



T.C.
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ KAYNAKLI CARİ AÇIK: GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM MODELİ İLE
ÇÖZÜMÜ (2017-2030)**

Hazırlayan
Turgut YOKUŞ

İktisat Ana Bilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. MEHMET ALAGÖZ

Temmuz –2017



T.C.
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ KAYNAKLI CARİ AÇIK: GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM MODELİ İLE
ÇÖZÜMÜ (2017-2030)**

Hazırlayan
Turgut TOKUŞ

İktisat Ana Bilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. MEHMET ALAGÖZ

KARAMAN –2017

ENERJİ KAYNAKLI CARİ AÇIK: GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM MODELİ İLE
ÇÖZÜMÜ (2017-2030)

Tezin Kabul Ediliş Tarihi:20.07.2017

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

Başkan: Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Metin YILDIRIM

Üye: Yrd. Doç. Dr. Savaş ERDOĞAN

İmzası



Bu tez, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun 29.06.2017 tarihli ve 2017/19-103 sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü: Doç. Dr. İdris Nebi UYSAL



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, enerji kaynaklı cari açık sorunu yaşayan ülkelerin, mevcut güneş enerji potansiyelleri kapsamında cari açığı azaltma amacını dikkate alarak güneş enerji yatırımlarının optimizasyon modeli ile planlanması amaçlanmıştır. Cari açık, güneş enerjisi, elektrik üretimi, optimizasyon gibi farklı uzmanlık alanı gerektiren disiplinler arası bir çalışmadır. Çalışma sonucunda Türkiye uygulamasında çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışma süresince, optimizasyon modelinin uygulamasında matematik bilgisi ile destek sağlayan eşim Nihal YOKUŞ'a, çalışma aralarımnda beni güldüren oğlum Ahmet Tuna YOKUŞ'a, iktisat konusunda bilgileri ile beni yönlendiren ve farklı konularda çalışma heyecanı katan Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ'e, Türkiye'nin enerji ve elektrik üretim verilerine ulaşmamda yardımcı olan, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında Daire Başkanı Mücahit SAV'a katkılarından dolayı müteşşekür olduğumu ifade ederim.

ÖZET

Birçok iktisatçı, Cari Açığın, GSYİH'ye (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) oranının %5'in üstünde olmasının ekonmik kriz için erken uyarı sinyali olarak görmektedir. Türkiye 2006-2016 yılları arası Cari Açığın GSYH oran ortalaması yaklaşık %5,18 iken, enerji hariç Cari Açığın GSYH oran ortalaması ise, yaklaşık %0,52 olarak gerçekleşmiştir (TCMBb, 2017). Bu da, Türkiye'deki cari açığın en büyük nedeninin enerji ithalatı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yüzden ithal enerjiye bağımlılığı azaltmak ve düşük maliyetli ulusal kaynaklara dayalı enerji üretimini sağlamak için, Türkiye'nin de enerji politikasında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Bu nedenle, enerji kaynaklı cari açık sorunu yaşayan ekonomiler için, Güneş Enerjisi (GE) ve cari açık parametrelerini birlikte ele alan bir optimizasyon modeli (OM) ile yatırım planları ortaya konulmuştur. Çalışmanın özgünlüğü, ekonomik dış denge amacı ile güneş enerjisini birlikte kullanarak yatırım stratejisini ortaya koyan OM olmasıdır. Model oluşturulurken, mevcut dış ekonomik dengeyi bozmadan, Doğrudan Yabancı Yatırımlar (DYY) için kar transferleri, Yurt İçi Yatırımlar (YİY) için faiz ödemeleri, GE sistemleri için ithal oranları, GE sistemleri elektrik üretim değerleri, gelecek elektrik talep projeksiyonu ve elektrik üretimindeki ithal kaynak oranları gibi parametreler temel alınarak optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Modelin bu kıstaslar çerçevesinde, 2017-2030 döneminde yapılacak GE yatırımlarının YİY ve DYY'lerin dış ekonmik dengeye etkileri incelenmiştir. Modelin Türkiye uygulamasında dış ekonomik dengenin korunmasında GE yatırımlarının önemli bir fırsat olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Enerji kaynaklı cari açık sorunu yaşayan ekonomiler için referans olacak bir OM modeli ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Cari Açık; Optimizasyon Modeli; Güneş Enerjisi;

ABSTRACT

Many economists state that the rate of current deficit (CD) to GDP is exceeding %5 indicates that is an early alert signal of an economic crisis. In Turkey, the average of rate of current account to GDP for 2006-2016 periods is 5.18% and the same ratio is approximately 0.52% excluding energy (TCMBb, 2017). These ratios demonstrate that the main reason for current deficit in Turkey is energy imports. Therefore, renewable energy orientation is compulsory for Turkey to decrease the dependence on energy imports and to provide energy production based on low-cost national resources.

In this paper, an optimization model (OM) which approaches Sun Power Energy (SPE) and current deficit parameters together and investment plans are ascertained for economies which have been through current deficit issue originated from power generation. Originality of the paper is stemmed from the OM model that ascertains investments strategy via using economic external balance and SPE together. The optimization model is devised without affecting the current external economic balance and based on parameters such as profit transfers for foreign direct investments (FDI), interest payments for domestic investments, import rates for SPE systems, power generation values of SPE systems, electricity demand projection in the future and import source rates in power generation. In this framework of constraints of the model, effects of SPE investments in 2017-2030 period on domestic and external economic balance is elaborated. The implication of Turkey application of the model is that SPE investments are a significant opportunity for external balance maintenance. An optimization model is ascertained which can be a reference for economies struggle with energy induced current deficit issue.

Keywords: Current Deficit; Optimization Model; Sun Power Energy;

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÖDEMELER BİLANÇOSU VE TÜRKİYE ENERJİ KAYNAKLI CARİ AÇIĞI.....	5
I.1. Ödemeler Bilançosu Ana Hesap Grupları	6
I.1.1. Cari İşlemler Hesabı.....	7
I.1.1.1. Dış Ticaret Dengesi (Mal Ticareti)	8
I.1.1.2. Hizmetler Dengesi	10
I.1.1.3. Gelir Dengesi (Uluslararası Faktör Gelir ve Giderleri).....	10
I.1.1.4. Cari Transferler	10
I.1.2. Sermaye Hesabı.....	11
I.1.3. Finans Hesabı.....	11
I.1.3.1. Doğrudan Yatırımlar	12
I.1.3.2. Portföy Yatırımları	13
I.1.3.3. Diğer Yatırımlar	14
I.1.4. Rezerv Varlıkları.....	14
I.1.5. Net Hata ve Noksan Hesabı (NHN).....	15
I.2. Türkiye Ödemeler Bilançosu Gelişimi	16
I.2.1. Türkiye Ödemeler Bilançosu Cari İşlemler Hesabı Gelişimi	17
I.2.2. Türkiye Ödemeler Bilançosu Finans Hesabı Gelişimi.....	18
I.2.3. Türkiye Ödemeler Bilançosu Verilerine İlişkin Değerlendirmeler.....	19

I.3. Türkiye Cari İşlemler Hesabı.....	20
I.3.1. Türkiye Cari İşlemler Hesabı ve Enerji İthalatı.....	22
I.3.2. Türkiye Elektrik Üretim Kaynaklı Enerji İthalatı.....	23

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİNİ GÖRÜNÜMÜ VE GÜNEŞ ENERJİ PROJEKSİYONU.....	26
II.1. Dünya Enerji Görünümü.....	28
II.2. Dünya Enerji Kaynaklarında Yeni Yönelimler.....	30
II.3. Dünya Elektrik Enerjisi Görünümü.....	34
II.4. Enerji Kaynağı Olarak Güneş.....	36
II.4.1. Fotovoltaik (Photo Voltaic: PV) Güneş Teknolojisi.....	37
II.4.2. Isıl Güneş Teknolojileri (Concentrated Solar (CPS).....	39
II.4.1. Dünya PV Güneş Enerji Görünümü.....	39
II.4.1.1. Almanya PV Güneş Enerji Görünümü.....	42
II.4.1.2. İtalya PV Güneş Enerji Görünümü.....	44
II.4.1.3. ABD PV Güneş Enerji Görünümü.....	44
II.4.1.4. Çin PV Güneş Enerji Görünümü.....	45
II.4.1.5. Japonya PV Güneş Enerji Görünümü.....	45
II.4.2. Dünya PV Güneş Enerji Ekonomisi.....	46
II.4.3. Dünya PV Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Maliyeti Gelişmeleri.....	47
II.5. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi.....	49
II.6. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli.....	54
II.7. Türkiye Elektrik Üretiminde İthal Kaynak Kullanımı.....	55
II.8. Türkiye Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Projeksiyonu.....	56

