağladığı görülebilir. Bu kişiler “başkalarının satın alma kararını etkileyen tüketiciler” olarak tanımlanabilecek kanaat önderleridir (Samadi, 2007).

Fikir liderliği, belirli bir ürün sınıfının durumudur. Aynı bir ürün sınıfında, kanaat önderleri başkalarını bir dizi farklı ürün hakkında etkileyebilir. Ancak liderliğin tüm ürün kategorilerinde olmadığı görülmektedir (Griffin, 2003). Fikir liderleri veya düşünce liderleri, yetenekleri, zekâları, kişilikleri veya diğer özellikleri nedeniyle başkalarını etkileyebilecek referans gruplarının üyeleridir. Talebi referans gruplarından ciddi şekilde etkilenen markalı mal üreticileri, kanaat önderlerine ulaşmak için çok çaba sarf etmelidir (Venus vd 2003).

1.3.3.2.2. Aile

İlk referans grubunun temel yapısını oluşturan aile üyeleri, alıcı davranışı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Herkesin hayatında iki tür aile oluşabilir. Birinci tür, kişinin doğup büyüdüğü ve o kişinin dini, siyaseti, ekonomisi ve eğitiminin doğrudan bağlı olduğu bir ailedir. Alıcının davranışının etkilendiği ikinci aile türü ise çocuklar ve gözetim altındaki kişilerdir (Nesai,2009). Ailenin toplumda özel bir yeri vardır. Aslında temel bir sosyal birimdir. Aileyi istikrara kavuşturan normlar ve duyular,

referanslarını, toplum ve aile istikrarının ideal bir kaynağı olan kapsayıcı toplumdan almaktadır. Ailelerin geleneksel tutum, ilgi ve teşviklerinin etkileri sadece gelişim döneminde görülmeyecek, gelecek nesillerde de yaygınlaşabilecektir. Aile, toplumun belirli bir alt grubudur ve aynı zamanda önemli bir ekonomik birimi ifade etmektedir. Aile, iki veya daha fazla neslin ihtiyaçlarını kapsayan eksiksiz ve karmaşık bir satın alma organizasyonudur. Satın alma davranışı ailenin doğasından etkilenecektir ve sorumlulukları mal ve hizmetler için bir dizi ters talep yaratabilecektir. Aile hayatının tarzı, ailenin toplum içindeki yerini belirlemektedir (Samadi, 2007).

1.3.3.2.3. Sosyal statü

Her insanın yaşamı boyunca sosyal statüsü bir aile grubuna, kulüplere ve organizasyonlara bağlıdır. Bu grupların her biri içindeki kişinin konumu, bireyin rolüne ve durumuna göre tanımlanabilir. Her rol, bir kişiden beklenen faaliyetleri içerir. Birisi bir ailenin kızı rolüne sahip olabilir ve ailesinin yanında bir eş ve bir anne rolüne sahip olabilir ve çalıştığı şirkette sorumlu satış müdürü rolüne sahip olabilir. Bu rollerin her birinin satın alma davranışı üzerinde özel etkileri vardır (Kotler,2009). Her rolün bir saygınlığı vardır. Haysiyet, toplumun bu role duyduğu saygıdır. Genellikle insanlar toplumdaki sosyal rollerinin ve statülerinin habercisi olan ürünleri seçerler (Kotler ve Armstrong, 2006). Bir kişi bir rolü kabul ettiğinde, normatif baskılar, kişinin özel bir şekilde hareket etmesi üzerinde etkilere sahiptir. Tüketici davranışında önemli rol karar verici ile ilgilidir; hangi markayı seçeceğine son kararı o vermektedir (Mown ve Minor, 2009: s.395).

1.3.3.3. Tüketici Davranışını Etkileyen Kültürel Faktörler

1.3.3.3.1. Kültür

Kültür, bir toplum üyesinin aileden ve diğer önemli kurumlardan öğrendiği temel değerler, algılar, istekler ve davranışlar bütünüdür. Temel olarak kültür, her toplumun bir parçasıdır ve bireysel istek ve davranışların önemli nedenidir. Kültürün satın alma davranışı üzerindeki etkisi ülkeden ülkeye değişir, bu nedenle pazarlamacılar farklı grupların, bölgelerin ve hatta ülkelerin kültürünü analiz ederken çok dikkatli olmalıdır. Kültürle ilgili özelliklerin tüketimi şu şekilde sıralanabilir;

- Kültür, ğrenilmiş davranışların bir toplamıdır,
- Kültür gelenekseldir,
- Kültür oluşturulur,
- Kültür değiştirilebilir,
- Kültür farklılıkları benzerlikler olarak içerir,
- Kültür, organizasyon ve yakınsamadır,
- Kültür, topluluk yeleri tarafından paylaşılır,
- Kültür, ihtiyaçları belirler.

lke içindeki tüketiciler arasındaki kültürel farklılıklar, ülke dışındaki tüketicilere göre genellikle daha azdır. lkeler arasında tüketici davranışlarıyla ilgili kültürel farklılıklar oldukça büyüktür.

Alt Kültür

Alt kültürün oluşumunda coğrafı bölgeler ve dinler esastır. Birbirine çok yakın yaşayan bireylerin tercihi farklı olabilir. Farklı alt kültüre mensup bireyler farklı alt kültür değerlerine, diğer alt kültürlere mensup bireylerin tutumlarına ve sosyal yapılarına sahiptirler. Pazarlama karması fiyatının oluşturulmasında, marka tanımlamasında, tutundurma faaliyetlerinde ve ürün konumlandırmasında alt kültürün özelliklerinin bilinmesi önemlidir.

Sosyal Sınıf

Sosyal sınıf, toplumun hiyerarşik olarak düzenlenmesini, her biri sosyal statü veya konum anlamına gelen çeşitli bölümlere atıfta bulunmaktadır. Sosyal sınıf, tüketim kalıplarını, yaşam tarzını, medya kalıplarını, tüketicilerin faaliyetlerini ve ilgi alanlarını etkilediği için tüketici davranışının önemli bir belirleyicisidir.

Sosyal sınıflar; benzer değerleri, ilgileri ve davranışları paylaşan, nispeten homojen ve sürekli olan gruplardır. Sosyal sınıflar, giyim, ev döşemesi, eğlence ve oyun etkinliklerinde, örneğin otomobil ve belirli ürün ve markalarda tercihlerini dile getirirler. Bazı pazarlamacılar çabalarını yalnızca bir sosyal sınıfa odaklamaktadır. Sosyal sınıflar da medya seçimlerinde farklıdır. Üst sınıf tüketiciler kitap ve dergileri tercih ederken, alt sınıf tüketiciler televizyonu tercih etmektedir. Televizyon programları yaparken üst sınıf tüketiciler haberleri ve dramaları tercih ederken, alt sınıf tüketiciler filmleri ve spor arabalarını tercih ediyor. Sosyal sınıflar arasında da dil farklılıkları vardır. Reklamlar, sosyal sınıfta konuşulan dil ile hazırlanmalıdır. Bu nedenle pazarlamacılar, sosyal sınıfa göre belirleyerek iletişim kanallarına ve iletişim tarzlarına hitap etmelidir.

1.3.3.4. Tüketici Davranışını Etkileyen Kişisel Faktörler

Kişisel faktörler, bir kişiye özgü olan ve aynı gruptaki diğer insanlarla ilgili olmayabilen özelliklerdir. Bu özellikler, bir kişinin nasıl karar verdiğini, benzersiz alışkanlıklarını ve ilgi alanlarını ve görüşlerini içerebilir. Kişisel faktörler göz önüne alındığında, kararlar ayrıca yaş, cinsiyet, geçmiş, kültür ve diğer kişisel sorunlardan etkilenir.

a) Yaş: Bir kişinin yaşı önemli kişisel faktörlerden biridir. Alıcı davranışını etkileyen döngünün farklı aşamalarında farklı ürünler satın alırlar. Onların zevki, tercihi vb. yaşam döngüsündeki değişikliklerle de değişir.

b) Meslek: Bir kişinin mesleği satın almasını etkilemektedir. Yaşam tarzları, satın alma düşünceleri ve kararların niteliğine göre büyük farklılıklar gösterir. Örneğin, bir doktorun satın alınması, bir avukattan, öğretmenden, kâtipten kolayca ayırt edilebilir. Yani pazarlama yöneticileri farklı meslek gruplarına göre satın almaya uygun farklı pazarlama stratejileri tasarlamak zorundadır.

c) Gelir: İnsanların gelir düzeyi, uygulayabilecek başka bir faktördür. Tüketim modelinin şekillenmesinde etkilidir. Gelir bir önemli bir satın alma gücü kaynağıdır. Yani, satın alma modeli insanlar farklı gelir seviyelerine göre farklılık gösterir.

d) Yaşam Tarzı: Yaşam tarzı, bir kişinin kalıbına veya ifade edildiği gibi yaşam biçimini temsil eden faaliyet, ilgi ve görüşlerinde çevre ile etkileşime giren “bütün insan” dır. Pazarlama yöneticileri, tüketicilerin yaşam tarzlarına uygun farklı pazarlama stratejileri tasarlamak zorundadır.

1.3.3.5. Tüketici Davranışını Etkileyen Ekonomik Faktörler

1.3.3.5.1. Kişisel Gelir

Bir kişinin kişisel geliri, satın alma davranışını belirler. Bir kişinin brüt kişisel geliri, harcanabilir gelir ve isteğe bağlı gelirden oluşmaktadır. Harcanabilir kişisel gelir, brüt gelirden vergiler ve zorunlu olarak indirilebilir kalemler düşüldükten sonra bir kişinin tasarrufunda kalan gerçek gelirini (yani para bakiyesi) ifade etmektedir. Harcanabilir gelirdeki bir artış, çeşitli kalemlere yapılan harcamalarda bir artışa yol açmaktadır. Harcanabilir gelirdeki düşüş ise çeşitli kalemlere yapılan harcamalarda düşüşe neden olur. İsteğe bağlı kişisel gelir, yaşamın temel ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra kalan bakiyeyi ifade etmektedir. Bu gelir, alışveriş malları, dayanıklı mallar ve lüks malların satın alınması için kullanılabilir. İsteğe bağlı gelirdeki bir artış, bir kişinin yaşam standardını iyileştiren alışveriş malları, lüksler vb. harcamalarında bir artışa yol açar.

1.3.3.5.2. Gelir Beklentisi

Gelir beklentileri, bireyin satın alma davranışının önemli belirleyicilerinden biridir. Gelirinde herhangi bir artış bekliyorsa, alışveriş malları, dayanıklı mallar ve lüks mallar için daha fazla harcama yapmaya meyillidir. Öte yandan, gelecekteki gelirinde herhangi bir düşüş olmasını beklerse, konfor ve lüks harcamalarını kısacak ve harcamalarını çıplak ihtiyaçlarla sınırlayacaktır.

1.3.3.5.3. Tasarruf

Tasarruflar, bir bireyin satın alma davranışını etkilemektedir. Tasarruf miktarındaki bir değişiklik, bir bireyin harcamalarında bir değişikliğe yol açar. Bir kişi mevcut gelirinden daha fazla tasarruf etmeye karar verirse, konfor ve lüks için daha az harcama yapacaktır.

1.3.3.5.4. Tüketici Kredisi

Tüketici kredisi, dayanıklı konfor ve lüks satın almak isteyen tüketicilere sunulan kredi olanağını ifade etmektedir. Satıcılar tarafından doğrudan veya dolaylı olarak bankalar ve diğer finans kurumları aracılığıyla kullanıma sunulur. Kiralama satın alma, taksitli satın alma, doğrudan banka kredileri vb. kredinin tüketicilere sunulma şeklidir. Tüketici kredisi tüketici davranışını etkiler. Liberal şartlarda daha fazla tüketici kredisi mevcutsa, tüketicileri bu malları satın almaya ve yaşam standartlarını yükseltmeye teşvik ettiği için konfor ve lüks harcamalar artar.

1.3.3.5.5. Hazır Değerler

Likit varlıklar, herhangi bir kayıp olmaksızın hızlı bir şekilde nakde çevrilebilen varlıkları ifade etmektedir. Likit varlıklar, eldeki nakit, banka bakiyesi, menkul kıymetleri içermektedir. Bireyin daha likit varlıkları varsa, konfor ve lüks satın almak için hareket edebilir. Öte yandan, daha az likit varlığı varsa, konfor ve lüks satın almak için daha fazla harcama yapamaz.

1.3.4. Feedback (Geribildirim)

Geribildirim, bir aracı (örneğin, öğretmen, akran, kitap, ebeveyn, benlik, deneyim) kişinin performansının veya anlayışının yönleriyle ilgili olarak sağlanan bilgi olarak kavramsallaştırılmaktadır. Bir öğretmen veya ebeveyn düzeltici bilgi sağlayabilir, bir akran alternatif bir strateji sağlayabilir, bir kitap fikirleri netleştirmek için bilgi sağlayabilir, bir ebeveyn cesaretlendirebilir ve bir öğrenci bir yanıtın doğruluğunu değerlendirmek için cevaba bakabilir. Geribildirim bu nedenle performansın bir "sonucudur".

Geribildirim amacını, etkilerini ve türlerini anlamaya yardımcı olmak için, sürekli bir öğretim ve geribildirim göz önünde bulundurmak yararlıdır. Sürekliliğin bir ucunda, talimat verme ile geribildirim sağlama arasında net bir ayrım vardır. Bununla birlikte, dönüt daha çok düzeltici bir gözden geçirme ile birleştirildiğinde, dönüt ve talimat, "kişiyi" yalnızca doğruluk hakkında bilgilendirmek yerine, sürecin kendisi yeni öğretim biçimlerini alana kadar iç içe geçer (Kulhavy,1977: s.212). Bu öğretimsel amacı üstlenmek için, geribildirim, anlaşılan ve anlaşılacak istenen arasındaki boşluğu dolduran öğrenme görevi veya süreci ile ilgili özel bilgiler

sağlaması gerekir ve bunu birçok şekilde yapabilir (Sadler, 1989). Bunlar, artan çaba, motivasyon veya katılım gibi duygusal süreçler yoluyla olabilir. Alternatif olarak, boşluk, anlamaları yeniden yapılandırma, kişilere bunların doğru veya yanlış olduğunu teyit etme, daha fazla bilginin mevcut veya gerekli olduğunu belirtme, kişilerin izleyebileceği yönergeleri gösterme ve/veya alternatif belirtme dahil olmak üzere bir dizi farklı bilişsel süreçle azaltılabilir. Winne ve Butler (1994) bu konuda mükemmel bir özet vermiştir: Geribildirim, bir kişinin bellekteki bilgiyi onaylayabileceği, ekleyebileceği, üzerine yazabileceği, ayarlayabileceği veya yeniden yapılandırabileceği bilgidir, bu bilgi alan bilgisi, üst bilişsel bilgi, benlik ve görevlerle ilgili inançlar veya bilişsel taktikler ve stratejilerdir.

Geribildirim boşlukta hiçbir etkisi yoktur; etkisinde güçlü olmak için, geribildirim ele alındığı bir öğrenme bağlamı olmalıdır. Bu, öğretim sürecinin bir parçasıdır ve kişinin görev performansının bazı yönleriyle ilgili bilgi sağlandığında, bir öğrencinin ilk talimata yanıt vermesinin ardından ikinci sırada gerçekleşir. Tam bir anlayış eksikliği değil, hatalı yorumları ele aldığı çok güçlüdür. İkinci durumda, bir öğrenci için tehdit edici bile olabilir: "Çalışılan materyal tanıdık değilse veya anlaşılmaz ise, yeni bilgiyi zaten bilinenlerle ilişkilendirmenin bir yolu olmadığından, geribildirim sağlamanın kriter performansı üzerinde çok az etkisi olmalıdır" (Kulhavy, 1977: s. 220).

Çevre psikolojisi, çevreyle ilgili davranışı açıklamak ve başarılı davranış değişikliği için bir temel sağlamak için çeşitli modeller geliştirmiştir. Matthies (2005), disiplinin her yerinden teori ve bulguları gözden geçirmiş ve bunları çevresel açıdan ilgili davranışın buluşsal bir modeline entegre etmiştir. Bu entegre model, elektrik tüketimine ilişkin geribildirim tüketimi neden ve nasıl azaltabileceğini açıklamaya yardımcı olmaktadır. Model iki tür eylem arasında ayrım yapar: rutin veya alışılmış davranış (burada şeklin altında "çevreye zararlı alışkanlıklar" şeklinde sunulur) ve bilinçli kararlar (şeklin orta ve üst kısmında temsil edilir). Alışılmış davranış, yansıtılmayan davranıştır. Aynı şekilde düzenli olarak yapılır. Günlük faaliyetlerimizin çoğu alışkanlıktır ve bu aynı zamanda elektrik tüketen çoğu faaliyet için de geçerlidir: Işığı, sobayı veya elektrikli ısıtıcıyı hiç düşünmeden açarız; çamaşır makinesini kullanmayı öğrendiğimiz şekilde kullanırız, çamaşırları yıkadıktan sonra

kurutucuya atmak ya da eve geldiğimizde radyo ya da televizyonu açmak gibi bir rutinimiz vardır. Alışkanlık davranışı işlevseldir, çünkü düzenli olarak yeniden ortaya çıkan ve bir zamanlar öğrendiğimiz veya çözenin bir yolunu bulduğumuz konularda karar verme çabasından ve zamandan tasarruf etmemizi sağlar. Bununla birlikte, alışılmış davranış aynı zamanda en uygun sonuçları da verebilir, çünkü bunu yapmanın en uygun yolunu asla gerçekten düşünülmez. Ya da varsa, durum bu arada değişmiş olabilir ve davranış artık uygun olmayabilir. Çevreyle ilgili davranış alanında, birçok alışkanlık çevreye zararlıdır, çünkü çevre, alışkanlığın oluşturulduğu sırada dikkate alınması gereken bir konu değildir veya o sırada sahip olunan çevresel etkilerle ilgili inançların yanlış olduğunun gösterilmesi veya durumun bir zamanlar yararlı olan bir davranışın artık yararlı olmayacağı şekilde değiştirilmiştir.

Yeni normların ve değerlendirmelerin karar verme sürecine girmesi için bilinçli bir karar alınması gerekir. Bu, alışkanlıkların bir şekilde kırılması gerektiği anlamına gelir. Kişi, aralarından seçim yapabileceği çeşitli seçenekler olduğunu ve bu seçenekleri değerlendirmek için normlara ve kriterlere ihtiyaç olduğunu anlamalıdır. Bu işleme norm aktivasyonu denir. Modele göre norm aktivasyonu üç yapı taşından oluşmaktadır. İlk olarak, kişi bir sorun olduğunu anlamalıdır. Alışılmış bir çözüm yoksa veya herhangi bir çözüm bulunmazsa bir sorun olduğunu fark ederiz. Ancak o zaman sorunu çözmek için davranışını değiştirmeyi düşünecektir. Örneğin, bir kişi yıllık elektrik faturasının yüksek olduğunu fark eder ve bunu tüketim davranışına değil, elektrik fiyatlarına bağlarsa, bu davranış hakkında bir karar vermez. Aynısı, maliyeti davranışına bağlıyorsa, ancak bunu nasıl kontrol edeceğini bilmiyorsa, örneğin, hangi cihazların yüksek tüketime neden olduğu hakkında hiçbir fikri olmadığı için geçerlidir. Norm aktivasyonu tamamlandığında, kişi nasıl davranacağına dair bir karara varmak için farklı güdülerini tartma ve değerlendirme sürecine girer. Modele göre motifler, kişisel normları, sosyal normları ve “diğer güdülerini” içermektedir. Kişisel normlar, kişinin nasıl davranması gerektiğine dair kişisel fikirlerdir. Buna karşılık sosyal normlar, ilgili diğerlerinin hangi normlara sahip olabileceğine dair fikirlerdir. Bunlar önemlidir, çünkü kişiler sosyal ilişkilere değer verirler ve bu nedenle davranışlarını, diğer şeylerin yanı sıra, sosyal olarak istendiğini düşündüklerine göre yönlendirirler. Son olarak, modelde ayrıntılı olarak belirtilmeyen ancak kolaylıkla belirtilebilecek başka motifler de vardır. Bizim durumumuzda, aydınlatma, yemek

pişirme veya ısıtma gibi elektrik tüketimi ile ilgili tüm hizmetlere yönelik ihtiyaç veya arzuyu içerebilirler. Bu hizmetler aynı zamanda rahatlık, rahatlama ya da verimli iş organizasyonu gibi diğer daha genel güdülerle de ilişkilendirilebilir. Son olarak, bu hizmetleri uygun, ucuz veya güvenilir bir şekilde alma istekleri olabilir.

Normlar birbirleriyle ya da diğer güdülerle çatışabilir. Bu nedenle, bir kişinin bir değerlendirme sürecine girmesi gerekir; bu sırada ahlaki, çevresel, kişisel veya sosyal maliyetler ve faydalar tartılır. Bu süreçte normlar ve motifler de eldeki bilgiler ışığında yeniden tanımlanabilir. Sonuç olarak, belirli az ya da çok çevre açısından faydalı bir eylem kararı ortaya çıkmaktadır. Belirli koşullar altında, böyle bir eylem düzenli olarak gerçekleştirilebilir ve yeni bir alışkanlık veya rutine dönüşebilir. Modelde açıkça belirtilmeyen şey, karar sürecini gerçekleştirmek için önemli miktarda bilginin gerekli olduğu gerçeğidir. Temel olarak, bir kişi, onları normlar ve güdüler açısından yargılamak için sorunun doğası, mevcut seçenekler ve bunların ilgili sonuçları hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Böyle bir modelin kategorilerinde düşünmek, geribildirim hangi şekillerde işleyebileceğini tespit etmemizi sağlar. Birincisi, tüketiciye günlük aktivitelerin ne kadar elektrik tükettiğini göstererek dikkati elektrik tüketimine yönlendirebilir. Bu sayede tüketiciler bilinçli karar vermeyi gerektiren bir sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Davranışlarını yansıtmaları, alışkanlıklarını sorgulamaları ve tartışmaları kabul etmeleri için bir kapı açılır. Geribildirim aynı zamanda kişinin kendi davranışının uygunluğunun bilincini de artırabilir. Elektrik tüketimi belirli cihazlar ve faaliyetlerle ne kadar yakından ilişkilendirilebilirse, davranışın uygunluğu o kadar net hale gelir. Cihaza özel geribildirim, tüketicinin belirli bir cihazın veya onu kullanmanın belirli bir yolunun tüketilen elektrik miktarını ve harcanan parayı nasıl etkilediğini tespit etmesine yardımcı olabilir. Bu aynı zamanda kontrol duygusunu da artırır çünkü tüketici davranış veya cihaz stokundaki değişikliklerin sonucu nasıl etkilediğini öğrenebilir.

Bu iki tür geribildirim altında, enerji sağlayıcıları ve enerji kullanıcılarından farklı etkileşim ve yanıt türlerine izin veren alt kategoriler tanımlanmıştır.

Tablo 7:Geribildirim Türleri ve Özellikleri

Geribildirim Türü	Geribildirim Alt Türü	Orta	Bilgi Türü	İletişim
Dolaylı Geribildirim	Standart Faturalandırma	Kağıt	Tarihsel Enerji tüketimi Tarihsel karşılaştırma	Tek yönlü İletişim
	Gelişmiş Faturalama	Kağıt Elektronik ortam (e-fatura)	Enerji tüketimi, ödülleri Enerji Verimliliği Önerileri Sosyal karşılaştırma Tarihsel karşılaştırma	Tek yönlü İletişim
Doğrudan Geribildirim	IHD ile doğrudan geribildirim	Dahili Ekran - Web ortamı	Gerçek zamanlı bilgi - Sosyal karşılaştırma - Tarihsel karşılaştırma	Tek yönlü İletişim
	Bağlı Cihazlarla Doğrudan Geribildirim	Dahili Ekran - Web ortamı - Akıllı Sayaç	Gerçek zamanlı bilgi - Cihaz ayrıştırma - Sosyal karşılaştırma - Tarihsel karşılaştırma	İki yönlü İletişim

Motivasyon düzeyinde, iyileştirilmiş geribildirim, elektrik tasarrufuna yardımcı olan diğer güdüleri harekete geçirebilir. Sorunu nasıl çerçevelediğine bağlı olarak, geribildirim, maliyet tasarrufu veya çevresel etkiyi en aza indirme arzusunu harekete geçirebilir. Karşılaştırmalı geribildirim (aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır) bir rekabet duygusunu canlandırabilir. Teşvik karakterini daha da geliştirmek için geribildirim, fiyat teşvikleri, hedef gibi diğer araçlarla birleştirilebilir. Bu

düşüncelerden, geribildirim en etkili olduğu hipotezleri çıkarılabilir: Tüketicinin dikkatini başarılı bir şekilde çeker ve belirli eylemler ve etkileri arasında yakın bir bağlantı kurar ve maliyet tasarrufu gibi farklı tüketici gruplarına hitap edebilecek çeşitli güdüleri harekete geçirir; kaynak koruma, emisyon azaltma, rekabet ve diğerleri.

1.3.4.1. Doğrudan Geribildirim

Tüketimin doğrudan görüntülenmesi, tüketicilere kullandıkları elektrik miktarı kWh, para veya atmosfere yayılan emisyonlar açısından bilgi şansı vermektedir. Bu tür bilgileri sağlamanın birkaç yöntemi vardır:

- Nispeten basit arayüzler olan ev içi ekranlar (IHD), fiyat sinyalleri gönderme kapasitesine sahip tüketici için anında enerji kullanımı geribildirimini sağlamaktadır. Bilgi türü çok basit ve doğrudandır.
- Yük monitörleri, bir cihazın enerji tüketimi hakkında basit bilgiler vermekte ve elektrik prizi ile cihaz arasına yerleştirilmektedir. Yük monitörleri tarafından sağlanan bilgi türü, bu parametreler kullanıcı tarafından yükleniyorsa, enerji tüketimi ve nihayetinde ilgili maliyetlerin hesaplanması ile sınırlıdır.
- Akıllı hub'lar, tüm cihazların işlevlerini entegre etmek ve hepsiyle bir ev ağı içinde uyumlu bir şekilde iletişim kurmak için akıllı ev ortamında birkaç akıllı bağlantılı cihazı birleştiren cihazlardır.
- Ana işlevleri enerji verilerinin toplanması ve nihai tüketiciye iletilmesi olan enerji portalları. Evdeki akıllı sayaçlardan veya akıllı cihazlardan enerji tüketim bilgilerini alır ve ayrıntılı ve neredeyse gerçek zamanlı enerji tüketimine izin vererek, ev sakinlerinin alınan bilgilere göre hareket ederek cihazları uzaktan kontrol etmelerini sağlamaktadır (Serrenho,2019).

Bu cihazlardan biri ev ortamına kurulduğunda, nihai enerji tüketicisi, enerjinin nasıl kullanıldığına dair gerçek zamanlı bilgilere erişebilmektedir. Ancak bu her zaman bir kişinin tüketimine gerçek zamanlı olarak danışmanlık etmez. Bu, enerji tüketicisinin ev cihazlarını yönetmesine, açmasına veya kapatmasına veya cihaza özel geribildirim almasına olanak tanımaktadır. Hanehalklarını sağlanan verilerle meşgul

etmek için, parasal veya enerji açısından (Buchanan vd 2014), sayısal veya grafik ekranlar kullanılarak (Chiang vd 2012) verilerin nasıl sunulduğuna veya tüketime harcanan miktarın gerçeklere göre mi yoksa zarar olarak mı gösterildiğine dikkat edilmelidir.

Doğrudan ekranlar ölçüm cihazının tamamlayıcısıdır. Neredeyse tamamı elektrik tüketimini göstermektedir, ancak önceki günün gaz tüketimini hava durumuna göre ayarlanmış bir hedefle ilişkili olarak gösteren ve kontrollere karşı %10 tasarruf sağlayan bir ekranla ilgili kaydedilmiş bir deneme vardır. 1998'de Japonya'da 319 hanenin enerji tüketimini IHD (in-home displays) ile gözlemleyen bir çalışma vardır. Bu programda monitör kullanım sıklığının etkisi test edilmektedir. Monitöre erişim sayısı ne kadar yüksek olursa, insanların o kadar yüksek enerji tasarrufu sağlayabileceği sonucuna varılmaktadır (Faruqui vd 2012:s.53).

2007'de San Diego Gas & Electric, Kaliforniya'da 300 katılımcıyla bir pilot program yürütmüştür. Bu 300 hane halkı ayda 700 kWh'den fazla elektrik tüketmekte ve özellikle evde yüzme havuzu bulunmaktaydı. Ev içi ekran cihazlarına (IHD) ek olarak tüketiciler telefon görüşmeleri ve e-postalarla uyarılmıştır. Elektrik tüketimi yüksek olan kişiler hedef alınmış ve yoğun saatlerde, telefon görüşmeleri ve e-postalarla uyarılarak, tüketimlerini azaltmaları beklenmiştir. Çalışmanın sonunda tüketimlerinde yaklaşık %13 azalma olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak geribildirim çok çeşitli uygulamaları kapsar ve bunlar en iyi şekilde analiz edilmekte ve bağlam içinde anlaşılmaktadır. Buradaki genel fikir, geribildirime enerjinin temini ve kullanımı hakkında 'zımni bilgi' veya teknik bilgi birikiminin oluşturulmasına katkısı açısından bakmaktır. Bunda insanlar enerji kullanımları ile ilgili bilgileri alırlar, hareket ederler (bir şekilde davranışlarını değiştirirler) ve mevcut herhangi bir geribildirim yorumlayarak neler olduğunu anlarlar. Bu üç unsur her zaman düzgün bir sırayla gerçekleşmez, ancak bir kişi enerji kullanımını öğrendiğinde hepsi dâhil olur (Darby,2006:s. 8).

1.3.4.2. Dolaylı Geribildirim

Dolaylı enerji geri besleme sistemleri, enerji tüketiminden sonra geri besleme sağlamaktan oluşan nihai enerji tüketicilerine geribildirim vermek için kullanılan en

yaygın stratejilerdir. Bu, geleneksel olarak enerji perakendecisi veya dağıtıcısı tarafından sağlanan standart ve gelişmiş Standart faturalandırmayı içermekte ve temel olarak belirli bir süre boyunca kağıt fatura yoluyla veya bazı ek bilgiler vererek elektronik bir şekilde kullanılan enerji miktarını tanımlamaktadır. Bu geribildirim araçlarının sıklığı ve faturanın tahmini tüketime mi (geçmiş kayıtlara göre) yoksa gerçek tüketime mi (gerçek sayaç okuması) dayandığı, tüketicinin taahhüdü ile ilgili önemli hususlardır. Örneğin, bir tüketici yıl boyunca gerçek tüketimden bağımsız olarak sabit bir oran ödüyorsa, bu enerji tasarrufunu caydırabilir (Fischer, 2008).

Kamu hizmeti şirketleri, tüketimlerini gözlemlemek yerine yalnızca tüketim verilerini kaydeder ve müşterilere geribildirimde bulunmaktadır (Meyel,1987). Elektrik faturası, dolaylı bir geribildirim yöntemi olarak kabul edilmekle birlikte, akıllı sayaçların kullanılması hanelerin tüketimlerini kontrol etmelerine yardımcı olmaktadır. Evde akıllı sayaç bulunduran tüketiciler günün farklı dönemleri için farklı fiyatlardan ücretlendirildiğini gözlemleyebilirler. Bu nedenle akıllı bir sayacın varlığı ile kullanımlarını daha sürdürülebilir bir şekilde planlayabilmektedir(Wood ve Newborough,2003:s.830).

Tüm bunlara yanı sıra, akıllı şehir, bilgi ve iletişim teknolojisi (ICT) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi en son teknolojileri, güvenli bir şehir yönetimi biçiminde entegre etmek için bir kentsel gelişim vizyonu olarak önerilmektedir (Deakin,2014). Yönetim; konut/ticari binalar, okullar, kütüphaneler, ulaşım, hastaneler, elektrik üretim/dağıtım ağları, su tedarik ağları, atık toplama/taşıma/bertaraf, kanun yaptırımı ve diğer toplum hizmetlerini içermektedir. Akıllı bir şehir, gerçek zamanlı bilgilerin kullanımını teşvik eder ve insanların şehri geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında önemli ölçüde geliştirilmiş verimlilikle yönetmeleri için etkileşimli bir platform sağlamaktadır. Genel olarak, bir akıllı şehir aşağıdaki üç özelliğe sahiptir:

- (i) Enstrümantasyon İstihbaratı - güçlü ve sağlıklı bir ekonomik, sosyal ve kültürel gelişimi desteklemek için gerçek zamanlı bilişim aracılığıyla fiziksel altyapının verimli kullanımı;
- (ii) (Kolektif İstihbarat yerel yönetişim ve karar alma süreçlerinde sakinlerle etkileşimli etkileşim;

- (iii) Uyarlanabilir Zeka, şehirde meydana gelen değişen koşulların üstesinden gelmek için kendi kendine uyarlanabilir öğrenme ile hızlı yanıt (Difallah vd 2013:s. 42).

Dolaylı geribildirim yöntemlerine değinilecek olursa;

Kendi kendine sayaç okuma yöntemi, hanehalklarının sayaçlarını herhangi bir açıklama olmaksızın tek tek okumak anlamına gelir, tüketiciler bu yöntemle yalnızca sayaçlarındaki değişiklikleri gözlemlemektedir. Meyel tarafından yapılan bir araştırma, insanların enerji sayaçları hakkındaki bilgi düzeylerinin ve anlayışlarının düşük olduğunu göstermektedir. Katılımcıların yarısından fazlası gaz veya elektrik sayaçlarının nerede olduğunu bilmediği ve %45'i ise sayaçları okuyamadığı gözlenmiştir. Winett vd kendi kendini izlemenin ve günlük geribildirim etkilerini incelemiş ve günlük geribildirim alan hanelerin %13 daha az elektrik kullandığı ve dış mekan sayaçlarını okuyan hanelerin elektrik tüketimini %7 azalttığı sonucuna varmıştır.

Ön ödeme yönteminde ise tüketiciler elektrik için peşin ödeme yapmaktadır. İnsanlar kartlarında kredi olduğu sürece elektriği kullanmakta ve kartlar aracılığı ile tüketimleri hakkında bilgi sağlamaktadırlar. 1993 yılında Arizona'da 100 katılımcıyla bir “kullandıkça öde” projesi yürütülmüş ve ortalama %12,8 enerji tasarrufu sağlamıştır. Kanada'daki Woodstock Hydro daha önce benzer bir çalışma yürütmüş ve elektrik tüketiminde %15 azalma sonucuna varmıştır (Faruqui,2012).

Yeni faturalandırma biçimi, elektrik müşterileri için en yaygın geribildirimlerdir. Bazı grafikler ekleyerek faturaları daha bilgilendirici hale getirmenin birkaç yolu vardır. Bu grafikler, hanehalklarının enerji kullanım eğilimlerini görselleştirerek, enerji kullanımının önceki ayla veya önceki yılın aynı ayıyla karşılaştırılması ve komşular gibi diğer kullanıcılarla karşılaştırmalar yaparak anlayışın ve farkındalığın artmasına yardımcı olacaktır (Martiskainen,2007).

Sonuç olarak, dolaylı geribildirim (normalde faturalama yoluyla enerji kullanıcısına ulaşmadan önce bir şekilde işlenen geribildirim), alan ısıtmadaki değişikliklerin tüketimi, hane kompozisyonu ve verimlilik önlemlerinde yatırımların etkisi üzerindeki herhangi bir etkiyi göstermek için genellikle doğrudan

geribildirimden daha uygundur. Çünkü dolaylı geribildirim, büyük olasılıkla ısıtma yüküne ne olduğuna dair ikna edici bir resim sunarken, anlık doğrudan geribildirim, daha küçük son kullanımların etkisini göstermektedir (Darby,2006: s.4).

Geçmiş geribildirimler (daha önce kaydedilen tüketim dönemleriyle karşılaştırıldığında), karşılaştırmalı veya normatif olmaktan (diğer hane halklarıyla veya bir hedef rakamla karşılaştırıldığında) daha etkili görünmektedir. Elektrik sayacında son kullanıma göre ayrıştırılan geribildirim nispeten pahalıdır ve sağlanması karmaşıktır. Anlık, kolayca erişilebilen bir ekran, su ısıtıcısı açıldığında tüketimdeki artışı veya bir radyo, elektrikli süpürge veya ekmek kızartma makinesinin göreceli önemini göstererek tüketiciye farklı son kullanımlar hakkında yeterli bilgi verebilir. Ortalama bir evde enerji kullanımının son kullanımlar arasında nasıl ayrıştırıldığına dair bilgiler de genel bir rehber olarak faturada verilebilir. Doğru ve sık faturalama, ev sahibine yılın farklı zamanlarında bir otomatik ödeme hesap özetiinden elde edilebilecek olan ısıtma yükü hakkında çok daha iyi bir fikir verecektir.