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE 2017-2030 DÖNEMİ GÜNEŞ ENERJİ YATIRIM PLANLARI KAPSAMINDA CARİ DENGE AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİNİN KURULMASI, ÇÖZÜMÜ VE ANALİZİ.....	60
---	-----------

III.1. Literatür Taraması	61
III.1.1. Enerji Kaynaklı Cari Açık Sorunu	61
III.1.2. Optimizasyon Kapsamında Enerji Yatırım Planlaması.....	66
III.2. Optimizasyon Modelinin Kurulması.....	70
III.2.1. Model Parametreleri ve Katsayıları.....	70
III.2.2. Amaç Fonksiyonu.....	74
III.2.3. Kısıtlar	75
III.2.3.1. Cari Açık Denge Kısıtı	75
III.2.3.2. ETKB GES Hedef Kısıtı.....	75
III.2.3.3. Elektrik Üretim Kaynaklı İthal Kısıtı	77
III.2.3.4. DYY Giriş Kısıtı.....	78
III.2.3.5. Üretim Tahminindeki Artışların GES ile Karşılanması Kısıtı.....	78
III.2.3.6. Pozitif Olma Kısıtı	78
III.2.4. Modelin Varsayımları.....	79
III.2.5. Modelinin Özellikleri	79
III.3. Modelin Çözümü ve Yorumlanması	80
SONUÇ	84
KAYNAKÇA.....	88
Ek-1 Ekonomi Bakanlığı GES Yatırım Teşvik Belgeleri.....	98
Ek-2 Modelin GAMS Gösterimi ve GAMS Özet Çözümü	99

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
BESOM	: Brookhaven Energy System Optimization Model
BP	: British Petroleum Company
CIF	: Cost, Insurance And Freight (Maliyet, Sigorta ve Navlun)
cm³	: Santimetreküp
DYY	: Doğrudan Yabancı Yatırım
DOM	: Doğrusal Optimizasyon Modeli
EFOM	:The Energy Flow Optimization Model
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EB	: Ekonomi Bakanlığı
EPDK	: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
FOB	: Free On Board
GAMS	: General Algebraic Modeling System
GES	: Güneş Enerji Santrali
GSR	: Global Solar Radiation
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
Gt	: Giga Ton
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt Saat
HES	: Hidroelektrik Santrali
IEA	: International Energy Agency
IMF	: Uluslararası Para Fonu
KDV	: Katma Değer Vergisi
km²	: Kilometre Kare
kWh	: Kilowatt Saat
LEAP	:Long-range Energy Alternatives Planning System
MARKAL	:The Market Allocation Model

MENSA	: Multiple Energy System of Australia
Mt	: Milyon Ton
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
MWh	: Megawatt Saat
m²	: Metre Kare
m³	: Metreküp
OM	: Optimizasyon Modeli
PPA	: Power Purchase Agreement
PV	: Photovoltaic
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TESOM	: The Time-stepped Energy System Optimization Model)
TCMB	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	: Terawatt Saat : 1 TWh = 0.086 Mtoe
USD	: United States Dollar
VAR	: Vector Autoregression
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu
YİY	: Yurt İçi Yatırımlar

TABLolar LİSTESİ**Sayfa No**

Tablo 1: Ödemeler Bilançosu Ana Hesap Kalemleri	7
Tablo 2: 2006-2016 Türkiye Cari İşlemler Hesabı Özeti	17
Tablo 3: 2006-2016 Türkiye Finans Hesabı Özeti	18
Tablo 4: 2006-2016 Türkiye Ödemeler Bilançosu Özeti	19
Tablo 5: Türkiye 2006-2016 Cari İşlemler Hesabı Gelişimi	21
Tablo 6: 2006-2016 İthalat, Enerji İthalatı ve Cari Açık Verileri	22
Tablo 7: 2006-2015 Enerji İthalı ve Elektrik Üretim Kaynaklı İthalat	23
Tablo 8: Dünya Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi	29
Tablo 9: Dünya 2030 ve 2050 PV Panel Kapasite Kurulu Güç Tahminleri (GW)	42
Tablo 10: PV Göstergelerinin 2009 ile 2013 Yılı Karşılaştırması	47
Tablo 11: Dünya Kaynaklara Göre Ortalama Elektrik Üretim Fiyatları	49
Tablo 12: 2010-2015 Dönemi Türkiye Elektrik Üretimi ve Kurulu Gücü	50
Tablo 13: Türkiye Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi 2014 - 2015	51
Tablo 14: Türkiye Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kurulu Güç Kapasitesi	55
Tablo 15: Türkiye Elektrik Üretiminde İthal Kaynakların Gelişimi	56
Tablo 16: Türkiye 2017-2030 GES Kurulu Güç Hedefi	59
Tablo 17: İthal Kaynaklı Elektrik GES ile Karşılama Verileri	71
Tablo 18: 2000-2015 Dönemi DYY Girişi ve Kar Transferleri	72
Tablo 19: Türkiye 2017-2030 GES Kurulu Güç Hedefi	76
Tablo 20: 2030 Projeksiyonu, İthal Kaynaklı Elektrik ve Gerekli GES Gücü	77
Tablo 21: Cari Açık Dengeli GES Yatırım Modeli Çözüm Özet Tablosu	80
Tablo 22: Cari Açık Dengeli GES Yatırım Modeli Çözüm	82

ŞEKİLLER LİSTESİ**Sayfa No**

Şekil 1: Cari Açık ve Elektrik Kaynaklı Elektrik Üretim İlişkisi.....	25
Şekil 2: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	27
Şekil 3: Dünya Enerji Tüketimi Tahminleri 2000-2050 (2016 senaryosu).....	30
Şekil 4: ABD Kaya Gazı ve Doğal Gaz Üretimi (Milyar m ³).....	32
Şekil 5: ABD 2006-2016 Enerji Maliyetleri (Milyar BTU Dolar).....	33
Şekil 6: 2005-2015 Dünya Elektrik Üretimi (TWh).....	34
Şekil 7: Dünya Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi 2014	35
Şekil 8: 2012-2040 Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi (TWh).....	35
Şekil 9: Dünya Güneş Işınım Haritası	37
Şekil 10: PV Üretim Süreci	38
Şekil 11: Dünya Kümülatif PV Kurulu Güç Kapasitesi (GW).....	40
Şekil 12: 2015 Yılı İtibari İle Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı	41
Şekil 13: 2013-2016 Dünya Alım Garantili GES İhale Fiyat Gelişimi.....	48
Şekil 14: Türkiye Elektrik Üretim Santral Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi.....	50
Şekil 15: 2015 Yılı Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi.....	52
Şekil 16: Elektrik Üretim Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Gelişimi (MW)	53
Şekil 17: Türkiye Güneş Potansiyeli Atlası.....	57
Şekil 18: Optimizasyon Modelinin Şekilsel Gösterimi	73

GİRİŞ

Dünya tarihi boyunca devletlerin gücü, sahip oldukları enerji büyüklüğü ve bu enerjiyi etkin kullanabilmelerine bağlı olmuştur. Milattan önce 3000’li yıllarda tekerlek icad edildiğinde yine insan oğlu enerjinin daha etkin kullanılmasını amaçlamıştır. Bu en ilkel enerji etkinliği bile, toplumlara hem askeri hemde iktisadi olarak büyük katkılar sağlamıştır. Enerjiyi basit anlamda, iş yapabilme yeteneği ve kapasitesi olarak tanımlayabiliriz. Enerji; genellikle emek, sermaye, toprak şeklindeki ekonominin üretim faktörlerine teknolojik gelişmelerinde eklendiği bir faktördür. Enerji, ekonomik kalkınmanın ana belirleyicilerinden biridir. Üretim faktörleriyle birleştirilerek çıktının oluşturulmasında gerekli bir faktördür.