1.3.4.3. Dinamik Fiyatlandırma

Fred Kahn, elektrik gibi düzenlenmiş hizmetlerin fiyatlarını belirlemek için sağlam ekonomik ilkeleri kullanma konusunda tutkulu bir savunucudur. The Economics of Regulation: Principles and Institutions (Kahn, 1970) adlı eseri, marjinal maliyet fiyatlandırma ilkelerinin düzenlenmiş hizmetler için oran yapılarının tasarımına uygulanmasına birkaç bölüm ayırmıştır. New York Kamu Hizmeti Komisyonu'nun Başkanı olarak, marjinal maliyet fiyatlandırma ilkelerini daha iyi yansıtmak, daha geniş anlamda verimliliği artıracak düzenleyici politikaları benimsemek ve elektrik hizmet oranlarını yeniden düzenlemek için düzenleyici süreçler başlatarak akademik araştırmasını uygulamaya koymaya çalışmıştır. Kahn'ın kamu hizmeti oranı yapılarının verimliliğini artırmak için düzenleyici reformlar yürütmeye olan ilgisi, onu ABD'deki perakende elektrik tüketicileri için en yüksek yük fiyatlandırmasının aktif bir savunucusu yapmıştır (Joskow ve Wolfram,2012: s.1). Daha verimli fiyatların, en yüksek talebi ve bunu karşılamak için yeterli kapasite oluşturma ihtiyacını azaltacağını ve ekonomik refahta genel bir artışa yol açacağını anlamıştır. Ayrıca, bu tür fiyatlandırma değişikliklerinden kazananlar ve kaybedenler olacağını anlamış ve dezavantajlı tüketiciler üzerindeki olumsuz etkileri (örneğin

doğrusal olmayan tarifeler) hafifletmek için tek tip fiyatlandırmadan daha az çarpıtıcı mekanizmaları incelemiştir (Kahn,1979: s.2).

Oldukça yakın zamana kadar, marjinal maliyet fiyatlandırma ilkelerinin elektriğe uygulanması, Avrupa'da birkaç ülkeyle (Mitchel vd 1978) ölçüm ve veri işleme maliyetlerinin nispeten düşük olduğu potansiyel verimlilik kazanımları ve tüketici tepkilerini ölçmek için tasarlanmış az sayıda pilot programla karşılaştırıldığında düşünülen daha büyük müşterilerle sınırlıydı. Bu nedenle, Kahn'ın bir öğretmen, akademisyen ve ABD düzenleyici olarak çabalarına rağmen, zamanla değişen elektrik fiyatlandırma düzenlemelerinin yayılması, Federal Enerji Düzenleme Komisyonu tarafından yürütülen ABD A 2010 anketinde özellikle yavaş olmuştur (FERC,2011, s.28-99). Konut tüketicilerinin yalnızca yüzde birinin kullanım süresi oranlarına göre faturalandırıldığını ve yalnızca bir avuç kamu hizmetinin, oranların gerçek zamana göre değiştiği veya marjinal maliyetlerdeki gerçek zaman değişikliklerine yakın olduğu "dinamik" fiyatlandırma sunduğunu belirtmiştir. Buna göre, ABD'deki hemen hemen tüm konut ve küçük ticari tüketiciler, genel arz ve talep koşullarındaki, marjinal maliyetlerdeki veya toptan satış piyasa fiyatlarındaki değişikliklerle önceden veya gerçek zamanlı olarak değişmeyen oran yapıları üzerinden elektrik satın almaktadır.

Dinamik fiyatlandırma, perakende elektrik sektöründe ortaya çıkan araştırma alanlarından biridir. Talebe göre farklı zamanlarda farklı fiyatlar uygulayarak azami yükü azaltabilen bir talep tarafı yönetim tekniğidir. Bu azami yük kapasitesi, yoğun olmayan dönemlerde boşa kalır ve bu da fırsat maliyeti ve sistem verimliliği kaybına neden olur. Dinamik fiyatlandırma, talebi zirveden zirveye kaydırabilir ve büyük sermaye yatırımlarının önlenmesine yardımcı olabilir.

Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma (RTP)

Gerçek zamanlı fiyatlandırma, tüketicileri herhangi bir zamanda gerçek elektrik maliyeti hakkında bilgilendirir ve bu yöntem tüketicilerin elektrik kullanımlarını buna göre ayarlamalarına olanak tanır; örneğin, daha ucuz fiyatlar ödemek için talebin düşük olduğu dönemlerde kullanımı planlamak gibi.

Kritik Zirve Fiyatlandırma (CPP)

Daha yüksek talep dönemlerinde elektrik fiyatı artacaktır, bu önlemlerde tüketiciler bu dönemler konusunda uyarılmakta ve tüketimini azaltmaları beklenmektedir. Avustralya, 2004 yılında 200 hane ile IHD'yi test etmek için kritik en yüksek fiyatlandırma sağlayan bir pilot program yürütmüştür. IHD, gerçek zamanlı elektrik tüketimi bilgilerini hem parasal hem de çevresel terimlerle gösterecek ve yoğun, yoğun olmayan ve kritik yoğun saatlerde farklı fiyatlar için farklı renkler gösterecek şekilde donatılmıştır. 12 aylık dönemde %8 tasarruf ve faturalarda %16, talep yanıtında ise %30 azalma gerçekleşmiştir (Faruquie vd 2012).

Kullanım Süresi Fiyatlandırması (TOU)

Kullanım Süresi (TOU) fiyatlandırması, elektrik için ödediğiniz fiyatın günün saatine bağlı olarak değişmesi ve bu bilgilere ilişkin geribildirimlerin verilmesi anlamına gelmektedir (Khan,2012). Hydro One Networks 2007 yılında 486 müşteriyle bir çalışma gerçekleştirmiş ve elektrik tüketimini dört farklı grupta gözlemlemiştir. Birinci grup TOU oranlarına tabi tutulmuş ve IHD'ler verilmiştir, ikinci grup TOU'ya tabi tutulmuş ve teşvikler almıştır, üçüncü grup sadece IHD'ye sahipti ve son olarak dördüncü grup TOU oranları, IHD cihazları veya herhangi bir teşvik içermemekteydi. Sonuçlar, IHD'nin tüketimi azaltmak için en güçlü araç olduğunu gösterdi. IHD'ler ile TOU oranları verildiğinde, etki daha güçlüydü (%7,60 koruma). Her iki teknik de elektrik talebini azaltmak için faydalı bulunmuştur. TOU talebi %3,7 azaltırken, mevcut IHD azaltımı talepte %5,5 olmuştur (Faruquie vd 2012).

Perakende elektrik piyasaları genellikle sabit fiyatlandırma veya blok fiyatlandırma sunmaktadır. İlk durumda talepten bağımsız olarak fiyatlar değişmeden kalırken, ikincisinde, elektrik tüketiminin artan slabları ile birim başına elektrik oranı artmakta veya azalmaktadır. Bununla birlikte, pik talepleri karşılamak için üretim maliyetleri, yoğun olmayan talep için olanlarla karşılaştırıldığında yüksektir, çünkü pik zaman üreten birimlerin çoğu temel yük birimlerinden daha yüksek işletme maliyetlerine sahiptir. Sabit oranlar müşterilere belirsizlik içermeyen elektrik faturaları sunsa da, bunlar maliyetli kapasite ilavelerine yol açmaktadır. Dinamik fiyatlar, puant talepteki azalmanın yanı sıra, her tüketiciye sadece yükü kaydırarak

tüketim modelini değiştirerek elektrik faturasını sabit bir tüketim seviyesinde azaltma fırsatı da sunmaktadır (Dutta ve Mitra,2017:s.1131).

1.3.4.4. Ödül ve Teşvikler

Parasal ödüller insanları enerji tasarrufu yapmaya motive edebilmektedir (Abrahamse vd 2005: s.280). Dwyer, teşviklerin veya ödüllerin en iyi geribildirimle birlikte kullanıldığında işe yaradığını, aksi takdirde haneler performanslarını izleyemeyeceğini belirtmektedir. Dahası, ödüller veya teşvikler, enerji tasarrufu yapıp yapmasalar da hanehalklarına geribildirim vermenin bir yolu olarak görülebilmektedir. Ödüller, iyi tasarlanırsa etkili olabilmektedir, ancak araştırmalar, ödüllerin ve teşviklerin etkilerinin her zaman uzun vadede sürdürülmediğini, çoğu durumda yalnızca müdahale uygulandığı sürece olduğunu göstermektedir (Martiskainen,2007: s.16).

Winett vd, geribildirim ve bilgi ile birlikte yüksek ve düşük parasal ödüller arasındaki farkları incelemiştir. Müdahalenin ilk ayında müdahale başarılı olmuş ve her iki gruptaki haneler diğer gruplardan daha fazla enerji tasarrufu yapmıştır (Winett,1978: s.79). Müdahalenin ikinci bölümünde, başlangıçta yalnızca bilgi alan hanelere artık yüksek bir ödül verilmiş ve bu %7,6'lık tasarrufla sonuçlanmıştır. İki ay sonra, yüksek bir ödül, geribildirim ve bilgi alan haneler elektriklerinde %12 azalma sağlamıştır (Abrahamse vd 2005:s.282)

Hayes ve Cone, ABD, Batı Virginia'daki öğrenci sakinleri üzerinde bir deney yapmıştır. Deney, enerji kullanımını azaltmanın en etkili yöntemini bulmaya çalışmaktaydı. Hanehalkının tasarruf oranı, enerji bilgisi veya tüketimle ilgili günlük geribildirim ile ilgili parasal ödemelerin tüketimde daha yüksek bir azalmaya yol açıp açmayacağı incelenmiştir (Hayes ve Cone,1981: s.85).

Ödemeler, tüketimde ani ve uzun süreli düşüşlerle sonuçlanmış; ortalama azalma %33 bulunmuştur. Geribildirim ayrıca tüketimi %18 oranında düşürmüştür. Bununla birlikte, deneklere yalnızca bilgi verildiğinde, etki kısa vadede etkili olmuştur. Başlangıçta %30 azalma sağlanmış ancak iki hafta sonra bu oran %9'a düşmüştür (Wood ve Newborough,2003:s.760).

İKİNCİ BÖLÜM

2.ENERJİ TÜKETİMİNDE DAVRANIŞ DEĞİŞİKLİKLERİ VE META ANALİZ YÖNTEMİ

Hanehalkının elektrik tüketimini azaltmayı teşvik etmek için kullanılan temel stratejiler; parasal ve parasal olmayan teşvikler olarak ayrılmaktadır. Bu bölümde, literatürde kullanılan farklı stratejilerden ve test edilecek hipotezlerden bahsedilecektir.

2.1. HANEHALKI ELEKTRİK TÜKETİMİNİ AZALTMAYA YÖNELİK TEŞVİKLER

Enerji kullanımına yönelik ulusal ve küresel odak, tüm zamanların en yüksek seviyesindedir. Fizik bilimciler alternatif enerji kaynakları geliştirmek için çalışıyor olsalar da, psikologlar davranış değişikliği yoluyla talep tarafını azaltmaya yönelik müdahaleler geliştirip test ederek bu konuya katkıda bulunabilmektedirler. Aynı evlerde enerji kullanımının %260'a varan oranda değiştiği bulunmuştur (Parker, Mazzara ve Sherwin, 1996), bu da binanın kendisine ek olarak bina içindeki kişilerin davranışlarının genel enerji kullanımını etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle, davranışı hedefleyen müdahaleler önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir.

Tüketiciler açısından ekonomik fedakârlık veya refah kaybı olmaksızın kısa vadede ev içinde enerji kullanımında düzinelerce değişiklik yapılabilir (Dietz vd 2009; Gardner ve Stern, 2008). Hanehalkı enerji tasarrufu, 2020 yılına kadar 300 milyar dolara kadar brüt enerji tasarrufu sağlayabilecek %25'e varan potansiyel maliyet tasarrufuyla, hâlihazırda mevcut teknolojiyi kullanarak emisyonları azaltmanın verimli ve etkili bir yolu olarak tanımlanmaktadır (Granade vd 2009). Bu tasarruf potansiyeli, yani "davranışsal kama", "hem daha yavaş hareket eden iklim azaltma önlemleri için zaman kazanmak için kısa vadeli bir köprü hem de uzun vadeli kapsamlı bir yerel ve küresel iklim stratejisinin önemli bir bileşenini" sağlamaktadır (Dietz vd 2009:18455). Çeşitli enerji tasarrufu eylemleri teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olsa da, yaygın enerji tasarrufu geride kalmakta ve politika yapıcılar rehberlik için psikologlara giderek daha fazla bakmaktadır (Lutzenhiser vd 2009; C. Wilson ve Dowlatabadi, 2007). Otuz yıl önce, Bittle, Valesano ve Thaler (1979–1980),

mevcut kaynakların korunması ihtiyacının sosyal bilimcilere, daha büyük bir uyum içinde var olmamızı sağlayacak şekilde insan davranışlarını yönlendirmek için teknikler geliştirme fırsatı sunduğunu söylemiştir. Bu şimdi her zamankinden daha doğru ve konutlarda enerji korumasını destekleyen psikolojik müdahalelerin analizi, hayati ve önemli bir çalışma konusudur. Bu tür umut verici müdahalelerden biri, bireylere ve gruplara enerji kullanımları hakkında geribildirim sağlanmasıdır. Geribildirim, insanlara davranışları hakkında, gelecekteki eylemleri güçlendirmek ve/veya değiştirmek için kullanılabilecek bilgiler verme sürecini ifade eder. Aynı zamanda, davranış değişikliğinin önemli bir boyutu olarak kabul edilir (Bandura, 1969; Skinner, 1938). Enerji alanındaki geribildirim, algılama teknolojisindeki ve enerji bilgisine izin veren enerji altyapısındaki değişiklikler nedeniyle son yıllarda artan bir ilgi görmüştür. Dünya genelindeki elektrik altyapısını akıllı bir şebekeye yükseltmek için milyarlarca dolar harcanıyor; buna geleneksel elektrik sayaçlarının, şebekeye ve potansiyel olarak tüketiciye de kablosuz bilgi aktarımına izin veren dijital sayaçlarla değiştirilmesi dahildir. Hanehalkı elektrik tüketimini herhangi bir maliyete katlanmaksızın azaltmaya yönelik uygulanan teşvikler aşağıda özetlenmiştir.

2.1.1. Parasal Teşvikler

Parasal teşvikler elektrik maliyeti bilgileri ve fiyatlandırma stratejileri (Dinamik Fiyatlandırma) olarak 2'ye ayrılmaktadır. Parasal bilgiler, doğrudan bir parasal teşvik olmamasına rağmen, bu tür teşvikler bilgileri parasal olarak göstererek haneleri elektriğe ne kadar harcadıkları veya ne kadar tasarruf ettikleri konusunda bilgilendirdiği için buraya dâhil edilmiştir. Hanehalklarına elektrik tüketim maliyetlerinin ne kadar olduğu konusunda bilgi sağlayarak (tüketilen elektrik miktarına ilişkin bilgilerin aksine) haneler, elektrik tüketimini azaltmanın parasal faydalarını görebilmektedir (Hargreaves vd 2010; Raw ve Ross, 2011).

Ayrıca konut evlerine akıllı sayaçların kurulumuyla, dinamik fiyatlandırma gibi fiyatlandırma stratejilerinin uygulanmasının önündeki büyük bir teknolojik engel kaldırılmıştır. Dinamik fiyatlandırma, tüketicilere elektrik piyasasında arz ve talep dengesini korumak için elektriğin perakende fiyatını toptan satış fiyatı ile daha iyi hizalayarak en yoğun (en yüksek) dönemlerde elektrik tüketimini azaltmaları için ekonomik teşvikler sağlamaktadır (Borenstein ve diğerleri, 2002). Bu tür fiyatlandırma

programları, yüksek talep dönemlerinde talebi azaltmada etkilidir ancak genel talebi azaltmada mutlaka etkili değildir (Torriti, 2012).

Öte yandan bu tür stratejiler, tüketimi azaltmaya yönelik davranışlar en yoğun dönemlere taşındığında yayılma etkilerine yol açabilmektedir (Allcott, 2011a). Bu tür fiyatlandırma stratejileri bu nedenle mevcut meta-analize dâhil edilmiştir.

Hipotez 1a: Fiyatlandırma stratejileri elektrik talebini azaltır.

Hipotez 1b: Parasal bilgi elektrik talebini azaltır.

2.1.2. Parasal Olmayan Teşvikler

Parasal olmayan teşvikler literatürde kişisel ve sosyal geribildirim olarak ifade edilmektedir.

2.1.2.1. Kişisel Geribildirim

Tüketici davranışı karmaşıktır ve geleneksel ekonomik karar verme teorilerini nadiren takip etmektedir. Hangi ürünleri satın alacaklarını veya hangi hizmetleri kullanacaklarını seçerken, insanlar genellikle akıllı kararlar aldıklarını ve niyetleriyle son derece rasyonel ve uyumlu bir şekilde davrandıklarını düşünmektedirler. Ancak günlük yaşam, bunun çoğu zaman böyle olmadığını göstermektedir. İnsanlar rutin olarak, optimum eylem planını seçmeden önce tüm alternatiflerin maliyetlerini ve faydalarını objektif olarak tarttığı, insan davranışının 'rasyonel seçim' modelinden sapmaktadır.

Kişisel geribildirim, bir hanehalkının enerji monitörü aracılığıyla gerçek zamanlı olarak iletilebilen, çevrimiçi bir portalda erişilebilir hale getirilebilen veya aylık fatura olarak teslim edilebilen kendi tüketimidir. Bu geribildirim türünde, hanelere önceki gün, ay veya yıl gibi farklı bir dönemdeki tüketimiyle karşılaştırmalı olarak veriler sağlanmaktadır. Bu tür geribildirimler; ayrıntılı elektrik faturaları, bir web sitesi, e-posta veya evde gerçek zamanlı bir monitör aracılığı gibi çeşitli şekillerde alınmaktadır.

Bireysel elektrik tüketimine ilişkin bilgilerin sağlanması, hanelerin elektrik tüketimleri hakkında daha fazla farkındalık geliştirmelerini sağlamaktadır. Bu tür bilgiler, bir dönemden diğerine tüketimlerini karşılaştırarak, hanelerin hangi davranışlarının tüketimin artmasına neden olduğunu görmelerine, böylece elektrik tüketim faaliyetlerini takip etmelerine ve en çok ne zaman ve nasıl elektrik tükettiklerini, dolayısıyla ne zaman ve nasıl azaltacaklarını belirlemelerine yardımcı olmaktadır (Frederiks vd 2015).

2.1.2.2. Sosyal Geribildirim

Sosyal geribildirim, son zamanlardaki deneysel çalışmalarda giderek daha fazla araştırılan, sosyal ve ihtiyati norm kavramlarını kullanan bir müdahaledir. Sosyal normlar, “bir grubun üyeleri tarafından anlaşılan ve insan davranışını yönlendiren ve/veya kısıtlayan kurallar ve standartlar” olarak düşünülmektedir (Cialdini ve Trost, 1998: 152). Sosyal norm iki şekilde tanımlanmaktadır (Cialdini vd 1990).

Belirli bir durumda hangi eylemlerin yaygın olduğuna dair inançlara tanımlayıcı sosyal normlar denir. Belirli bir durumda ne yapılması gerektiğine dair inançlara, ihtiyati sosyal normlar denir. Kaynak korumayı teşvik etmek için müdahalelerde kullanıldığında, diğer insanların ne yaptığı ve/veya diğer insanların neyi onaylayıp neyi onaylamadığı hakkında bilgi aktarılabilir. Sosyal normlar, insanların sosyal durumları (özellikle yüksek derecede belirsizlik veya muğlaklıkla karakterize edilenleri) insanların nasıl davranmaları beklendiği açısından anlamlandırmalarına yardımcı olan ipuçlarıdır (Cialdini ve Goldstein, 2004). İnsanlar, sosyal onay almak veya sosyal yaptırımlardan kaçınmak için sosyal normlara bağlı kalırlar, böylece diğer insanlar onlardan hoşlanır (Cialdini ve Goldstein, 2004; Keizer ve Schultz, 2012). Bir sosyal norm, diğer hanehalklarına kıyasla kişisel tüketimin tanımlayıcı tüketim geribildirimini ifade etmektedir. Bir ihtiyati norm, belirli bir davranışın sosyal olarak onaylanıp onaylanmadığını pekiştirmektedir. Elektrik tüketimi durumunda, bir ihtiyati norm, hanehalkının tüketiminin toplum yanlısı olup olmadığını, yani hanenin düşük tüketimli bir hane olup olmadığını teyit etmektedir. Elektrik tüketimi açısından değerlendirmek gerekirse; sosyal geribildirim, komşular veya benzer haneler gibi başkalarının tüketimi hakkındaki bilgileri ifade etmektedir. Bu tür geribildirimler, bireylerin karmaşık kararlarını basitleştirmek için sezgisel yöntemleri veya pratik

kuralları kullandıklarını öne süren davranışsal ekonomi ve psikolojideki teorilere dayanmaktadır (Samson vd 2018). Mevcut bağlamda, haneler, komşularının ortalama tüketimine göre tükettikleri konusunda bilgilendirilmekte ve olumlu pekiştirme yoluyla komşularından daha az tükettiklerinde davranışlarının sosyal olarak onayını almaktadırlar (Schultz vd 2007).

Araştırmalar, farkında olmadığımız zamanlarda bile davranışlarımıza sosyal normların rehberlik edebileceğini göstermektedir (Aarts ve Dijksterhuis, 2003; Keizer vd 2008; Nolan vd 2008). Normatif davranışın odak teorisine göre (Cialdini ve diğerleri, 1991), normlar belirgin hale getirildiklerinde davranışa rehberlik etmektedir. Önleyici normların dahil edilmesi, ortalamadan daha az tüketen hanelerin toplum yanlısı davranışlarda bulundukları ve bu nedenle tüketimlerini artırmadıkları fikrini pekiştirmektedir (Cialdini vd 1990). Bu tür geribildirim yöntemleri ancak iki mekanizma aracılığı ile başarılı olabilmektedir: bir mahallede rekabet yaratarak veya enerji tüketiminin toplumsal maliyetini vurgulayarak. İkincisi ile ilgili olarak, bu tür geribildirimler, diğerlerinin daha fazla tükettiği bir koşullu iş birliği durumu yaratabilmektedir (Allcott, 2011b).

2.2. SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ

Sanayi devrimi on sekizinci yüzyılın ortalarında başlamış ve insanlara; hayvan ve insan gücünün çok ötesinde yetenekler sağlamıştır. Buharla çalışan trenler ve gemiler ve ardından içten yanmalı motorlar, insanların dünya çapındaki hareketlerini değiştirmiştir. Elektrifikasyon ve ilgili teknolojiler on dokuzuncu ve yirminci yüzyıllarda devrimini sürdürmektedir. Bu sayede evleri kışın sıcak, yazın serin tutmakta ve geceleri aydınlatmaktadır.

Sanayi devriminin başlangıcında dünya nüfusu 700 milyon iken bugün bu sayı 7 milyardır, 2050'de 9 milyara ve 2100'de yaklaşık 10 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu nüfus artışının çoğu, hızla yükselen ekonomik büyümenin enerji arzına ek talepler getireceği Asya ve Afrika kıtalarında olacaktır. İzlenilen asıl yol ise mevcut ve yeni enerji kaynaklarını ne kadar verimli ve etkili kullanıldığına bağlı olacaktır. Kısacası, dünyanın, enerji kaynaklarımızın uygun fiyatlı, erişilebilir ve sürdürülebilir olduğu başka bir sanayi devrimine ihtiyacı vardır. Enerji verimliliği ve

korumasının yanı sıra enerji kaynaklarımızın karbondan arındırılması bu devrim için çok önemlidir.

Sürdürülebilir terimi, belirli bir hız veya seviyede sürdürülebilirlik olarak tanımlanmakla birlikte; kalkınma, ekonomi, enerji, tarım gibi çok farklı yaklaşımları anlatmak için de kullanılmaktadır. Sürdürülebilir enerjinin konusu, temiz bir atmosferde güvenli bir gelecekte yaşama arzusudur. Sürdürülebilir enerji, hem üretim hem de tüketim sürecinde hem yenilenebilir kaynakların kullanılmasını hem de enerji verimliliğinin vurgulanmasını gerektirmektedir.

Enerji verimliliği, bir amaç için kullanılan enerji miktarının azaltılması ve enerjinin korunmasıdır. Enerji, hayatın her alanında kullanıldığı için enerji verimliliği sanayide, ulaşımda ve ayrıca yerleşim alanlarında metodik olarak benimsenmelidir.

Son çeyrek yüzyılda, sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerjinin ikiz kavramları; bilim, teknoloji, kültür, ekonomi, politika, çevre bağlantı noktasında yer alan insanlığın tanımlayıcı bir zorunluluğu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ikiz kavramların her ikisi de doğal kaynak tükenmesinin, enerji tüketiminin, su tüketiminin ve iklimi değiştiren sera gazı (GHG) emisyonlarının olumsuz etkilerini azaltmanın bir yolu olarak çerçevelendirilmiştir (Li vd 2012). Enerji krizinin yanı sıra çevresel, ekonomik, politik, pazar ve sosyal konular nedeniyle araştırmacılar; enerji tüketimini güvence altına almak, çevreyi korumak ve bölgesel kalkınmayı teşvik etmek için sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmek üzere odaklanmıştır. Bu anlamda Sürdürülebilir Enerji Geliştirme Stratejileri tipik olarak üç büyük teknolojik değişikliği içermektedir: Talep tarafında enerji tasarrufu enerji üretiminde verimlilik iyileştirmeleri ve fosil yakıtların çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları ile değiştirilmesidir. Sonuç olarak, büyük ölçekli yenilenebilir enerji uygulama planları, yenilenebilir kaynakların enerji tasarrufu ve verimlilik önlemlerinden etkilenen uyumlu enerji sistemlerine nasıl entegre edileceğine dair stratejiler içermelidir (Afgan ve Carvalho, 2004).

Öte yandan sürdürülebilir enerjinin geleceği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yenilenebilir enerjinin artan payına bağlıdır. Böyle bir hedefe ulaşmanın en iyi yollarından biri, 1970'lerde başlayan büyük Brezilya şeker kamışı etanol programını

kopyalamaktır. 1987'de Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED), “sürdürülebilir kalkınma”yı “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan” gelişme olarak tanımlamıştır. Böyle bir tanımın anlaşılabilirliği, sosyal bilimciler arasında "gelecek nesiller"in anlamı konusunda bitmeyen tartışmalara yol açmıştır. Ancak enerji söz konusu olduğunda tükenbilir fosil yakıtlar, toplam dünya enerji arzının % 80'ini temsil etmektedir. Sürekli üretim ve tüketimde, halihazırda bilinen petrol rezervleri yaklaşık 41 yıl, doğal gaz 64 yıl ve kömür ise 155 yıldır (BP Statistical Review of World Energy,2006).

Çok basitleştirilmiş olmasına rağmen, böyle bir analiz, fosil yakıtların neden bir veya iki nesilden fazla dünyanın ana enerji kaynağı olarak kabul edilemeyeceğini göstermektedir. Fosil yakıt kullanımı, tükenme sorununun yanı sıra, başta küresel ısınma olmak üzere ciddi çevre sorunları da beraberinde getirmektedir. Ayrıca, rezervler tükenmeye yaklaştıkça ve daha az çekici kaynakları keşfetmek ve çıkarmak için daha pahalı teknolojiler kullanıldıkça üretim maliyetleri artacaktır. Esas olarak, dünyanın siyasi açıdan istikrarsız bölgelerinden kaynaklanan petrol arzının güvenliğine yönelik artan endişeler söz konusudur.

Sonuç olarak, sürdürülebilirlik bir teknoloji veya organizasyon sorunu değil, bir sistem sorunudur (Kemp,2015). Ancak yenilenebilir enerji literatüründe nadiren bu şekilde ele alınmaktadır. Sürdürülebilirlik bilimi ve sosyo-ekolojik sistemler teorisinden içgörüler elde ederek bir enerji sisteminin sürdürülebilirliğini analiz ederken, yenilenebilir enerji teknolojilerinin başarılı bir şekilde benimsenmesinde sistemin karmaşıklığını, uyarlanabilir yönetimi ve uyarlanabilir kapasiteyi anlamamanın önemine güçlü bir vurgu yapılmaktadır (Brent ve Rogers,2010).

2.2.1. Dünyada Enerji Görünümü

Davranış değişikliklerinin önemini anlamak için öncelikle dünyanın ve Türkiye'nin enerji görünümü incelenmelidir. Nüfus artışı, sanayileşme ve kentsel gelişme nedeniyle dünya enerji talebi artmaktadır. Bu gerçek; sürdürülebilirlik, arz güvenliği, alternatif enerji kaynakları ve ulusal enerji kaynağı potansiyelinin artırılması gibi konulara vurgu yapmaktadır.

Teknolojinin ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel itici güçlerinden biri haline geldiği günümüz dünyasında son 20 yılda önemli ölçüde değişiklikler meydana gelmiştir. Bilgi Teknolojisinin (BT) tüm dünyada hızlı gelişimi, sadece düşünme şeklimizi değil aynı zamanda hareket etme şeklimizi de değiştirmiştir. İnsan yaşamının tüm yönleri özellikle BT ve İnternette etkilenmiştir. Bu nedenle tüm teknolojilerin elektrikle çalıştığını ve elektriğin payının, Toplam Birincil Enerji Arzından (TPES) daha hızlı bir şekilde arttığını söylemeye gerek yoktur.

Tablo 8:Anahtar Göstergeler

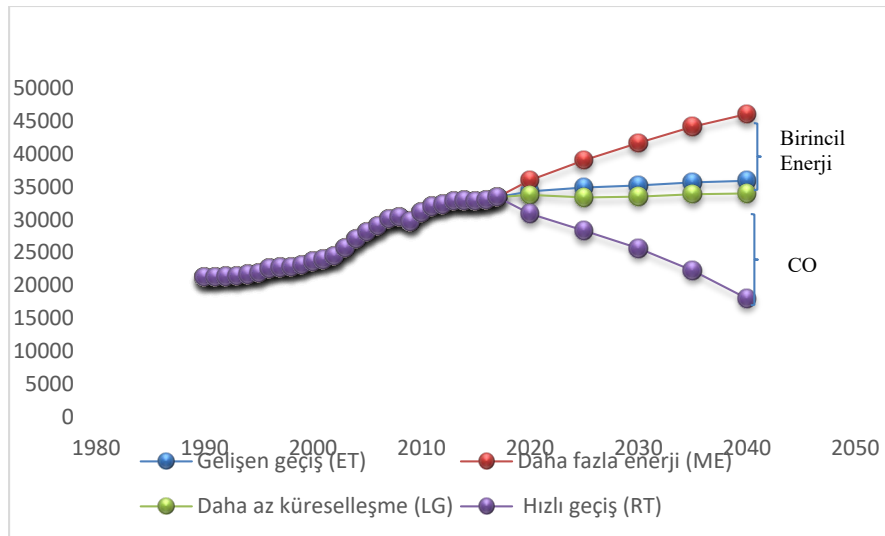
	1993	2011	2020	%Büyüme(1993-2011)
Dünya Nüfusu, milyar	5,5	7	8,1	27%
GSYİH, trilyon ABD doları	25	70	65	180%
TPES, Mtoe	9532	14092	17208	48%
Kömür, Mt	4 474	7 520	10 108	68%
Petrol, Mt	3 179	3 973	4 594	25%
Doğal Gaz, bcm	2 176	3 510	4 049	62%
Nükleer, TWh	2 106	2 386	3 761	13%
Hidroelektrik, TWh	2 286	3 229	3 826	29%
Biyokütle, Mtoe	1 036	1 277	1 323	23%
Diğer yenilenebilir kaynaklar *, TWh	44	515	1 999	n/a
Toplam Elektrik üretimi / yıl, TWh	12607	22 202	23 000	76%
Elektrik üretimi / yıl, kişi başına MWh	2	3	3	52%
Toplam CO2 emisyonu / yıl, GtCO2	21	30	42	44%
CO2 emisyonu / yıl, kişi başına ton CO2	4	4	n/a	11%
Enerji yoğunluğu, koe / 2005USD	0.24	0.19	n/a	-21%

Tablo8,1993'te kaydedilen bir dizi göstergenin gerçek değerlerini, bu göstergelerin 2011'deki durumunu ve Yarının Dünyası İçin Enerji, Yüksek Büyüme Senaryosu A'dan 2020'ye kadar 2020 için yapılan projeksiyonları göstermektedir. Karşılaştırma gelecekteki gelişmelerin genellikle hafife alındığını göstermektedir.

Görüleceği üzere 20 yıl önce yapılan en yüksek tahminler bile gerçeğin altına düşmektedir. Bu enerji talebinin beklenenden önemli ölçüde daha hızlı artabileceği anlamına gelir ve uygun şekilde yönetilirse, bu talebi karşılamak için enerji kaynakları ve teknolojileri mevcut olmalıdır. Enerji endüstrisinde son 20 yılda yaşanan değişimler önemli olmuştur. Mevcut 2013 WEC Dünya Enerji Kaynakları anketinin sonuçlarına bakıldığında, bugün dünyada her zamankinden daha fazla enerji kaynağı olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte 2013 yılında kaynak değerlendirmelerindeki artış, çoğu durumda yeni ve daha verimli teknolojilere bağlanabilir. Birleşmiş Milletler tarafından kullanılan uluslararası tanımın öngördüğü gibi: "Kanıtlanmış geri kazanılabilir rezervler, mevcut teknoloji ile mevcut ve beklenen yerel ekonomik koşullar altında gelecekte geri kazanılabilecek yerinde kanıtlanmış miktar dahilindeki miktardır."

Öte yandan küresel birincil enerji tüketiminde son otuz yılda meydana gelen artış, fosil yakıt hakimiyeti, iklim değişikliği endişeleri, çevreye zarar vermeyen kaynakların kullanımının engellenmesi ve değişken endüstri piyasa fiyatları gibi mevcut enerji sistemlerinin beklenen zorluklara karşı koyamayacağı konusunda şüphe uyandırmaktadır. Bu nedenle, enerji sisteminin kendisi oldukça karmaşık olsa da gelecekteki enerji senaryolarını tahmin etmeye çalışmak faydalı olacaktır. İnsanlar bugünlerde enerjiyi, gelecekteki enerji sorunları hakkında daha az farkındalıkla uyumlu olarak kabul ettikçe, mevcut istatistiklere bağlı olarak gelecekteki bazı enerji senaryolarını duyurmak veya tahmin etmek zorunlu hale gelmiştir (Geidl, 2007).

Grafik 1: Birincil Enerji Talebi ve Karbon Emisyonları Senaryosu

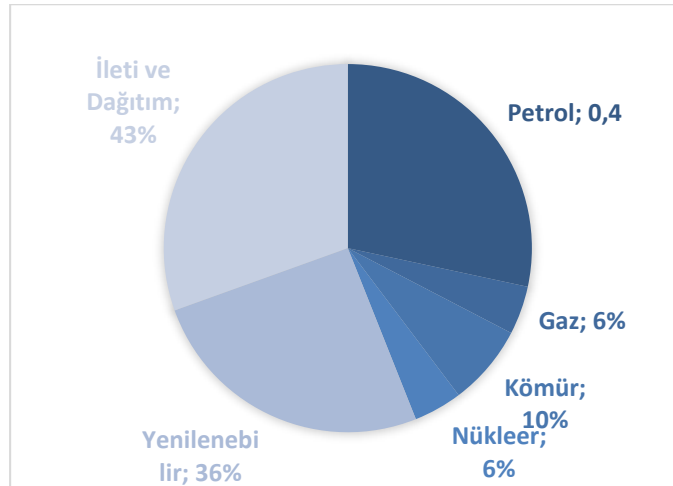


Kaynak: BP, Energy Outlook 2019

Küresel enerji sistemi “daha fazla enerji ve daha az karbon” ihtiyacı gibi ikili bir zorlukla karşı karşıyadır. ET (Energy Transition) senaryosu, bu sorunlardan herhangi birinin başarılmasıyla tutarlı değildir: enerji talebi üçte bir oranında artmaktadır, ancak 2040 yılında dünya nüfusunun üçte ikisi, ortalama enerji tüketiminin kişi başına hala 100 GJ'den daha az olduğu ülkelerde yaşamaktadır. Enerji kullanımından kaynaklanan CO2 emisyonları, önemli ölçüde düşmek yerine, 2040 yılına kadar neredeyse %10 artarak sınırlanmaya devam etmektedir. ME (More Energy) senaryosu, ortalama tüketim seviyesinin kişi başına 100 GJ / kişinin altında olduğu ülkelerde yaşayan dünya nüfusunun oranını 2040'a kadar üçte bire düşürmenin yarı yolu bir adımı temsil etmektedir. RT (rapid transition) senaryosu ise karbon emisyonları konusunda benzer bir yarım adımdır yani; CO2 emisyonlarını 2040 yılına kadar yaklaşık %45 oranında azaltmak, enerji kullanımından kaynaklanan tamamen karbon emisyonlarını azaltmanın neredeyse yarısı olduğu anlamına gelmektedir.

Öte yandan Grafi 2'ye bakıldığında enerji sektöründe türlere göre planlanan yatırımlar görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların yanı sıra enerjinin iletim ve dağıtım konularının düzenlenmesi önemli kabul edilmektedir. Çünkü mevcut politikalarla daha yüksek enerji talebi iletim ve dağıtımda da daha yüksek kayıp anlamına gelmektedir.

Grafik 2:Yeni Politikalarda Türlerle Göre Enerji sektöründe Planlanan Yatırımlar (2012-2035)



Tablo 9, her üç senaryodaki ilgili karbon emisyonlarını göstermektedir. Emisyon oranındaki artış açıktır ve benimsenen herhangi bir politika yoksa 2035 yılına kadar 44,1 Gt CO₂'ye ulaşacaktır ki bu 2010'daki değerinden %46 daha yüksektir.

Tablo 9: Dünya birincil enerji talebi ve Karbon enerji ilişkisi senaryosu

	2000	2010	2020	2035	2020	2035	2020	2035
Toplam	10 097	2730	14922	17 197	15 332	18 676	14 176	14 793
Kömür	2378	3474	4082	4218	4417	5523	3569	2337
Petrol	3659	4113	4457	4656	4542	5053	4282	3682
Gaz	2073	2740	3266	4106	3341	4380	3078	3293
Nukleer E.	676	719	898	1138	886	1019	939	1556
Hidro E.	226	295	388	488	377	460	401	539
Bioenerji*	1 027	1277	1 532	1 881	1 504	1 7411	1 568	2 235
Diğer yenilenebilir E.	60	1122	99	710	265	501	340	1 151
Tped'de fosil yakıt payı	%80	%81	%79	%75	%80	%80	%77	%63
Tped'in OECD dışı payı	%45	%55	%60	%65	%61	%66	%60	%63
CO₂	237	30.2	34.6	37.0	36.3	44.1	31.4	22.1

Kaynak: World Energy outlook,2020 TP:Toplam birincil enerji Talebi * Geleneksel ve modern biyokütle kullanımlarını

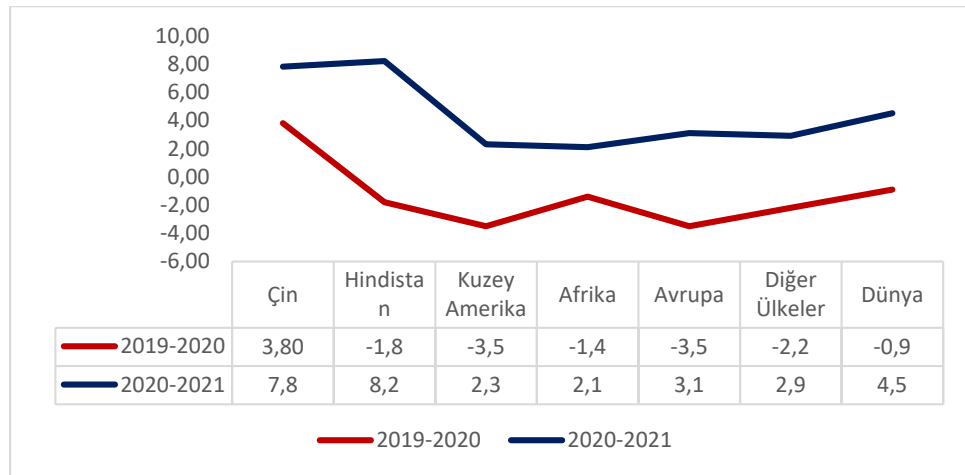
içerir. Gt: Gigatonnes

Yukarıda görüldüğü gibi enerji talebi ve buna bağlı emisyonlar artmaktadır, gelecekte enerji verimliliğini vurgulayan yeni politikaların geliştirilmesi önemlidir. Küresel enerji talebi artarken, OECD dışı ülkelerdeki artış oranını dikkate almak çok daha önemlidir. OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji talebi OECD ülkelerinden daha hızlı artmaktadır. 2010 ile 2030 arasında, OECD ülkelerinde birincil enerji talebinde öngörülen yalnızca 0,11 milyar TEP artış varken, aynı dönemde OECD üyesi olmayan ülkelerde 4,85 milyar TEP artış vardır. Türkiye OECD üyesi olmasına rağmen, ülkenin sürdürülebilir kalkınma konularındaki sıralamaları genellikle düşüktür.

Dünya genelindeki mevcut enerji durumunun yanı sıra, yaşanan olağanüstü durumlar da ülkelerin enerji durumları üzerinde etkilidir. 2020 yılının başında ülke genelinde yaşanan Covid-19 salgını buna örnek gösterilebilecek faktörlerin başında gelmektedir. COVID-19 salgını Aralık 2019'un sonlarında Çin'in Wuhan Şehrinde tanımlanmış ve sonunda 11 Mart 2020'de bir pandemi olarak kabul edilmiştir. Salgının Ocak 2020'de başlamasından bu yana, etkileri sağlık ve dünya çapındaki ekonomiler üzerinde giderek daha fazla görülmektedir. Son aylarda COVID-19 pandemisi çoğunlukla sağlık, ekonomi, sosyal refah gibi temel alanlarda araştırmaların dikkatini çekmiştir. Bugüne kadar bazı çalışmalar, biri “enerji” olan diğer birincil faktörlere de bakmaktadır.

COVID-19 pandemisinin ortaya çıkmasıyla birlikte, salgının toplumda hızla yayılmasını önlemek için eyalet hükümetlerinin aldığı önlemler ve kısıtlamalar nedeniyle dünya genelinde yeni bir yaşam tarzı ortaya çıkmıştır. Pandeminin ilk dalgasında izolasyon önlemlerinin birleşik etkisi, aktiviteyi azaltmaya ve dolayısıyla enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olmuş, 2020 yılında COVID-19 salgınının neden olduğu ciddi kısıtlamaların dramatik etkisi ise ekonomik tahminlerin tamamen ortadan kalkmasına yol açmıştır. Bu anlamda küresel tedbirlerin alınması, sokağa çıkma kısıtlamaları, eğitim kurumları ve birçok iş alanının evden yürütülmesi nedeniyle konut elektrikli enerjisi bir hayli değişime uğramıştır. Bununla birlikte, sektörel bazda üretimin yavaşlatılması ve durdurulması sanayi alanında yaşanan elektrik tüketiminin azalmasına neden olmuştur.

Grafik 3: Bölgelere Göre Elektrik Talebindeki Değişim



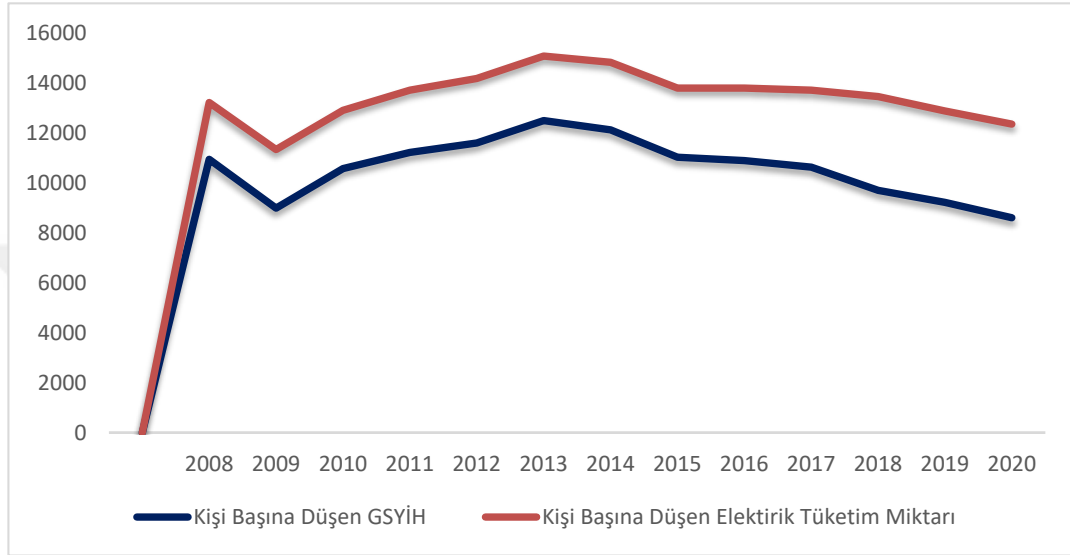
Covid-19 salgınının dünya çapındaki etkilerini ortaya koymak üzere incelenen IEA raporuna göre elektrik talebinin, Çin gibi büyük gelişmekte olan ekonomilerdeki canlanan ekonomik aktivite ve hızlı büyüme ile desteklenerek 2021'de %4,5 oranında artması beklenmektedir. Bunun yanı sıra gelişmiş ekonomilerde Covid-19'a karşı aşı kampanyalarının, ilkbahar ve sonbahar arasındaki kısıtlamaların aşamalı olarak kaldırılmasını sağlaması ve beklenen %2,5'lik talep artışı, talebi 2019 seviyelerinin %1'ine itmek için yeterli olması beklenmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 2021'in ilk aylarındaki ekonomik teşvik ve daha düşük hava sıcaklıklarının desteğiyle talebin yaklaşık %2 artması, bu artışın, talebi 2019 seviyelerinin %1,6'sına itmesi beklenmektedir. Avrupa Birliği'ndeki en büyük tüketicilerin; Almanya, Fransa, İtalya ve İspanya'nın, 2021'de yaklaşık %3'lük bir artışla 2019 seviyelerinin altında kalması ve 2020'de %4 ila %6'lık düşüşleri tam olarak telafi edememesi beklenmektedir. Talebin 2020 seviyelerine göre yalnızca %1 oranında toparlanmasının beklendiği Japonya'da da benzer bir durum, 2020'deki %4'lük düşüşü tersine çevirmek için yeterli olmaktan çok uzaktır. Yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerdeki talep, 2020'nin ikinci yarısında yeniden başlayan büyüme yörüngesinde kalmaya devam etmekte ve bu yörünge, Çin ve Hindistan için öngörülen güçlü ekonomik toparlanma ile hızlanacaktır. 2021'de Çin'de %9 ve Hindistan'da %12 olarak öngörülen GSYİH büyümesiyle, elektrik talebinin her iki ülkede de 2020'ye kıyasla yaklaşık %8 oranında büyümesi beklenmektedir. Çin için, öngörülen artış 2020 büyümesinin üzerine gelmekte ve talebin artmasını sağlamaktadır. 2021 yılı, 2019 seviyelerinin neredeyse %12 üzerindedir. Güneydoğu Asya ülkelerinin de 2021'de %5 artarak toplam talebi 2019 seviyelerinin %3 üzerine çıkararak büyümeye güçlü bir dönüş görmeleri beklenmektedir.

2.2.2. Türkiye’de Enerji Görünümü

Ekonomik büyümesine, sanayileşmesine ve artan nüfusuna paralel olarak Türkiye’nin elektrik talebi zaman içinde önemli ölçüde artmıştır. TÜİK verilerine göre 2008 yılında 161.000 GWh (Gigawatt Saat) olan toplam elektrik tüketimi 2019 yılında %63 artışla 257.000 GWh'ye ulaşmıştır. Küresel mali krizin bir sonucu olarak 2009 yılında yaşanan keskin düşüşün ardından Türkiye, grafik 4’de görüldüğü gibi ekonomik büyümesine paralel olarak kişi başına elektrik tüketiminde artış yaşamaya

devam etmiştir. Türkiye'nin kişi başına tüketimi 2020 yılında 2019 yılına göre %9 artmıştır ve bu da politika yapıcılara, artan elektrik talebini karşılamak için önümüzdeki yıllarda yeni politikaların uygulanması ihtiyacını işaret etmektedir.

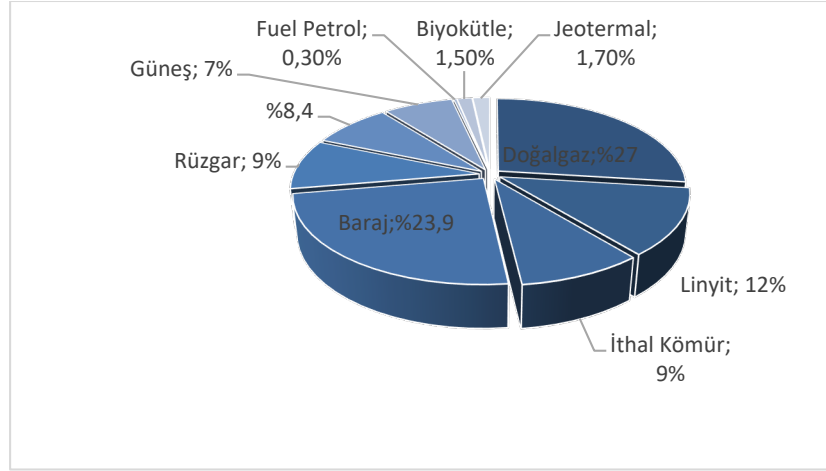
Grafik 4: Kişi Başı Gelir ve Elektrik Tüketimi



Tüketimdeki bu dikkat çekici artışın yanı sıra, Türkiye'nin elektrik üretimi de onlarca yıldır hızla büyümektedir. 2008 yılında 198.000 GWh olan toplam üretim, 2019 yılında %53 artışla 303.000 GWh'e ulaşmıştır (TÜİK). Öte yandan Türkiye'deki kurulu güç, 2008'den 2019'a kadar hızlı bir şekilde artmış ve 2008 yılına göre %121'lik bir artışla 2019'da 91.000 MW'a (Megawatt) ulaşmıştır (TÜİK, 2021).

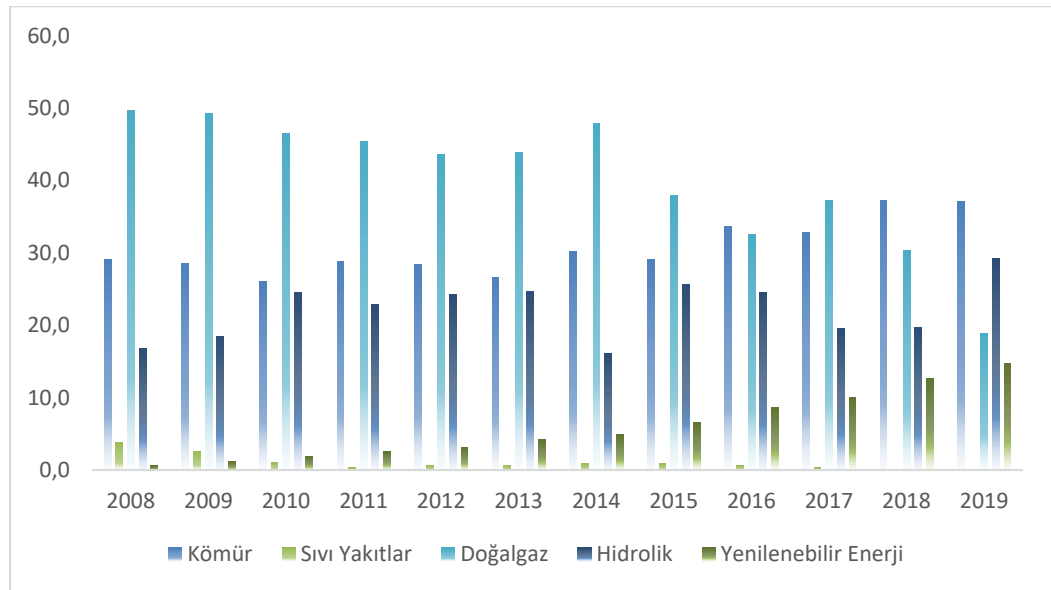
Grafik 5'te de görülebileceği üzere 2020 yılı sonu itibarıyla doğal gaz santrallerinin kurulu güç içindeki payı %26,8 iken, hidroelektrik santrallerin payı %32,3 linyit santrallerin payı ise %11,8'dir. Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç içindeki payı (hidrolik hariç) %19,4 dür.

Grafik 5:Kurulu Gücün Kaynaklara göre Dağılımı (2020)



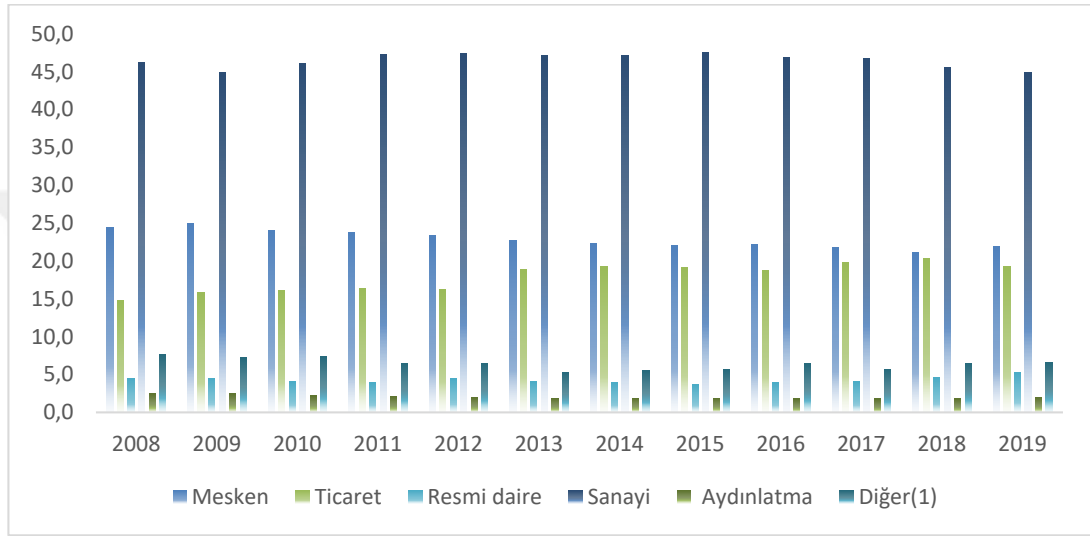
Grafik6’da gösterildiği gibi 2008-2019 döneminde elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının payına bakıldığında, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının ve atıkların payında artış olduğu açıktır. Bununla birlikte, hidroelektrik arzının mevsimselliği ve eski kömür santrallerinin bulunmaması, Türkiye’nin elektrik üretim karması mücadelesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle Türkiye, elektrik üretiminde ağırlıklı olarak kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlara güvenmeye devam etmektedir. Özellikle ithal edilen fosil yakıtların başında gelen doğal gaz halen elektrik üretiminin ana kaynağıdır.

Grafik 6:Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Dönem İçindeki Payları



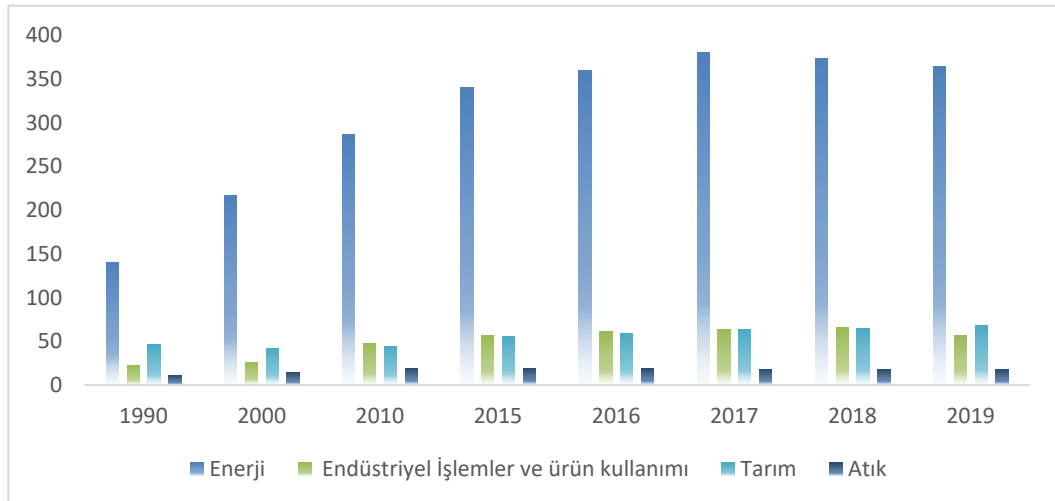
Daha önce de belirtildiği gibi, 2008-2019 yılları arasında toplam elektrik tüketiminde %63 artış gerçekleşmiştir. Grafik 7’de elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde, elektrik tüketiminin en fazla sanayi sektörü tarafından kullanıldığı görülmektedir. Öte yandan, Türkiye’deki toplam elektrik üretiminin %21 tüketim payına sahip konut sektörü de önemli bir role sahiptir.

Grafik 7: Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı



Grafik 8’e bakıldığında farklı sektörlere göre sera gazı emisyon miktarları görülmektedir. Enerjinin sera gazı emisyonlarında en büyük paya sahip olduğu ve 2000-2019 yılları arasında payının yaklaşık %72 olduğu görülmektedir.

Grafik 8: Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyon Miktarı



2.2.3. Hanehalkı Enerji Durumu

Enerji, yerleşim alanlarında elektrik kullanımından su kullanımına, yemek pişirmeden aydınlatmaya kadar birçok amaç için kullanılmaktadır. Kişi sayısı, evin büyüklüğü, bölgenin iklimi, hane geliri ve diğer bazı değişkenler bu kullanımda etkilidir. Halihazırda bina stokunun enerji verimliliğini artırmak şu anda dünya genelinde iklim değişikliğini azaltma stratejilerinden biridir. Binaların enerji kullanımı, küresel enerji gereksinimlerinin %30-40'ını oluşturduğundan, bu odak sağlam temellere dayanmaktadır (Huovila vd 2007). Birçok çalışmada, özellikle kuzey ülkelerinde konut enerji tüketiminin, bir hanenin enerji talebi ve sera gazı emisyonlarının en az birini oluşturduğu bulunmuştur (Heinonen, 2012; Wiedenhofer vd 2013). Konut stok kalitelerinin operasyonel enerji gereksinimleri üzerinde kaçınılmaz olarak önemli bir etkiye sahip olması nedeniyle, konut enerji verimliliğinin iyileştirilmesi önemli bir eylem kategorisidir.

Mevcut durumda konut enerji tüketimi konusuna yeni katkılar yapmanın üç yolu vardır. İlk olarak, farklı bina tiplerinin enerji gereksinimleri değerlendirildiğinde, genellikle tüm bina tiplerinde standart doluluk oranları ve benzer kullanıcı davranışları varsayılır (Fuller ve Crawford, 2011; Wright, 2008). Bununla birlikte, Wright, "Standart doluluk oranına sahip mevcut modeller, enerji kullanımının boyut ve yapılı biçimle güçlü bir şekilde ilişkili olacağını tahmin etmektedir, ancak gerçek evlerin anketleri, tüm konut türleri arasında yalnızca zayıf korelasyonlar göstermektedir" Thøgersen ve Grønhøj, "hanehalkının elektrik tasarrufu çabasının özel bir hanenin elektrik tüketimi için bir fark yarattığı" sonucuna vararak bu ifadeyi desteklemektedir. Aynı şekilde Branco ve diğerleri, tahmin edilenden daha yüksek iç ortam sıcaklıkları nedeniyle ölçülen enerji tüketiminin tahmin edilen enerji tüketiminden %50 daha yüksek olduğu İsviçre' den bir vaka çalışması sunmaktadır.

İkincisi, birçok çalışma enerji performansını yalnızca bir binanın fiziksel niteliklerinin bir fonksiyonu olarak ele alır ve metrekare genellikle işlevsel birimdir (Adelberth, 1997; Ippolito vd 2014). Bu yaklaşım, kullanıcıları tamamen göz ardı eder ve diğer birçok uygulamada önemli bir değere sahip olsa da, değişen doluluk oranları ve kullanıcı davranışı nedeniyle belirli bir binadaki gerçek enerji tüketiminin yanlış tahminlerine yol açabilmektedir. Üçüncüsü, belirli çalışmalar farklı bina türlerinde

enerji tüketimini değerlendirmek için gerçek tüketim verilerini kullanmış olsa da, verilerden dolayı tipik olarak davranış farklılıklarının etkilerini ayırt edememişlerdir (Norman vd 2008). Aynısı, genel hane enerji tüketimine ve farklı tüketim kategorileriyle ilgili somutlaştırılmış enerjiye odaklanan çalışmalar için de geçerlidir. Daha geniş bir kapsamı benimseyen Weber ve Perrels bu tür bir karşılaştırma yapmaya daha da yaklaşıyor ve yaşam tarzı-konut enerji ilişkilerinin karmaşık ve basit enerji gereksinimi modellemesinde yakalanmasının zor olduğunu, ancak farklı bina türlerini karşılaştırmadıklarını öne sürmektedir.

Gerçek tüketim oranının teorik verimliliklerden sapmasının birçok nedeni vardır, ancak potansiyel olarak önemli bir neden, çok farklı kullanıcı davranışını teşvik edebilen mali teşviklerdeki farklılıklarla ilgilidir. Örneğin, Kyrö ve ark. ısıtma ve soğutma enerjisi ödemeleri genellikle konut yönetimi veya kira ödemelerine dahil edilen bölgesel ısıtmalı bir apartmanın sakinlerinin enerji verimli davranış için çok az teşvike sahip olabileceğini öne sürmektedir. Benzer şekilde, Linden ve ark. İsveç'te yaygın olarak ödenen enerji maliyetleri olan binalar için 2°C daha yüksek iç ortam sıcaklıkları bulunduğunu bildirmiştir. Haas ve diğerleri, Avusturya'da müstakil evlerde yaşayanların fiyatlara apartmanlarda oturanlara göre çok daha duyarlı olduklarını öne sürmektedirler.

Hanehalkı enerji talebinin ve yakıt karışımının önemli belirleyicilerinden biri, çeşitli yakıtların fiyatlarıdır. Enerji tüketiminin büyük bir bölümünün hiçbir nakit harcama olmaksızın gayri resmi olarak toplanan geleneksel yakıtlarla karşılandığı gelişmekte olan ülkelerde fiyatın etkisini tahmin etmek genellikle zordur (Dzioubinski ve Chipman, 1999). Nakit olmayan maliyetler çoğunlukla zamandan (örneğin, yakacak odun toplamak için) oluşur ve dolayısıyla fırsat maliyetleridir. Ticari enerji fiyatları, gelişmekte olan ülkelerde sıklıkla bir sosyal politika aracı olarak kullanılmaktadır. Haneler için en yaygın sübvansiyonlu enerji kaynakları arasında, düşük gelirli haneler için bile erişilebilir kılmak amacıyla elektrik bulunmaktadır. Bununla birlikte, çoğu durumda bu tür programlar, kentsel alanlarda yaşayan ve elektrik şebekelerine erişimi olan yüksek gelirli kişilere etkin bir şekilde sübvansiyon sağlanmasıyla sonuçlanmaktadır. Kırsal ve kentsel yoksullar için, elektrik fiyatı diğer yakıtlardan geçişi teşvik edecek kadar düşüktür ancak elektrik arzına bağlantı genellikle aşırı derecede pahalıdır veya mevcut değildir. Genel olarak, enerji fiyatlarını

düşük tutan politikalar, gizli veya potansiyel hanehalkı enerji talebinde büyümeye yol açar. Kapasite kısıtlamaları arzın genişlemesini engelliyorsa, etkin talep aynı ölçüde artmayabilir.

Öte yandan, insan refahı ve ülkenin kalkınması için modern enerji hizmetinin önemi ortadayken dünya çapında 1,2 milyar insanın elektriğe erişimi yoktur. Ekonominin hızla büyümesi ve yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte enerji talebi hızla artmaktadır. Kentleşme ve değişen yaşam tarzı nedeniyle hanelerin enerji tüketimi önemli ölçüde değişmiştir. OECD ülkelerindeki hanehalkı, OECD üyesi olmayan ülkelere göre daha fazla enerji kullanır; bunun nedeni temel olarak, OECD üyesi olmayan hanelere kıyasla daha yüksek gelir seviyesinin olması, OECD hanelerinin daha fazla enerji kullanan ekipman satın alması ve daha büyük evlere sahip olmasına izin vermesi olarak görülmektedir. Örneğin, 2010 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde kişi başına ortalama GSYİH 42.130 dolar (gerçek dolar olarak) ve kişi başına yıllık hane enerji (pazarlanan yakıtlar) kullanımının 36.8 milyon Btu (British Thermal Unit) olduğu tahmin edilmektedir.

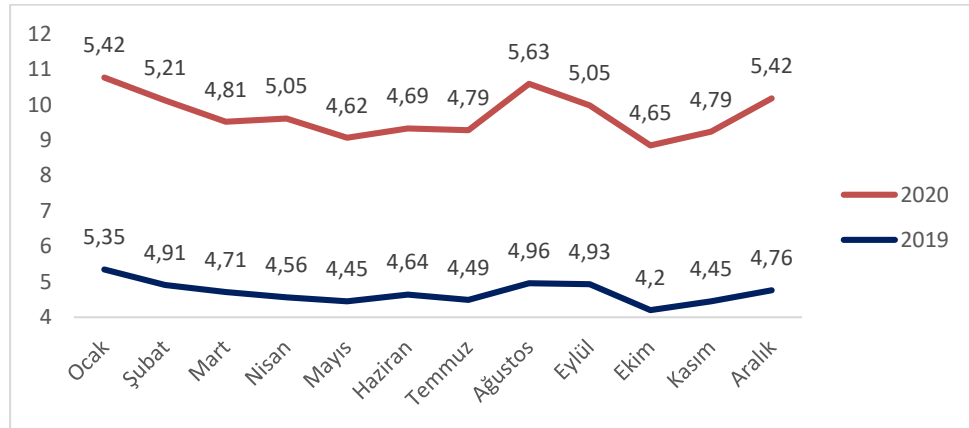
Tablo 10: Bölgelere Göre Tahmini Hanehalkı Enerji Tüketimi (Pazarlanan Yakıtlar, Yakacak Odun Vb. Dahil Değil) (Katrilyon Btu)

Bölge	2010	2020	2030	2040	Ortalama % Değişim
OECD	28.2	29	30.8	32.0	0.4
Amerika	13.2	12.91	13.5	14.2	0.3
Avrupa	11.71	12.5	13.5	13.9	0.6
Asya	3.3	3.5	3.8	3.9	0.5
OECD harici	23.9	30.8	40	49.8	2.5
Avrupa ve Avrasya	6.3	6.7	7.7	8.61	1.0
Asya	10.6	15.6	22.2	29.6	3.5
Orda Doğu	3.4	4.2	4.6	4.8	1.2
Afrika	1.61	1.9	2.5	3.2	2.4
Orta ve Güney Amerika	2.0	2.4	3.0	3.7	2.1
Toplam	52	59.8	70.8	81.8	1.5

Kaynak: International Energy Outlook

2010 yılında, OECD'deki bir hane, OECD dışında yaşayan bir haneye göre ortalama % 5 daha fazla enerji tüketmektedir (Tablo 10). ABD Enerji Bilgi İdaresi'nin tahminlerine göre, dünya hane sektörü enerji kullanımı yılda yüzde 1,5 artarak 2010'da 52 katrilyon Btu'dan 2040'ta 82 katrilyon Btu'ya çıkacak ve hane sektörü enerji tüketimindeki artışın çoğu OECD dışı ülkelerde gerçekleşecektir. OECD üyesi olmayan ülkelerde ev enerjisi talebindeki artışa katkıda bulunan ana faktör, pazarlanmayan enerji kaynağının (yakıt-odun, tarım atıkları) elektrik gibi pazarlanan yakıtlarla değiştirilmesi eğilimidir. OECD üyesi olmayan ülkelere hanehalkı enerji tüketimi, 2040 yılına kadar yılda yüzde 2,5 oranında artacak, OECD ülkeleri ile karşılaştırıldığında, yılda yüzde 0,4 gibi çok daha yavaş bir oranda artacaktır. Yaşlı nüfus ve daha yavaş nüfus artışı, enerji talebinde daha küçük artışa neden olacaktır. OECD ülkelerinde hanehalkı enerji talebindeki daha yavaş artış için bir başka faktör, eski verimsiz ekipmanların daha yeni ve daha verimli olanlarla değiştirilmesi nedeniyle, zaman içinde enerji talebindeki artışı yavaşlatan sürekli verimlilik iyileştirmeleridir.

Grafik 9: Mesken Elektrik Tüketimi (GWH)



Kaynak: TMMOB,2021

Türkiye'nin 2020 yılında yaptığı mesken elektirik tüketim verileri bir önceki yıl ile karşılaştırıldığında, Covid-19 salgının başladığı 2020 mart ayı sonrası meydana gelen değişim rahatlıkla görülebilmektedir. Vakanın görülmeye başladığı mart ayı

itibariyle elektirik tüketimi düşmeye başlamış ve hayatın eve sığdırılmaya çalışıldığı Nisan ayı itibariyle %24 artış gerçekleşmiştir.

2.3. META ANALİZİ

Bu çalışmanın amacı, farklı teşviklerin konut tüketimi üzerindeki etkisinin kesin tahminlerini elde etmek için mevcut deneysel literatürü nicel olarak analiz etmektir. Cevaplanması gereken temel sorular şunlardır: Haneleri enerji tüketimini azaltmaya teşvik etmede en etkili teşvikler hangileridir? Deneysel çalışmanın tasarımı (kullanılan araç, Süre vb.), farklı teşviklerin konutlarda enerji tüketimini azaltmadaki etkililiğini nasıl etkiler?

Meta-analizin nicel prosedürleri, belirli bir araştırma sorusuna çoklu yanıtların varlığından kaynaklanan bazı zorlukların ele alınmasına yardımcı olmakla birlikte, birkaç veya daha fazla çalışmadan elde edilen sayısal sonuçların birleştirilmesine, açıklayıcı istatistiklerin doğru tahminine (Hedges, 1987 ve Rosenthal, 1978) ve tutarsızlıkların açıklanmasına, araştırma bulgularının gövdelerinde moderatörlerin ve arabulucuların keşfine izin vermektedir. Kısacası meta analizi, birden fazla hesaplama ve bulgu kullanarak kantitatif etki büyüklüğüne ulaşmak için, belirli bir konudaki birkaç çalışmaya dayalı nicel sonuçların toplamı olarak tanımlanmaktadır (Çoğaltay ve Karadağ, 2015: s.19-20).

Meta-analiz ilk olarak tıbbi bir problemle başlamıştır.1904'te Karl Pearson'ın çiçek hastalığına karşı aşılamanın hayatta kalma ile ne ölçüde ilişkili olduğunu belirlemek için korelasyon katsayıları toplamalarıyla başlayan meta analizinde, 1970'lere kadar sosyal ve davranışsal kavramlar kullanılmamaktaydı. Analizinin bu alanda ortaya çıkması şaşırtıcı değildir çünkü biyotıp alanındaki araştırmalar genellikle mevcut verilerin oldukça değişken olabileceği ve klinik adımların farklı bulguların uzlaştırılmasına bağlı olduğu karmaşık ve çok yönlü sorulara anında yanıt verilmesini gerektirmektedir (Pearson,1904).

Pearson'ın birçok çalışmada araştırma sonuçlarını birleştirme süreci, 1904'te alışılmadık bir yaklaşım olarak bilinmektedir. Tekniği yirminci yüzyılın ilk üç çeyreği boyunca düzenli olarak kullanılmaya devam etmiş olsaydı, kümülatif araştırmaların klinik tedavide bazı sinir bozucu ikilemlere karşı dayanıklı olacağı düşünülmektedir

(Hunt 1997; Robin 1984). Ancak meta-analiz, biyotıp, davranış bilimleri, ikisinin ara yüzü (sağlık psikolojisi, tıbbi psikoloji ve davranışsal tıp alanları) gibi alanlarda yirminci yüzyılın son yirmi yılına kadar popüler hale gelmemiştir. Bu popülerlik, kısmen bu disiplinlerin kolayca yönetilmesi için çok fazla bilgi ürettiği ve bu bilgileri sentezlemek için yöntemlere ihtiyaç duyulduğu için ortaya çıkmıştır. Örneğin tıpta her yıl iki milyondan fazla tıbbi makale yayınlanmaktadır. Farklı araştırmacılar, hatta aynı araştırmacılar bir fenomeni birden fazla kez incelemeye çalıştıklarında, çalışmadan çalışmaya farklı sonuçlar bulmaya mecburdurlar. Bu da anlatı sentez yöntemlerini kullanarak bir araştırma grubunu anlamlandırmayı zorlaştırmaktadır. Hall ve Rosenthal'ın (1995) belirttiği gibi, son zamanlarda bakış açısında daha geniş ve daha objektif bir araştırma görüşü ortaya çıkacak ve sonuçların “peyzajı” veya dağılımı, bireysel çalışmaların sonuçlarından daha fazla ilgi çekmeye başlayacaktır.

Modern meta-analiz tekniklerinin 1970'lerin ortasında sadece 40 yıldan biraz daha uzun bir süre önce geliştirilmiş olması şaşırtıcı gelmektedir. Daha önceki teknikler, p değerlerini (Fisher, 1932), korelasyon katsayılarını (Pearson, 1904) ve olasılık tablolarını (Mantel ve Haenszel, 1959) birleştirmek için türetilmiş olsa da çoklu çalışmalarda bu teknikler sıklıkla kullanılmamıştır. Standartlaştırılmış etki boyutlarının sentezini içeren modern teknikler ancak yakın zamanda geliştirilmiştir (Borenstein vd 2009)

Yine Glass, etki büyüklüklerinin nicel sentezine atıfta bulunmak için “meta-analiz” terimini ilk kullanan kişi olmasına rağmen, birkaç bilim insanı aynı anda bağımsız olarak meta-analitik teknikler türetmiştir (Glass, 2015; Schmidt, 2015; Rosenthal, 2015). Glass ve çağdaşları aslında zorunluluktan meta-analiz türetmişlerdir: II. Dünya Savaşı sonrası dönemde artan sayıda orijinal çalışma, edebiyat yapılarının artık geleneksel anlatı incelemeleri kullanılarak yeterince özetlenemeyeceği anlamına gelmekteydi. Bu nedenle, meta analizi psikoloji ve eğitim alanlarında yayılarak biyomedikal ve sosyal bilimlere nüfuz etmiştir.