Sanayi devrimi, kömür enerjisinin hareket enerjisine dönüştürme prensibinin, etkin bir şekilde sanayide kullanılması ile başlamıştır. On sekizinci yüzyılın ortalarına doğru İngiltere sanayisinde yaygınlaşan enerji dönüşüm süreci, hızla Avrupa ve Amerika kıtalarına ulaşarak tüm dünyaya enerjinin, ekonomik güç için vazgeçilmez bir faktör olduğunu göstermiştir. Enerji alanında yapılan bilimsel ve teknolojik gelişmeler dünya tarihinin kırılma noktalarını oluşturmaktadır. Şöyle ki; İngilizler, İran’da ilk petrol kuyusunu 1908 yılında faaliyete geçirdiklerinde, petrolün enerji veriminin kömürden daha etkin olduğunu da keşfetmişlerdir. İngilizler, sömürge yolculuklarında Alman donanması ile daha etkin mücadele edebilmek için gemilerin yakıtını kömürden petrole dönüştürerek, enerji savaşlarının ilk kıvılcımını da böylece ateşlemiş olacaktı (Kart, 2014). Bu kıvılcım büyüyerek, gelişmiş ülkelerin, az gelişmiş ülkelerin enerji (petrol) kaynaklarını paylaşım savaşları olan 1. ve 2. Dünya Savaşlarına sebep olmuştur. Ayrıca 2. Dünya Savaşı’nın kaderini değiştiren, Japonya’ya atılan atom bombası da yine insanoğlunun atom enerjisini kullanmaya başladığı ilk örnektir. Bir başka örnek ise, Avrupa Birliği’nin temelleri 1951 yılında, altı ülkenin katılımıyla oluşturulan Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu’na

dayanmaktadır. Bu da kömürün enerji olarak o dönem ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan son beş yılda kaya gazı yatay sondaj ve hidrolik kırılma yöntemleri sayesinde petrol ve doğalgaz üretiminde Amerika'da bir patlama yaşamaktadır (Erik, 2016,:212,213). Bu da 01.06.2008 tarihinde brent tipi petrolün varil fiyatı 140 USD civarı iken 10.01.2016 tarihinde 28,94 USD seviyelerine kadar gerilemiştir (Investing.com, 2017). Bu fiyat şokları ve enerji kaynaklarını yönetme isteği az gelişmiş enerji zengini ülkelerde çatışmalara sebep olmaktadır. Dünyada fosil kaynaklı enerji üzerine savaşlar yapılırken, Çin sessiz ve derinden enerjinin üretimine ilişkin sonsuz enerji kaynağı olan güneşten faydalanan, Foto Voltaik (Photo Voltaic: PV) teknoloji ile gelecek 10 yılda enerji alanında başka bir teknolojik kırılmaya doğru dünyayı sürüklemektedir. Çin'in, 2003 yılında dünya PV hücre ve modül üretimindeki payı %1,6 iken (Tour vd., 2011:762), 2014 yılı sonu itibari ile dünya hücre üretiminin %61'ni, modül üretiminin ise %66'sını gerçekleştirmektedir (IEAa, 2015:40).

Enerji alanında bu gelişmeler yaşanırken, ülkelerdeki nüfus artışı ve endüstrileşme enerjiye olan talebin hızla artmasına neden olmaktadır. Enerji, büyümede zorunlu bir ekonomi faktörü olup bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtmakta olan temel göstergelerden biridir. Ancak bu enerjinin uygun maliyetle, sürekli temini ekonomik dengenin oluşmasında önemli bir kriterdir. Özellikle yerli enerji kaynaklarından yeterince yararlanmayan ya da bu enerji kaynaklarını verimli şekilde kullanamayan ülkeler ekonomik büyüme için gerekli enerjiyi dış ekonomilerden temin etmektedir. Bu dış kaynaklı enerji kullanımını cari fazla veren ekonomiler için bir sorun teşkil etmez iken, cari açık veren ekonomilerde, enerji fiyat dalgalanmaları, enerji arz şokları ile cari açığın finansmanına ilişkin darboğazlar nedeniyle dış ekonomik dengeler için bir tehdit olarak gösterilmektedir.

Son yıllarda Türkiye ekonomisinin en çok tartışılan en önemli iktisadi sorun, GSMH'nin gittikçe daha yüksek oranını oluşturmaya başlayan "cari açık"tır. Labonte (2010)'a göre, Meksika, Türkiye, Doğu Asya, Brezilya, Arjantin gibi gelişmekte olan ülkelerde büyük cari açıklar, finansal ve döviz krizlerinin en önemli öncü göstergesi olmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde ülkelerin cari hesaplarının durumu ekonomik istikrarın sürdürülebilir olması bakımından oldukça önemlidir. Burada cari açık problemini çözmeye yönelik olarak izlenecek politikaların seçimi ve uygulanmasında ekonomideki diğer dengelerin de dikkate alınması gerektiği açıktır. Ekonomik politika araçlarının tüm amaçlara ulaşmaya yetecek ölçüde olmamasının yarattığı "tutarsızlık" kuşkusuz diğer bazı amaçlardan belirli ölçülerde fedakarlık yapılması gereğini doğurabilir. Bu nedenle cari açık azaltımı kapsamında oluşturulacak politikalar belirli amaç ve kıstaslar çerçevesinde oluşturup planlanmalıdır.

Türkiye'nin 2006-2016 yılları arası Cari Açığın GSYH oran ortalaması yaklaşık %5,18 iken, Enerji Hariç Cari Açığın GSYH oran ortalaması ise, yaklaşık % 0,52 olarak gerçekleşmiştir (TCMBb, 2017). Bu enerji ithalatının artması, dış ticaret dengesini de olumsuz etkilemektedir. Yoğun olarak petrol, doğal gaz ve ithal kömüre bağlı enerji kullanımı, enerji ithalatı üzerinden cari açığın artmasında en önemli etkidir. Dolayısıyla enerjiye bağımlılığı azaltmak ve düşük maliyetli ulusal kaynaklara dayalı enerji üretimini sağlamak için yeni politika ve stratejiler ortaya konulmalıdır.

Cari Açık (CA), enerji ve optimizasyon konuları gibi farklı uzmanlık alanları arası olan çalışmamız üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Türkiye cari açığın sebepleri kapsamında sorun analizi ortaya konulmuştur. TCMB ödemeler bilançosu işleyişi, amacı ve yorumlanması konusunda açıklama yapılarak teorik bilgi verilmiştir. Ayrıca bu bölümde alt hesaplar bazında 2006-2016 yılları arası Türkiye cari açığı ve bu açığın

finansmanı konusunda çeşitli analizler ortaya konulmuştur. İkinci bölümde Dünya ve Türkiye enerji görünümü ortaya konularak güneş enerjisinde yaşanan maliyet, teknoloji ve kullanımına ilişkin güncel gelişmeler incelenmiştir. Son bölümde ise Türkiye 2017-2030 dönemi Güneş Enerji Santrali (GES) yatırım stratejisini ortaya konulması kapsamında doğrusal optimizasyon modeli kurulmuştur. Bu modelin amaç fonksiyonu cari işlemler açığını maksimum düzeyde azaltılmasını hedefler. Ayrıca modelin bazı kısıt fonksiyonları, dış ekonomik dengenin korunması üzerine oluşturulmuştur. Bu bölümde modeli oluşturacak katsayılar, değişkenler, parametreler ve amaç fonksiyon yapısı gibi dağılık bilgilerin analiz edilerek doğrusal optimizasyon modeli formuna dönüştürülmüştür. Oluşturulan bu model GAMS programına uygun kodlanarak çözülmüştür.

Genel olarak çalışma: cari açık ile güneş enerjisini birlikte kullanarak yatırım stratejisini ortaya koyan doğrusal optimizasyon modelidir. Önerilen modelle Türkiye uygulamasında cari açığın azaltımında güneş enerjisinin önemli bir fırsat olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Enerji kaynaklı cari açık sorunu yaşayan ülkeler için referans olacak bir doğrusal optimizasyon modeli ortaya konulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÖDEMELER BİLANÇOSU VE TÜRKİYE ENERJİ KAYNAKLI CARİ AÇIĞI

Ödemeler bilançosu; bir ülkenin belirli bir dönemde dış alemle yaptığı ticari ve ekonomik faaliyetleri, belirli standartlara uyarak, hesap gruplarında sınıflandırıp kayıt altına almayı amaçlayan hesap planıdır.

Ülkelerin finansal güçlerinin gelişim seviyesi cari işlemler açığı üzerinden belirlenmektedir. Cari işlemler, temelde tasarruf (harcamalar) ve yatırımları etkileyen makro, mikro ve kurumsal temeldeki gelişmeler neticesinde belirlenmektedir (Özmen, 2004:3). Bir ekonomide, belli bir dönemde, toplam tasarruflar ile toplam yatırımlar arasındaki fark, pozitif olarak fazla veriyorsa cari işlemler fazlası, bu fark negatif ise cari işlemler açığı olarak tanımlanmaktadır (TCMB, 2015:6).

Ülkenin cari işlemler hesabında sağladığı gelir kayıtları, cari işlemlere yapılan gider kayıtlarından daha yüksekse cari fazla, daha düşükse cari açık olarak nitelendirilmektedir. Bir başka ifade ile mal ve hizmet ticareti ile net transferlerden elde edilen gelirlerin bu hesaptaki ödemeleri karşılayamaması durumunda, ülke cari açıkla karşı karşıya kalmış demektir (Peker ve Hatunoğlu, 2009:222).