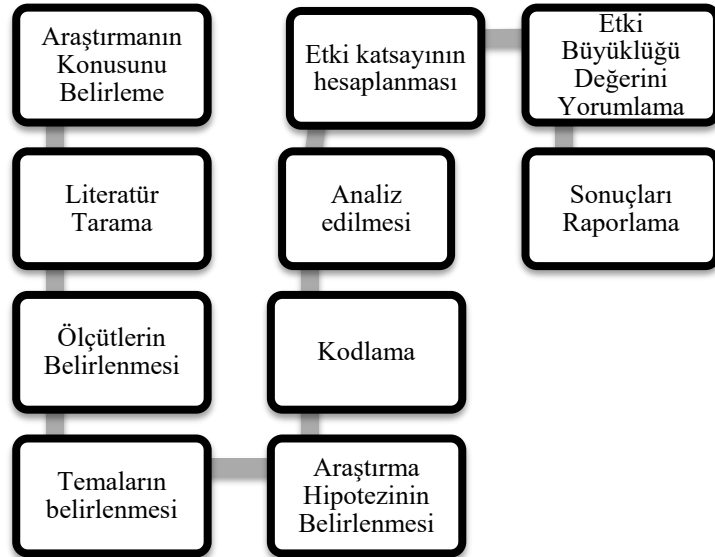
Meta-analiz, özünde karmaşık bir teknik değildir: basitçe, çalışma hassasiyetinin bir ölçüsü ile ağırlıklandırılan, çalışma etki büyüklüklerinin ortalamasıdır. Toplama ilkesini kullanan meta-analist, her küçük bireysel çalışma ile ilişkili özdeyişlerin ve güvenilmezliğin ortalamasının alındığını ve toplamda daha kesin muhtemelen daha

doğru bir tahminin yapıldığını varsayarak hareket etmektedir. Ortalama bir etki büyüklüğünün ötesinde, meta-analiz, etki büyüklüklerindeki değişkenliği (meta-analiz dilinde heterojenlik olarak adlandırılır) ölçme ve bu değişkenliği açıklayan moderatörler için test etme şansı da sunmaktadır (Borenstein vd 2009).

Sonuç olarak, meta analizi literatürdeki ampirik etkinin nicel ve sistematik bir incelemesini sağlamak için ayrı çalışmalardan elde edilen istatistiksel kanıtları tek bir analizde kalibre etme ve birleştirme sanatıdır. Meta-analizdeki amaç, bir çalışmanın etki büyüklüğü için ortak bir özet istatistiği ve karşılık gelen güven aralıklarını türetmektir. Meta-analiz yöntemleri, ekonomi ve yönetim literatüründe yaygın olarak kullanılmakta ve alıntılanmaktadır (Stanley ve Jarrell, 1989; Geyskens vd 2009). Analiz teknikleri genel olarak istatistiksel güç artışı ile sonuçlanarak kabaca tek tek numune boyutlarının toplamına eşitlenmektedir ve tek başına birincil çalışmalara göre gelişmiş parametre önemi ve doğruluğu ile sonuçlanmaktadır (Bijmolt ve Pieters, 2001).

Analizde izlenecek adımlar bir şema yardımı ile açıklanmıştır.

Tablo 11:Meta Analizi Adımları



Etki büyüklüğünün özet bir tahminini hesaplamak, çalışmalar arasındaki etki farklılıklarının nedenlerini araştırmak ve farklı alt gruplarda müdahalenin etkilerindeki heterojenliği belirlemek için kullanılmaktadır.

2.3.1. Meta Analizi Avantaj ve Dezavantajları

Literatür taramaları yapmaya yönelik nicel yöntemler, bir incelemeden elde edilen sonuçların, verilerle gerekçelendirilemeyen öznel yorumları yansıtmaya derecesini en aza indiren yardımcıları olmayı amaçlamaktadır. Cook ve Leviton'un (1980) belirttiği gibi, literatür taramaları "gerçekleri" belirli çalışmalarda mevcut olabilecek herhangi bir önyargıya rağmen düzenli olarak ortaya çıkan inatçı, güvenilir ilişkileri "kurmaya çalışmaktadır. Meta-analiz, bu gerçekleri geleneksel bir anlatı incelemesinde yapılabileceğinden daha doğru bir şekilde tanımlamayı amaçlamaktadır. Bunu kullanarak, "kurulması genel ilkeleri ve birikimli bilgiyi oluşturacak görece değişmez temelde yatan ilişki ve nedensellik kalıplarını" keşfedebileceğimiz söylenmiştir (Hunter, vd 1982: s.26).

Genel ilkeleri belirleme yeteneği, bir bilim olarak nerede durduğumuzu göstermesi ve hem örgütsel hem de toplumsal düzeyde kabul edilen gerçeklerle tutarlı politika kararlarının alınmasını teşvik etmesi açısından önemlidir (Hunter vd 1982; Schmidt, 1984). Masters'ın (1984) belirttiği gibi, politika yapımcılar, tavsiye istendiğinde doğrudan, nitelsiz cevaplar veren "tek kollu" sosyal bilimcilere olan ihtiyacı dile getirmektedir.

Bazı araştırmacılar, meta-analizin örgütsel fenomenleri anlamamızı geliştirmek ve araştırmanın teorik temelli hipotezleri ne ölçüde desteklediğini değerlendirmek için değerli bir araç olduğunu savunmuştur (Ones vd 2017; Schmidt ve Hunter, 2014). Araştırmacılar, çoğu durumda meta-analiz sonuçlarının, popülasyonda var olan ilişkilere ilişkin tekli çalışmalardan daha iyi tahminler sağlayabileceğini iddia etmektedir (Schmidt ve Hunter, 2014). Buna ek olarak bir meta-analizde kullanılan artan veri miktarı, etkileri tespit etmek için ayrı bağımsız çalışmalardan daha fazla istatistiksel güç sağladığından, tahminlerin kesinliği ve doğruluğu iyileştirilebilmektedir. Ayrıca, özet tahminlere hipotez testi uygulanabilir ve yayın yanlılığının varlığı değerlendirilebilir. Meta-analiz, bu faydaların yanı sıra, araştırmacıların araştırma bulgularındaki tutarsızlıkları çözmelerine yardımcı olur ve bu tutarsızlıkların nedenlerini açıklayabilecek denetleyici veya aracılık eden değişkenleri belirlemelerine olanak tanımaktadır. Örneğin, İKY alanlarındaki araştırmacılar, organizasyonlarda iş tatmini ve performans arasındaki ilişki üzerine

çok sayıda çalışma yürütmüştür ve bu araştırmanın büyük bir kısmının sonuçları çelişkilidir (Judge vd 2001). Sonuç olarak, araştırmacılar tipik olarak bu ilişkiyi incelemek için daha fazla araştırmaya ihtiyacımız olduğunu savunmaktadır, ancak ek çalışmalar yapmak ilişki hakkındaki soruyu cevaplamamakta veya iş tatminin performansla ilişkili olduğu veya olmadığı koşulları incelememektedir. Ancak, bu ilişkinin Judge vd (2001) bazı çalışmalarda memnuniyet ve performans arasında çok az ya da hiç ilişki olmadığını, diğer çalışmalarda ise bu iki değişken arasında karşılıklı bir ilişki olduğunu bulmuştur. Yine başka araştırmalar, memnuniyet ve performans arasındaki ilişkinin performansa dayalı ücretlendirme, iş karmaşıklığı ve bireysel benlik saygısı gibi diğer değişkenler tarafından hafifletildiğini göstermiştir. Dolayısıyla, araştırma literatüründe bu iki önemli değişken arasındaki ilişki hakkında büyük bir belirsizlik söz konusudur.

Bu nedenle, bir meta analiz yapmanın avantajı, araştırmacıların, değişkenler arasındaki bir ilişkinin doğasını etkileyebilecek anahtar moderatör değişkenleri tanımlayabilmesidir. Denetleyici değişkenler eklemek yararlıdır çünkü önceki araştırmada bulunan tutarsızlıkları açıklamaya yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, Judge vd (2001) meta-analiz ve nitel bir inceleme ile araştırmacılar, performans-ödül olasılıkları, iş özellikleri, başarı ihtiyacı ve görev başarısı, başarı da dahil olmak üzere aracı değişkenler gibi denetleyici değişkenleri içeren yeni bir entegre memnuniyet-performans ilişkisi modeli geliştirmiştir. Sonuç olarak, meta-analizin önemli bir avantajı, araştırmacıların popülasyondaki değişkenler arasındaki ilişkiyi tahmin etmelerine yardımcı olabilmesi ve ilişkinin var olduğu ve bulunmadığı koşulları açıklayan diğer değişkenleri tanımlamak için kullanılabilmesidir.

Her meta-analizin dâhil etme / dışlama kriterleri ve literatürü gözden geçirmek için seçilen yöntemler nedeniyle bazı içsel önyargılar da vardır. Her bilgisayar destekli arama tamamlanmayacaktır ve her dergi makalesi tanımlanmayacaktır. Dolayısıyla, söz konusu inceleme hakkında toplanan her veri parçası elde edilir, ancak bazı veriler, özellikle istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçlar verirlerse yayınlanmaz. Bir meta-analiz genellikle örnekleme birimleri, bağımsız ve bağımlı değişkenleri ölçme ve çalışma yöntemlerini, veri-analitik yaklaşımları ve istatistiksel bulguları önemli ölçüde değişen çalışmaları içermektedir. Bu tür bir varyasyon, bulgular net olduğunda sonuçların genelleştirilebilirliğini artırabilir, ancak olmadıklarında, değişen teorik ve

metodolojik yaklaşımlar ve moderatörler için başarısız bir arama kafa karıştırıcı olabilir ve verilerin anlatmaya çalıştığı hikâyenin tam olarak anlaşılmasını engelleyebilir (Hunt 1997:s.42).

Meta-analiz büyük resmi görmek zorunda kalmadan sistematik olarak yalnızca bireysel etkileri değerlendirmektedir: bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ortalamalar (etki boyutu d) veya sıfır dereceli korelasyonlar (etki boyutu r) arasındaki farklar. Meta-analizin eleştirileri listesindeki bir başka çağrıştırmacı imge, elma ve portakal argümanıdır (Hunt 1997: s.61). Meta-analiz bazen, bağımsız ve bağımlı değişkenlerin operasyonelleştirilmesinde ve ölçülmesinde önemli ölçüde farklılık gösteren ve genellikle aynı olmamakla birlikte benzer sorulara cevaplar elde etmek için çok farklı örnekleme birimleri kullanan çalışmalardan elde edilen sonuçların özetlenmesini içerdiği için eleştirilir.

Bu nedenle, meta-analizin elma ve portakal almaya ve ağırlıkları, boyutları, tatları ve raf ömürleri gibi ölçümlerin ortalamasını almaya benzer olduğu tartışılmaktadır (Hunt,1997).

Hall ve Rosenthal'ın (1995) belirttiği gibi, bir meta-analiz gerçekleştirmenin tek bir doğru yolu yoktur. Bununla birlikte, ele alınması gereken belirli hedefler vardır ve bazı yöntemler bu hedeflere diğerlerinden daha iyi hizmet etmektedir. Meta analize rehberlik etmek için birbiriyle ilişkili üç temel ilke sunulmaktadır: doğruluk, basitlik ve netlik. Bir meta analiz ne kadar basitse, doğru olma olasılığı da o kadar yüksektir; çok basit olanı sunmak söz konusu değildir.

2.3.2. Etki Büyüklüğü ve Tedavi Etkisi

Tedavi etkileri ve etki büyüklükleri terimleri farklı kişiler tarafından farklı şekillerde kullanılmaktadır. Tıpta meta-analizler genellikle bir tedavi etkisi olarak etki büyüklüğüne atıfta bulunur ve bu terimin bazen tıbbi müdahalelerle ilgilenen meta-analizlerde yaygın olan olasılık oranlarına, risk oranlarına veya risk farklılıklarına atıfta bulunduğu varsayılır. Benzer şekilde, sosyal bilimlerdeki meta-analizler genellikle etki büyüklüğüne basitçe bir etki büyüklüğü olarak atıfta bulunur ve bu terimin sosyal bilim meta analizlerinde yaygın olan standartlaştırılmış ortalama farklılıkları veya korelasyonları ifade ettiği varsayılır. Aslında, hem etki büyüklüğü

hem de tedavi etkisi terimleri bu endekslerden herhangi birine atıfta bulunabilir ve bu terimler arasındaki ayrım indeksin kendisinde değil, çalışmanın doğasında yatmaktadır. 1988 yılında Cohen tarafından geliştirilen etki büyüklüğü kavramı, bir durumun toplumda görülme sıklığı olarak ifade edilmektedir. Deney grubu ve kontrol grubu arasındaki farkın indeksi olarak da anılan etki büyüklüğü, meta analizinin temelini oluşturmaktadır (Cohen 1988; Cohen vd 2000, Bakioğlu ve Özcan 2016). Nitekim, literature etki katsayısı olarak da geçen bu kavram bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi (olumlu yada olumsuz) hakkında bilgi vermek için kullanılmaktadır (Dinçer, 2014). Etki büyüklüğü terimi, indeks iki değişken arasındaki ilişkiyi veya iki grup arasındaki farkı ölçmek için kullanıldığında uygundur.

Meta analiz, ortalama etki büyüklüklerini alarak bir araştırma alanındaki kanıtları özetlemektedir. Etki boyutları, ortalamadan önce, genellikle bir etki boyutu tahmininin kesinlik göstergeleri kullanılarak ağırlıklandırılır. Araştırmacılar ayrıca çalışmalar arasındaki etkilerdeki değişkenliğin derecesini ve bu değişkenlik için olası açıklamaları değerlendirebilirler. Standartlaştırılmış etki boyutlarının sentezini içeren modern teknikler ancak yakın zamanda geliştirilmiştir (Fisher, 1932; Chalmers vd 2002)

Buna karşılık, tedavi etkisi terimi yalnızca kasıtlı bir müdahalenin etkisini ölçmek için kullanılan bir indeks için uygundur. Böylece, erkek ve dişiler arasındaki fark sadece etki büyüklüğü olarak adlandırılabilirken, tedavi edilen ve kontrol grupları arasındaki fark ya etki büyüklüğü ya da tedavi etkisi olarak adlandırılmaktadır. Çoğu meta-analiz, değişkenler arasındaki ilişkilere odaklanırken bazıları tek bir popülasyonda bir ortalama veya risk veya oran tahmin etme hedefine sahiptir. Örneğin, Wabash'ta Lyme hastalığının prevalansı veya Utah'daki öğrenciler için ortalama SAT puanı için çeşitli tahminleri birleştirmek için bir meta-analiz kullanılabilir. Bu durumlarda, indeks açıkça bir tedavi etkisi değildir ve etki bir ilişkiyi ima ettiğinden, bir etki büyüklüğü de değildir. Bunun yerine, tahmin edilen parametre basitçe tek bir grup özeti olarak adlandırılabilir. Bununla birlikte, bir indeksin bir etki büyüklüğü ve/veya bir tedavi etkisi (veya sadece tek bir grup özeti) olarak sınıflandırılmasının hesaplamalar üzerinde hiçbir etkisi olmadığına dikkat etmek gerekir. Meta-analizin kendisinde sadece bir dizi değere ve bunların varyanslarına sahibiz ve aynı matematiksel formüller geçerlidir.

Meta-analiz, özünde karmaşık bir teknik değildir: basitçe, çalışma hassasiyetinin bir ölçüsü ile ağırlıklandırılan çalışma etki büyüklüklerinin ortalamasıdır. Toplama prensibini kullanarak, meta-analist, her küçük bireysel çalışma ile ilişkili özdeyişlerin ve güvenilirliğin ortalamasının alındığını ve daha kesin ve muhtemelen daha doğru bir tahminin toplu olarak işlendiğini varsaymaktadır. Ortalama bir etki büyüklüğünün ötesinde, meta-analiz, etki büyüklüklerindeki değişkenliği (meta-analiz dilinde heterojenlik olarak adlandırılır) ölçme ve bu değişkenliği açıklayan moderatörler için test etme şansı da sunar (Borenstein vd 2011). İstatistiksel anlamlılık seçimi, yayınlanan etki büyüklüklerinin gerçek popülasyon etki büyüklüklerinin olduğundan fazla tahmin edildiği bir durum yaratır. Meta-analizdeki çalışmaların boyutu küçüldükçe ve araştırılan gerçek etki boyutu sıfıra düştükçe fazla tahmin artar(Bakker vd 2012; Van Assen vd 2015)

Bir meta analiz çalışmasında, çalışmaların birlikte analiz edilmesi bu çalışmaların aynı etki büyüklüğü istatistiğine sahip sonuçlara sahip olması şartına dayanmaktadır.

Cohen’e ait etki büyüklüğü sınıflandırması Tablo 12’de görülmektedir.

Tablo 12:Cohen’in etki Büyüklüğü Sınıflandırılması

Etki Büyüklük Tipi	Etki Büyüklük ölçütü	Etki Büyüklük Düzeyi
Ortalamalara Dayanan Etki Büyüklüğü	0,20 0,50 0,80	Küçük Orta Geniş
Oranlara Dayanan Etki Büyüklüğü	1,50 2,50 4,30	Küçük Orta Geniş
Korelasyonlara Dayanan Etki Büyüklüğü	0,10 0,25 0,40	Küçük Orta Geniş

Meta analizinde elde edilen sonuçlar ilişkiyi gösteriyorsa korelasyona dayanan etki büyüklüğünden, sayısal sonuç olması durumunda ortalamaya dayanan etki büyüklüğünden söz edilmektedir. Son olarak sonuçlar nominal ise oranlara dayanan etki büyüklüğü ön plana çıkmaktadır (Cohen 1988; Cohen vd 2000; Bakioğlu ve Özcan 2016).

Meta analizinde gerçek etki ve gözlemlenen etki grafiklerde farklı sembollerle ifade edilmektedir. Grafiklerde gösterilen semboller aşağıdaki gibidir (Karahana, 2014; Berk, 2019).

	Gerçek Etki	Gözlemlenen Etki
Çalışma		
Birleştirme		

2.3.2.1. Standartlaşmış Ortalamalara Dayanan Etki Büyüklüğü (D ve G)

Belirtildiği gibi, ham ortalama farkı, ölçü doğal olarak veya yaygın kullanım nedeniyle anlamlı olduğunda yararlı bir endekstir. Buna karşılık, ölçü daha az bilindiğinde (örneğin, sınırlı dağılıma sahip özel bir ölçek), ham ortalama farkının kullanılması daha az tavsiye edilir. Her durumda, ham ortalama farkı, yalnızca meta analizdeki tüm çalışmaların aynı ölçeği kullanması durumunda bir seçenektir. Farklı çalışmalar sonucu değerlendirmek için farklı araçlar (farklı psikolojik veya eğitim testleri gibi) kullanıyorsa, ölçüm ölçeği çalışmadan çalışmaya farklılık gösterecektir ve ham ortalama farklılıklarını birleştirmek anlamlı olmayacaktır. Bu gibi durumlarda, çalışmalar arasında karşılaştırılabilir bir indeks (standartlaştırılmış ortalama fark) oluşturmak için her çalışmadaki ortalama farkı o çalışmanın standart sapmasına

bölebiliriz. Bu, istatistiksel güç analizindeki etkilerin büyüklüğünü tanımlamakla bağlantılı olarak Cohen (1969-1987) tarafından önerilen yaklaşımın aynısıdır.

2.3.2.2. Oranlara Dayalı Etki Büyüklüğü (Risk Oranı ve Olasılık Oranı)

Başlangıçta iki gruptaki (klasik 2 2 tablosu) olay ve olay olmayanların sayısı olarak rapor edilen, randomize bir deneme gibi ileriye dönük bir çalışmadan elde edilen veriler için, araştırmacılar tipik olarak bir risk oranı, bir olasılık oranı hesaplar ve /veya bir risk farkı hesaplar. Bu veriler, tablo 13’de gösterildiği gibi a, b, c ve d hücreleri olarak temsil edilebilir. örneğin, örneklem büyüklüğü grup başına 100 olan bir çalışma varsayalım. Kontrol grubunda ölen on hastayla karşılaştırıldığında, tedavi edilen grupta beş hasta ölmüştür.

Tablo 13:Sonuç Tablosu İçin Isimlendirme

	Olaylar	Olay Dışı	N
Tedavi	A	B	N ₁
Kontrol	C	D	N ₂

Tablo 14: Tablo İçin Kurgusal Veriler

	Ölü	Canlı	N
Tedavi	5	95	100
Kontrol	10	90	100

Bu verilerden bir risk oranı, bir olasılık oranı ve/veya bir risk farkı hesaplanabilmektedir.

Bu indeks, bir oranın anlamının açık olması anlamında sezgisel olma avantajına sahiptir. Risk oranları için hesaplamalar log ölçeğinde yapılır.

Risk Oranı İçin Hesaplama Formülü

$$\frac{A/n1}{\frac{C}{n2}}$$

$$\text{Log Risk Oranı} = \text{Ln}(\text{Riskoranı})$$

Risk oranı iki riskin oranı olduğunda, olasılık oranı iki oranın oranıdır. Pek çok kişi bu etki büyüklüğü ölçümünü risk oranından daha az sezgisel bulmaktadır, ancak olasılık oranı, onu bir meta-analiz için genellikle en iyi seçim haline getiren istatistiksel özelliklere sahiptir. Olayın riski düşük olduğunda, bahis oranı risk oranına benzer olacaktır. Odds oranları için hesaplamalar bir log ölçeğinde yapılır (risk oranlarıyla aynı sebepten dolayı):

$$\frac{AD}{BC}$$

$$\text{Logolasılık Oranı} = \text{Ln}(\text{Olasılıkoranı})$$

Risk farkı, iki risk arasındaki farktır. Burada tedavi edilen gruptaki risk 0,05 ve kontrol grubundaki risk 0,10'dur, yani risk farkı 0,05'tir. Risk oranları ve olasılık oranlarından farklı olarak, risk farklılıkları hesaplamaları log birimlerinden ziyade ham birimlerde yapılır. Risk farkı şu şekilde tanımlanır:

$$\left(\frac{A}{n1}\right) - \left(\frac{C}{n2}\right)$$

Özetle;

- Her grupta bir olayın riski hesaplanabilir (örneğin, tedavi edilene karşı kontrol). Bu risklerin oranı daha sonra bir etki büyüklüğü (risk oranı) olarak hizmet eder.
- Her grupta (örneğin tedavi edilene karşı kontrol) bir olayın olasılığı (ölümün yaşama oranı gibi) hesaplanabilir. Bu oranların oranı daha sonra olasılık oranı olarak hizmet eder.
- Risk oranı veya olasılık oranı ile çalışmak için tüm değerleri log değerlerine dönüştürülürken, risk farkı ile çalışmak için ham değerlerle çalışılmaktadır.

2.3.2.3.Korelasyona Dayalı Etki Büyüklüğü

Korelasyon parametresinin tahmini p basitçe örnek korelasyon katsayısıdır, r. r'nin varyansı yaklaşık olarak

$$V_r = \frac{(1-r^2)^2}{n-1}$$

burada n örnek boyutudur. Çoğu meta-analist, varyans güçlü bir şekilde korelasyona bağlı olduğundan, korelasyon katsayısının kendisi üzerinde sentez yapmaz. Bunun yerine, korelasyon fisher z ölçeğine dönüştürülür (anlamlılık testlerinde kullanılan z puanı ile karıştırılmamalıdır) ve tüm analizler dönüştürülmüş değerler kullanılarak gerçekleştirilir.

2.3.1.4. Meta Analizinde Kullanılan İstatiksel Modeller

2.3.1.4.1. Sabit Etkiler Modeli (FE)

Meta-analizin temel amaçlarından biri, genel veya birleşik etkiyi tahmin etmektir. Analizdeki tüm çalışmalar eşit derecede kesin olsaydı, etki büyüklüklerinin ortalamasını kolayca hesaplayabilirdi. Bununla birlikte, bazı çalışmalar diğerlerinden daha kesin olsaydı, daha fazla bilgi taşıyan çalışmalara daha fazla ağırlık vermek istenebilirdi. Sabit etki modelinde, tüm çalışmalar için gerçek etki büyüklüğünün aynı olduğunu ve etki büyüklüğünün çalışmalar arasında değişmesinin tek nedeninin rastgele hata olduğunu varsayılmaktadır. Bu nedenle, farklı çalışmalara ağırlık verirken, daha büyük çalışmalarda aynı etki büyüklüğü hakkında daha iyi bilgiye sahip

olunduğu için daha küçük çalışmalardaki bilgiler büyük ölçüde göz ardı edilebilmektedir (Borenstein vd 2007: s. 28).

FE önem testleri ve güven aralıklarının uygulanması, analiz edilen çalışmaların çalışma popülasyonu etki büyüklükleri düzeyinde homojen olduğu varsayımına dayanmaktadır. Örneğin, kullanılan etki büyüklüğü indeksi d değeri ise, FE modeli, d'nin popülasyon değerinin meta-analize dahil edilen tüm çalışmalarda aynı olduğunu varsayar. RE modelleri bu varsayımı yapmaz (Hedges,1992; Ulusal Araştırma Konseyi,1992). RE modelleri, popülasyon parametresi değerlerinin çalışmadan çalışmaya farklılık gösterme olasılığına izin vermektedir (Becker, 1996; Hedges, 1992).

İncelenen çalışmaların aynı etkiye sahip olduğunu varsayan FE modeli, etki büyüklüğünde meydana gelen çeşitliliği örneklem hatasına dayandırmakla birlikte varyans faktörünü ele almadığı için çalışmaların homojenliği hakkında yorum yapamaz. Bu nedenle sabit etkiler modeli büyük örneklem sahip çalışmalar için daha duyarlıdır (Akçıl ve Temel,2001)

En basit sabit etkiler modeli, örneklemdeki tüm çalışmalardaki etki büyüklüğü tahminlerini birleştirerek ortalama bir etki büyüklüğünün tahminini içerir. İ'inci çalışmada (gözlemlenmemiş) etki büyüklüğü parametresi (gerçek etki büyüklüğü) θ_i olsun, T_i i'inci çalışmadan karşılık gelen gözlemlenen etki büyüklüğü tahmini ve v_i varyansı olsun. Bu nedenle, bir dizi k çalışmasından elde edilen veriler, etki büyüklüğü tahminleri $T_1, \dots, T_k$ ve varyansları $v_1, \dots, v_k$ 'dir. Etki büyüklüğü tahmini T_i , etki büyüklüğü parametresi artı bir örneklem hatası ϵ_i olarak modellenmiştir. Yani

$$T_i = \theta_i + \epsilon_i, \epsilon_i \sim N(0, v_i).$$

Θ parametresi, tüm çalışmalar için ortalama etki büyüklüğü parametresidir. Çalışmaya özgü etki büyüklüğü parametrelerinin ($\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$) örneklendiği dağılımın ortalaması θ olduğu yorumuna sahiptir. Bunun kavramsal olarak gözlemlenen k çalışmalarının etki büyüklüğü parametreleri olan $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ ile aynı olmadığını unutulmamalıdır (Konstantopoulos,2006:s. 8). Etki büyüklüğü parametreleri sırasıyla ortalama etki büyüklüğü ile belirlenmektedir. β_0 , yani $\theta_i = \beta_0$, bu, θ_i 'lerin sabit olduğunu ve dolayısıyla

$$T_i = \beta_0 + \epsilon_i \text{ 'dır.}$$

Meta-analiz yöntemlerinde sabit etki (FE) modelleri (Hedges ve Olkin,1985) ve rastgele etki (RE) modelleri (Hedges ve Olkin, 1985) arasında bir ayrım vardır. Bu modeller, ortalama etki büyüklükleri (ortalama r veya ortalama d) için farklı anlamlılık testlerine ve güven aralıklarına yol açmaktadır. Ayrıca meta-analizde moderatör değişkenler (etkileşimler) için farklı anlamlılık testleri verirler; yani, çalışma özellikleri ve çalışma sonuçları (etki büyüklükleri) arasındaki ilişki için farklı anlamlılık testleri (National Research Council, 1992; Overton,1998). Hedges (1992), metaanalizdeki bu iki model arasındaki farklara kısa ve öz bir genel bakış sağlamaktadır. Bu ayrımın diğer muameleleri Hedges (1994a; 1994b), Ulusal Araştırma Konseyi (1992), Raudenbush (1994) ve Shadish ve Haddock (1994) 'te bulunabilmektedir.

2.3.1.4.2. Rastgele Etkiler Modeli (RE)

Rastgele etkiler modeli, sabit efekt modelinin bir uzantısıdır. Farklı çalışmaların gerçek etkileri arasındaki heterojenlik, yöntemler ve örneklem özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir ve bu tür çalışmalar meta-analiz problemlerinin çoğunda yer almaktadır. Heterojenliği tasarlamamanın yöntemlerinden biri, onu basitçe rastgele kabul etmektir. Rastgele etkiler meta-analiz modeli, i çalışmasından iR tedavi etkisinin, varyans viR ile θiR kendi gerçek tedavi etkisinin bir tahmini olduğunu varsayar. Çalışma değişkenliği içinde ve arasında, çoklu çalışmalardaki önemli heterojenlik kaynakları rastgele etki meta-analiz modeliyle ilişkilendirilebilir. N çalışmaların dahil edildiği geniş bir çalışma dizisi hakkında koşulsuz bir çıkarım meta-analiz rastgele etkiler modeli ile sağlanmaktadır. $i = 1, 2, \dots, N$ için, (Jain vd 2019:s.202)

$$\hat{\theta iR} \sim N[\theta iR, viR]$$

ve

$$\theta iR \sim N[\theta R, \delta R^2] \text{ 'dir.}$$

Ortalama etki büyüklüklerinin ve moderatör ilişkilerinin istatistiksel anlamlılığına yönelik RE formülleri, hem popülasyon parametre değerleri (veya) tüm çalışmalarda aynı olduğunda hem de popülasyon parametreleri çalışmalar arasında farklılık gösterdiğinde uygun Tip I hata oranına sahiptir. Bununla birlikte, popülasyon parametreleri çalışmalar arasında farklılık gösterdiğinde, FE formülleri, nominal değerlerden daha yüksek olan Tip I hata oranlarına sahiptir ve genellikle çok daha yüksektir. FE standart hatalarına göre güven aralıkları kullanılırsa, güven aralıkları çok dardır. Örneğin, nominal bir %95 güven aralığı, gerçekte %60 güven aralığı, önemli bir yanlışlık ve meta-analiz sonuçlarının kesinliğinin önemli ölçüde aşırı ifadesi olabilmektedir (Hunter and Schmidt, 2000: s. 278).

Bununla birlikte Hedges ve Olkin (1985) ve Rosenthal ve Rubin'in (1982a, b) meta-analiz yöntemlerinin yayınlanmış uygulamalarında kullanılan istatistiksel anlamlılık formülleri neredeyse değişmez şekilde FE formülleridir. Hedges ve Olkin (1985)'e göre homojenlik, ortalama korelasyonun veya d değerinin önemi testten önce gelmektedir. Bu ki kare testi, hem sabit hem de RE modelleri için aynıdır (Hedges ve Olkin, 1985; Hedges,1992) ve kendisi herhangi bir Tip I hata sapmasından muzdarip değildir.

Buna karşılık, rastgele etkiler modeli, çalışmaların tedavi etkisini etkileyebilecek şekillerde birbirinden farklı popülasyonlardan alındığını varsaymaktadır. Örneğin, müdahalenin yoğunluğu veya deneklerin yaşı bir çalışmadan diğerine farklılık gösterebilir. Etkinin büyüklüğünün iki nedenden dolayı bir çalışmadan diğerine değişeceği sonucu çıkar. Birincisi, sabit etki modelinde olduğu gibi, çalışmalardaki rastgele hatadır. İkincisi, bir çalışmadan diğerine etki büyüklüğündeki gerçek değişimdir.

Sonuç olarak, rastgele etkiler modelinde amaç tek bir gerçek etkiyi tahmin etmek değil, etkilerin dağılımının ortalamasını tahmin etmektir. Her çalışma, farklı bir popülasyondaki bir etki büyüklüğü hakkında bilgi sağladığından, çeşitli çalışmalar tarafından yakalanan tüm popülasyonların birleşik tahminde temsil edildiğinden emin olunması gerekmektedir (Borenstein vd 2007:s. 27).

2.3.1.4.3. Dayanıklı (Robust) Model

Bilindiği gibi, istatistiksel çalışmaların nihai amacı doğruya en yakın modelle ilerlemektir. Ancak meta analiz incelemelerinde aykırı değerlerin olup olmadığı dikkate alınmaksızın RE modeli kullanılmaktadır. Ve bu durum ne yazıkki meta analiz sonuçlarını etkiler düzeyde olmaktadır. Meta analiz çalışmalarında aykırı değere rastlanan çalışmaların bulunması durumunda, tıpkı birinci çalışmalarda (birbirinden bağımsız çalışmalar) olduğu gibi bu çalışmalar incelemeden çıkarılmaktadır. Ancak meta analizinde çalışmaları çıkarmak yerine daha uygun bir model kullanılarak devam edilebilmektedir.

Robust model, bağımlı etki büyüklükleriyle başa çıkmak için yakın zamanda önerilen bir meta analitik yöntemdir. Robumeta paketi, çeşitli ağırlıklandırma şemaları altında hem büyük hem de küçük örnek RM tahmin edicileri kullanarak sağlam varyans meta regresyonu gerçekleştirmek için işlevler sağlamaktadır. Bu yöntemler dağıtımdan muaftır ve etki büyüklükleri arasındaki bağımlılığın derecesi ve yapısı bilinmediğinde bile geçerli nokta tahminleri, standart hatalar ve hipotez testleri sağlamaktadır.

Son zamanlarda; Hedges, Tipton ve Johnson (2010), çalışma içi kovaryans bilgisi gerektirmeyen, bağımsız olmayan etki büyüklüklerini ele almak için yeni bir yaklaşım sağlamıştır. RM yöntemi, genel doğrusal modeldeki heteroskedastisite-sağlam (Eicker, 1967; Huber, 1967; White, 1980) ve kümelenmiş (Liang ve Zeger, 1986) standart hatalar üzerindeki çalışmaları, meta-analizde en sık karşılaşılan bağımlılık ve ağırlıklandırma biçimlerine kadar genişletmektedir. RVE yaklaşımı bir dizi arzu edilen özelliğe sahiptir.

Meta-regresyonda, RVE'den elde edilen katsayılar, normal olmama dahil olmak üzere geniş bir koşullar kümesi altında temeldeki popülasyon parametrelerinin tutarlı tahminleridir. Sonuçlar, meta-analizde kullanılan geleneksel regresyon yöntemlerinde olduğu gibi yordayıcı değişkenlerin sabitlenmesini gerektirmez (Hedges, 1982). Ek olarak, RM, bu bağımlılığın tam yapısını modellemeye gerek kalmadan etki büyüklükleri bağımsız olmadığında geçerli standart hatalar, nokta tahminleri, güven aralıkları ve anlamlılık testleri üretir. RM yaklaşımı psikoloji, müdahale araştırmaları, tıp ve ekolojide giderek daha fazla kullanılmaktadır.

2.3.1.5. Meta Analizinde Heterojenlik

Tipik olarak, meta-analizin üç ana hedefi vardır: (a) çalışma sonuçlarının homojen olup olmadığını test etmek, (b) incelenen ilişkinin etki büyüklüğü hakkında genel bir indeks elde etmek, bir güven aralığı ve istatistiksel önemi ile birleştirmek (c) çalışmalar arasında heterojenlik varsa, elde edilen sonuçları düzenleyen olası değişkenleri veya özellikleri belirlemek. Burada, bir çalışma koleksiyonundan elde edilen sonuçlar arasındaki heterojenliğin nasıl değerlendirileceğine odaklanılmaktadır. Temel olarak, bir meta analizdeki bir dizi çalışmada heterojenliği açıklayan iki değişkenlik kaynağı olabilir. Bunlardan biri, çalışma içi değişkenlik olarak da adlandırılan örnekleme hatasından kaynaklanan değişkenliktir. Örnekleme hatası değişkenliği her zaman bir meta-analizde mevcuttur, çünkü her çalışma farklı örneklem kullanır. Diğer heterojenlik kaynağı, bireysel çalışmalar tarafından tahmin edilen popülasyon etki büyüklükleri arasında gerçek bir heterojenlik olduğunda bir meta-analizde ortaya çıkabilen çalışmalar arası değişkenliktir. Çalışmalar arası değişkenlik, örneklerin özellikleri, muameledeki varyasyonlar, tasarım kalitesindeki vb. gibi çalışmalar arasında değişen belirsiz sayıda özelliğin etkisinden kaynaklanmaktadır (Brockwell ve Gordon, 2001; Erez, Bloom ve Wells, 1996; Field, 2003; Hunter ve Schmidt, 2000)

Meta-analizde heterojenliği değerlendirmek çok önemli bir konudur çünkü gerçek heterojenliğin yokluğuna karşı (çalışmalar arası değişkenlik) meta-analistin meta-analitik veritabanına uygulamaya karar verdiği istatistiksel modeli etkileyebilmektedir. Dolayısıyla, çalışmaların sonuçları yalnızca örnekleme hatasıyla farklılık gösterdiğinde (homojen durum), ortalama bir etki büyüklüğü elde etmek için sabit etkiler modeli uygulanabilmektedir. Aksine, çalışma sonuçları örnekleme hatasından daha fazla farklılık gösteriyorsa (heterojen durum), o zaman meta-analist hem çalışmalar içi hem de çalışmalar arası değişkenliği hesaba katmak için bir rastgele etkiler modeli varsayabilir veya sabit etkiler modelinden moderatör değişkenleri aramak için karar verebilir (Field, 2001; Hedges, 1994; Hedges ve Olkin, 1985; Hedges ve Vevea, 1998; Overton, 1998; Raudenbush, 1994).

Bir meta analizde gerçek heterojenliğin olup olmadığını değerlendirmenin olağan yolu, Cochran (1954) tarafından tanımlanan istatistiksel bir test olan Q testini

kullanmak olmuştur. Q testi, her bir çalışmanın etki tahmininin genel etki tahmininden sapmalarının karesi toplanarak, her bir çalışmanın katkısını ters varyansına göre ağırlıklandırarak hesaplanmaktadır.

Etki büyüklükleri arasındaki homojenlik hipotezi altında, Q istatistiği, $k - 1$ serbestlik derecesi ile ki-kare dağılımını takip etmektedir (k çalışma sayısıdır). Homojenlik hipotezini reddetmemek, genellikle meta-analizin sabit etkiler modelini benimsemesine yol açmaktadır, çünkü tahmin edilen etki büyüklüklerinin yalnızca örnekleme hatasıyla farklılık gösterdiği varsayılır. Buna karşılık, homojenlik varsayımını reddetmek, hem çalışmalar içi hem de çalışmalar arası değişkenliği içeren bir rastgele etkiler modelinin uygulanmasına yol açabilir. Q istatistiğinin bir eksikliği, meta-analiz az sayıda çalışma içerdiğinde çalışmalar arasındaki gerçek heterojenliği tespit etme gücünün zayıf olması ve çok sayıda çalışma ile ihmal edilebilir değişkenliği tespit etmek için aşırı güce sahip olmasıdır (Alexander vd 1989). Bu nedenle, az sayıda çalışmayla Q testi için önemsiz bir sonuç, çalışmalar arasında gerçek bir heterojenlik olduğunda gözden geçirenin hatalı bir şekilde sabit etkiler modeli varsaymasına yol açabilir veya tam tersi söz konusu olabilir. Öte yandan, Q istatistiği bize gerçek heterojenliğin boyutu hakkında bilgi vermez, yalnızca istatistiksel önemi hakkında bilgi verir.

Meta analiz yönteminin bir parçası olarak, heterojenliği ölçme ve kontrol etme girişiminin altında yatan bir amaç vardır. Meta analizinin sağlamlığını sağlamak için çalışma içi ve çalışma arası olmak üzere iki değişkenlik kaynağı değerlendirilmeli ve etkileri en aza indirilmelidir. Her çalışma farklı bir örneklem kullandığından, çalışma içi değişkenlik meta analizinde her zaman mevcuttur (Huedo vd 2006). Katılımcılar, ölçüler, tedavi koşulları, çalışma tasarımları ve benzeri gibi çalışmalar arası değişkenliği etkileyebilecek bir dizi faktör vardır (Borenstein vd 2011; Cohn ve Becker, 2003; Field, 2003).

I^2 istatistiği, tesadüften çok heterojenliğe bağlı çalışmalar arasındaki değişkenliğin bir ölçüsünü sağladığı için heterojenliği araştırmak için kullanılmaktadır (Higgins ve Thompson, 2002). Cochran Q testine kıyasla I^2 istatistiğini kullanmanın mantığı, heterojenliği ölçebilme yeteneğidir. Ayrıca, çalışmanın sonuçlarındaki tutarsızlık derecesinin bir ölçüsünü sağlar ve analizde kullanılan çalışma sayısına

güvenilmez (Higgins ve Thompson, 2002; Higgins, Thompson, Deeks ve Altman, 2003). Heterojenlik düzeyini değerlendirmek için aşağıdaki sınıflandırmalar kullanılmıştır;

Yüksek (% 75), Orta (% 50) ve Düşük (% 25) (Higgins ve diğerleri, 2003).

2.3.1.6. Meta Analizinde Yayın Yanlılığı

Yayın yanlılığı, yayınlanmış literatürde görünen araştırma, tamamlanmış çalışmaların popülasyonunu sistematik olarak temsil etmediğinde meydana gelenler için kullanılan bir terimdir. Basitçe ifade etmek gerekirse, kolayca bulunabilen araştırma farklı olduğunda bir alanda yapılan tüm araştırmaların sonuçlarından elde edilen sonuçları, bu araştırmanın okuyucuları ve eleştirmenleri, o araştırmanın gösterdiği şey hakkında yanlış sonuca varma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Etkisiz veya tehlikeli bir tedavinin yanlışlıkla güvenli ve etkili olarak görülmesi gibi bazı durumlarda bunun dramatik sonuçları olabilmektedir.

Meta-analizde, yayın yanlılığı özellikle çetrefilli bir konudur çünkü meta analiz, geleneksel anlatı incelemelerinde (Egger vd 2000) sağlanandan daha doğru bir araştırma literatürünün değerlendirilmesi olarak ileri sürülmüştür. Bu durumda meta-analitik incelemenin sonuçlarının geçerliliği, diğer açılardan ne kadar sistematik ve kapsamlı olursa olsun, tehdit altındadır.

Sistematik incelemeler, geleneksel anlatı incelemelerine göre kanıtların daha objektif bir değerlendirmesini sağladığı için teşvik edildiğinden ve sistematik inceleme ve meta-analiz artık birçok disiplinde bir literatür özetlemek için tercih edilen metodoloji olarak kabul edildiğinden, bunların geçerliliğine yönelik tehditler alınmalıdır. Bu yöntemin geçerliliğine belki de en büyük tehdidi sunduğundan, yayın önyargısı özellikle ciddiye alınmalıdır. Öte yandan, sistematik gözden geçirme ve meta-analizin yayın yanlılığına karşı savunmasızlığı, bunların kullanımına karşı bir argüman değildir, çünkü bu tür önyargılar, araştırma bulgularını özetlemek için sistematik gözden geçirme veya başka bir metodolojinin kullanılıp kullanılmadığına bakılmaksızın literatürde mevcuttur (Rothstein vd 2005:s.2).

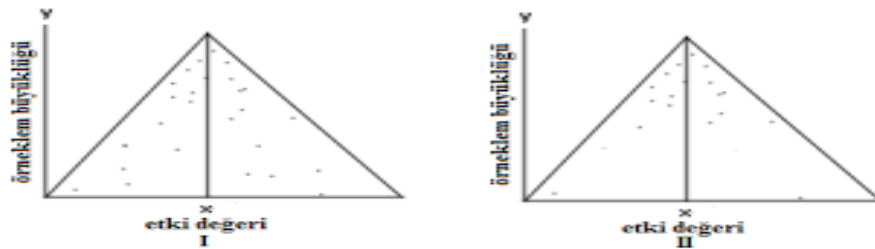
Yayın yanlılığının olup olmadığını test etmek için Huni Grafiği, Egger regresyon ve Begg sıralama korelasyon yöntemi kullanılmaktadır.

2.3.1.6.1. Huni Grafiği

Huni grafiği, apsis üzerindeki çalışma etkilerinin bir dağılım grafiğidir ve koordinat üzerinde bir çalışma kesinlik ölçüsüdür (ağırlıklı olarak, çalışma standart hatası) (Sterne ve Egger, 2001). "Huni grafiği" kavramı, bileşen çalışmalarının örneklem büyüklüğü arttıkça artan temel işleme etkisinin tahminindeki kesinliğe dayanmaktadır. Ana fikri, gözlemlenen etkilerin meta analitik özet etkisi etrafında rastgele ve simetrik olarak dağılması gerektiğidir.

Light ve Pillemer 'ın ilk kez 1985 yılında geliştirmiş olduğu grafikte daha küçük çalışmalar tabana doğru gösterildiğinden ve bunlar için daha yüksek etki boyutu değişkenliği beklendiğinden, bu grafiksel gösterim için ters çevrilmiş bir huninin karakteristik şekline yol açmaktadır. Bu beklenen huni çizim şekline belirli sapmalar, benzer şekilde gerçek efekt heterojenliği veya tek başına şans yoluyla ortaya çıksalar da, genellikle yayın yanlılığını düşündürücü olarak kabul edilmektedir. Yapılan meta analizinde yayın yanlılığı olmaması durumunda (Grafik 10 I) incelenen çalışmalar birleştirilmiş etki büyüklüğü çevresinde paralel dağılırken, yayın yanlılığı olması durumunda (Grafik10 II) bir tarafta yığılma olmaktadır (Rothstein vd 2005). Özellikle, sık görülen bir gözlem, ortalama olarak daha küçük çalışmaların daha büyük etkileri bildirmesidir. Bu sözde küçük çalışma etkisi, sırayla asimetric huni grafiklerine yol açmaktadır.

Grafik 10:Huni Grafiği Örnek Dağılımı



Bununla birlikte, huni grafiğinin popülaritesine rağmen, yayın yanlılığını tespit etmeye uygunluğu sorgulanmıştır (Lau vd 2006). Gerçekten de, deneysel araştırma, yayın önyargısının mevcut olup olmadığına ilişkin öznel yorumların, yalnızca görsel huni planı incelemesine dayalı olarak, çoğu zaman yanlış olduğunu ileri sürmektedir (Hunter vd 2014; Simmonds, 2015; Tang ve Liu, 2000; Terrin vd 2005). Öte yandan, huni grafiklerinin görsel olarak incelenmesi, yayın önyargısının varlığını ve ciddiyetini değerlendirmek için, görsel olarak gösterilen çok sayıda istatistiksel bilgiyi keşif tarzında birleştirmeye de izin vermektedir. Bu nedenle, görsel çıkarım, her iki dünya arasında aranan köprü olabilmektedir. Araştırmacıların, istatistiksel açıdan görsel incelemenin daha genel tanışal, açık ve açıklayıcı doğasına uymaya devam ederken, tip I hatalara karşı resmi olarak koruma sağlamalarına olanak tanımaktadır 1 (Sterne vd 2008: s.317).

2.3.1.6.2. Begg ve Mazumdar Yöntemi

Bir meta-analizin k çalışmadan oluştuğunu varsayalım. $T_1, t_2, \dots, t_k$ ve $v_1, v_2, \dots, v_k$ bu çalışmalardan tahmin edilen etki büyüklüklerini ve örneklem varyanslarını gösterebilir. Etki büyüklükleri, yayın yanlılığı sıfır hipotezi altında aynı şekilde dağıtılmadığından, Begg ve Mazumdar bir sıra korelasyon testi yapmadan önce etki büyüklüklerini standartlaştırmaktadır. T_i ve v_i , $i = 1, 2, \dots, k$,

$$T_i^* = \frac{t_i - \bar{t}}{(v_i)^{1/2}} \text{ burada}$$

$$\bar{t} = \frac{\sum v_j t_j}{\sum v_j} \text{ efekt büyüklüklerinin standart ağırlıklı ortalamasıdır ve}$$

$$V_i^* = V_i (\sum v_j - 1)^{-1}$$

1 İstatistiksel hipotez testinde, tip I hata, gerçek bir sıfır hipotezinin reddedilmesidir.

$T_i^* - \bar{t}$ 'nın varyansıdır.

Begg ve Mazumdar , Kendall'ın tau'suna dayalı bir sıra korelasyon testi kullanılmaktadır

$$\tau = \frac{2S}{k(k-1)} = \frac{2(C-D)}{2(C-D)}$$

Test, iki faktöre göre aynı sırada sıralanan çalışma çiftlerinin sayısı olan C'nin değerlendirilmesini içermektedir. t^* , v ve D, ters sırada sıralanan çalışma çiftlerinin sayısıdır. Burada v, t^* 'dan oluşan vektörleri göstermektedir. $v_1, t^*_1, \dots, t^*_k$ ve $v_1, v_2, \dots, v_k$, sırasıyla. Standartlaştırılmış test istatistiği olarak tanımlanır.

$$Z = \frac{C-D}{\sqrt{k(k-1)(2k+5)/18}}$$

asimptotik olarak $N(0, 1)$ olan bir değişken, Kendall'ın tau özelliklerinin doğrudan bir sonucudur. Begg ve Mazumdar tarafından yapılmış da, k'nin küçük değerleri için Kendall'ın tau'unun tam bir dağılımını kullanmak da mümkündür. Bağlı gözlemler varsa payda değiştirilmelidir.

2.3.1.6.3. Egger Regresyon Yöntemi

Egger, Smith, Schneider ve Minder (1997) tarafından önerilen regresyon temelli yaklaşım ve Begg ile Mazumdar tarafından sağlanan sıra korelasyon testi, klinik ve epidemiyolojik çalışmalarda küçük çalışma etkilerini test etmek için meta-analizde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Egger regresyon yönteminde, her bir çalışmanın etki büyüklüğünün standart normal sapmasının (yani i 'nci çalışma için, $z_i = EB_i / S.H._i$) bağımlı değişken, kesinlik (standart hata değişkeninin tersi veya $1/s.h$) değerinin de bağımsız değişken olduğu bir regresyon modeli kurulmaktadır:

$$z_i = \beta_0 + \beta_1 \text{ kesinlik}_i + e_i \text{ Egim}(\beta_1)$$

değeri ortalama etki büyüklüğünü temsil eden sabit huni grafiğinde asimetriği göstermektedir. Bu yöntem huni grafiğindeki asimetriği test etmek üzere kurulmuştur.

2.3.1.7. Moderatör Analizleri

Meta analizinde yapılan analiz sonucu, etki büyüklükleri arasında heterojenlik olduğunu gösteriyorsa analizi sonlandırmak yerine heterojenliğin sebeplerinin bulunması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için veri setine etki büyüklüklerinin yanında bireysel çalışmalara ilişkin karakteristik özelliklerin de eklenmesi gerekmektedir. Bunlar moderator değişken olarak ifade edilmektedir. Çalışmalar arası heterojenliğin bulunması Analog Anova ve Meta regresyon olmak üzere iki model vardır.

2.3.1.7.1. Analog ANOVA (Alt Grup Analizleri)

Analize dahil edilen bireysel çalışmaların iki veya daha fazla alt kategoriye sahip olması durumunda alt grup analizleri yapılmaktadır. Alt grup analizlerinde bağımlı değişken etki büyüklükleri, bağımsız değişken alt gruplardır. Etki büyüklükleri için en basit moderator modelleri, araştırmacının çalışma grupları arasında ortalama etki büyüklüklerini karşılaştırmakla ilgilendiği tek yönlü ANOVA modelinin analogudur (Lipsey ve Wilson,2001).

Anova alt grup analizinin amacı genel ortalama etki büyüklüğü sonrası gruplar için ortalamaların eşitliğini ölçmektedir. Bununla birlikte her gruba özgü etki büyüklüklerinin heterojenliğide ölçülmektedir. Bu aşamada heterojenliğin ölçümünde Q testi kullanılmaktadır. Q istatistiğinin iki değeri grup içi heterojenlik testi ve gruplar arası heterojenlik testi olarak kullanılmaktadır.

Q_T Toplam= Bireysel çalışmaların varyansının istatistiksel olarak anlamlılığını ölçmek için kullanılmaktadır.

Q_i Grup içi= Gruplar içerisindeki varyansın istatistiksel olarak anlamlılığını ölçmek için kullanılmaktadır.

Q_r Gruplar = Gruplar arasındaki varyansın istatistiksel olarak anlamlılığını ölçmek için kullanılmaktadır. Anlamlı bir farklılık olması durumunda etki büyüklüğünün alt gruplara göre değiştiği söylenebilmektedir.

2.3.1.7.2. Meta Regresyon

Meta-regresyon, bir yanıt değişkeni üzerindeki mevcut ortak değişkenlerin etkilerini ayarlarken, birden fazla çalışmadan elde edilen araştırma bulgularını birleştirmek, karşılaştırmak ve sentezlemek için regresyon analizini kullanan bir meta-analiz olarak tanımlanmaktadır. Bir meta-regresyon analizi, çelişen çalışmaları uzlaştırmayı veya tutarlı olanları desteklemeyi amaçlamaktadır bu nedenle harmanlanmış çalışmalar ve bunlara karşılık gelen veri setleri ile karakterize edilmektedir. Bir veri seti, örnek ortalama, etki büyüklüğü veya olasılık oranı gibi özet istatistiklerden oluştuğunda kümelenmiş sayılmaktadır. Öte yandan, bireysel katılımcı verileri, tüm gözlemlerin hiçbir kısaltma ve dolayısıyla bilgi kaybı olmadan raporlanması nedeniyle bir anlamda hamdır.

Toplu veriler internet arama motorları aracılığıyla kolayca derlenmektedir. Ancak, bireysel katılımcı verileri genellikle gizlidir ve yalnızca çalışmaları gerçekleştiren grup veya kuruluş içinde erişilebilirler. Gözlemsel veriler için meta-analiz de kapsamlı araştırmalar altında olmasına rağmen, literatür hala büyük ölçüde randomize kontrollü çalışmaların (RCT'ler) birleştirilmesine odaklanmaktadır. RKÇ'lerde, bir çalışma tipik olarak silahlardan oluşan bir denemeyi içerir. Kol, aynı terapiyi, müdahaleyi veya tedaviyi alan bir grup katılımcıyı ifade etmektedir. Bazı veya tüm çalışmaların ikiden fazla kolu olan bir meta-analiz, ağ meta-analizi, dolaylı meta-analiz veya çoklu tedavi karşılaştırması olarak adlandırılır. Aynı zamanda bir şemsiye terim olmasına rağmen, meta-analiz bazen, dahil edilen tüm çalışmaların, kendisini ağ meta-analizinden ayırmak için her birinin kesinlikle iki kolu tüm çalışmalarda aynı iki tedavi olduğunu ima etmektedir. Bir meta-regresyon, regresyon analizindeki farklı tedavilerin sayısına bağlı olarak aynı şekilde (meta-regresyon ve ağ meta-regresyonu) sınıflandırılabilir. Meta-analiz (ve meta-regresyon), analizin randomize kontrollü klinik çalışmaların bireysel katılımcı verilerinden oluşması şartıyla, genellikle kanıt hiyerarşisinin en üstüne yerleştirilir. Meta-regresyon, özellikle alt grup analizi için kullanılabilecek kategorik değişkenlerin varlığında, ortak değişken etkilerinin hesaplanmasında kritik bir rol oynar.

Analize dahil edilen j çalışma ve L çalışma sayısı için, ortalama tedavi etkilerinin rapor edilen ampirik tahminleri, b_j , çalışma düzeyindeki özellikler Z_{jk} (tipik olarak kukla veya gösterge değişkenleri) vektörü üzerinde aşağıdaki gibi regrese edilir:

$$b_j = \beta_j + \sum_{k=1}^K \alpha_k Z_{jk} + e_j \text{ where } j=(1,2,\dots,L) \quad (1)$$

(1) numaralı ifadede, Stanley ve Jarrell (1989) tarafından savunulan standart meta-analitik gösterimi benimsenmektedir. Meta-regresyon katsayıları α_k , örneğin, çalışmanın teşvik türü veya süresi gibi, K sayıda düzenleyici değişkenin yanlılık etkisinin bir tahminini sağlar. Meta-regresyon katsayılarının pozitif değerleri, pozitif bir önyargı (bir kontrol grubuna veya taban çizgisine göre artan enerji kullanımı) anlamına gelir ve negatif değerler, bir negatif önyargı (bir kontrol grubuna veya taban çizgisine göre azalan enerji kullanımı) anlamına gelir. B_j , önyargı etkisi hariç, tedavi etkisinin 'gerçek değeridir'. Çalışma yoluyla heterojen tedavi etkilerine izin verildiği için j ile indekslenir.

Bireysel çalışma standart hataları bilindiğinde, eşit olmayan varyansları birleştirmek ve değişen varyanslılığı azaltmak için her terimi ilgili birincil çalışma standart hatalarına (S_b) bölerek ifade (1) normalleştirilir; Stanley ve Jarrell (1989) ve Roberts ve Stanley (2005). İndirgenmiş formda, düzenleyici değişkenlerin 'gerçek' ampirik etkisi aşağıdaki gibi tahmin edilmektedir.

$$t_j = b_j / S_{b_j} = \beta_j / S_{b_j} + \sum_{k=1}^K \alpha_k Z_{jk} / S_{b_j} + u_j / S_{b_j} \text{ where } j=(1,2,\dots,L) \quad (2)$$

Yayın yanlılığının yokluğunda (yani yayınlanmış çalışmalarda anlamlı veya pozitif sonuçları destekleme eğilimi), gözlemlenen etki büyüklükleri 'doğru' değer etrafında rastgele değişmelidir ve ilgilenilen moderatör değişkenler için meta-regresyon katsayıları doğrudan aşağıdakilerden ampirik olarak tahmin edilmektedir (2). Veri kümesindeki standart hataların çoğu birincil çalışmalarda eksik olduğundan veya raporlanmadığından, meta-regresyon analizinde yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım benimsenmektedir, yani etki büyüklüğü varyansını ve dolayısıyla birincil çalışma standart hataları monotonik kullanarak temsil edilmektedir. Denklem (2), genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) ile tahmin edilmektedir ve analitik ağırlıklar

olarak numune boyutlarının karekökü kullanılmaktadır. Regresyon modelinin bozulmalarındaki değişen varyanslılığı ortadan kaldırmak için yayın kimliğine göre kümelenmiş GLS paneli tarafından daha muhafazakar bir belirtim kullanılmaktadır. Bu, tahmin edilen etkideki varyasyonu, aynı çalışma içindeki etki büyüklükleri arasındaki korelasyonu ve gözlemlenmeyen herhangi bir bileşen arasındaki ilişkiyi yeterince yakalama avantajı sunmaktadır. Meta-regresyon modeli, bilinen değişen varyanslılığı azaltır, daha büyük örneklem boyutlarına sahip çalışmalara analitik ağırlıklar sağlar ve küçük örneklem çalışmalarından elde edilen tahmin yanlılığına daha az duyarlıdır. Bu şekilde, çoklu etki büyüklüklerine, model fazlalığı heterojenliğine ve örneklem büyüklüğünden dolayı kesinlik farklılıklarına izin veren sağlam tahminler sunmaktadır.

2.4. BAĞIMLI VE BAĞIMSIZ DEĞİŞKENİN ÖLÇÜLMESİ

Bağımlı değişken, yüzde birimleri olarak rapor edilen “etki büyüklüğü” dür. Bağımsız değişkenler, birincil çalışmada test edilen müdahale tipine ve kullanılan kontrollere atıfta bulunmaktadır. Yukarıda tartışıldığı gibi, çeşitli fiyatlandırma stratejileri söz konusudur. Parasal bilgilere örnek olarak, değişen fiyatlar, elektriğin perakende fiyatını toptan satış fiyatıyla uyumlu hale getirerek tüketicilerin elektrik tüketimini etkilemek için kullanılmaktadır. Veya katılımcı hanelere elektrik tüketim maliyetlerinin ne kadar olduğu konusunda geribildirim verilmektedir.

Parasal olmayan stratejiler, kişisel geribildirim sağlayanlar ve başkalarının elektrik tüketimi hakkında sosyal geribildirim sağlayanlar olarak ayrılmaktadır. Bireysel geribildirim, katılımcıların enerji birimlerindeki mevcut ve önceki tüketimleri hakkında bilgi aldıkları müdahaleleri ifade etmektedir. Bu, standart elektrik faturasına ek olarak, daha ayrıntılı bir fatura veya bir web sitesindeki tüketim bilgisi gibi tüketim bilgilerini ifade etmektedir. Haneler ayrıca elektrik tüketimini nasıl azaltacaklarına dair yaşam koşullarına özel kişiselleştirilmiş tavsiyeler veya genel elektrik tasarrufu ipuçları alabilirler.

Sosyal geribildirim sağlayan çalışmalar, diğer hanehalklarına kıyasla kişisel tüketimin tanımlayıcı geribildirimi ve aynı zamanda bir hanehalkının tüketim davranışının sosyal olarak onaylanmasını veya onaylanmamasını sağlayan ihtiyati norm geribildirimini ifade etmektedir.

2.5. VERİLERİN TOPLANMASI

Bu analiz için uygun makaleler bulmak amacıyla, Boolean mantığını kullanan anahtar kelime grupları için aşağıdaki veritabanları tarandı:

ScienceDirect, SpringerLink, Pubmed, Google akademik.

Anahtar Kelimeler: Enerji tüketimi ve geribildirim, enerji verimliliği ve geribildirim, enerji tasarrufu ve geribildirim, elektrik tüketimi ve teşvik, dürtme

Tüm veri tabanlarında, çiftleri ortadan kaldırdıktan sonra, arama terimleri 1.890 çalışmadan oluşan bir liste ile sonuçlandı. Bu çalışmaların başlıkları ve özetleri gözden geçirildi. Veri tabanı aramasına ek olarak, seçilen her bir makale için referans listeleri ve alıntı makalelerinin listeleri ile önceki meta analizler, daha ileri çalışmalar için tarandı. Bu prosedür, konutlarda elektrik tüketimini azaltmak için teşviklerin kullanılması konusunda 354 çalışma ile sonuçlandı. Her makale ve rapor okundu ve belirlenen kriterlere göre 43 çalışma ile devam edildi.

2.5.1. Dahil Edilme Kriterleri

Konu ve problem durumunun netleştirilmesi sonrasında araştırma ölçütlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenecek ölçütlere göre ilk ve en önemli çerçeveyi araştırmanın kapsamı oluşturacaktır. Konuya ilişkin kısıtları belirledikten sonra genel ölçütlere ilişkin değerlendirmeler yapmak gerekmektedir. Nitekim bir çalışmayı tüm zamanlarda, tüm dillerde, tüm veri tabanlarında yürütmek mümkün görünmemektedir. Bu durumda ölçütlerin (ekleme/çıkarma ölçütlerinin) belirli bir mantık çerçevesinde olmasına özen gösterilmelidir.

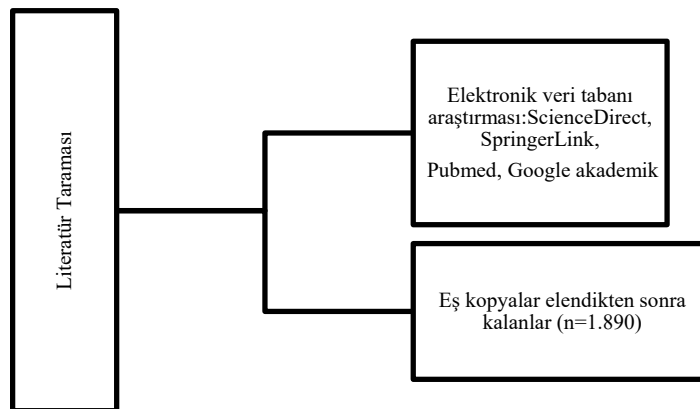
Meta-analize dahil edilmesi için bir çalışmanın aşağıdaki kriterleri karşılaması gerekmektedir.

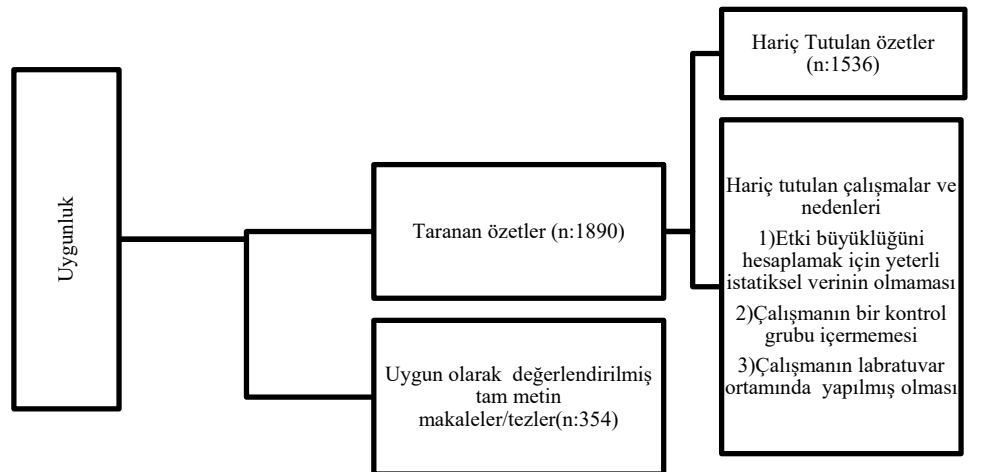
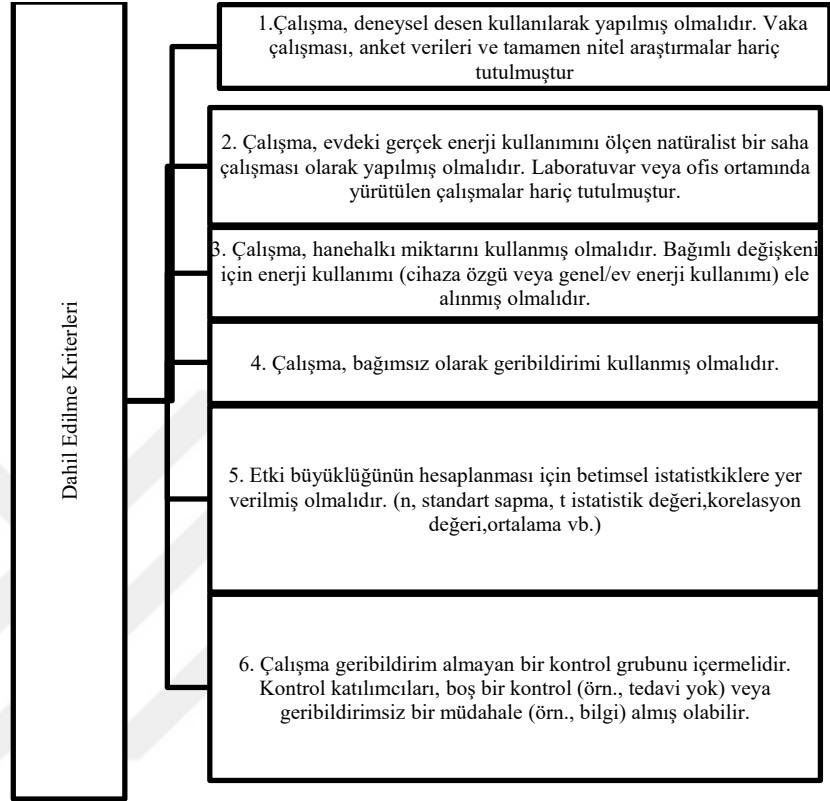
Dahil Edilme Kriterleri
1. Çalışma, deneysel desen kullanılarak yapılmış olmalıdır. Vaka çalışması, anket verileri ve tamamen nitel araştırmalar hariç tutulmuştur.
2. Çalışma, evdeki gerçek enerji kullanımını ölçen natüralist bir saha çalışması olarak yapılmış olmalıdır. Laboratuvar veya ofis ortamında yürütülen çalışmalar hariç tutulmuştur.
3. Çalışma, hanehalkı miktarını kullanmış olmalıdır. Bağımlı değişkeni için enerji kullanımı (cihaza özgü veya genel/ev enerji kullanımı) ele alınmış olmalıdır.
4. Çalışma, bağımsız olarak geribildirim kullanmış olmalıdır.
5. Etki büyüklüğünün hesaplanması için betimsel istatistiklere yer verilmiş olmalıdır. (n, standart sapma, t istatistik değeri, korelasyon değeri, ortalama vb.)
6. Çalışma geribildirim almayan bir kontrol grubunu içermelidir. Kontrol katılımcıları, boş bir kontrol (örn., tedavi yok) veya geribildirimsiz bir müdahale (örn., bilgi) almış olabilir.

2.5.2. Hariç Tutulma Kriterleri

Tarama sürecinde toplanan çalışmalar üzerine yapılan ayrıntılı incelemeler ile meta analizi için uygun olan çalışmalara karar verilmektedir. Bu süreç Card (2012)'nin belirttiği gibi çalışmaları belirleme ve çalışmaları karşılaştırma olmak üzere iki adım şeklinde tasarlanmaktadır.

Şekil 7:Akış Şeması





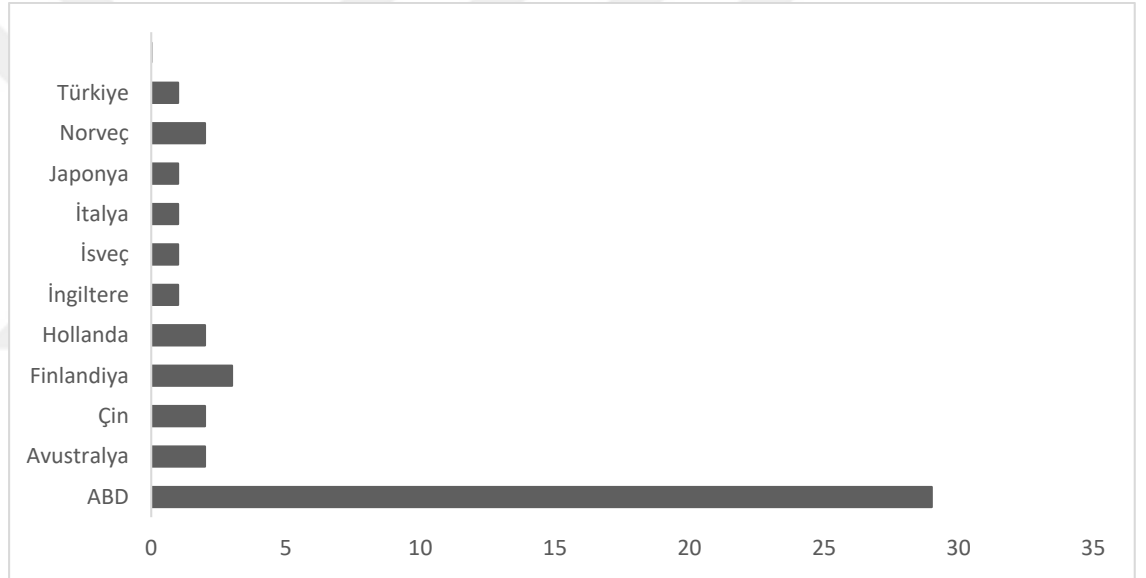
Meta analiz çalışmalarında her ne kadar Boolean mantığına göre taramalar yapılsa da elde edilen tüm çalışmalar kapsama alınmaya uygun olmayabilir. Örneğin; taramada çıkan fakat tam metnine ulaşılmayan çalışmalar çıkartılabilir. Bu süreç meta analizinde akış şeması ile gösterilmektedir.

2.6. BULGULAR

2.6.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmanın bu bölümünde meta analizine ilişkin betimleyici istatistiklere ve etki büyüklüğü değerleri ile elde edilen alt bilgi türlerine ilişkin analizlere yer verilmektedir. Grafik 11, dahil edilen çalışmaların coğrafi dağılımını göstermektedir. Çalışmaların çoğu Amerika Birleşik Devletlerinden gelmektedir çünkü bu bölgeler, elektrik tüketimini azaltmaya yönelik teşvikler konusunda Fİeld deneyleri ve pilot çalışmaların ön saflarında yer almıştır.

Grafik 11:Coğrafi Dağılım



Tablo 15: Etki Büyüklükleri (Pearson R) ve Heterojenlik Testi Sonuçları

Model	k	EB	S.H	Varyans	Alt Limit	Üst Limit	Z	P	Q	SD	P	I2
Sabit	43	0,03	0,006	0,000	0,026	0,051	5,94	0,000	387,903	44	0,000	88,657
Rastgele	43	0,25	0,03	7,834	0,177	0,353	5,90	0,000				

Meta analizinde heterojenliğin belirlenmesinde, Cochran Q-istatistiği yada indeksler kullanılmaktadır (I^2). Q-istatistiği, etki büyüklükleri arasında önemli

derecede heterojenlik olduğuna işaret etmektedir ($p<0.05$). I^2 test istatistik değeri %25 düşük, %50, orta %75 ise yüksek olarak belirlenmektedir. I^2 değeri %88 dir. Bu durum yüksek düzeyde heterojenlik olduğunun ve heterojenliğe neden olan değişkenlerin tespit edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu nedenle heterojenliğe neden olan değişkenlerin belirlenmesi için moderatör analizi yapılmıştır.

Hem psikolojik teori hem de geçmiş ampirik araştırmalar, geribildirim bireyleri sürece dahil etmede önemli bir rol oynayabileceği tüketicilere ev davranışlarının soyut ve görünmez enerji etkilerini vurgulayarak ve bunlardan haberdar ederek konutlarda enerji tasarrufunun sağlanacağını göstermektedir. Bu nedenle, konut enerji tasarrufu davranışı üzerinde geribildirim önemli ve olumlu bir ana etkisi olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, geçmiş literatür incelemeleri, geribildirim etkilerinin hem nasıl hem de kime verildiğine bağlı olarak değişebileceğini ileri sürmüştür. Bu nedenle, çalışmada hanehalkının elektrik tüketimine ilişkin çalışmalar arasında geribildirim tedavi etkilerinde önemli farklılıklar olduğu varsayılmaktadır ve aşağıdaki bölümlerde tartışılacak bir moderatör değişken seti önerilmektedir.