Bir ülkenin, diğer ülkeler ile ekonomik ilişkileri ödemeler dengesi adlandırılan bilançodan takip edilmektedir. Söz konusu bilanço, ülkenin mal, hizmet satışları ve sermaye akımları gibi finansal işlemler aracılığıyla sağladığı gelir ile dış ülkelere yapılan ödemeler arasındaki giderleri kayıt altına alarak izlenmesi, analizi ve yorumlanmasında kullanılır (Şahin, 2011:48).

Ülkemiz cari açık, oluşma nedenlerine ilişkin literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda, genel olarak cari açığın, ithalat ve ihracat arasındaki farktan kaynaklandığı, bu farkı oluşturan temel kalemin enerji ithalatı olduğu tespiti yapılmıştır.

Ayrıca, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) verilerine göre 2015 yılında, 32,2 milyar dolarlık cari açık oluşurken, aynı yılda enerji ithalatı için ödenen bedel 37,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu kapsamda Türkiye, 2015 yılında enerji ihtiyacının yaklaşık %75'lik kısmını dışa bağımlı olarak ithal etmiştir (EİGM, 2016). Bu verilerde göstermektedir ki, yoğun olarak petrol, doğal gaz ve ithal kömüre bağlı enerji kullanımı, enerji ithalatının artmasına sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle, enerji ithalatı, cari açığın oluşumunda en önemli etkidir.

Bu cari açığı azaltmak için, yerli enerji kaynaklarına yatırım yapılması durumunda, bu yatırımların ödemeler bilançosu üzerinden dış ekonomik dengelere etkileri incelenmesi gerekmektedir. Yani yerli kaynaklı enerji yatırımlarının gelecek ekonomik etkileri; yurt içi veya yabancı sermaye, fiziki yatırımların ithal kısmı için döviz, yabancı sermaye için kar transferi, döviz bazlı kredi için faiz gibi ödemeler bilançosunda yer alacaktır. Bu etkilerin dış ekonomik dengeyi bozmayacak şekilde planlanması gerekmektedir.

Bu bölümde özellikle cari açık/fazla oluşumu ve finansı konusunda TCMB tarafından muhasebeleştirilen Ödemeler Dengesi Bilançosuna ilişkin ayrıntılı bilgi verilmiştir. Daha sonra bu veriler ışığında ülkemiz enerji kaynaklı cari açığı konusunda değerlendirmeler yapılmıştır.

I.1. Ödemeler Bilançosu Ana Hesap Grupları

Ülkelerin birbirleriyle yaptıkları ticaret karşılığı oluşan finansal işlemler, sistematik bir şekilde ödemeler bilançosuna kaydedilmekte ve faaliyetlere göre sınıflandırılan hesaplar içinde izlenmektedir. Ödemeler bilançosuna kaydedilen her finansal işlem dış ülkelere karşı alacak hakkı ya da borç doğurmaktadır. Ödemeler dengesi, muhasebe denkliği sağlamak üzere kullanılan net hata ve noksan hesabı (istatistiki farklar hesabı) ile

birlikte 4 ana hesap grubundan meydana gelmektedir. Bu hesaplar Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Ödemeler Bilançosu Ana Hesap Kalemleri

I. CARİ İŞLEMLER HESABI
A. DIŞ TİCARET DENGESİ
1. Genel Mal Ticareti
İhracat Fob
İthalat Fob
2. Parasal Olmayan Altın
3. Limanlarda Sağlanan Mallar
B. HİZMETLER DENGESİ
Hizmet Gelirleri
Hizmet Giderleri
C. GELİR DENGESİ
Diğer Gelirler
Diğer Giderler
D. CARİ TRANSFERLER
Cari transferler
II. SERMAYE HESABI
III. FİNANS HESABI
1.Yabancı Sermaye Yatırımı
Net Varlık Edinimi
Net Yükümlülük Oluşumu
2.Portföy Yatırımı
Net Varlık Edinimi
Net Yükümlülük Oluşumu
3.Diğer Yatırımlar
Net Varlık Edinimi
Net Yükümlülük Oluşumu
4.Rezerv Varlıkları
IV.NET HATA VE NOKSAN

Kaynak: TCMB Ödemeler Bilançosundan derlenmiştir.

I.1.1. Cari İşlemler Hesabı

Ödemeler bilançosunun temel kalemi olarak nitelendirebileceğimiz cari işlemler hesabında öncelikle ülkenin dış ülkeler ile gerçekleştirdiği mal ve hizmet işlemleri yer alır. Cari işlemler hesabı, cari yılda üretilen mal ve hizmet ticaretini kapsadığı için ülkenin milli

gelir hesaplarıyla da doğrudan ilgilidir. Ülkede üretilip yabancılara satılan mallar, ülkenin ulusal hasılasının (GSYİH) bir parçası durumundadır. Bu açıdan cari işlemler hesabındaki bir açık veya fazla, ülkenin milli gelir ve diğer makro ekonomik değişkenleriyle büyük ölçüde bağlantılıdır (Seyidoğlu, 2013:337,338).

Cari işlemler hesabı, dış ticaret dengesi, hizmetler dengesi, gelir dengesi ve cari transferler olmak üzere dört alt dengeden meydana gelmektedir. Bu denge hesaplarını oluşturan ana hesabın negatifin mutlak değeri büyüklüğü ölçüsüne bağlı ülkenin döviz ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Bu negatifliğin mutlak değeri büyüklüğü aynı zamanda ülke ekonomisi için risk oluşturmaktadır. Bu hesabın cari dönemde negatif çıkması ekonominin cari açık verdiğini göstermektedir.

Bu cari açık, yeterli rezerv olması durumunda, ülke rezervlerinden karşılanabilir. Yetersiz olması durumunda ise, cari açığın finansmanı için dış kaynak ihtiyacı oluşacaktır. Bu dış kaynağın ülke ekonomisine girişi için, ya faiz ödenecek, yada daha fazla kar güdüsü olan yatırımcıların ülkeye sermaye girişi sağlayarak yatırım yapması ile mümkün olacaktır ki bu da uzun dönemde kar transferine sebep olacaktır. Sonuçta bu açığın finansmanı için, bedelini ödemek koşulu ile, bir başka ülkenin kaynağına ihtiyaç duyulacaktır.

I.1.1.1. Dış Ticaret Dengesi (Mal Ticareti)

Ülkelerin uluslararası ekonomik işlemleri içinde büyük yekün tutan dış ticaret dengesi; genel mal ticareti, parasal olmayan altın ve limanlarda sağlanan mallar olmak üzere üç alt hesaptan oluşmaktadır (Ekşi, 2010:9).

Genel mal ticareti: bir ülkenin ihracat (FOB) ve ithalatın (CIF) bedellerinden oluşmaktadır. Ülkeye en büyük döviz girişi sağlayan mal ihracatı dış ticaret hesabının aktif

kısmına, ülkeden döviz çıkışı sağlayan bir işlem olan ithalat ise dış ticaret hesabının pasif kısmına kaydedilir.

Halk arasında “bavul ticareti” olarak bilinen ve gümrüklerde kayda alınmayan mal ihraçları da mal ticareti içinde yer almaktadır (Ekşi, 2010:9).

Dış Ticaret Dengesi’ni oluşturan kalemlerin temel veri kaynağı TÜİK’tir. TÜİK tarafından oluşturulan ihracat ve ithalat verileri dış ticaret yekünlerini oluşturmaktadır (TCMBa, 2017: 13). TÜİK ithalat verileri, standart uluslararası ticaret sınıflamasına göre alt kalemler bazında kayıt edilmektedir. TÜİK toplam ithalat bedeli, ödemeler bilançosunun mal ticaret dengesinde dönemler bazında alınarak kayıt edilmektedir. TÜİK’in bu ithalat veri sınıflandırmasınının 3 numaralı alt ana kaleminde yer alan “Mineral Yakıtlar, Yağlar ve Alkali Ürünler” kaleminden enerji ithalatı izlenebilmektedir (TÜİKa, 2017).

Parasal Olmayan Altın (Ticari Altın): Altından yapılmış tüketim eşyalarını kapsamaktadır. Örneğin, altın takılar (bilezik, yüzük, kolye), gözlük çerçevesi gibi altından yapılmış ve kuyumcularda satılan malların ithalatı ve ihracatı bu hesapta izlenir (KTU, 2017). İhracat verileri FOB, ithalat verileri ise CIF olarak, parasal olmayan altın ticaretini de içermek üzere TÜİK tarafından oluşturulmaktadır. İhracat ve ithalat verileri içerisindeki parasal olmayan altın verileri, FOB ve CIF bedelleri uyarlanarak, “Parasal Olmayan Altın” kalemine aktarılarak kayıt yapılmaktadır (TCMBa,2017: 14).

Limanlarda Sağlanan Mallar: Limanlarda (havaalanı, deniz limanı vb.) sağlanan yakıt ve kumanyanın ihracat ve ithalatını içeren bu kalem FOB ve CIF bedelleri uyarlanarak “Limanlarda Sağlanan Mallar” kalemi altında izlenmektedir (TCMBa,2017:14).

I.1.1.2. Hizmetler Dengesi

Görünmez ticaret veya uluslararası hizmetler olarak da belirtilen hizmetler dengesi, ülkenin dış ülkelere hizmet alımı ve dış ülkelere hizmet satımını gösterir. Bazı işlemlerin kayıt sınıflandırılması, taşımacılık, haberleşme hizmetleri, dış turizm, patent ve lisans komisyonları, kültürel ve eğitsel hizmetler, inşaat hizmetleri, finansal, diğer ticari hizmetler, resmi hizmetler (yurt dışında görevli memurlara her türlü ödemeler) ve diğer hizmetlerden oluşmaktadır (Çelik, 2008:552).

I.1.1.3. Gelir Dengesi (Uluslararası Faktör Gelir ve Giderleri)

Gelir dengesi hesabında: çalışanların ücretleri, DYY, portföy yatırımları ve diğer yatırımlardan elde edilen gelir ve giderleri izlenmektedir. Bir ülkedeki yatırımcıların, sahip oldukları yabancı varlıklar karşılığında dış alemden bir kar (temettü) ve faiz geliri elde ederken buna karşılık, diğer dış alemden yatırımcılar sahip oldukları ülke tahvil ve hisse senetleri gibi ülke varlıklarından bir kar (temettü) ve faiz geliri elde etmektedir. Tüm bu gelir ve giderlerin kayıtları gelir dengesini vermektedir. Ayrıca bu hesapta yurt dışında çalışan işçi ücretleri için yapılan ödemelerde yer almaktadır (Seyidoğlu, 2013:336). Bu hesap aslında finans hesabından gerçekleşen, DYY, portföy yatırımları ve kredi gibi sermaye hareketlerinin sonraki cari dönemlerdeki yansımalarını göstermektedir.

I.1.1.4. Cari Transferler

Bu hesap, ekonomik ilişki halindeki taraflardan birinin karşılıksız (hibe, bağış) olarak sağlanan mal hizmet ve para transferlerinin izlendiği hesaptır. Uluslararası kurumlara ödenen aidatlar, bir yıldan fazla süreyle yurt dışında çalışan işçilerin ülkelerine gönderdikleri havaleler ve yurt dışından göç ederek gelenlerin beraberinde getirdiği dövizler cari

transferdir (Mutlu, 2006:30). Dış alemden gelen para, mal ya da hizmet girişi, karşılığında herhangi bir ödeme yapılmıyorsa, bu girişler cari transferler olarak adlandırılır.

I.1.2. Sermaye Hesabı

Bazı yazarlar tarafından sermaye ve finans hesabı birlikte değerlendirilmektedir. TCMB'ye göre ise, Tablo 1'de görüldüğü gibi sermaye hesabı ve finans ayrı ayrı bir alt kalemi olarak yer almaktadır. Üretilmeyen ve finansal olmayan varlıkların edinimi ve elden çıkarılmasının izlendiği hesaptır. Örnekler ile açıklanırsa, kara parçası, bayilikler, ticari marka ve lisans ve benzeri transfer edilebilir sözleşmeler gibi maddi olmayan varlıkların edinimi veya elden çıkarılması işlemlerini kapsar.

Diğer bir hesap ise; borç affı ve diğer sermaye transferleri gibi kalemlerin izlendiği hesaptır (TCMBa,2017: 9).

I.1.3. Finans Hesabı

Bilançonun başka bir önemli hesabıda finansal akımlar sonucu oluşan varlık ve yükümlülük hareketlerinin kayıt hesabıdır. Uluslararası sermaye hareketleri, sonucu, bir ülkenin dış finansal varlıkları ve yükümlülüklerindeki değişimleri bu hesapta kayıt edilip izlenmektedir. Bu kayıtlar: Doğrudan Yatırımlar, Portföy Yatırımları, Finansal Türevler, Diğer Yatırımlar, Rezerv Varlıkları olarak sınıflandırılmaktadır. (TCMBa,2017:9). Finans hesabı, ödemeler bilançosunun, sermaye hareketlerinin (sermaye ithalatı veya ihracatı) izlendiği bölümüdür.

Ödemeler bilançosu, Cari İşlemler Hesabı ile Finans Hesabı olmak üzere iki temel hesabın dengesinde çalışmaktadır. Cari işlemler; mal, hizmet, gelir ve cari transferler gibi reel kaynaklarda meydana gelen değişimlerin kayıtları izlenirken, Finans Hesabı ise

sermaye akımları sonucu varlık edinimleri ve yükümlülüklerinde meydana gelen değişimleri izlemektedir. (Mutlu, 2006:38). Ekonomide cari açık oluşuyorsa, bunu cari açığı kapatmanın önemli bir yolu dış kaynaklı sermaye girişini sağlamaktır. Bu sermaye girişi sağlayan fon ise cari fazla veren bir ülkede biriktirilmiş bir fon olması kuvvetle muhtemeldir. Yani bu denge, bize uluslararası mal ve hizmet ticareti ile sermaye birikimi sonucu oluşan fon akımlarının madalyonun iki yüzü olduğunu göstermektedir.

Finans hesabının borçlu bakiye vermesi; belirli bir dönem içerisinde ülkenin dış dünyaya sermaye çıkışının, dış dünyadan gelen sermaye girişinden büyük olduğu, aynı hesabın alacaklı bakiye vermesi ise; dış dünyaya gönderdiği sermayeden daha fazla yabancı sermayeyi akışını ülkeye çekebildiğini göstermektedir. Cari işlemler hesabında kayıt; yurt dışından ülkeye sermaye girişi (+) alacaklı ve tersi olarak sermaye akışı ise borçlu (-) işlemler şeklinde yapılmaktadır. (Seyidoğlu, 2013:338-340). Finans hesabına kayıt edilen sermaye akımlarının gelecek döneme ilişkin faiz, kar payı, kar transferi gibi yansımaları sermaye hesabında değil cari işlemler hesabında gösterilmektedir.

I.1.3.1. Doğrudan Yatırımlar

TCMB'nin Ödemeler Dengesi İstatiklerine ilişkin yöntemsel açıklamaya göre DYY'nin tanımı; Yerleştiği olduğu ülke dışındaki bir başka ülkeye yaptığı uzun vadeli yatırımı (sermaye hareketini) gösterir. Burada yatırımcının, kuruluşun sermayesinde %10 veya daha fazla paya sahip olması, yani yatırım yaptığı firma yönetiminde söz hakkı olması ana kriterdir. Yatırımcıların, kar güdüsüyle ülkeler arasında yaptığı reel sermaye yatırımları, DYY olarak tanımlanmaktadır (TCMBa, 2017:10-11).

DYY'ler, yatırım yapılan ülke ve yabancı sermayenin geldiği ülke sınıflandırılması yapılarak, sermayenin yönü belirlenmektedir. Ayrıca finansın akış şekli ise,

sermaye, karın sermayeye katılımı ve diğer sermaye olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Sermaye; DYY tarafından, bulunduğu ülke dışındaki ülkelere sıfırdan bir şirket kurulması veya mevcut şirketlere iştirak (%10 ve üzeri pay) edilmesi için getirdiği sermayeyi, karın sermayeye katılımı; DYY tarafından yatırım sonrası elde edilen karların dağıtılmaksızın sermayeye ilave edilmesini, diğer sermaye ise; DYY ile yatırım yapılan firma arasındaki borçlanmadan meydana gelen yatırımları ifade etmektedir (Çelik, 2008: 561).

I.1.3.2. Portföy Yatırımları

Portföy yatırımları, uluslararası sermayenin bulunduğu ülke dışındaki menkul değerlere yaptığı yatırımlar olarak tanımlanmaktadır. Portföy yatırımları, genellikle hisse senetleri ile kamu ya da özel kuruluşlarca ihraç edilen bono ve tahvil şeklindeki borç senetlerini ve diğer para piyasası araçlarını kapsamaktadır (Ekşi, 2010: 16).