2.6.2. Moderatör Analizler

2.6.2.1. Geribildirim Türüne İlişkin Moderatör Analiz

Bu bölümde hanehalkı elektrik tüketimi ile ilgili yapılmış yayınların “geribildirim türüne” göre tüketim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda geribildirim türlerine göre ortalama etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Geribildirim türüne ilişkin moderatör analiz sonuçları Tablo 16’ da gösterilmiştir.

Tablo 16:Geribildirim Türüne İlişkin Moderatör Analizi

Tedavi Değişkenleri	Değişken	k	Cohen d	Heterojenlik		p	Alt Sınır	Üst Sınır
				Q	P			
Geribildirim Türü	GZ	16	0,17	6,08	0,19	0,03	0,01	0,31
	KG	13	0,37			0,00	0,15	0,60
	PB	6	0,35			0,02	0,04	0,66
	PT	2	0,11			0,04	0,00	0,21
	SG	6	0,21			0,04	0,00	0,43

Moderatör analiz sonucunda, geribildirim türüne ilişkin heterojenlik test sonucu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. ($p < 0.05$). Bu durum etki, büyüklükleri arasında örneklem hatasından öte bir değişkenlik olmadığını göstermektedir. Etki büyüklük değerlerine bakıldığında hanehalkının elektrik tüketimini azaltmada etkili olan değişkenlerin sırasıyla Kişisel geribildirim, Parasal Bilgi, Sosyal Geribildirim, Gerçek zamanlı geribildirim ve parasal teşvik olduğu görülmektedir.

2.6.2.2. Geribildirim Yapıldığı Süreye İlişkin Moderatör Analiz

Bu bölümde geribildirim yapıldığı sürenin tüketim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda uygulama süresine göre ortalama etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Uygulama süresine ilişkin moderatör analiz sonuçları Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 17: Uygulama süresine ilişkin Moderatör Analizi

Tedavi Değişkenleri	Değişken	k	Cohen d	Heterojenlik		p	Alt Sınır	Üst Sınır
				Q	P			
Geribildirim Süresi	<1 ay	9	0,20	1,369	0,85	0,01	0,02	0,37
	>12 ay	5	0,23			0,03	0,12	0,34
	1-3 ay	2	0,36			0,00	0,09	0,63
	3-6 ay	13	0,29			0,00	0,08	0,50
	6-12 ay	6	0,21			0,04	0,03	0,44

Geri besleme stratejisi ile elde edilebilecek enerji tasarrufunu etkileyen diğer bir faktör de zaman içindeki süresidir. Aslında, tüketicilerin dikkati, öğrenme görevine başlama aşamasından belirli bir amacın tatminine geçerken düşebilmektedir. Bu anlamda, geribildirim süresi, geribildirim nasıl yapılacağını etkileyebilir. Burada

önemli olan tüketicinin mesajı nasıl yorumlayacağı ve daha sonra dikkatini nereye odaklayacağıdır.

Geribildirim yapıldığı süreye ilişkin analiz, alt gruplar arası anlamlı farklılık bulunmadığını göstermektedir. Ancak etki büyüklük değerleri, geribildirim en etkili olduğu zamanın minimum 1-3 ay olduğunu göstermektedir. Bu durum, tedavi etkilerinin dayanıklılığını ve bilgi etkilerinin zaman içinde kaybolup kaybolmadığının kalıcılığını anlamak için daha uzun süreli çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

2.6.2.3. Yayın Yılı Değişkenine Göre Moderatör Analizi

Bu bölümde geribildirim “yayınlanma yılına” göre hanehalkı elektrik tüketimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda çalışmaların yapıldığı 1970 ve 2021 yılları arasında yayınlanan çalışmalara ait etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Çalışmaların yayınlandığı yıllara göre ortalama etki büyüklüklerine ait bulgular Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 18:Uygulamanın yapıldığı yıla ilişkin Moderator Analizi

Tedavi Değişkenleri	Değişken	k	Cohen d	Heterojenlik		p	Alt Sınır	Üst Sınır
				Q	P			
Geribildirim Süresi	1970-1985	9	0,43	2,392	0,49	0,008	0,11	0,75
	1986-1999	8	0,29			0,03	0,09	0,49
	2000-2010	12	0,19			0,00	0,04	0,33
	2011-2021	14	0,20			0,00	0,07	0,32

Tablo18’de en yüksek etki büyüklüğü değerinin 1970-1985 yılları arasında yayınlanan çalışmalarda olduğu ($d=0,43$), en düşük etki büyüklüğü değerinin ise 2000-2010 yılları arasında yayınlanan çalışmalarda olduğu ($d=0,19$) belirlenmiştir. Çalışmaların yürütüldüğü yıl moderatörü bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

2.6.3.Yayın Yanlılığı

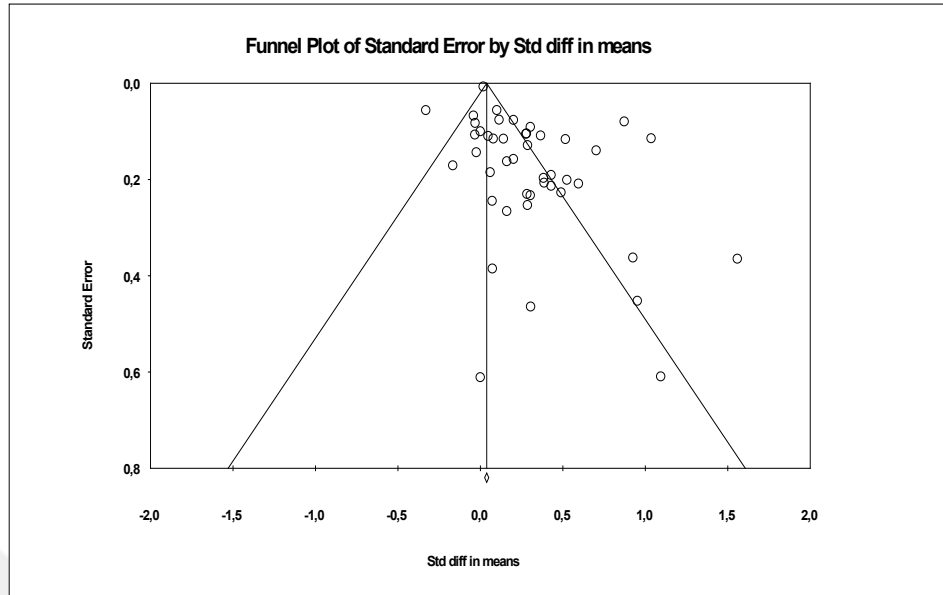
Card ve Krueger'e (1995) göre, ekonomik araştırmalarda yayın yanlılığının üç potansiyel kaynağı vardır:

1. Geleneksel görüşle tutarlı olan çalışmaları kabul etme eğilimi;
2. Geleneksel olarak beklenen sonuçların varlığına dayalı modelleri raporlama eğilimi;
3. Sadece istatistiksel olarak anlamlı sonuçları yayınlama eğilimi.

Bu meta-analizde kullanılan birincil çalışmaların örneğindeki olası yayın yanlılığı, Grafik 12' de gösterildiği gibi bir huni grafiği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu grafikler, tedavi etkisinin ters standart hatası veya tedavi grubunun numune boyutunun karekökü gibi bir kesinlik ölçüsüne karşı tedavi etkilerini çizmektedir. Sezgi, tedavi etkisinin doğruluğunun, hassasiyet düzeyi ile birlikte artmasıdır. Daha büyük standart hatalara ve daha küçük örneklem boyutlarına sahip çalışmalar, grafiğin alt kısmında dağıtılır, standart hatalar azaldıkça ve örneklem boyutları arttıkça tedavi etkilerinin yayılması azalır. Yayın yanlılığının yokluğunda, sonuç simetrik, ters çevrilmiş huni şeklinde bir grafiktir. Öte yandan, bir yayın yanlılığı varsa, istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçların yayınlarının olmaması nedeniyle asimetrik bir huni ortaya çıkabilir (Egger vd 1997; Sterne vd 2004).

Huni grafiğinde büyük çalışmalar grafiğin üstünde görünür ve ortalama etki büyüklüğünün yakınında kümelenme eğilimindedirler. Daha küçük çalışmalar grafiğin altında görünmektedir. Grafik 12'deki huni grafiği incelendiğinde çalışmaların genellikle grafiğin üst kısmında yer aldığı alt kısımda ise neredeyse hiç çalışma yer almadığı görülmektedir. Grafiğin iç kısmı simetriğe yakın bir görüntü oluştursa da yayım yanlılığı adına daha fazla bilgi edinmek üzere diğer yöntemlere başvurulmuştur.

Grafik 12: Huni Grafiği



Huni grafiği her ne kadar yanlılığı değerlendirmede görsel olarak kullanılsa da bazı durumlarda simetriğin tespiti konusunda doğru bilgiler sunmamaktadır. Bu nedenle yayın yanlılığının kesin sonuçlarını ortaya koymak için Egger Testi kullanılmıştır.

Tablo 19: Egger Testi

Değişken	Kesn Değeri	Standart Hata	Alt Sınır	Üst Sınır	t değeri	SD	P-iki kuyruklu
Tedavi Değişkenleri	1,40	1,63	4,69	1,89	0,85	42	0,39

Egger testi, etki büyüklüğünün standart hataya bölünmesiyle elde edilen standartlaştırılmış etkiyi kestirebilmek için kesinliği kullanarak aynı yanlılığın değerlendirilmesini önermektedir. Bu denklemden etki büyüklüğünün boyutu, regresyon çizgisinin eğimi tarafından yakalanırken, yanlılık kesen noktası tarafından yakalanmaktadır. Bu nedenle bu testin Begger sıra korelasyon testinden daha güçlü olduğu savunulmaktadır. Egger test sonuçlarına bakıldığında, kesen değerinin anlamlılık değerleri ($p > 0.05$) yanlılık olmadığına işaret etmektedir. Bu durum, genel etkinin yayın yanlılığından kaynaklanmadığını göstermektedir.

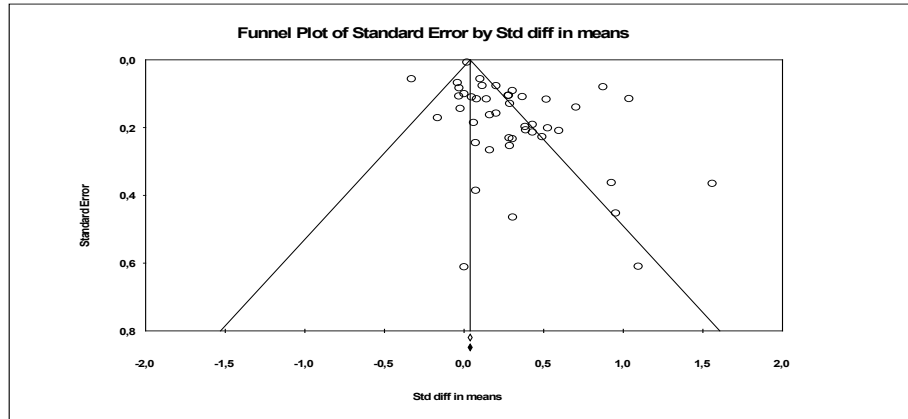
Egger testine ek olarak Duval ve Tweedie (Kırpma ve Doldurma Testi) test verilerinden de yararlanılmıştır.

Tablo 20:Ortalamanın Sağına ve Soluna Kayıp Verilerin Eklendiği Düzeltilmiş Etki Büyüklüğü Tablosu (Duval ve Tweedie)

	Kırılmış Çalışmalar	Nokta Tahmini	%95 Güven Aralığı		Q değeri
Gözlenen Değerler	0	0,26	0,17	0,35	389,902
Düzeltilmiş Değerler		0,26	0,17	0,35	389,902

Duval ve Tweedie (Kırpma ve Doldurma Testi) test sonuçlarına ilişkin bulgular tablo 20’ de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi huni grafiğinin sağına ve soluna ekleme yapılmaksızın simetri sağlanmaktadır. Bu durum bize rastgele etkiler modeline göre yayın yanlılığı olmadığını göstermektedir.

Grafik 13: Duval ve Tweedie Test Sonucu



Grafik 13’de beyaz renkli elmas meta analiz çalışmasına ait etki büyüklüğünü gösterirken, siyah renkli elmas şekli Duval ve Tweedie test sonucuna ait etki büyüklüğünü göstermektedir. Şekil dikkatli incelendiğinde her iki elmas şeklininde aynı yerde ve aynı etki büyüklüğünü ifade ettiği görülmektedir. Bu durum rastgele etkiler modeline göre incelenen bu çalışmada yayın yanlılığının olmadığına işaretidir.

2.7.META ANALİZ SONUÇLARI

Bu makalede sunulan meta-analiz, konut tüketicilerini elektrik taleplerini düşürmeye teşvik etmek için deneysel literatürde kullanılan farklı teşviklerin bir karşılaştırmasını sunmaktadır. Yayın yanlılığı sorunlarından kaçınmak için mevcut meta-analiz hakemli çalışmalarından veri toplamak için geniş bir arama yöntemini benimsemiştir. Kullanılan çalışma örneklemindeki yayın yanlılığı sorununun kapsamını doğrulamak için, olası yayın yanlılığının grafiksel bir incelemesi olarak, bunun bir sorun olabileceği öne sürüldüğünden, potansiyel yanlılığın ayrıntılı bir analizi yapılmıştır. Ancak, yanlılık miktarına ilişkin tahminler ve varlığına ilişkin testler, örneklem büyüklüğü hesaba katıldığında, bunun mevcut çalışma örneklemini için önemli bir sorun olmadığını göstermiştir. Hanelerin katılmayı tercih ettiği araştırmalarda, tedavi etkilerinin daha büyük bir yayılımı vardır. Bu haneler, mutlaka hesaba katılmayan elektrik tüketimi ile ilgili deneylerde ve pilot çalışmalarda yer alma motivasyonlarına sahiptir. Bu katılımcılar, teşvikin ulusal düzeyde uygulanmasından daha büyük bir çaba göstermeye yatkın olabilmektedir (Alexander, 2010; Ericson, 2011). Bu, katılımcıların bir tedaviyi kendi seçtikleri deneylerin sonuçlarını görüntülerken dikkatli olunması gerektiği anlamına gelir. Tanımlayıcı düzeyde, tüm

teşvikler ortalama olarak konut elektrik tüketiminde bir azalma ile sonuçlanırken, ekonometrik analiz, diğer değişkenler kontrol edildiğinde yalnızca belirli teşviklerin önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Tanımlayıcı analizde gösterildiği gibi, gerçek zamanlı geribildirim tüketimi azaltmada etkilidir, ancak diğer bilgi geribildirimini ve çalışma tasarımı değişkenleri kontrol edildiğinde, etki önemli değildir. Gerçek zamanlı geribildirim genellikle diğer teşviklerle birlikte önerildiği göz önüne alındığında, gerçek zamanlı geribildirim etkisini tek başına izole etmenin zor olacağı görülmektedir. Bununla birlikte parasal teşviklerin etkisinin diğerlerine nazaran oldukça düşük olduğu görülmektedir. Daha sonra, sosyal normların kullanımının yalnızca ihtiyati normların mevcudiyetinde konut elektrik tüketimi üzerinde önemli bir azalma etkisine sahip olacağı varsayılmıştır. Hem tanımlayıcı sosyal normların hem de ihtiyati normların kullanılması, diğer teşvikler kontrol edildiğinde elektrik tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Meta analiz sonuçları, hanelerin elektrik tüketimini azaltmak için davranış değişiklikleri yapmaya teşvik edilmesiyle elektrik tüketiminde %5,9 oranında bir azalma sağlanabileceğini göstermektedir. Özellikle, haneleri bireysel tüketimleri veya komşularının ortalama tüketimi hakkında bilgilendirmek gibi daha az maliyetli teşvikler, fiyatlandırma stratejileri gibi daha maliyetli teşviklere kıyasla elektrik tüketiminde daha büyük bir azalma düzeyi göstermektedir. Bu, daha düşük maliyetli teşviklerin yeterli olabileceğini ve amaç toplam elektrik tüketimini azaltmak olduğunda, maliyetli fiyatlandırma stratejilerinin kullanılmasına gerek olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, çözülmeyi bekleyen birçok ayrıntı olmasına rağmen, nispeten sağlam bir kanıt bütünü, evlerde elektrik tasarrufunun teşvik edilmesi için geribildirim yararlılığını gösterdiği bulunmuştur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.GERİ BİLDİRİMİN ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİ: KOCAELİ ÜZERİNE DENEYSEL BİR UYGULAMA

Akıllı sayaçlar, haneleri tüketimini azaltmaya teşvik etmek için kullanılan çeşitli teşviklerin uygulanmasında önemli bir teknoloji parçasıdır. Bir ev içi ekran (IHD), akıllı bir sayaçtan veri alır ve uygulanabilecek çeşitli teşviklerle ilgili olarak hanelere enerji tüketimleri hakkında geribildirim sağlar. Tüketici ile akıllı sayaç arasında böyle bir arayüz olmadan, hanelerin akıllı sayacın sağlayabileceği bilgilere göre hareket etmesi zordur (Dütschke ve Paetz, 2013). IHD arayüzlerinin tasarımında önemli bir husus, onları daha etkili hale getirmek için teşviklerin nasıl çerçeveleneceğidir. Çalışmanın bu bölümünde elektrik tüketimini azaltmak amacıyla uygulanacak teşviklere yönelik deneysel bir yöntem gerçekleştirilmiştir.

3.1.KOCAELİ'DE ENERJİ TÜKETİMİ

Kocaeli, Marmara Bölgesi'nde Çatalca-Kocaeli kesiminde 29°22'-30°21' n Doğu boylamı ile 40° 31'- 41°13' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır.



Kocaeli, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın %69,9'unun sanayi sektöründe üretildiği bir şehirdir. İldeki Sanayi Odası'nın özellikle Gebze, İzmit ve Körfez'de yoğunlaşan 300'e yakın üye kuruluşu bulunmakta, Türkiye'nin en büyük 100 sanayici şirketinin ise 18'i Kocaeli'de yer almaktadır (TÜPRAŞ, Pirelli, Pakmaya vd). Kocaeli bu anlamda imalat

sanayii açısından iç ve dış ticaret hacminin % 13'üne sahiptir. Ulusal elektrik tüketiminin ise yaklaşık %10'u Kocaeli'deki sanayi işletmelerinece kullanılmaktadır. Üretimlerinde ileri teknolojiyi kullanan Kocaeli'li sanayiciler, bu sayede küresel ölçekte üretim imkanını arttırmaktadır.

Tablo 21:İllere Göre Kişi Başına Düşen Net Elektrik Tüketimi (kWh/Kişi)

BİLECİK	8.249	KIRIKKALE	2.929	AMASYA	1.927
KOCAELİ	7.327	MERSİN	2.916	ADIYAMAN	1.882
TEKİRDAĞ	7.177	EDİRNE	2.881	TRABZON	1.836
OSMANİYE	7.132	ELAZIĞ	2.707	YOZGAT	1.712
ÇANAKKALE	7.110	ISPARTA	2.687	SİNOP	1.667
KIRKLARELİ	6.600	ANKARA	2.654	ORDU	1.633
KARABÜK	6.512	ARTVİN	2.650	ÇORUM	1.566
ZONGULDAK	4.982	ERZİNCAN	2.639	GİRESUN	1.526
İZMİR	4.663	KASTAMONU	2.628	DİYARBAKIR	1.509
UŞAK	4.538	KAYSERİ	2.609	SİİRT	1.497
YALOVA	4.498	DÜZCE	2.583	TUNCELİ	1.491
KAHRAMANMARAŞ	4.318	KÜTAHYA	2.580	BATMAN	1.478
BURSA	4.155	İSTANBUL	2.569	TOKAT	1.348
GAZİANTEP	4.080	AKSARAY	2.561	ARDAHAN	1.334
BOLU	3.956	AFYONKARAHİSAR	2.529	ERZURUM	1.329
HATAY	3.895	MARDİN	2.447	BAYBURT	1.185
ESKİŞEHİR	3.766	NEVŞEHİR	2.426	ŞIRNAK	1.167
DENİZLİ	3.647	ŞANLIURFA	2.423	BİNGÖL	1.094
MUĞLA	3.517	AYDIN	2.412	KARS	1.090
SAKARYA	3.517	KIRŞEHİR	2.409	BİTLİS	1.035
MANİSA	3.496	SAMSUN	2.386	IĞDIR	1.001
KONYA	3.482	ÇANKIRI	2.371	MUŞ	964
ANTALYA	3.461	BARTIN	2.166	HAKKARİ	927
KARAMAN	3.433	RİZE	2.147	VAN	878
NİĞDE	3.131	KİLİS	2.137	AĞRI	846
ADANA	3.101	GÜMÜŞHANE	2.095	TÜRKİYE 3,094	
BURDUR	2.980	MALATYA	1.984		
BALIKESİR	2.937	SİVAS	1.933		

Kaynak: TEDAŞ,2020

Ülkemiz özelinde coğrafi olarak yapılan sınıflandırmada il bazında kişi başına en fazla tüketimin ilk sırada 8.249 kWh ile Bilecik, ikinci sırada ise 7.327 kWh ile Kocaeli’de gerçekleştiği görülmektedir. Deneyimiz kapsamında örneklem kümesinin seçildiği Kocaeli ili bilindiği üzere sanayi sektörü ile ön plandadır. Aşağıda yer alan

2014-2018 dönemine ait veriler özelinde de toplam tüketim içerisindeki en yüksek payın, beklendiği üzere sanayi sektörü ve ticarethane gruplarına ait olduğu anlaşılmaktadır. Kocaeli ilinde Mesken tüketimleri ise toplam tüketim içerisinde üçüncü sırada yer almasına karşın 2014 yılında %21.49 olan tüketim ortalaması sürekli bir artış ile 2018 yılı itibarıyla %25.89'a yükselmiştir.

Tablo 22: Kocaeli’de Kullanım Alanlarına Göre Elektrik Tüketim Miktarı(kWh)

KULLANIM ALANLARI	2014	2015	2016	2017	2018
Aydınlatma	95.560.712	92.741.329	93.106.494	89.798.990	79.884.571
Mesken	1.048.391.210	1.096.739.632	1.156.967.881	1.192.196.150	986.502.054
Resmi Daire	81.397.039	70.519.761	34.852.370		
Sanayi	2.542.450.626	2.507.572.586	2.440.018.818	2.499.577.810	1.470.394.955
Tarımsal Sulama	5.701.457	5.906.988	6.608.312	6.514.920	3.600.340
Ticarethane	1.104.625.363	1.196.218.370	1.340.472.843	1.430.354.690	1.268.586.155

Kaynak: Kocaeli Belediyesi,2022

Bilindiği üzere imalat, sanayi ve ticarethanelerde gerçekleşen elektrik tüketimleri genel itibarıyla üretim amaçlı kullanılmakta ve istihdam açısından önem arz etmektedir. Bu sektörlerde tüketimlerin düşürülmesi teknolojik gelişme ve yüksek maliyetli sürdürülebilir projeler ile mümkün olmakta, tasarruf yöntemi ile tüketim azalışları genellikle sınırlı kalmaktadır.

Gerek diğer sektörler özelinde tasarruf yönteminin düşük verimliliği gerekse de mesken grubu tüketimlerinin genel tüketim içerisinde sürekli yükselen payı nedeniyle mesken grubu tüketimlerinde tasarruf ve verimliliği her geçen gün önem kazanmaktadır.

3.2. DENEYİN AMACI, YERİ VE TASARIMI

Deneyin temel amacı, hiçbir politika kullanılmadığı zamana kıyasla, dürtmelerin tüketim tercihleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. İkincil amaç, hanelerin tüketim

miktarlarında bir hanenin tüketimini diğer benzer hanelerin tüketimiyle karşılaştırarak normatif bilgilerin kullanılıp kullanılmayacağını test etmektir.

İncelenen projelerde, geribildirim vermenin ana nedenleri şunlardır:

- Hanelerin enerji tasarrufu yapmasını sağlamak ve motive etmek veya “ekolojik davranışı teşvik etmek.”
- Tüketici tercihlerini araştırmak, hanelerin elektrik faturalarında ne tür geribildirim almak istediklerini tespit etmeye çalışmak.
- Daha az spesifik olarak, iyileştirilmiş geribildirim her hangi bir "etkisini" test etmek.

Bu bağlamda, tüketim miktarları hakkında verilen geribildirim ek olarak nasıl tüketim yapacakları hakkında faydalı bilgilerin de sunulmuş olduğu görülmektedir (Allcot, 2011; Ferraro ve Miranda, 2013; Datta vd 2015; Asensio ve Delmas, 2015; List vd 2017). Nitekim, enerji tasarrufu yapmaya çalışırken, hanelerin ışıkları söndürmek veya cihazları beklemeye almak gibi küçük, tekrarlayan görevleri yerine getirmeleri gerekir. Her bir eylemin enerji tüketimi ile ev faturaları üzerinde çok az etkisi vardır, ancak bir bütün halinde uygulandıklarında önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır. Tüketicilere verilen bilgilerin etkisinin ölçülmesi de deneyin üçüncül amacını oluşturmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, akıllı sayaçlar ve dinamik fiyatlandırma ile hane halkı deneyimlerinin tartışılarak haneleri elektrik tüketimini azaltmaya yönlendirmek için kullanılan teşviklerin bir analizi yapılmıştır. Son olarak ise uygulanan teşviklerin etkisini ölçmek amacıyla deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Meta analizi, elektrik tüketimini azaltmada kullanılan en etkili geribildirim kişisel geribildirim olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda parasal olmayan teşviklerin etkisini ölçmek için Kocaeli'nin İzmit ilçesinde yerleşik olan 63 hane belirlenmiştir.

Deney için seçilen haneler “Deney 1”, “Deney 2” ve “Kontrol” grubu olarak ayrılmıştır. Gruplar rastgele belirlenmiş olup deney süresince herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Mevsimsel geçişleri önlemek amacıyla deney dönemi tek mevsimi içerecek şekilde belirlenmiş, elektriğin en fazla tüketildiği dönem olması nedeniyle de

kış dönemi tercih edilmiştir. Bu nedenle deneyin 12 Aralık-6 Mart arasında yapılması planlanmış, ölçümün başladığı ilk hafta (12 Aralık) baz dönemi olarak alınmıştır. Bu bağlamda 6 Mart 2022 tarihine kadar hanelerin elektrik tüketimlerine ilişkin bilgiler, bina içerisinde yer alan sayaçlar üzerinden okunup kWh cinsinden kayıt altına alınmıştır.

2 Ocak 2022 tarihine kadar hanelerin elektrik tüketimlerine yönelik temel veri elde etmek ve karşılaştırma esnasında gerekli olacağı için yalnızca haftalık ölçümlere devam edilmiş, deney gruplarına rapor verilmemiştir. 2 Ocak 2022 tarihinde deney grubu 1 ve 2'ye ilk tüketim raporları verilmiştir. Elektrik Tüketim Raporları hanelere sms ve sıklıkla kullanılan internet tabanlı haberleşme uygulamaları aracılığı ile iletilmiştir. İki gruba da verilen raporda deneyden istedikleri takdirde çıkabilecekleri ve daha fazla bilgi almak istemeleri halinde iletişime geçebilecekleri bilgisi verilmiştir. 2 Ocakta Deney Grubu 1'e gönderilen tüketim raporunda, geçmiş 3 haftayı içeren haftalık ortalama elektrik tüketim bilgisi ile geçmiş haftaya ait ortalama günlük elektrik tüketim bilgisine yer verilmiştir. Sosyal karşılaştırmanın elektrik tüketimi üzerindeki etkisinin ölçüldüğü Deney Grubu 2'ye ise, Deney Grubu 1'e sunulan bilgilerin yanı sıra komşularının elektrik tüketimine ilişkin bilgiler ve komşularının tüketim ortalamasına göre tüketim miktarının yüzdelik değişimi sunulmuştur. Deneyin 4. Haftası itibari ile (9 Ocak) yapılan geribildirimlerde haftalık tüketim karşılaştırma raporu sunulmaya başlanmış, 5.haftada ise verilen bilgilere ek olarak tüketimi azaltmanın yolları aktarılmıştır.

3.3.DENEYİN YÖNTEMİ

T testi, varyans analizi (ANOVA) ve kovaryans analizi (ANCOVA), gruplar arası ortalamaların karşılaştırılması için hipotez testinde kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Bu yöntemler için, test değişkeni (bağımlı değişken) sürekli ölçekte olmalı ve yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olmalıdır. Ortalama, normal olarak dağılan sürekli değişken için temsili ölçüdür. Normal olmayan sürekli değişken için ise medyan temsili bir ölçüdür ve bu durumda gruplar arası karşılaştırma parametrik olmayan yöntemler kullanılarak yapılır. Çoğu parametrik testin alternatif bir parametrik olmayan testi vardır.

ANOVA, numuneler arasındaki varyasyon miktarına karşılık gelen numunelerdeki varyasyon miktarını inceleyerek iki veya daha fazla popülasyon arasındaki farkı belirlemek için kullanılan istatistiksel bir teknik olarak tanımlanmaktadır. Veri setindeki toplam varyasyon miktarını atfedilen miktar ve spesifik nedenlere atfedilen miktar olarak iki kısma ayrılmaktadır. Aynı zamanda, bağımlı değişkeni etkileyen veya hipotezi öne sürülen faktörleri analiz etme yöntemidir. Çok sayıda olası değerden oluşan faktörler içindeki farklı kategoriler arasındaki varyasyonları incelemek için de kullanılabilir.

Tek Yönlü ANOVA: Farklı kategoriler arasındaki farkı araştırmak için bir faktör kullanıldığında birçok olası değere sahiptir.

İki Yönlü ANOVA: Bir değişkenin değerlerini etkileyen iki faktörün etkileşimini ölçmek için iki faktör aynı anda araştırıldığında kullanılır.

ANCOVA, Kovaryans Analizi anlamına gelir, ANOVA'nın bir veya daha fazla aralık ölçekli yabancı değişkenin etkisini araştırma yapmadan önce bağımlı değişkenden ortadan kaldıran genişletilmiş bir şeklidir. ANCOVA bir bakıma, ANOVA ve Regresyon Analizi arasındaki orta noktadır. Burada iki veya daha fazla popülasyondaki bir değişken, diğer değişkenlerin değişkenliği göz önünde bulundurularak karşılaştırılabilir. Hem faktörden (kategorik bağımsız değişken) hem de ortak değişkenden (metrik bağımsız değişken) oluşan bir bağımsız değişken kümesinde, kullanılan teknik ANCOVA olarak bilinir. Ortak değişken nedeniyle bağımlı değişkenlerdeki fark, her bir tedavi koşulunda bağımlı değişkenin ortalama değerinin ayarlanmasıyla çıkarılır. Bu teknik, metrik bağımsız değişken, diğer faktörlerle değil bağımlı değişkenle doğrusal olarak ilişkilendirildiğinde uygundur ve aşağıdakiler gibi belirli varsayımlara dayanmaktadır:

- Bağımlı ve kontrolsüz değişken arasında bir miktar ilişki vardır. İlişki doğrusaldır ve bir gruptan diğerine aynıdır.
- Çeşitli tedavi grupları popülasyondan rastgele seçilir.
- Gruplar değişkenlik açısından homojendir.

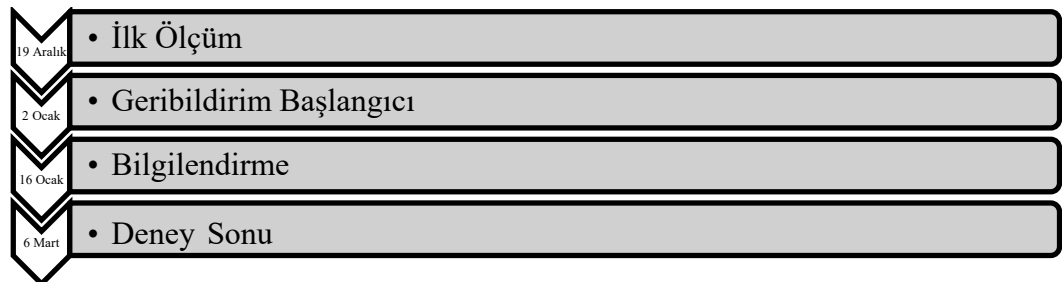
ANOVA ve ANCOVA arasında aşağıda verilen temel farklar önemlidir:

- Homojenlik için çoklu grupların ortalamaları arasındaki varyansı belirleme tekniği, Varyans Analizi veya ANOVA olarak bilinmektedir. Bir veya daha fazla metrik ölçekli istenmeyen değişkenin etkisini araştırma yapmadan önce bağımlı değişkenden çıkarmak için kullanılan istatistiksel süreç ise ANCOVA olarak bilinir.
- ANOVA hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modeli kullanırken, ANCOVA sadece doğrusal model kullanmaktadır. ANOVA, yalnızca kategorik bağımsız değişken, yani faktör içerir. Buna karşılık, ANCOVA kategorik ve metrik bağımsız bir değişkeni kapsar. ANOVA'da bir ortak değişken dikkate alınmaz, ancak ANCOVA'da dikkate alınır.
- ANOVA, yalnızca tedaviye yönelik grup varyasyonları arasında karakterize edilmektedir. Buna karşılık, ANCOVA tedavi ve ortak değişken için grup varyasyonları arasında ayrım yapmaktadır.
- ANOVA, özellikle bireysel farklılıklar olmak üzere grup içi varyasyonlar sergilemektedir. ANCOVA'dan farklı olarak, bireysel farklılıklar ve ortak değişkende grup varyansı içinde çatallanmaktadır.

3.4.VERİ TOPLAMA TEKNİĞİ VE ARAÇLARI

Deney ve kontrol grubuna dâhil olan hanelere ilişkin veriler hanelerin elektrik sayaçları üzerinden okunup Excel'e aktarılmıştır. Mevsimsel geçişlerin önlenmesi amacıyla deney dönemi tek mevsimi kapsayacak şekilde belirlenmiş, elektriğin en fazla tüketildiği dönem olması nedeniyle de kış dönemi (12 Aralık-6 Mart) tercih edilmiştir.

DENEYİN AKIŞ ŞEMASI



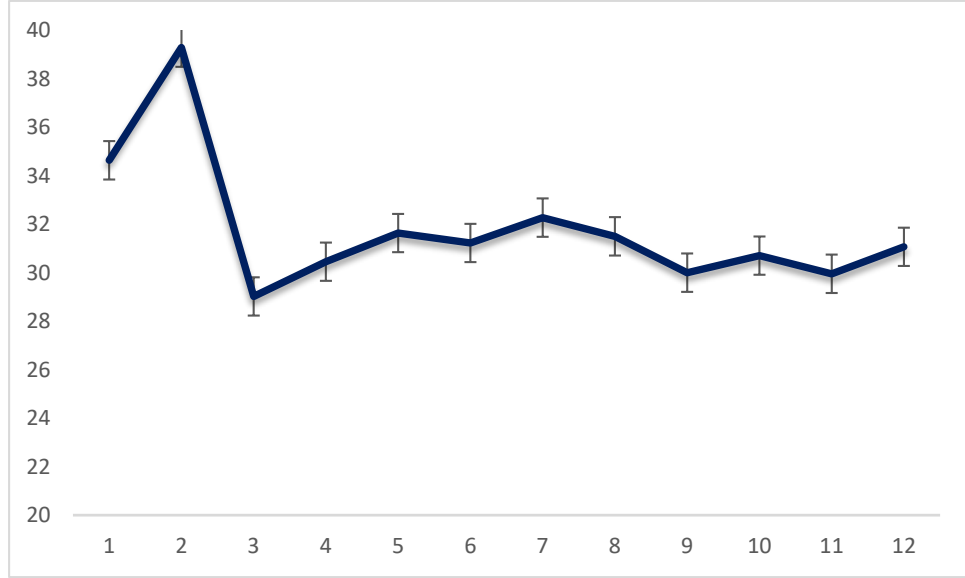
12 Aralık baz dönemi olarak kabul edilmiş, bir sonraki hafta kaydedilen veriler, başlangıç değerinden çıkarılarak o haftaya ilişkin tüketim verilerine ulaşılmıştır. 12 hafta boyunca her pazar, bir önceki haftanın tüketim değerinden çıkarılarak haftalık tüketim değeri elde edilmiştir. Deneye ilişkin en son rapor 6 martta gönderilmiştir

Tablo 23:Deney grubu ve deney zamanına ait haftalık elektrik tüketiminin istatistiki verileri

Deney Grupları	Hane Sayısı		Deney Öncesi Dönem 12.12.2021-02.01.2022 (3 Hafta)	Deney Sonrası Dönem 02.01.2022-06.03.2022 (9 Hafta)	Tüm Dönemler 14.12.18-08.03.19 (12 Hafta)
Kontrol	19	Ortalama	36.42	38.73	38,15
		(SD)	(19,05931)	(17.872)	(17.935)
		N	57	171	228
Deney 1 (GB)	22	Ortalama	33.72	30.63	30,63
		(SD)	(19.5939)	(38.736)	(13,678)
		N	66	198	264
	22	Ortalama	32.90	31.68	31,95
		(SD)	(12.086)	(11.386)	(11,210)
Deney 2 (GB+SD)		N	66	198	264
Toplam	63	Ortalama	34.346	34,5284	33,57
		(SD)	(16,912)	(13,3825)	(14,274)
		N	189	567	756

Tablo 23’de deney ve kontrol gruplarının ayrı ayrı ve bir bütün olarak haftalık elektrik tüketim verileri verilmiştir.12 Aralık 2021-6 Mart 2022 dönem aralığında ortalama bir aile haftalık 33,57 kWh elektrik tüketmiştir.