Portföy yatırımları ile DYY arasında bazı temel farklılıklar vardır: En temel fark, yatırım yapılan (hissesi alınan) firmanın yönetim ve kontrolüne ilişkindir. Yatırım hisse oranının %10'nundan fazla olması yatırımcı şirketin yönetimi ve kontrolünde etkili olmaktadır. Portföy yatırımlarında ise yatırımcının firmada yönetim hakkı veya kontrolü söz konusu değildir. Yerleşik firma uluslararası piyasalardan sermaye sağlamış olmakta, portföy yatırımcısı ise temettü ve hisse değer artışından kazanç sağlamaktadır. Diğer bir fark ise, DYY'lerde yatırım sermayesinin ilave olarak üretim teknolojisi ve yönetim tarzını da beraberinde getirmektedir. Portföy yatırımlarında ise, sadece sermaye katkısı bulunmaktadır.

Portföy yatırımları, Net Varlık Edinimi ve Net Yükümlülük Oluşumu hesabı altında; hisse senetleri ve yatırım fonu payları ile borç senetleri olmak üzere kayıt altına alınıp izlenmektedir (TCMBa,2017:11).

I.1.3.3. Diğer Yatırımlar

Diğer yatırımlar hesabı, DYY, portföy yatırımları ve rezerv hesapları dışında kalan sermaye hareketlerinin izlendiği kalemdir. Bu hesap, varlık ve yükümlülük ayırımında sektör ve tür bazlı sınıflandırma ile kayıt yapılmaktadır (Ekşi, 2010: 17). Bu hesaplar;

- **Efektif ve mevduatlar:** Yurtdışı yerleşiklerin, yurt içi hesapları ile yurt içi yerleşiklerin yurt dışı hesaplarındaki değişimler bu kalemdedir.
- **Krediler:** Yurt içi yerleşiklerin yurt dışı kuruluşlardan sağladığı krediler ile yurt içi yerleşiklerin yurt dışına sağladığı krediler bu hesap kaleminde izlenir.
- **Sigorta, emeklilik ve standardize garanti şemaları,**
- **Ticari krediler ve avanslar:** İhracat ve ithalat için açılan krediler,
- **Diğer alacak ve borçlar,**
- **Özel Çekme Hakları:** IMF tarafından üye ülkelere kotaları kapsamında tahsis edilen uluslararası rezervler, (TCMBa,2017:11-12)

I.1.4. Rezerv Varlıkları

Rezervler, bir ekonominin dış ticaret üzerine doğrudan ve etkili kontrol seviyesinin belirleyicisidir. Rezevler, dış kaynaklı borçlanmada teminat ve finans sağlayıcılara güven vererek daha uygun faizle borçlanma sağlamaktadır. Rezervler, döviz piyasasının dengelenmesi, ülkenin kredibilitesi ve sermaye akışı açısından önemlidir. Çünkü muhtemel bir küresel/bölgesel bir kriz etkisiyle sermaye çıkışlarının, cari açığın finansmanı ve dış borç ödemeleri konusunda meydana gelecek riskleri Rezerv varlıkları ile sınırlandırılabilir (Eşiyok,2010:18). Bu hesap, cari işlem hesabı ile finansman hesabı arasındaki farkların geçmiş dönem birikintilerinden oluşmaktadır. Bu hesap merkez bankasının rezerv varlıklarındaki değişmeyi gösterip, ödemeler bilançosunun cari dönemlerdeki denkleştirilmesini sağlar. Dış alemle gerçekleştirilen her türlü ticari ve finansal faaliyetler sonucu meydana gelen döviz çıkışı ile döviz girişi eşit ise rezerv varlıkları

değişmeyecektir. Bu döviz akışında çıkış lehine fazlalık varsa rezerv varlıkları azalacak, giriş lehine fazlalık varsa rezerv varlıkları artacaktır.

Parasal Altın Rezervleri: Merkezi otoritenin elinde bulundurduğu parasal altın rezervlerinden oluşur.

Özel Çekme Hakları (SDR): IMF tarafından oluşturularan, üye ülkelerin kotaları kapsamında üye ülkelere rezerv oluşturmak amacıyla ayrılan bir uluslararası rezerv türüdür.

Uluslararası Para Fonu (IMF) Nezdindeki Rezerv Opsiyonu: IMF'deki rezerv pozisyonları, üye ülkelerin kredi dilimlerinden satın alımlarının toplamı olup, ülkeye her an ödenebilen tutarlardır.

Diğer Rezerv Varlıkları: Yukarıda sınıflanan kalemler dışında kalan diğer rezerv varlıklarıdır. Örneğin, finansal kuruluşların bulundurduğu rezerv varlıklarının, merkez bankasının kontrolüne girmesi işlemi bu kaleme kayıt edilir(TCMBa,2017:12).

I.1.5. Net Hata ve Noksan Hesabı (NHN)

Ödemeler dengesi bilançosu, her işlemi alacak ve borç olarak kaydedildiği bir muhasebe sistemi prensibi ile çalışmaktadır. Ödemeler dengesine konu her işlem, sınıflar itibarıyla ilgili hesaba kaydedilirken, bu kayıt işleminin karşı kaydının da bir başka hesapta yer alması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, her bir işlem, alacak ve borç kayıtlarıyla denk olarak kaydedilmesi, böylece Cari İşlemler Hesabı'nın her zaman Sermaye ve Finans Hesapları kalemine mutlak değer olarak denk olması gerekmektedir (TCMBa,2017:12). Net hata ve noksan kalemi cari işlemler hesabı ile finans ve sermaye hesabının net bakiyelerini birbirine eşitleyen dengeleyici bir hesaptır. Bu hesabın oluşma nedenlerinden biri de, verilerin değişik kaynaklardan elde edilmesi, değerlendirme-ölçme ve kayıt zamanı

farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Sonuç itibarıyla oluşan bu farklar NHN hesabına “kalıntı” olarak kayıt edilmektedir (Alagöz ve Erdoğan, 2011:70-72). Bu hesabın oluşmasında diğer bir sebep olarak ise, ödemeler dengesindeki finansal faaliyetler kapsamında kayıtlı olması gereken gelirlerin sistem dışına çıkarılması veya sistem dışına çıkmış gelirlerin finansman ihtiyacı nedeniyle kayıt altına girmesidir (TCMBa,2017:13). Eğer cari işlemler hesabı ve finans hesabı denkleğini sağlarken rezerv varlıklarındaki değişim bu denkleği sağlayamıyorsa buradaki fark NHN hesabı kaydına yazılır.

I.2. Türkiye Ödemeler Bilançosu Gelişimi

Ülkelerin temel ekonomik parameterelerinin analizinde önemli bir veri kaynağı olan ödemeler bilançosu küreselleşme ve dünya ticaretinin gelişmesi ile önemi giderek artmaktadır. Ödemeler bilançosundaki verilerdeki denge yada dengesizlik, o ülkenin uluslararası ticarete ekonomik gücünün seviyesini göstermektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de ödemeler bilanço verileri sürekli izlenmesi ve bu veriler ekonominin sorunların tespitinde önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir.

Veriler incelenirken 2006-2016 dönemi baz alınmıştır. Çünkü 2006-2016 dönemi cari açık genel trendi incelendiğinde, yıllık ortalama %5 civarında cari açık oluşurken, 2001 ve 2002 yıllarında Türkiye ödemeler bilançosu cari fazla vermiştir. Bu da genel değerlendirmeler için verilerin tutarlılığını azaltmaktadır. Ayrıca, söz konusu dönemde, sisyasi istikrarın varlığı, 2003 sonrası ekonomik reformların sonuçlarının görülmeye başlanması ve aynı ekonomik politikaların sürdürüldüğü dönem olması hususları da göz önüne alınmıştır. Bu nedenle 2006-2016 dönemi, ödemeler bilançosu verilerinin analize konu edildiği dönem olarak alınmıştır.

I.2.1. Türkiye Ödemeler Bilançosu Cari İşlemler Hesabı Gelişimi

Türkiye cari işlem hesabına ilişkin negatif toplamlar ve toplamların negatif oluşumundaki 2006-2016 dönemi verileri Tablo 2’de yer almaktadır. Tablo 2’den de görüldüğü üzere cari işlemler hesabının oluşumunda 2006-2016 döneminde hizmet gelirleri altındaki turizm gelirleri hesaba pozitif etki sağlamaktadır.