Grafik 14: Haftalık Elektrik Tüketim Ortalaması



Grafik 14, deney gruplarının 12 haftalık tüketim değişimlerini göstermektedir. Deney süresince, Kontrol grubunun haftalık ortalama elektrik tüketimi 38,15 kWh, Deney 1 grubunun 30,63 kWh, Deney 2 grubunun ise 31,95 kWh'dır. Deney öncesi döneme kıyasla 12 haftalık tüketim ortalaması, kontrol grubunda %9 artış, Deney 1 grubunda %9, Deney 2 grubunda ise %4 azalış ile sonuçlanmıştır. 19 Aralık, bir önceki haftaya ilişkin tüketimin ele alındığı ilk haftadır. İlk 3 hafta gruplara herhangi bir geribildirim yapılmamıştır. 3 ila 5. Hafta arasında (2 Ocak-16 Ocak) tüketicilere tüketimleri hakkında bilgilendirme yapılmış olup, tüketimi nasıl azaltacaklarına dair bilgilendirme yapılmamıştır. 16 Ocak itibarı ile ise tüketimlerine ilişkin bilginin yanı sıra tüketimi azaltmanın yolları aktarılmıştır. Grafik 14'e bakıldığında, bilgilendirme öncesinde tüketimde bir azalma söz konusu olmamıştır. 5. Hafta sonrasında ise (7.Hafta dışında-hava şartları etkisi) deney sonuna kadar sürekli bir azalma söz konusudur. Bu durum, yalnızca tüketime ilişkin verilen bilginin yeterli olmadığını ve tüketimi azaltmanın yollarının aktarılması gerektiğinin önemini ortaya koymaktadır.

3.5.DENEYİN HİPOTEZİ

Deneyin temel hipotezi, deney grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık olmaması üzerine kurulmuştur. Temel hipotezin reddedilmesi durumunda test edilmesi gereken alternatif hipotezlerden ilki; hem geribildirim alan ailelerde hem de sosyal dürtme uygulanan hanelerde, kontrol grubuna göre elektrik tüketim miktarının

düşmesidir. İkinci hipotez ise; sadece geribildirim sağlanan hanelere göre hem geribildirim hemde sosyal dürtme uygulanan hanelerde tüketimin daha fazla düşmesidir. Üçüncü ve son hipotez; geribildirim ve sosyal dürtmeye yönelik verilen kısa bilgilerin elektrik tüketimini azaltmada etkili olmasıdır. Hipotezlerin tablolastırılmış hali tablo 24’te görölmektedir.

Tablo 24: Hipotezler

H ₀ : deney grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık yoktur.
H ₁ : Hem geribildirim alan ailelerde hem de sosyal dürtme uygulanan hanelerde, kontrol grubuna göre elektrik tüketim miktarı düşecektir.
H ₂ : Sadece geribildirim sağlanan hanelere göre hem geribildirim hemde sosyal dürtme uygulanan hanelerde tüketimin daha fazla düşecektir.
H ₃ : Geribildirim ve sosyal dürtmeye yönelik verilen kısa bilgiler elektrik tüketimini azaltmaktadır.

3.6.VERİLERİN ANALİZİ

Araştırmada elde edilen verilerin değeriendirilmesi için bilgisayar ortamında SPSS (Statistical Package For Social Sciences / 26 for Windows) programı kullanılmıştır. Öncelikle hanelerin demografik verilerinin değeriendirilmesi için tanımlayıcı istatistiksel analiz kullanılmıştır. Akabinde verilerin analizinde kullanılan elektrik tüketim verilerine ilişkin ön test-son test puanlarının karşılaştırılmasında bağımsız gruplar için t testi ile ANCOVA analizi ve son-test puan ortalamaların karşılaştırılması için ANOVA analizinden yararlanılarak sonuçlar tablolastırılmıştır. Yapılan analizlerde 0,05 anlamlılık düzeyi esas alınmıştır.

3.6.1. Bağımlı ve bağımsız değişkenler

Deneye katılan her hanenin zaman serisi şeklinde deney öncesi ve sonrası ölçülen elektrik tüketim miktarları bağımlı değişken, elektrik tüketimini azaltmaya yönelik uygulanan geribildirim ise bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

3.5.2. Hanelere ilişkin Tanımlayıcı Özellikler

Bu başlık altında hanelerin tanımlayıcı özellikleri yer almaktadır.

Tablo 25:Deney Grubundaki Hanelerin Eğitim Durumları

	Eğitim Düzeyi	Frekans	Yüzde
Değişken	İlkokul	15	23,8
	Lise	23	36,5
	Üniversite	25	39,7
	Toplam	63	100

Tablo 25'e bakıldığında, araştırmaya dâhil olan ailelerin %23,8'inin ilkokul mezunu, %36,5'inin lise mezunu, %39,7'sinin ise üniversite mezunu olduğu görülmektedir.

Tablo 26: Eğitim Düzeylerine Göre Ortalama Tüketim Miktarı

Eğitim	Ortalama	Std	N
İlkokul	28,4000	10,70247	15
Lise	34,3043	17,63374	23
Üniversite	35,5200	12,98114	25
Toplam	33,3810	14,47738	63

Eğitim düzeylerine göre ortalama tüketim miktarları, en az tüketimin ilkokul mezunu hanelerde gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 27:Deney ve Kontrol Grubundaki Hanelerin Bulunduğu Kat

Kat	Tedavi	Ortalama	Üst Sınır
Zemin Kat	Deney 1	31,50	47,954
	Kontrol	23,00	39,454
Ara Kat	Deney 1	30,05	37,254
	Kontrol	39,63	49,101
	Deney 2	34,18	42,035
Çatı Katı	Deney 1	41,00	62,780
	Kontrol	40,50	49,392
	Deney 2	26,00	34,892

Deney ve Kontrol grubundaki hanelerin bulunduğu kata ilişkin frekans dağılımları, hanelerin %58,7'sinin ara kat, %28,6'sının çatı katı, %12,7'sinin ise zemin katta oturduğunu göstermektedir. Tablo 27, deney ve kontrol grubundaki ailelerin bulunduğu katlara göre tüketim ortalamalarını göstermektedir. Deney 1 grubuna dâhil olan haneler arasında en fazla tüketimin çatı katında yaşayan hanelerde yapıldığı, Deney 2 grubuna dâhil olan haneler arasında ise en fazla tüketimin ara katta yaşayan hanelerde yapıldığı görülmektedir.

3.6.3. Geribildirim HaneHalkı Elektrik Tüketimine Etkisi

Bu başlık altında hanelerin elektrik tüketimlerine ilişkin öntest-sontest bilgileri yer almaktadır.

Tablo 28:Deney ve Kontrol Grubu hanelerinin Öntest Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması

	Ortalama	Standart Sapma	F	Sig(2 –tailed)
Deney1	33,72	19,593	0,77	0,12
Kontrol	36,42	19,059		
Deney2	32,90	12,086	2,07	0,18

Tabloya 28'e göre Deney 1 ve Deney 2 grubu hanelerinin ön testten aldığı puan ortalamasının sırasıyla 33,72-32,90 ve kontrol grubu hanelerinin ön testten aldığı puan ortalamasının 36,42 olduğu belirlenmiştir. Deney 1, Deney 2 ve kontrol grubundaki hanelerinin geribildirimden önce uygulanan ön testten elde edilen puanların karşılaştırılması yapıldığında deney ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir. (0,12-0,183; $p>0.05$). Bu durum rastgele seçilmiş hanelerin eş değer olduğunu göstermektedir.

Akabinde, geribildirim ve sosyal dürtmenin ilk haftalara(öntest) göre elektrik kullanımındaki farklılıkları test etmek için kovaryans analizi(ANCOVA) yapılmış ve temel kullanım ortak değişken olarak kullanılmıştır.

Genel olarak, ANCOVA, 1+ ortak değişkenleri kontrol ederken tüm popülasyon ortalamalarının eşit olduğu sıfır hipotezini reddederek bir miktar etki göstermeye çalışır. Bununla birlikte kovaryans analizi hem varyans analizinin hem de regresyon analizinin birlikte kullanımını sağlamaktadır.

ANCOVA Analizinin temel varsayımları;

Bağımsız gözlemler;

- Normallik: Bağımlı değişken, her bir alt popülasyon içinde normal olarak dağılmalıdır. Bu sadece $n < 20$ kadar küçük numuneler için gereklidir;
- Homojenlik: bağımlı değişkenin varyansı tüm alt popülasyonlarda eşit olmalıdır. Bu, yalnızca keskin bir şekilde eşit olmayan numune boyutları için gereklidir;
- Regresyon eğimlerinin homojenliği: ortak değişken(ler) için b-katsayı(ları) tüm alt popülasyonlar arasında eşit olmalıdır.
- Doğrusallık: ortak değişken(ler) ile bağımlı değişken arasındaki ilişki doğrusal olmalıdır.

Tablo 29:Varyansların Homojenlik Testi

Bağımlı Değişken: SONTTEST

F	df1	Df2	P
1,163	2	60	0,320

Varyans Homojenlik Testi, bağımlı değişkenin hata varyansının gruplar arasında eşit olduğu temel hipotezi test eder. Tabloya bakıldığında prob değerinin 0,05 den büyük olduğu görülmektedir (0,320). Bu durumunda homojenlik varsayımının sağlandığı söylenebilir.

n test- sontest analizlerinde genellikle akıllara ilk gelen analiz paired sample t testidir. Ancak bu çalışmada ön test ve sontest karşılaştırması ile elektrik tüketimini azaltmaya yönelik uygulanan geribildirim iki farklı grup arasında yapılmaktadır.

Eşdeğer olan gruplardan birine tüketimlerine ilişkin geribildirim yapılırken, diğer gruba hem tüketimlerine ilişkin hemde komşularının tüketimlerine ilişkin bilgilendirme yapılmaktadır. Bu durumda alternatif bir yöntem olan öntest ve sontest ANCOVA analizi yapılmaktadır. Burada bir bağımsız değişken ve bu bağımsız değişkenin 2 alt kategorisi bulunmaktadır. İlk alt kategori yalnızca geribildirimden oluşurken diğer kategori geribildirim vesosyal dürtüden oluşmaktadır. Burada bu iki grup arasında öntest ve sontest açısından anlamlı bir farklılık olup olmadığı test edilecektir.

Tablo 30:Ancova Analizi

Bağımlı Değişken: SONTTEST						
	TıpIII Kareler Toplamı	df	Ortalama Kareler	F	Prob.	Eta Kare
Düzeltilmiş Model	11315,092 ^a	3	3771,697	119,610	0,000	0,859
Sabit	618,116	1	618,116	19,602	0,000	0,249
Öntest	10541,084	1	10541,084	334,284	0,000	0,850
Tedavi	384,958	2	192,479	6,104	0,004	0,171
Hata	1860,464	59	31,533			
Toplam	83643,000	63				
Düzeltilmiş Toplam	13175,556	62				
$R^2 = ,859$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,852$)						

Tablo 30’da yorumlanması gereken en önemli nokta tedavi satırıdır. Tedavi satırına bakıldığında prob değerinin 0,05’ten küçük olduğu(0,004) görülmektedir. Bu değer, bağımsız değişkenlerin öntest ve sontest ortalamalarının birbirinden anlamlı bir şekilde farklılaştığını, yani sadece geribildirim yapılan haneler ile hem geribildirim hem de sosyal dürtü yapılan haneler arasında anlamlı bir farklılık olduğu göstermektedir. Elektrik tüketimine ilişkin hangi grubun daha etkin olduğu ise Tablo 31’de görülmektedir.

Tablo 31: Tanımlayıcı İstatistikler

Bağımlı Değişken: SONTTEST			
Tedavi	Ortalama	Std. Sapma	N
Deney 1	30,6364	13,67843	22
Deney 2	31,6818	11,38665	22
Kontrol Grubu	38,7368	17,87252	19
Toplam	33,4444	14,57769	63

Tablo 31, geribildirim ve sosyal dürtünün elektrik tüketimini azaltma üzerinde daha etkin olduğunu göstermektedir.

Ancak, Tablo 28'deki öntest karşılaştırma raporuna bakıldığında, Deney 1 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketimi 33,72 kWh, Deney 2 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketiminin ise 32,90 kWh olduğu görülmektedir. Deney 1 grubu hanelerinin haftalık ortalama tüketimi geribildirim sonrasında 30,63 kWh iken, Deney 2 grubu hanelerinin haftalık elektrik tüketimleri ise 31,68 kWh'dır.

Bu durumda, deney sürecinde Deney 1 grubun elektrik tüketimi %9 azalırken, Deney 2 grubunun tüketimi %4 azalmıştır. Kontrol grubunda ise %9 artış gerçekleşmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji arzı, günümüz toplumunun karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir. Dünya üzerinde sınırlı olarak bulunduğu bilinen fosil yakıtların, hızla büyüyen enerji ihtiyaçları karşısındaki yetersizliği hem siyasi hem de bilimsel alanlarda faaliyeti canlandıran kriz atmosferi yaratmaktadır. Mevcut teknik bilgi durumu ile modern bilim ve teknolojilerde hızı ilerleyen kanıtlanmış yetenekler göz önüne alındığında, sorunun çözümü konusunda iyimser olmak için birçok neden vardır. Güneş enerjisi, nükleer enerji, füzyon, geniş kömür kaynaklarının daha verimli kullanılması veya rüzgâr gibi doğal güçlerin kullanılması, soruna uzun vadeli bir çözüm sağlayabilecektir. Ancak, bu sistemlerin imalat maliyeti ve süresi göz önüne alındığında, alternatif enerjilerin kullanıma sunulmasına kadar mevcut kaynakların nasıl sürdürüleceği konusu gündeme gelmektedir. Bu sorunsal ile politikacı veya doğa bilimcisinden ziyade sosyal bilimcinin davranış bilimleri alanına girmektedir. Bu ara gelişme döneminde, sosyal bilimcilerin çalışmalarıyla tanımlanan insan davranışı ilkeleri, belirli enerji biçimlerine bağımlı bir ortamdan diğer enerji biçimlerine bağımlı bir ortama yumuşak bir geçiş sağlamak, öncelikle var olan enerjiyi daha verimli kullanmayı ifade eden enerji tasarrufu kavramını ön plana çıkarmaktadır.

Enerji sektörü; yeni teknolojilerin kullanımı, acentelerin değişen rolleri ve yeni hizmetlerin yaratılması gibi birçok yeni zorlukla karşı karşıyadır. Neden ve nasıl olduğunu doğru bir şekilde tanımlayan politikaların tasarımı, muhtemelen böylesi değişen bir ortamda ilerlemenin tek yoludur. Ancak, enerji tasarrufu alanında politika yapımcılar tarafından uygulanan ekonomik teşvikler genellikle beklenen etkiye sahip olamamıştır. Bu durumun sebepleri sosyal bilimciler tarafından davranışsal ekonomi penceresinden belirlenmekte, elde edilen çıktılar politikaların doğru bir çerçevede uyarlanmasına yardımcı olmaktadır. Sosyal bilimciler, çözümleri sağlama girişimlerinde, parasal güçlendirme, koruma, bilgi, geribildirim ve yönlendirmelerin enerji tasarrufu üzerindeki etkilerini incelemektedir. Belirtilen davranışsal müdahaleler ise genellikle çok düşük maliyetli (bir uygulamada bir mektup veya mesaj gönderme maliyeti gibi) bilgi ve motivasyonel müdahalelere dayanmakta ve diğer teşvik reformlarıyla birlikte gittiklerinde sonuçlar oldukça umut verici olabilmektedir.

Nitekim, enerji tüketimi, milyonlarca kullanıcı tarafından hâlâ büyük ölçüde görünmezdir ve bu durum çok fazla enerji israfının başlıca nedenidir. Bu nedenle, enerji tasarrufu için tüketime ilişkin geribildirim önemi giderek artmaktadır. Sürdürülebilirliğe son zamanlarda yapılan vurgu, tüketicilerin kaynakları, özellikle de elektriği koruma konusundaki sorumluluklarının daha fazla farkında olmasını sağlamıştır. Yapılan geribildirimler sayesinde tüketiciler, tipik aylık faturanın ötesinde tüketimlerinin farkındalığını kazanarak elektrikten nasıl tasarruf edeceklerini daha iyi anlayabilmektedirler.

Geribildirim, etkili öğrenmede önemli bir unsurdur: bu, her şey için olduğu kadar ev içi enerji kullanımı için de geçerlidir. Hanehalkının enerji kullanım miktarı, toplam enerji tüketiminin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte, farklı hanehalklarının tüketim davranış kalıpları, enerji kullanımına ilişkin kararlarının genellikle çeşitli içsel, kişilerarası ve dışsal faktörlerden etkilenmesi nedeniyle yüksek farklılıklar göstermektedir. Enerji veri analitiği, uygulamalarının araştırılması ve geliştirilmesi ile hanelerin enerji tüketim davranışını anlamak için yeni teşvikler (akıllı sayaçlar ile gerçek zamanlı geribildirim, parasal teşvikler, sosyal ve kişisel geribildirim vb.) getirmiştir. Ancak, geribildirim, bir öğrenme aracı olarak kendi içinde değerlidir ve bağlam içinde görülmelidir. Hanehalklarının geribildirimden elde edilen sonuçlar koşullara göre değişecektir, bu nedenle geribildirimi tavsiye ve bilgi ile birlikte kullanarak da geliştirilebilirler.

Bu çalışmanın temel amacı farklı teşviklerin konut tüketimi üzerindeki etki tahminlerini elde etmektir. Bilindiği üzere enerji kullanımındaki önlenemez artış küresel ısınmaya neden olarak telafisi güç sorunları tetiklemektedir. Dünyanın dört bir yanındaki hükümetler, insanlığın gelecekteki etkisini sınırlamak için; emisyonları azaltmak, yenilenebilir enerjilerin üretim karışımındaki payını artırmak ve enerji tasarrufu sağlamak gibi çeşitli hedefler belirlemiştir. Geleceğin korunması için yapılan planlamalar içerisinde konut tüketicileri tarafından bilinçli kullanımlar, genel talep seviyelerinin düşürülmesi ve özellikle en yüksek talep seviyelerinin azaltılması yoluyla benimsenmelidir. Son yıllarda, haneleri elektrik tüketimini azaltmaya teşvik etmek için davranışsal kullanımına artan bir ilgi olmuştur. Yenilik göz önüne alındığında bu tür teşviklerin konutlarda enerji tüketimine uygulanmasıyla ilgili olarak, geleneksel ve mali teşviklere kıyasla enerji tüketimi bağlamında daha az sayıda

araştırma bulunmaktadır. Dahası, davranışsal teşviklerle ilgili mevcut kanıtları derleyen daha az çalışma vardır. Üstelik tüketici davranışında önemli ve kalıcı değişiklikleri motive etmek için davranışsal teşviklerin etkinliği konusunda endişeler de söz konusudur.

Mevcut tez, önceki literatürü keşfedip, geleneksel ve davranışsal teşviklerin tüketim üzerindeki etkinliğini değerlendirerek bu araştırma grubuna eklenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde mevcut literatürün nitel bir incelemesi yapılmış, ikinci bölümde konut elektrik tüketimini azaltma üzerine kurulu mevcut deneysel literatür nicel (meta analizi) olarak analiz edilmiştir. Uygulanan meta analiz sonuçları, elektrik tüketimi üzerinde en büyük etkinin, gerçek zamanlı geribildirim ve parasal teşviklerin yanı sıra, kişisel geribildirim ve parasal bilgiler olduğunu ortaya koymuştur. Elektrik tüketimini azaltmak için akıllı sayaçların (gerçek zamanlı geribildirim) kullanılması bir takım engeller barındırmaktadır. Bu anlamda ilk engel; hanehalkının evlerine akıllı sayaçların kurulumunu ve çevrimiçi kağıtlar veya IHD'ler aracılığıyla tüketimleri hakkında geribildirim sağlamayı kabul etmeleri gerektiğidir. Akıllı sayaçların kurulumu, talebe göre farklı zamanlarda farklı fiyatlar uygulayarak azami yükü azaltabilen bir talep tarafı yönetimi olan dinamik fiyatlandırmanın kullanımına zemin hazırlamaktadır. Akıllı sayaçların kabulünün önündeki ana engel ise, hane halklarının enerji şirketlerine karşı yaşadığı güven sorunu ile akıllı sayaçların ne olduğundan ve tüketicileri nasıl kullanabileceklerinden emin olmamalarıdır. Buradan çıkarılacak sonuç ise akıllı bir sayacın kurulması, bir IHD'nin varlığı ve fiyatların değiştirilmesinin hanelerin tüketimini azaltması için tek başına yeterli olmadığıdır. Bununla birlikte, tepe talebini düşürmeyi amaçlayan fiyatlandırma stratejileri gibi yoğun dönemlerde tüketimi azaltma teşviki, genel talebi azaltmada da etkili olabilmektedir. Pik talepte azalmalar, daha yüksek maliyetli ve kirletici üreticilerden kaçınmak için gereklidir. Ancak, fiyatlandırma stratejilerinin bir sonucu olarak toplam talep artarsa, enerji tasarrufu hedeflerine ulaşamayabilir. Sosyal geribildirim gibi davranışsal ekonomiye dayalı teşvikler de ortalama olarak tüketimin azaltılmasını teşvik etmede etkilidir. Bu tür teşvikler, tanımlayıcı kullanımlarının yanı sıra ve ihtiyati normlar kullanıldığı durumlarda da etkilidir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise Kocaeli'de belirlenen 63 hane üzerinde deneysel bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Haneler Kontrol grubu, Deney 1 ve Deney

2 olarak üç gruba ayrılmıştır. Kontrol grubunda bulunan hanelere tüketimlerine ilişkin bilgilendirme yapılmaksızın tüketim verileri kayıt altına alınmıştır. Deney 1 grubuna tüketimlerine ilişkin haftalık bilgilendirme yapılmış, Deney 2 grubuna ise kendi tüketimlerine ek olarak komşularının tüketimlerine ilişkin bilgilendirme yapılmıştır. Tüm gruplara tüketim bilgilerinin yanı sıra tüketimi azaltmanın yolları hakkında ipuçları verilmiştir. Özellikle, bir kontrol grubunun olması hem bir teşvikin uygulanmasından önce ve sonra hanehalklarının tüketimi arasında bir karşılaştırma hem de bir grubun karşılaştırmasını sağlamaktadır. Kontrol grubu olmayan çalışmalar, bir teşvikin uygulanmasından önceki ve sonraki aynı hane grubunun tüketimini karşılaştırır ve bu nedenle tüketimi etkileyebilecek ek faktörler için aynı anda kontrol yapmaz. Deneye dâhil olan ailelerin demografik özelliklerine bakıldığında, hanelerin %23,8'inin ilkokul mezunu, %36,5'inin lise mezunu, %39,7'sinin ise üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde, deney süresince kontrol grubunun haftalık ortalama elektrik tüketimi 38,15 kWh, Deney 1 grubunun 30,63 kWh, Deney 2 grubunun ise 31,95 kWh olarak gerçekleşmiştir. Yapılan öntest karşılaştırma raporunda ise deney öncesi dönemde Deney 1 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketimi 33,72 kWh, Deney 2 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketimi 32,90 kWh, kontrol grubu hanelerinin geribildirim öncesi haftalık tüketimi ise 36,42'dir. Deney öncesi döneme kıyasla 12 haftalık tüketim ortalaması, kontrol grubunda %9 artış, Deney 1 grubunda %9, Deney 2 grubunda ise %4 azalış ile sonuçlanmıştır. Sonuçlar neticesinde, tüketim üzerindeki asıl etkinin kişisel geribildirim olduğu görülmüştür.

Ayrıca, çalışma kapsamında geribildirim sadece nicel etkilerini değil, aynı zamanda hanelerin geribildirimle ilgili anlayışları, tercihleri ve ihtiyaçları da incelenmiştir. Bu tür incelemeler haneleri elektrik tasarrufu yapmaya motive edecek verimli zemini hazırlamak için de önemlidir. Özellikle enerji konusunda yüksek dışa bağımlılığa sahip olan ülkemiz için daha da önemli görülen enerji tasarrufunun sağlanması için uygulanan yöntemlere ek alternatifler oluşturulması gerektiği açıktır. 2022 yılından itibaren uygulamaya konulan kademeli tarife ile belirlenen değerler altında yapılan elektrik tüketimlerine daha düşük faturalandırma yapılmak suretiyle enerji tasarrufuna teşvik sağlanmıştır. Ancak, çalışma içerisinde belirtildiği üzere

tasarrufun sağlanmasında parasal teşviklerin tek başına yeterli olmadığı görülmektedir. Ülkemiz özelinde yapılan değerlendirmede; hanehalkının elektrik tüketimine ilişkin bilgi, birikim, davranış ve alışkanlıklarının önemli ölçüde gelişime ihtiyaç duyduğu gözlenmiştir.

Türkiye’de 2019 yılı itibariyle yıllık elektrik tüketimi 257 milyar kWh olarak gerçekleşmiş, bunun yüzde 21.8’i ise hanehalkı tarafından kullanılmıştır.

Örneklem kümesinin seçildiği Kocaeli ise, Türkiye’nin en çok elektrik tüketimi yapılan ikinci ili konumundadır. 2014-2018 dönem aralığında Kocaeli hanehalkının toplam elektrik tüketimi içerisindeki payı ortalama %23.02 olarak ölçülmüş, bu oranın Türkiye genel hanehalkı ortalaması ile de oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. 12 Hafta boyunca uygulanan deney kapsamında geribildirim yapılan hanelerde elektrik tüketimi ortalama %6.5 düşüş göstermiştir. Toplam tüketimin ortalama %23’ünü oluşturan hanehalkı tüketimi içerisinde ortalama %6.5’lik bir düşüşün genel tüketime etkisi ise yaklaşık olarak %1.5’dir. Genel tüketim seviyesinde yaşanacak %1.5’lik bir azalış ile 3.855.000 kWh elektrik tasarrufu sağlanabilmektedir.

Elektrik tüketim seviyesi ve demografik çeşitliliği yüksek olan Kocaeli üzerinde yapılan bu araştırmada elde edilen sonuçlar, genele uyarlanabilirliği açısından önem arz etmektedir. Ancak, örneklem kümesinin darlığı, yalnızca bireysel imkânların kullanılması ve teşvik etkisinden arındırılmışlıklar göz önüne alındığında, devlet tarafından uygulanacak olan geribildirim ve ilave teşvik uygulamaları ile bu düşüş etkisinin çok daha yüksek olabileceği tahmin edilmektedir.

Her ne kadar 12 hafta süren deney süresinde dürtmenin etkisi açıkça ortaya konmuş olsa da, daha anlamlı sonuçlar elde edebilmek için coğrafi etkilerin de göz önünde bulundurulduğu daha geniş bir örneklem kümesi kullanılarak, daha uzun süreli araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Yapılan literatür incelemesi ve deney grubuna dahil olan hanelerden elde edilen ortak bulgu, hanelerin daha ayrıntılı ve tüketim eylemleriyle daha yakından bağlantılı olan geribildirimleri onaylamasıdır. Ayrıca, genellikle kişinin kendi önceki tüketimiyle karşılaştırma yapmasına bir ilgi söz konusudur. Bu durum onlara bir

kontrol hissi vermektedir ve eğer fatura ile birlikte verilirse, onların faydaları açısından daha önemli hale gelecektir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde geribildirim tüketicilerin tüketim seviyeleri üzerindeki etkisi açık şekilde ortaya konulmuştur. Temel sorun bu geribildirimle ilgili yöntem tespiti ve maliyet analizi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde elektrik tüketimi üzerinden yapılan geribildirim tüketim sonrasında faturalandırma şeklinde yapılmaktadır. Belirli bir maliyet içeren ve bu nedenle hanehalkı için önem arz eden faturalara, dönemler itibarıyla tüketim karşılaştırması imkanı sağlayacak şekilde çubuk grafikler ve anlaşılır ibareler ile tüketim seviyesinin nasıl düşürüleceğine ilişkin geribildirimlerin entegre edilmesi, var olan bir aracın daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlayacağı gibi geribildirimle ilgili maliyetlerin de minimize edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Kitaplar

Andrews, John, Nick Jelley(2007). Energy Science: Principles, Technologies, and Impacts. Oxford University Press, US

Abdukadirov, Sherzod (2016). Nudge Theory in Action. Palgrave Advances in Behavioral Economics: 21

Alkin, Kerem, Sabit Atman (2006).Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik Açıdan Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri. İstanbul Ticaret Odası, 48, İstanbul.

A.Smith, Zachary (1994). The Environmental Policy Paradox. Seventh Edition, Routhledge

Axelsson, Gudni, Einar Gunnlaugsson(2000).Long-term Monitoring of High-and Lowenthalpy Fields under Exploitation. International Geothermal Association, World Geothermal Congress Short Course, Kokonoe, Kyushu District, Japan, 226

Bakioğlu, Ayşen, Şafak Özcan(2016).Meta-Analiz. Nobel Akademik Yayıncılık, 1. baskı, Ankara

Borenstein, Michael, Larry Hedges, Julian Higgins vd (2011).Introduction to meta analysis. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

Camerer, C., George Loewenstein (2004). Behavioral Economics: Past, Present, Future.” Advances in Behavioral Economics, Princeton University Press

Dinçer, Serkan (2014). Eğitim Bilimlerinde Uygulamalı Meta-Analiz. Pegem Akademi, 1. baskı, Ankara

Deakin, Mark (2014).Smart Cities: Governing, Modeling and Analysing the Transition. Routledge: New York, NY, USA

Devold, Havard (2013). Oil and gas production handbook An introduction to oil and gas production, transport, refining and petrochemical industry,Color Edition

Elliott, David (2007). Nuclear or Not? Does Nuclear Power Have a Place in Sustainable Energy Future? Palgrave Macmillan, Houndmills, Basingstoke.

- Edenhofer, Ottmar, Ramon Pichs-Madruga, Youba Sokona vd (2011). Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press
- Fletcher, Seth (2011). Bottled Lightning: Superbatteries, Electric Cars, the New Lithium Economy. New York: Hill and Wang
- Fisher, R. A. (1932). Statistical methods for research workers (4th ed.). London: Oliver and Boyd.
- Hedges, Larry, Ingram Olkin (1985). Statistical methods for meta-analysis. Orlando, FL: Academic Press.
- Hunt, Morton (1997). How Science Takes Stock. New York: Russell Sage Found
- Kazdin, Alan.E.(1975). Behavior Modification in Applied Settings, Dorsey, Homewood, Illinois
- Kendall, Maurice G, Jean Dickinson Gibbons (1990). Rank Correlation Methods.5th edn. London: Edward Arnold
- Klaus, Mathis., Avishalom Tor (2016). Nudging - Possibilities, Limitations and Applications in European Law and Economics, Springer: 11.
- Pacey, Arnold, Bray, Francesca (1990). Technology in World Civilization. The MITPress, Cambridge, MA.
- Pehlivanoğlu, Ferhat, Burcu Yavuz Tifıkçıl, Tezcan Abasız(2013). Energy Consumption and Economic Growth Relationship in the E7 Countries, Intenational Research Journal of Finance and Economics,105
- Smil, Vaclav (1994). Energy in World History. Westview Press, Boulder, CO
- Singer, Charles, Eric John Holmyard, A Rupert Hall, Trevor Illtyd Williams, E Jaffé (1954–1984). A History of Technology. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Sunstein, Cass R., (2014). Why Nudge? New Haven, CT, Yale University Press
- Savrul, Kılınç B (2016).Enerji Ekonomisi: Türkiye'nin Enerji Sektörü ve Alternatif Enerji Kaynakları, Dora, Çanakkale, 1.Baskı
- Sterne, Jonathan AC,Matthias Egger,David Moher. (2008).Addressing reporting bias.”Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, Chichester, England: Wiley

- Hunter, John Edward, Frank L. Schmidt (2014). Methods of meta-analysis: Correcting error and bias in research findings. Thousand Oaks, CA: Sage publications.
- Shelby, Lori. B, Jerry j. Vaske (2008). Understanding meta-analysis: A review of the methodological literature. Leisure Sciences, 30(2): 96–110.
- Thaler, Richard H., Cass R. Sunstein (2008). Nudge Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness. New Haven & London: Yale University.
- Warren, James(2007). Managing Transport Energy: Power for a sustainable future. Oxford University Press, US
- Welkowitz, Joan., Barry H. Cohen, R. Brooke Lea (2000). Introductory Statistics for The Behavioral Sciences. Harcourt Brace College Publishers, Orlando, USA.

2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

- Abrahamse, W. Linda Steg, Charles Vlek, Talib Rothengatter (2005). “ A review of intervention studies aimed at household energy conservation.” Journal of Environmental Psychology, 25:273–291
- Abbasi, T., S.A. Abbasi (2010). “Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization.” Renewable and Sustainable Energy Reviews 14:919-937
- Afgan, N.H., Gobaisi Darwish Al., Carvalho Maria G. vd (1998). “Sustainable energy development”.” Renewable and Sustainable Energy Reviews. (2):235-286
- Apergis, N., James Payne, ., Kojo Menyah (2010). “On The Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, And Economic Growth.” Ecological Economics, 69: 2255-2260.
- Attari, S. Z., Michael L. DeKay, Cliff I. Davidson vd (2010). “Public perceptions of energy consumption and savings.” Proceedings of the National Academy of sciences, 107(37):16054-16059.
- Artıkın, Ferit (2018). “The Renewable Energy Sources and Technologies of Potential in Turkey.” The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), 4: 285-295
- Arslan, Vedat (2009). Enerji Kaynaklarında Güvenilirlik ve Komurun Yeri. TMMOB izmir Kent Sempozyumu: 215-228.

- Aracı, Fulya (2013). “Renewable energy sources and usage of thermal energy sources.” Master’s thesis, University of Istanbul Technical
- Altıntaş, K., Tuğba Turk, Tand Vayvay, O. (2016). “Renewable Energy for a Sustainable Future.” *Marmara Journal of Pure and Applied Sciences*, 1: 7-13
- Aillancourt, K., Maryse Labriet., Richard Loulou vd (2008). “The role of nuclear energy in long-term climate scenarios: an analysis with the World-TIMES model.” *Energy Policy* 36: 2086–2097.
- Akyuz, Emrah (2017). “Advantages and Disadvantages of Nuclear Energy in Turkey: Public Perception.” *Eurasian Journal of Environmental Research*, 1(1)
- Akkaya, C.G., Ceren Uzar (2012). “Karbona Dayalı Finansal Gelecek Sözleşmeleri ve Fiyat Gelişimi Üzerine Bir İnceleme.” *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32 (1): 69.
- Afgan, N. H., Maria G. Carvalho (2004). “Sustainability assessment of hydrogen energy systems.” *International Journal of Hydrogen Energy*, 29(13):1327-1342.
- Alexander, R. A., Michael Scozzaro, Lawrence Borodkin vd (1989). “Statistical and empirical examination of the chi-square test for homogeneity of correlations in metaanalysis.” *Psychological Bulletin*, 106: 329-331.
- Allcott, Hunt (2010). “Social norms and energy conservation.” Working paper, Massachusetts Institute of Technology, 25
- Allcott, Hunt (2011a). “Rethinking real-time electricity pricing. *Resource and Energy Economics*.” 33(4):820-842
- Allcott, Hunt (2011). “Social norms and energy conservation.” *Journal of Public Economics* 95 (9-10): 1082–1095.
- Allen, D., Kathryn B. Janda (2006). “The effects of household characteristics and energy use consciousness on the effectiveness of real-time energy use feedback: A pilot study.” *Proceedings from ACEEE ‘92: American Council for an Energy Efficient Economy Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 111–5
- Arvola, A., Ulla Anttila, Anne Arvola (1993). Billing feedback as a means to encourage household electricity conservation: A field experiment in Helsinki.” In R. Ling and H. Wilhite (Eds.), *The energy efficiency challenge for Europe*
- Adalberth, Karin (1997). “Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: examples.” *Building and Environment*, 32 (4):321–329.