Tablo 2: 2006-2016 Türkiye Cari İşlemler Hesabı Özeti

Cari İşlemler Hesabı (Milyon Dolar)	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CARİ İŞLEMLER HESABI	-31.168	-36.949	-39.425	-11.358	-44.616	-74.402
Negatifler Toplamı (A+C)	-46.879	-53.109	-60.519	-32.419	-62.840	-96.409
A. DIŞ TİCARET DENGESİ	-40.894	-46.831	-52.917	-24.762	-56.325	-89.160
Toplam Mal İhracatı	93.778	115.379	140.906	109.732	120.992	142.392
Toplam Mal İthalatı	134.672	162.210	193.823	134.494	177.317	231.552
B. HİZMETLER DENGESİ	13.897	14.089	18.908	18.728	16.749	20.288
C. BİRİNCİL GELİR DENGESİ	-5.985	-6.278	-7.602	-7.657	-6.515	-7.249
Net Doğrudan Yatırım	-6.583	-7.041	-8.302	-8.205	-7.089	-7.696
Net Portföy Yatırımları	-1.053	-2.105	-2.630	-2.751	-2.190	-2.717
Net Diğer Yatırımlar (Faiz)	-662	383	972	267	-491	-899
D.CARİ TRANSFERLER	-4.868	-5.319	-6.644	-5.721	-4.408	-4.080
Cari İşlemler Hesabı (Milyon Dolar)	2012	2013	2014	2015	2016	Ortalama Oran
CARİ İŞLEMLER HESABI	-47.962	-63.621	-43.597	-32.118	-32.615	
Negatifler Toplamı (A+C)	-71.956	-88.507	-71.772	-57.756	-49.840	88%
A. DIŞ TİCARET DENGESİ	-65.367	-79.917	-63.597	-48.114	-40.842	
Toplam Mal İhracatı	161.948	161.789	168.926	151.970	150.176	
Toplam Mal İthalatı	227.315	241.706	232.523	200.084	191.018	
B. HİZMETLER DENGESİ	22.588	23.680	26.768	24.208	15.432	
C. BİRİNCİL GELİR DENGESİ	-6.589	-8.590	-8.175	-9.642	-8.998	12%
Net Doğrudan Yatırım	-2.561	-3.408	-2.035	-3.318	-2.718	4 %
Net Portföy Yatırımları	-628	-1.311	-2.007	-2.479	-2.082	1,3%
Net Diğer Yatırımlar (Faiz)	-3.764	-3.989	-3.965	-3.438	-3.498	7,2%
D.CARİ TRANSFERLER	1.406	1.206	1.407	1.430	1.793	

Kaynak: Tablo verileri TCMB ödemeler dengesinin bilançosundan derlenmiştir.

Özellikle dış ticaret dengesi kalemine bakıldığında, 11 yıllık süreçte negatif kalemlerin %88’i gibi büyük bir oranını oluşturmaktadır. Cari işlemler hesabının diğer bir negatif kalemini oluşturan birinci gelir dengesi olarak adlandırılan kalemler; DYY kar

transferi (%4), portföy yatırımları kar transferi (%1,3) ve faiz giderleri (%7,2) yer almaktadır. Bu kalemler toplamda aynı dönemde ortalama %12'lik bir negatif etkiye sahiptir.

I.2.2. Türkiye Ödemeler Bilançosu Finans Hesabı Gelişimi

Cari açığın oluşması sebebi ile bu cari açığı finanse eden hesapların önemi de ortaya çıkmaktadır. Tablo-2'de dikkat edilmesi gereken bir husus ise cari açığın finansmanı için geçmişten gelen portföy ve DYY kar transferi ile kullanılan krediler için ödenen faizin yıllık olarak cari açık oluşumunda %12'lik bir etkiye sahip olmasıdır. Geçmiş yıllarda bu cari açığın finans yapısına ilişkin veriler tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: 2006-2016 Türkiye Finans Hesabı Özeti

Finans Hesabı (Mil.\$)	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Finans Hesabı Toplam	-32.064	-37.272	-37.520	-9.087	-45.131	-66.132
Sermaye Net Girişleri	-38.178	-45.304	-36.462	-9.199	-57.940	-64.319
Doğrudan Yatırımlar	-19.261	-19.941	-17.302	-7.032	-7.617	-13.812
Portföy Yatırımları	-7.415	-833	5.014	-227	-16.083	-22.204
Diğer Yatırımlar	-11.502	-24.530	-24.174	-1.940	-34.240	-28.303
Finans Hesabı (Mil.\$)	2012	2013	2014	2015	2016	Ort. Oran
Finans Hesabı Toplam	-48.947	-62.140	-41.627	-21.941	-21.708	
Sermaye Net Girişleri	-69.761	-72.051	-41.159	-10.110	-22.521	100 %
Doğrudan Yatırımlar	-9.522	-9.269	-5.781	-12.455	-9.147	28%
Portföy Yatırımları	-41.012	-23.988	-20.114	15.719	-6.292	25%
Diğer Yatırımlar	-19.227	-38.794	-15.264	-13.374	-7.082	47%

Kaynak: Tablo verileri TCMB Ödemeler Dengesinden derlenmiştir.

Söz konusu sermaye finans işlemler hesabı cari işlemler hesabını finanse eden işlemlerin izlendiği kalemdir. Söz konusu dönemde, DYY (%28), portföy yatırımları (%25) ve diğer yatırımlar (%47) kalemleri tarafından sermaye girişi sağlanarak cari açık finanse edilmiştir. Özellikle diğer yatırım hesabı, cari açığın finansmanında meblağ olarak en önemli

kalem olarak gözükmektedir. Bu hesabın alt kalemi olan krediler aynı dönemde incelenirse, diğer yatırımlar hesabının yaklaşık %90'lık kısmının kredilerden oluştuğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak özellikle ülkemizdeki alt yapı yatırımlarının Yap İşlet Devret Modeli (YİD) (3. Havalimanı, Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Avrasya Tüneli, Ankara Tren Garı, Osmangazi Köprüsü, gibi çeşitli alt yapı yatırımları) projeleri için dış kaynaklardan kredi kullanımından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

I.2.3. Türkiye Ödemeler Bilançosu Verilerine İlişkin Değerlendirmeler

Ülkemizde, son 11 yılda ödemeler bilançosunun ana kalemlerin toplamlarına ilişkin, rezerv varlıkları 58,75 milyar dolar artmıştır. Bu artışın 34,6 milyar doları net hata noksan (istatiksel hesaplama ve kaynağı belirsiz para girişi/çıkışı) hesabından kaynaklanmaktadır. Geri kalan 24 milyar dolar ise DYY, portföy ve diğer yatırımların cari açığı finanse ettikten sonra kalan kısımlardan oluşmaktadır.

Tablo 4: 2006-2016 Türkiye Ödemeler Bilançosu Özeti

Ödemeler Dengesi (Milyar \$)	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CARİ İŞLEMLER HESABI	-31168	-36949	-39425	-11358	-44616	-74402
SERMAYE HESABI		-8	-61	-43	-51	-25
FİNANS HESABI	-32064	-37272	-37520	-9087	-45131	-66132
NET HATA NOKSAN	-896	-315	1966	2314	-464	8295
REZERV VARLIKLARI	10625	12015	-2759	792	14968	1014
Ödemeler Dengesi (Milyar \$)	2012	2013	2014	2015	2016	Toplam
CARİ İŞLEMLER HESABI	-47.962	-63.621	-43.597	-32.118	-32.615	-457.831
SERMAYE HESABI	-58	-96	-70	-21	23	-410
FİNANS HESABI	-48.947	-62.140	-41.627	-21.941	-21.708	-423.569
NET HATA NOKSAN	-927	1.577	2.040	10.198	10.884	34.672
REZERV VARLIKLARI	22.821	10.763	-468	-11.831	813	58.753

Kaynak: Tablo verileri TCMB Ödemeler Dengesinden derlenmiştir.

Bu cari dengenin korunabilmesi için, ya cari işlemler hesabının cari fazla vermesi, ya da finansman hesabının gelecek yıllarda da cari açığı sürdürebilecek sermaye

girişlerinin olması gerekir. Ancak uzun dönemde, finans hesabındaki kaynak girişi, cari işlemler kaleminde kar transferi ve faiz giderleri olarak cari işlemler hesabını negatif yönde artırmaktadır. Örnek olarak cari işlemler hesabında 2015 yılında DYY ve Portföy kar transferleri ile faiz ödemeleri için 9 milyar dolar kaynak çıkışı olmuştur (TCMBb, 2017).