- Akçıl Temel, M.Karaağaoğlu, E.(2001). “Tıpta Meta Analizi.”Hacettepe Tıp Dergisi, 32:184-190
- Ayres, Ian, Sophie Raseman, Alice Shih(2013). “Evidence from two large field experiments that peer comparison feedback can reduce residential energy usage.” *Journal of Law, Economics, and Organization*, 29: 992–1022
- Baldwin, Robert (2014). “From Regulation to Behaviour Change: Giving Nudge the Third Degree.” in *The Modern Law Review*, 77(6): 831-857
- Bayraç, H.Naci.(2016). “Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye.” *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1)
- Borenstein, S., Michael Jaske,Arthur Rosenfeld(2002).“Dynamic pricing, advanced metering, and demand response in electricity markets.” *Center for the Study of Energy Markets*
- Bijmolt, T.H.A., Rik G.M. Pieters (2001). “Meta-analysis in marketing when studies contain multiple measurements.” *Marketing Letters* 12, 157–169.
- Becker, Betsy Jane (1996). “The generalizability of empirical research results.” In C. P. Benbow and D. Lubinski (eds.), *Intellectual Talent: Psychological and Social Issues*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 363-83
- Brent, Alan Colin, David E.c Rogers(2010).“Renewable rural electrification: Sustainability assessment of mini-hybrid off-grid technological systems in the African context.” *Renewable Energy*, 35: 257–265.
- B.Begg,Colin, Madhuchhanda Mazumdar(1994).“Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. *Biometrics*.” 50:1088–1101.
- Battalio, R. C., John Kagel., Robin Winkler vd (1979). “Residential electricity demand: An experimental study. “*The Review of Economics and Statistics*, 61: 180 -189.
- Bittle, R. G., Robert Valesano., Greg Thaler, G. (1979). “The effects of daily feedback on residential electricity usage as a function of usage level and type of feedback information.” *Journal of EnvironmentalSystems*,9:275–287
- Bittle, R. G., Robert Valesano., Greg Thaler (1979 –1980). “The effects of daily cost feedback on residential electricity consumption.” *Behavior Modification*, 3: 187–202
- Brandon, G., Alan Lewis (1999). “Reducing household energy consumption: A qualitative and quantitative field study.” *Journal of Environmental Psychology*, 19: 75–85

- Brockwell, S. E., Lan Gordon(2001). "A comparison of statistical methods for metaanalysis." *Statistics in Medicine*, 20: 825- 840.
- Berlin, J. A., Jill Santanna, Christopher H Schmid, (2002). "Individual patient-versus group-level data meta-regressions for the investigation of treatment effect modifiers: ecological bias rears its ugly head." *Statistics in Medicine*, 21(3): 371-387
- Branco, G., Lachal,B., Peter Gallinelli vd (2004). "Predicted versus observed heat consumption of a low energy multifamily complex in Switzerland based on long-term experimental data." *Energy and Buildings*,36 :543–555
- Baumann, Henrikke (2004). "Environmental assessment of organising: towards a framework for the study of organisational influence on environmental performance." *Progress in Industrial Ecology*, 1(3) :292–306
- Bödvarsson, Gunnar (1964). "Physical characteristics of natural heat sources in Iceland." *Proc. UN Conf. on New Sources of Energy*, 2: 82-89.
- Bedard, Roger (2008). "Prioritized Research, Development, Deployment and Demonstration (RDD&D) Needs: Marine and Other Hydrokinetic Renewable Energy." *Electric Power Research Institute*
- Barbier, Enrico (2002). "Geothermal energy technology and current status: An overview." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6:3 65.
- Bertoldi, P., Benigna Kiss, Bogdan Atanasu (2009). Energy efficiency in domestic appliances and lightening. In *Proceedings of the 5th International Conference EEDAL' 09*, Berlin
- Chalmers, I., Larry V. Hedges, L. V., Harris Cooper (2002). "A brief history of research synthesis." *Evaluation and the Health Professions*, 25: 12-37.
- Cohen, Jacob(1988). "Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences." *Academic Press*, New York, USA.
- Card, D., Alan B. Krueger(1995). "Time-series minimum-wage studies: a metaanalysis." *American Economic Review*, 85(2):238-243.
- Costa, D., Matthew E. Kahn(2010). "Energy Conservation "Nudges" and Environmentalist Ideology: Evidence from a Randomized Residential Electricity Field Experiment." *NBER Working Paper*, 15939.
- Cooper, H.M., Ed.; Hedges, Larry V., Ed.; Valentine, Jeffrey C., Ed. (1994). "Handbook of Research Synthesis. New York: Russell Sage Foundation: 301.22

- Chalmers, I., Larry Hedges., Harris Cooper (2002). "A brief history of research synthesis. Evaluation and the Health Professions." 25: 2-37.
- Cialdini, R. B., Raymond Reno., Carl Kallgren.(1990). "A focus theory of normative conduct: Recycling the concept of norms to reduce littering in public places." Journal of Personality and Social Psychology, 58(6):1015.
- Chu,Y., Peter Meisen (2011).Review and Comparison of Different Solar Energy Technologies. Global Energy Network Institute.
- Çukurçayır, A., Hayriye Sağır(2008). "Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları." Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20: 257-279.
- Çoğaltay, N., Engin Karadağ(2015). "Introduction to Meta-Analysis." Leadership and Organizational Outcomes: Meta-Analysis of Empirical Studies:1–273
- DPT,(1996). "Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Raporu: Madencilik." ÖİK Enerji Hammaddeleri Alt Komisyon Raporu
- Darby,Sarah (2006). "The Effectiveness Of Feedback On Energy Consumption A Review For Defra Of The Literature On Metering, Billing And Direct Displays." Environmental Change Institute Universty Of Oxford: 486:2006.
- Dutta,G., KrishnendranathMitra (2017). "A literature review on dynamic pricing of electricity." Journal of the Operational Research Society, 68: 1131–1145
- Difallah, D.E.; Philippe Cudre-Mauroux, Sean A. McKenna (2013). "Scalable anomaly detection for smart city infrastructure networks." IEEE Internet Comput, 17:39–47.
- Dietz, T., Gerald T. Gardner, Jonathan Gilligan vd (2009). "Household actions can provide a behavioral wedge to rapidly reduce US carbon emissions." PNAS, 106 (44) 18452-18456
- Dan Kasper. USEPA. (2018). "Renewable Energy and Non Renewable Energy." Instructor
- Demir, Ahmet (1993). "Enerji ve Çevre İlişkileri."Ankara Üniversitesi S.B.F. Dergisi, 48(1)
- Dobson, J. K., J.D. Anthony Griffin, Ontario Hydro (1992). "Conservation effect of immediate electricity cost feedback on residential consumption behavior." Proceedings from ACEEE '92: American Council for an Energy Efficient Economy Summer Study on Energy Efficiency in

Buildings. Pacific Grove, CA: American Council for an Energy-Efficient Economy

- Egger, M., George Davey Smith, Martin Schneider vd (1997). "Bias in metaanalysisdetected by a simple, graphical test." The BMJ, 315(7109):629-634.
- Egger, M., Peter Juni, Bartlett CJ vd (2003). "How important are comprehensive literature searches and the assessment of trial quality in systematic reviews? Empirical study." Health Technology Assessment 7: 1–68.
- Erez. A., Matthew C Bloom, Martin T. Wells (1996). " Using random rather than fixed effects models in meta-analysis: Implications for situational specificity and validity generalization." Personnel Psychology, 49: 275-306.
- Ferguson, Charles D.(2007) "Nuclear energy: balancing benefits and risks." Council of Foreign Relations, 28.
- Faruqui,A. Sanem Sergici, Lamine Akaba (2012). "Dynamic Pricing of Electricity for Residential Customers:The evidence from Michigan." Technical report, The Brattle Group, Energy Efficiency, 6(3)
- Fischer, Corinna (2008). "Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy?" Energy Efficiency, 1(1):79-104
- Fernandes, S.D., Nina M. Trautmann,David G. Streets (2007). "Global biofuel use. 1850-2000." Global Biogeochem. Cycles,21
- Fridleifsson,Ingvar B(2001). "Geothermal Energy For The Benefit Of The People."Renewable and Sustainable Energy Reviews 5(3):299-312
- Field, Andy P. (2001). "Meta-analysis of correlation coefficients: A Monte Carlo comparison of fixed- and random-effects methods." Psychological Methods, 6: 161-180.
- Field, Andy P. (2003). "The problems in using fixed-effects models of meta-analysis on real-world data." Understanding Statistics, 2, 77-96.
- Fuller, R.J., Robert H Crawford (2011). "Impact of past and future residential housing development patterns on energy demand and related emissions." Journal of Housing and the Built Environment ,26 (2) :165–183
- Geykens,I., Rekha Krishnan,R., Jan-Benedict E. M. Steenkamp (2008). "A Review and Evaluation of Meta-Analysis Practices in Management Research.",Journal of Management
- Glass, Gene V. (2015). "Meta-analysis at middle age: A personal history." Research Synthesis Methods, 6: 221-231.

- Gnansounou, Edgard (2008). "Assessing the energy vulnerability: case of industrial countries." *Energy Policy*, 36: 3734–3744.
- Gökçe, Cem (2014). "Önemli Bir Enerji Girdisi Olan Petrolün Ekonomik Kalkınma Sürecindeki Rolü." *Akü İibf Dergisi*, 16(1)
- Granade, H. C., Jon Creyts, Anton Derkach vd (2009). "Unlocking energy efficiency in the U.S. economy." Washington, DC: McKinsey.
- Gerd R. and Antony Froggatt, Mycle Scheneider vd (2011). "Nükleer Enerji Masalı, İstanbul: İstanbul: Heinrich-Böll-Stiftung Derneği :8.
- Garrett, Christopher (1974). Review of "Tidal Power" *Geoscience Canada*, 1(1): 55–56.
- Geidl, M., Gaudenz Koeppel, Patrick Favre-Perrod vd (2007). "Energy hubs for the future," *Power and Energy Magazine, IEEE*, 5 :24-30
- Haas, Reinhard (1997). "Energy efficiency indicators in the residential sector: What do we know and what has to be ensured." *Energy Policy*, 25(7–9):789–902
- Husseini, Talal (2018). Riding the renewable wave: tidal energy advantages and disadvantages. *Power Technology*
- Huttrer, Gerald W (2001). "The status of world geothermal power generation 1995-2000." *Geothermics*, 30: 1-27.
- Hunt, Trevor M.(2001). Five lectures on environmental effects on geothermal energy utilization. United Nations University Geothermal Training Programme 2000, Report 1, Reykjavík, Iceland: 109.
- Hedenus, F., Hristian Azar, Daniel J.A. Johansson (2010). "Energy security policies in EU-25: the expected cost of oil supply disruptions." *Energy Policy* 38: 1241–1250.
- Hayes, S.C., John .D. Cone.(1981). "Reduction of residential consumption of electricity through simple monthly feedback." *Journal of Applied Behavior Analysis*, 14:81– 88
- Hall JA, Robert Rosenthal (1995). "Interpreting and evaluating meta-analysis." *Evaluation Health Professions*, 18:393–407
- Haas, R., Hans Auer, Peter Biermayr (1988). "The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating." *Energy and Buildings*, 27
- Haakana, M., Liisa Sillanpää, Marjatta Talsi (1997). "The effect of feedback and focused advice on household energy consumption.", *European*

Council For An Energy Efficient Economy, Panel 4: Human dimensions of energy use and efficiency

- Hedges, Larry V. (1994). "Fixed effects models." In H. Cooper and L. V. Hedges (Eds.), *The handbook of research synthesis* (285-299). New York: Russell Sage Foundation.
- Hedges, Larry V. (1987). "How hard is hard science, how soft is soft science?" *Am. Psychol.* 42:443–55
- Hedges, Larry V (1992) . "Meta-analysis." *Journal of Educational Statistics*, 17: 279±96.
- Hedges, L. V., Jack L. Vevea (1998). "Fixed- and random-effects models in metaanalysis." *Psychological Methods*, 3: 486-504.
- Higgins, J. P., Simon G. Thompson (2002). "Quantifying heterogeneity in a meta-analysis." *Statistics in Medicine*, 21: 1539-1558
- Higgins, J. P., Simon G. Thompson, Jonathan Deeks vd (2003). "Measuring inconsistency in meta-analyses." *British Medical Journal*, 327: 557-560.
- Hunter, J. E., Frank L. Schmidt (2000). "Fixed effects vs random effects meta-analysis models: Implications for cumulative research knowledge." *International Journal of Selection and Assessment*, 8: 275-292.
- Hutton, R. B., Gary A. Mauser, Pierre Filiatrault (1986). "Effects of cost-related feedback on consumer knowledge and consumption behavior: A field experimental approach." *Journal of Consumer Research*, 13: 327–336.
- Hargreaves, T., Michael Nye, Jacquelin Burgess (2010). "Making energy visible: A qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors." *Energy Policy*, 38(10):6111-6119.
- Heinonen, Jukka (2012). "The Impacts of Urban Structure and the Related Consumption Patterns on the Carbon Emissions of an Average Consumer (Ph.D. Thesis)." Aalto University, Helsinki, Finland
- Huovila, P., Ala-Juusela, M., Melchert, L., Pouffary, S (2007). "Buildings and Climate Change: Status, challenges and Opportunities." United Nations Environment Programme, Paris, France
- Ippolito, M., Riva Sanseverino, E., Zizzo, G. (2014). "Impact of building automation control systems and technical building management systems on the energy performance class of residential buildings: an Italian case study, *Energy and Buildings* 69 :33–40.

- Ingendahl,M., Humme,D., Maedche,A., Voge,T.(2020). “Who can be nudged? Examining nudging effectiveness in the context of need for cognition and need for uniqueness.” Special Issue
- International Energy Agency (IEA). (2010). Energy efficiency market report 2013.Retrieved September 23
- Joskow.P, L., Catherine D. Wolfram (2012). “Dynamic Pricing Of Electricity.” American Economic Review, 201
- Jain,S., Suresh K. Sharma , Kanchan Jain (2019). “Meta-Analysis of Fixed, Random and Mixed Effects Models.” International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences 4(1): 199–218
- Judge, T. A., Thoresen, Carl J Bono, Joyce E.(2001). “The job satisfaction–job performance relationship: A qualitative and quantitative review.” Psychological Bulletin, 127(3): 376
- Katzev, R., L Cooper, Pat Fisher (1980 1981). “The effect of feedback and social reinforcement on residential electricity consumption. “Journal of Environmental Systems, 10: 215–227. <http://dx.doi.org/10.2190/M8W4-JUYV-NB03-CUFL>
- Konstantopoulos, Spyros (2006). “Fixed and Mixed Effects Models in Meta-Analysis.” IZA Discussion Paper, 2198
- Kasulis, J. J., David A. Huettnner, Neil J.Dikeman(1981). “The feasibility of changing electricity consumption patterns. Journal of Consumer Research.” 8: 279–290
- Kulik, J. A., Chen-Lin C.Kulik (1989). “The concept of meta-analysis.” International Journal of Educational Research, 13(3): 227–340.
- Kemp, Rene(2010). “Sustainable Technologies Do Not Exist.” Ekonomiaz. Revista Vasca De Economía, 75(04): 22-39
- Kyrö,R., Jukka Heinonen, Seppo Junnila(2012). “Housing managers key to reducing the greenhouse gas emissions of multi-family housing companies?” A mixed method approach, Building and Environment 56 :203–210.
- Kristmannsdottir,Hrefna,Halldor Armannsson, H.(2003). “Environmental aspects of geothermal energy utilization.” Geothermics, 32: 451–461
- Kasperbauer,T.J.(2017). “The Permissibility of Nudging for Sustainable Energy Consumption. Penultimate.”, Energy Policy,111:52-57

- Karlin,B., Joanne F. Zinger (2015). “The Effects Of Feedback on Energy Conservation: A Meta-Analysis.” *Psychological Bulletin* .141(6): 1205–1227
- Kahn, Alfred E. (1979). “ Richard T. Ely Lecture: Applications of Economics to an Imperfect World.” *American Economic Review*, 69(2): 1-13.
- Kumbur H., Zafer Ozer,H. Duygu Özsoy vd (2018). “Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması.” 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu
- Kurz, T., Ngaire Donaghue, Lain Walker (2005). “Utilizing a social-ecological framework to promote water and energy conservation: A field experiment.” *Journal of Applied Social Psychology*, 35: 1281–1300.
- Khan, Mahbubur Rahman(2012). Modeling of Consumer Responses to Dynamic Pricing in a SmartGrid. Master’s thesis, North Dakota State University, Fargo
- Kumar,A., Tormod Schei,Alfred Ahenkorah,Rodolfo Caceres Rodriguez vd (2011). Hydropower. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge
- Lindal, B.(1973). “Industrial and Other Applications of Geothermal Energy.”UNESCO, Paris: 135–148.
- Lu, X., Michael B. McElroy, Juha Kiviluoma(2009). “Global potential for wind-generated electricity” *PNAS*, 106 (27):10933-10938
- Lau, J, John P.A Ioannidis, Norma Terrin vd(2006). Evidence based medicine: The case of the misleading funnel plot. *British Medical Journal*, 333: 597
- Lipsey, Mark W., David B. Wilson (2001). “Practical Meta-Analysis.” Sage, Thousand Oaks, CA.
- Li, X.; Kuishuang Feng, Yim Ling Siu vd (2012). “Energy-water nexus of wind power in China: The balancing act between CO2 emissions and water consumption.” *Energy Policy*, 45: 440–448.
- Linden,A., Annika Carlsson-Kanyama, Bjorn Eriksson(2006).“Efficient and inefficient aspects of residential energy behavior: what are the policy instruments for change?.” *Energy Policy*, 34:1918–1927.
- Lutzenhiser, L., Laura Cesafsky, Heather Chappells vd (2009). Behavioral assumptions underlying California residential sector energy efficiency programs.Oakland, CA: CIEE

- Matsukawa, Isamu (2004). "The effects of information on residential demand for electricity." *The Energy Journal* (Cambridge, Mass.),25:1–17
- Mantel N., William Haenszel(1959). "Statistical aspects of the analysis of data from the retrospective analysis of disease." *Journal of the National Cancer Institute*, 22: 719-748.
- Martiskainen, Mari(2007). Affecting consumer behaviour on energy demand. Technical report, Sussex Energy Group
- Meyel, A.(1987). "Low Income Households and Energy Conservation: Institutional, Behavioural and Housing Barriers to the Adoption of Energy Conservation Measures." Polytechnic of Central London Built Environment Research Group
- Midden, C. J., Joanne F.Meter, Mienieke H.Weenig vd (1983). "Using feedback, reinforcement and information to reduce energy consumption in households: A field-experiment." *Journal of Economic Psychology*, 3: 65–86
- Moniruzzaman,Engr (2019).Hydroelectric Power Generation system. Dhaka University of Engineering & Technology Gazipur.
- Mountain, D. C. (2007). Real-time feedback and residential electricity consumption: British Columbia and Newfoundland and Labrador Pilots. Ontario, Canada: Mountain Economic Consulting.
- Molina, Maggie (2014). "The best value for America's energy dollar: a national review of the cost of utility energy efficiency programs (Research Report Number U1402).",American Council for an Energy-Efficient Economy
- Nexus Energy Software. (2006). "California bill analysis pilot final report." San Francisco, CA:Calmac
- Nicholls-Lee, R.F., S.R Turnock (2008). "Tidal energy extraction: renewable, sustainable and predictable." *Science Progress*, 91(1): 81–111
- Nelson, J., Peter E. Kennedy (2009). "The use (and abuse) of meta-analysis in environmental and natural resource economics: an assessment." *Environmental and Resource Economics* 42 (3): 345–377.
- National Research Council (1992). "Combining Information: Statistical Issues and Opportunities for Research." Washington, DC: National Academy Press.
- Norman, J.,MacLean Heather, M Asce vd (2006). "Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions." *Journal of Urban Planning and Development* 132 (1) :10–21.

- Ones, S. D., Chockalingam Viswesvaran, Frank L. Schmidt (2017). “Realizing the full potential of psychometric meta-analysis for a cumulative science and practice of human resource management.” *Human Resource Management Review*,15
- Owusu, P.A., Samuel Asumadu-Sarkodie (2016). “A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, 3(1)
- OECD/IEA (2008). “Organisation for Economic Co-operation and Development/ International International Energy Agency International Energy Agency.” *Energy Efficiency Indicators for Public Electricity Production from Fossil Fuels* (OECD/IEA, Fosil Eakıt Kaynaklı elektirk Enerjisi Üretimi, Enerji Verimliliği Göstergeleri) IEA Information Paper, In Support of the G8 Plan of Action, :1-23, www.iea.org.
- Öztürk, M., Yunus Emre Yuksel (2016). “Energy structure of Turkey for sustainable development. “Renewable and Sustainable Energy Reviews, (53): 1259-1272
- Pallak, M. S., William Cummings (1976). “Commitment and voluntary energy conservation.” *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2: 27–30.
- Pei-dong Z., Jia Guomei, Wang Gang (2007). “Contribution to emission reduction of CO₂ and SO₂ by household biogas construction in rural China.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.11:1903–12.
- Pehlivanoglu,F., Cemil Erarslan, Sedanur Demir (2021). “Factors affecting competition in olive oil exports: Panel data analysis of selected countries”. *Case study, Agricultural Economics, Czech*, 67: 511–518.
- Hansen,P.G., Andreas Jespersen (2013) “Nudge and the Manipulation of Choice: A Framework for the Responsible Use of the Nudge Approach to Behaviour Change in Public Policy.” *1 European Journal of Risk Regulation*,3:6.
- Parker, D. S., Maria D. Mazzara, John Sherwin (1996). “Monitored energy use patterns in low-income housing in a hot and humid climate.” *Proceedings from IBSHHC '96: Tenth Symposium on Improving Building Systems in Hot Humid Climates*. Fort Worth
- Polagye, B., Jeff Epler, Jim Thomson (2010). “Limits to the predictability of tidal current energy.” *MTS/IEEE Oceans 2010*. Seattle, WA:20-23
- Pearson, Karl (1904). “Report on certain enteric fever inoculation statistics”. *Br. Med. J. Nov. 5*:1243–46
- Pearson, Karl (1904). “Antityphoid inoculation”. *British Medical Journal*, 2, 1667–1668.

- Rothstein, Hannah, Alex J. Sutton, Michael Borenstein(2005). Publication Bias in Meta-analysis. John Wiley & Sons, Ltd
- Raudenbush, Stephen W (1994). Random effects models, The handbook of research synthesis : 301-321
- Raw, G., Davi Ross (2011).Energy demand research project: Final analysis Report to the Office of Gas and Electricity Markets, UK.
- Rosenthal, Robert(1978). “How often are our numbers wrong?” Psychol, 33:1005–8
- Rosenthal, Robert (2015). “Reflections on the origins of meta-analysis.” Research Synthesis Methods, 6: 240-245.
- Rotenberg,Edan (2005). “Energy Efficiency in deregulated markets.” Yale Law School Student Scholarship Paper, World Energy Council :1-3
- Rolandez,G.,Andre Abgottspon,Thomas Staubli(2014).Discharge Measurements At La Rance Ti dal Power Plant Using Current Meters Method, International Conference On Innovation In Hydraulic Efficiency Measurements
- Robinson, Jennifer (2007). The effect of electricity-use feedback on residential consumption: A case study of customers with smart meters in Milton, Ontario (Master’s thesis). University of Waterloo, Waterloo, Canada.
- Raghu, S., R. C. Anderson.,C. C. Daehler., A. S. Davis.,R. N. Wiedenmann., D. Simberloff., R. N. Mack (2006) Ecology: Adding biofuels to the invasive species fire? Science 313: 1742
- Saemundsson, K., Gudni Axelsson., Benedikt Steingrimsson (2011). “Geothermal Systems In Global Perspective.” United Nations and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, 16-22
- Sims, Reh(2004). “Renewable energy: a response to climate change.” Solar Enegy, 76, 9-17
- Saygın, Hasan (2006).Sürdürülebilir Enerji Politikalarında Nükleer Enerji’nin Yeri ve Türkiye, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü
- Schultz P.W., Jessica M. Nolan, Robert B. Cialdini vd (2007).“The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms.” Psychological Science,18(5)
- Sunstein, Cass R. (2014). “Nudging: A Very Short Guide.” Journal of Consumer Policy, 37(4): 583-588.

- Sipe, B., Sarah Castor (2009). The net impact of home energy feedback devices. Proceedings from IEPEC '09: International Energy Program Evaluation Conference, Portland, OR: IEPEC.
- Stechow, Christoph Von (2011). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shadish, W.R., Haddock, C. Keith (1994). "Combining estimates of effects size." Handbook of Research Synthesis, New York: Russell Sage Foundation: 261±82.
- Sharma, S., Sib Krishna Ghoshal (2015). "Hydrogen the future transportation fuel: From production to applications." Renewable and Sustainable Energy Reviews 43: 1151–1158
- Sterne, J. A., Matthias Egger (2001). "Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: Guidelines on choice of axis." Journal of Clinical Epidemiology, 54(10):1046-1055
- Schmidt, Frank L. (2015). "History and introduction to the Schmidt-Hunter meta-analysis methods." Research Synthesis Methods, 6: 232-239.
- Stanley, S.D., Stephen B. Jarrell (1989). "Meta-Regression Analysis: A Quantitative Method Of Literature Surveys". Journal Of Economics Surveys. Wiley Blackwell, 3(2): 161-170
- Swan L.G., V. Ismet Ugursal (2009). "Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: a review of modeling techniques." Renewable Sustainable Energy Reviews, 13(8): 1819–35
- Tarı, R., Ferhat Pehlivanoglu (2007). "Kocaeli İlinde Tüketici Davranışlarının Gelir-Harcama Grupları İlişkisi Açısından Analizi (Tüketim Harcamaları Profili)." Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 13(1) : 192-210
- Thøgersen, J., Alice Gronhoj (2010). "Electricity saving in households a social cognitive approach." Energy Policy 38:7732–7743.
- Thompson, S. G., Julian P. T. Higgins (2002). "How should meta-regression analyses be undertaken and interpreted." Statistics in Medicine, 21(11): 1559-1573.
- Tiago, R.S., Bertoldi Paolo (2019). Smart Home and Appliances: State of the Art Energy , JRC Technical Reports

- Toth, F.L., Hans-Holger Rogner (2006). "Oil and nuclear power: past, present, and future." *Energy Economics* 28: 1–25.
- Tsoutsos, T., Niki Frantzeskak, Vassilis Gekas (2005). "Environmental impacts from the solar energy technologies." *Energy Policy* 33:289-296
- Tavman, İ. H. ve Önder, T.K.(2001).Türkiye 'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 316-323, İzmir
- Thornley, P., Paul Upham, Ye Huang vd(2009). "Integrated assessment of bioelectricity technology options." *Energy Policy*.37:890–903.
- Tversky, A., Daniel Kahneman (1973). "Availability: A heuristic for judging frequency and probability." *Cognitive Psychology*, 5(2):207–232.
- Tversky, A., Daniel Kahneman (1981). "The Framing of Decisions and the Psychology of Choice." *Science Mag*, 211(4481): 453–458.
- Yelmen, Bekir (2018). "Use of renewable energy resources in agriculture the case of Turkey." *African Journal of Agricultural Research*, 13 (39): 2037-2054.
- Yıldırım, M., İbrahim Örnek(2007). "Enerjide Son Seçim: Nükleer." *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 6(1):32-44
- Zhang W, Caleb Robinson, Subhrajit Guhathakurta vd (2018). "Estimating residential energy consumption in metropolitan areas: a microsimulation approach." *Energy*,155:162–73.
- Veglianti, Beatrice (2019). *The Nudge Approach and the Behavioural Units: an analysis of the impact on Public Administration. Master of Science in Public Policies Department of Political Sciences and International Relations Course in Analysis and evaluations of Public Policies*
- Winett, R.A., John H. Kagel, Raymond C. Battalio vd(1978). "Effects of monetary rebates, feedback, and information on residential electricity conservation." *Journal of Applied Psychology*, 63(1):73–80
- Wood, G., M. Newborough (2003). "Dynamic energy consumption indicators for domestic appliances: environment, behavior and design." *Energy and Buildings*, 35: 821–841
- Weber, C., Adriaan Perrels (2000). "Modelling lifestyle effects on energy demand and related emissions." *Energy Policy*, 28 (8) :549–566
- Wright, Andrew(2008). "What is the relationship between built form and energy use in dwellings." *Energy Policy*, 36: 4544–4547.

Wiedenhofer,D.,Manfred Lenzen.,Julia Steinberger vd (2013). “Energy requirements of consumption: urban form, climatic and socio-economic factors, rebounds and their policy implications.” Energy Policy

Wilhite, H., Rich Ling (1995). “Measured energy savings from a more informative energy bill.” Energy and Building, 22:145–155.

3. Elektronik Kaynaklar

AES,“Laurel Mountain Wind Storage”,Available:
<http://www.aesenergystorage.com/projects.html>

Advantages and Disadvantages of Hydropower.U.S. Department of Energy
Energy Efficiency and Renewable EnergyWind and Hydropower
TechnologiesProgram.http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/printable_versions/hydro_ad.html

British Petroleum, BP Statistical Review of World Energy; available at
www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/publications/energy_reviews_2006/STAGING/local_assets/downloads/spreadsheets/statistical_review_full_report_workbook_2006.xls.

Borenstein, M., Hedges, L. and Rothstein, H., (2007). “ Meta-Analysis Fixed effect vs. random effect.” https://www.meta-analysis.com/downloads/Ma_f_e_v_r_e_sv.pdf (Erişim tarihi: 28 Aralık 2018)

BP (2019). “ Statistical Review of World Energy.” Haziran, <http://www.bp.com>
Erişim 23.10.2020

Frewin, C.(2019).Renewable Energy, Student Energy website.
<https://www.studentenergy.org/topics/renewable-energy>

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)
<https://www.birbucukderece.com/>

Hunt, M.(1997). How Science Takes Stock. New York: Russell Sage Found

La Commare, K.H.and Eto,J.H. (2004). “Understanding the Cost of Power Interruptionsto U.S. Electricity Consumers” [Online].Available:
<http://certs.lbl.gov/pdf/55718.pdf>.

Siemens, Sustainable Energy in the U.S.(2014). <http://www.Usa.siemens.com/sustainable-energy/>

TMMOB.(2008).Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının DeğerlendirmesiRaporu.http://www.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=6183#.UM9hW3dacSc:5.

U.S. Energy Information Administration(2018).
https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=wind_home

United Nations, Report of the World Commission on Environment and Development, United Nations General Assembly, 96th plenary meeting, 11 December 1987, Document A/RES/42/187; available at www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm.

WordPress.Com.Non Renewable Energy information.(2016).
<https://renewenergy.wordpress.com/transition/energy-resources/non-renewable/>

World Energy Council. World Energy Resources. (2013).
www.worldenergy.org.

World Economic Forum. (2017). Global Energy Architecture Performance Index Report Geneva, Switzerland. Retrieved from www.weforum.org

World Energy Council. (2018). World Energy Trilemma Index 2018. London, UK. Retrieved from
<https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2018/10/World-En>

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, ilkokulu ve ortaokulu İstanbulda tamamlayarak; Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü’nden 2015 yılında mezun olmuştur. 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde İktisat teorisi ve tarihi anabilim dalında başladığı yüksek lisans eğitimini “Üniversite Öğrencilerinin Tüketim Davranışları Analizi: Kocaeli Üniversitesi Örneği” isimli tezini savunarak 2018 yılında mezun olmuştur. 2018 yılında aynı Enstitünün İktisat doktora programına başlayan yazar evli ve bir çocuk annesidir.

EKLER

EK1: META ANALİZİNE DAHİL EDİLEN ÇALIŞMALAR

	Yazar	Yıl	Ülke	Örneklem Büyüküğü	Tasarruf Oranı	Süre
	Seligman	1978	ABD	27	10,50%	<1 ay
	Battalio vd.	1979	Norveç	70	%0.9	<1 ay
	Bittle vd.	1979	ABD	353	%5	<1 ay
	Bittle vd.	1979	ABD	30		<1 ay
	Katzev	1980	ABD	22	15%	<1 ay
	Kasulis vd.	1981	ABD	390		3-6 ay
	Pallak ve Cummings	1976	ABD	109	16%	3-6 ay
	Hayes ve Cone	1981	Finlandiya	40	7%	>12 ay
	Midden vd.	1983	Hollanda	95	13,20%	1-3 ay
	Hutton vd. (1)	1986	ABD	371	4,10%	3-6 ay
	Hutton vd. (2)	1986	ABD	377	5%	3-6 ay
	Hutton vd.(3)	1986	ABD	336	6,80%	3-6 ay
	Dobson ve Griffin	1992	ABD	100	12,90%	
	Arvola vd.	1993	Friland	704	2,90%	>12 ay
	Wilhite ve Ling	1995	Norveç	1,284	10%	>12 ay
	Haakkana vd.	1997	Finlandiya	755	19%	>12 ay
	Brandon ve Lewis	1999	ingiltere	120	12%	6-12 ay
	Matsukawa	2004	Japonya	319	1,80%	3-6 ay
	Kurz vd.	2005	Avustrala	166	0	<1 ay
	Allen ve Janda	2006	ABD	60	0	1-3 ay
	Benders	2006	Hollanda	137	%9	3-6 ay

Nexus Energy	2006	ABD	249	19%	3-6 ay
Robinson	2007	ABD	141		3-6 ay
Mountain	2007	ABD	118	18,10%	>12 ay
Mountain	2007	ABD	110	2,70%	>12 ay
Parker vd.	2008	ABD	17	7%	
Sipe ve Castor	2009	ABD	305		6-12 ay
Sipe ve Castor	2009	ABD	588		6-12 ay
Allcott	2010	ABD	78,492	2,40%	6-12 ay
Faruqui ve Palmer	2011	ABD	109	%7	
Alahmad	2012	ABD	151	%12	<1 ay
Ayress vd.	2013	ABD	84000	1,20%	6-12 ay
Herter vd.	2013	ABD	80	4%	
Costa ve Kahn	2013	ABD	1976	1,70%	
Harries vd.	2013	ABD	116	%3	3-6 ay
Houde vd.	2013	ABD	342	%5.7	3-6 ay
Carrol vd.	2013	İrlanda	656	%0,4	3-6 ay
Nilsson vd.	2014	İsveç	20	%0	<1 ay
Asenso ve Delmas	2015	ABD	118	%8-%10	6-12 ay
Du	2017	ÇİN	1314		
Wang vd.	2018	ÇİN	156		
Ata	2020	Türkiye	94	0	3-6 ay
Jorgensen	2021	Avustralya	600	%12	<1 ay

EK 2: BİLGİLENDİRME ÖRNEĞİ

Sayın Site Sakini;		
12.12.2021-02.01.2022 Dönem aralığında ortalama elektrik tüketiminiz haftalık 46 kWh, günlük ise 6,57 kWh olarak gerçekleşmiştir. Bu tüketim seviyesi ile deney grubuna dâhil olan komşularınızın ortalamasından yüzde %36 daha fazla tüketim sağlamaktasınız. Tüketimleriniz içerisinde en büyük pay T1 dönemi içerisinde gerçekleşmektedir.		
T1:06.00-17.00	T2: 17.00-22.00	T3: 22.00-06.00.
ii) Sayın Site Sakini		
02.01.2022-09.01.2022 Dönem aralığında ortalama elektrik tüketiminiz bir önceki haftaya göre %23 artmıştır. Deney grubuna dahil olan komşularınızın ortalama haftalık tüketim seviyesi değişiminine oranla yüzde 10 artmıştır.		
iii) Sayın Site Sakini		
09.01.2022-16.01.2022 Dönem aralığında ortalama elektrik tüketiminiz bir önceki haftaya göre değişmemiştir. Deney grubuna dahil olan komşularınızın ortalama haftalık tüketim seviyesi değişiminine oranla yüzde 5 azalmıştır.		
T1:06.00-17.00	T2: 17.00-22.00	T3: 22.00-06.00
Tüketimi azaltmanın yolları;		
1) Kullanılmayan aydınlatma ürünlerinin kapatılması tasarrufun ilk adımıdır.		
2) Kullanılmayan elektrikli cihazların fişe takılı kalması elektrik tüketimine sebebiyet vermektedir. Bu cihazların (kettle, şarj aleti vb.). fişten çıkarılması ile tüketimde önemli ölçüde azalma sağlanabilmektedir.		
3) Isınma sistemlerinde termostat kullanımı ile optimum oda sıcaklığının muhafaza edilmesi, kullanılmayan odaların ise düşük ısıda bırakılması gerekmektedir.		
4) Buzdolabının optimum ölçülerde (3-5 °C) çalıştırılması enerji tasarrufu açısından önem arz etmektedir.		
5) Buzdolabının kapağının uzun süre açık bırakılması enerji kaybına sebebiyet vermektedir.		
6) Buzdolabı ve derin dondurucu gibi soğutma ekipmanlarının güneş almayan alanlarda, arkası ve yanları hava alabilecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir.		
7) Yiyeceklerin sıcak şekilde buzdolabında koyulması soğutma işlemini uzatarak daha fazla enerji tüketimine yol açmaktadır. Ürünlerin buzdolabında muhafazası için oda sıcaklığına kadar soğumaları beklenmelidir.		

8) Kullanılan tencere ve ocak boyutunun birbiri ile uyumlu seçilmesi sayesinde enerjinin verimsiz kullanımı önlenmektedir.
9) Fırının üst rafı kullanılarak pişirme süresinin %20 azaltılması mümkündür.
10) Fırın kullanımı esnasında kapağın sürekli olarak açılıp kapatılması enerji kaybına sebebiyet vermektedir.
11) Çamaşır ve bulaşık makinelerinin boş çalıştırılması daha fazla enerji kullanımına sebebiyet vermektedir. Bu tarz ekipmanların tam kapasite ile çalıştırılmaları gerekmektedir.
11) Beyaz eşya grubunda en fazla elektrik tüketen ürün %30,4 ile buzdolabıdır. Çamaşır makinesi tüketimde %9, bulaşık makinesi ise %3 pay sahibidir.

EK 3: ÖRNEK SAYAÇLAR