Türkiye 2006-2016 döneminde cari açığın oluşmasında genel olarak en önemli kalem dış ticaret dengesinin ithal malların ihracat mallarından yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu cari açığın oluşumunda, 11 yıllık ortalamaya bakıldığında %88'lik kısmını "dış ticaret dengesi" hesabı tarafından oluşturulmaktadır. Cari işlemler hesabının %12'lik kısmı ise DYY ve portföy yatırımlarının kar transferi ile faiz ödemelerinden oluşmaktadır. Burada cari işlemler hesabında birincil gelir dengesi hesabında yer alan DYY ve portföy yatırımlarının kar transferi ile faiz ödemeleri aslında önceki yıllarda cari işlemler hesabını finanse eden kalemler iken, sonraki yıllarda cari işlemler hesabında negatif kalem oluşturan hesaplar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu da cari işlemlerin finansmanında kullanılan dış kaynaklı sermaye akışlarının (Finansman Hesabı); DYY girişlerinin ithalatı azaltan veya ihracatı artıran sektörlerde olması, yada en azından belli dönemdeki döviz getirisi ile kar transferinin dengeli olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Portföy yatırımlarının ise reel sektöre ilişkin hisse senetlerinde ve daha uzun dönemli sermaye girişleri olması gerekmektedir. Son olarak ise yurt dışı kaynaklı kredilerin, uygun faiz oranlı ve döviz birikimi sağlayacak alanlarda yatırımlar için kullanılacak olması, uzun dönemde cari açığı azaltacak stratejiler olabileceği değerlendirilmektedir.

I.3. Türkiye Cari İşlemler Hesabı

2006-2016 yılları arası Türkiye cari işlemler hesabı incelenirse bu hesabın tüm yıllar için açık verdiği tablo 5'te yer almaktadır. Aynı dönemde cari işlemler hesabının 74

milyar dolar ile 31 milyar dolar aralığında yıllık açık verdiği, yıllık ortalama açığın ise 41 milyar dolar olduğu tablo 5’te görülmektedir. Bu cari açığın oluşumunun ana sebebi ise, mal ihracatı ile mal ithalatı hesaplarından oluşan dış ticaret dengesinden kaynaklanmaktadır. Analiz döneminde dış ticaret dengesi, 89 milyar dolar ile 24 milyar dolar aralığında yıllık açık verdiği, yıllık ortalama açığın ise 55 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 5:Türkiye 2006-2016 Cari İşlemler Hesabı Gelişimi

Cari Açık (Milyon Dolar)	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CARI İŞLEMLER HESABI	-31.168	-36.949	-39.425	-11.358	-44.616	-74.402
DIŞ TİCARET DENGESİ	-40.894	-46.831	-52.917	-24.762	-56.325	-89.160
Toplam Mal İhracatı	93.778	115.379	140.906	109.732	120.992	142.392
Toplam Mal İthalatı	134.672	162.210	193.823	134.494	177.317	231.552
HİZMETLER DENGESİ	13.897	14.089	18.908	18.728	16.749	20.288
BİRİNCİL GELİR DENGESİ	-5.985	-6.278	-7.602	-7.657	-6.515	-7.249
İKİNCİL GELİR DENGESİ	1.814	2.071	2.186	2.333	1.475	1.719
Cari Açık (Milyon Dolar)	2012	2013	2014	2015	2016	Ort.Yıllık
CARI İŞLEMLER HESABI	-47.962	-63.621	-43.597	-32.118	-32.615	-41.621
DIŞ TİCARET DENGESİ	-65.367	-79.917	-63.597	-48.114	-40.842	-55.339
Toplam Mal İhracatı	161.948	161.789	168.926	151.970	150.176	137.999
Toplam Mal İthalatı	227.315	241.706	232.523	200.084	191.018	193.338
HİZMETLER DENGESİ	22.588	23.680	26.768	24.208	15.432	19.576
BİRİNCİL GELİR DENGESİ	-6.589	-8.590	-8.175	-9.642	-8.998	-7.571
İKİNCİL GELİR DENGESİ	1.406	1.206	1.407	1.430	1.793	1.713

Kaynak:Tablo verileri TCMB Ödemeler Dengesinden derlenmiştir.

Ülkemizde 2006-2016 yılları arası Cari Açığın GSYH oran ortalaması %5,18’dir (TCMBb, 2017). Bu ortalama oranın da birçok yazar tarafından sürdürülemez cari açık GSYH oranı olarak belirtilmektedir. Önceki bölümlerde bu cari açığın ana sebebinin dış ticaret kaynaklı açık olarak tespit edilmiş ve dış ticaret verilerinin negatif hesabı olan ithalattan kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu bölümde, Türkiye cari açığında yaklaşık %90 seviyelerinde etkili olan ithal ürünlerin önemli bir bölümünün enerji kaynaklı cari açık olduğu konusu bu bölümde ele alınarak çözüm yollarına ilişkin fikirler geliştirilmiştir.

I.3.1. Türkiye Cari İşlemler Hesabı ve Enerji İthalatı

Ödemeler dengesi bilançosu geçmiş dönem verileri baz alındığında, cari açığın oluşmasının ana sebebi olarak, dış ticaret açığı kaynaklı olduğu önceki bölümde tespit edilmiştir. Bu kalemin negatif olarak ortaya çıkmasına sebep olan ithalat kalemi yıllar itibarı ile Tablo 6'da yer almaktadır. Tablo 6 incelenirse 11 yıllık ithalat verilerinin, ortalama yıllık %21'inin enerji ithalatından oluştuğu görülmektedir (TÜİK, 2017).

Tablo 6: 2006-2016 İthalat, Enerji İthalatı ve Cari Açık Verileri

Yıllar	Cari Açık (Milyar USD)	Enerji İthalatı (Milyar USD)	Toplam İthalat (Milyar USD)	Enerji İthalatı/ Toplam İthalat
2006	31,2	28,9	139,6	20,7%
2007	36,9	33,9	170,1	19,9%
2008	39,4	48,5	202,0	24,0%
2009	11,4	29,9	140,9	21,2%
2010	44,6	38,5	185,5	20,8%
2011	74,4	54,1	240,8	22,5%
2012	48,0	60,1	236,5	25,4%
2013	63,6	55,9	251,7	22,2%
2014	43,6	54,9	242,1	22,7%
2015	32,2	37,8	207,2	18,2%
2016	32,6	27,2	198,6	13,68%
Toplam	457,9	469,7	Ortalama	21%

Kaynak: TCMB Ödemeler Dengesi Tabloları İle TÜİK İthalat Tablolarından derlenmiştir.

Ayrıca tablo 6 incelendiğinde 11 yıllık cari açık toplam bedelinden, 11 yıllık enerji ithal toplamından daha büyük bir değere sahiptir. Bu da bize cari açığın azaltımında yerli enerji kaynağı kullanmanın cari açığın azaltımında ana çözüm noktası olarak ortaya çıkmaktadır. Böyle bir değerlendirme yapılsa da uygulamada araçlar için petrol, ısınma ile elektrik üretimi için doğal gaz ve kömüre ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kaynaklar konusunda ülkemizin yeterli kaynağı olmaması sebebi ile bununda ithal edilmesi zarureti gözden kaçırılmaması gereken bir husustur. Yine de bu kapsamda özellikle son yıllarda dünyada elektrik üretiminde yoğun olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla

yararlanılarak, bu enerji kaynaklı ithalatın ne ölçüde azaltılabileceği hususunda inceleme yapılması gerekmektedir.

I.3.2. Türkiye Elektrik Üretim Kaynaklı Enerji İthalatı

Türkiye ithalat verileri incelendiğinde yoğun olarak enerji ithalatı yapıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu hesap fasıllar bazında incelendiğinde aynı dönemde %21'inin enerji ithalatından kaynaklandığı görülmüştür. İthal edilen enerjinin kullanımı sektörel bazda ve hangi amaçla ne kadarlık miktarlarda kullanıldığı da analiz edilirse; Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (EİGM), 2006-2015 yılları arası enerji denge tabloları incelendiğinde, ithal edilen enerjinin maliyet olarak ortalama %30'nun elektrik üretimi için kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 7: 2006-2015 Enerji İthalı ve Elektrik Üretim Kaynaklı İthalat

Yıllar	Toplam Net Enerji İthalatı (Bin TPE)	Enerji İthalatı (M. USD)	Elektrik Üretiminde İthal Kaynak (Bin TPE)	Elektrik Üretim Kaynaklı İthalat (M.USD)	Elektrik Üretim Kaynaklı İthal Oranı
2006	71.379	28,9	17.360	7,225	%25
2007	77.697	33,9	20.145	8,82	%26
2008	75.045	48,5	22.278	14,49	%30
2009	72.256	29,9	21.555	8,97	%30
2010	73.980	38,5	22.253	11,94	%31
2011	81.856	54,1	24.968	16,77	%31
2012	88.637	60,1	26.971	18,63	%31
2013	87.965	55,9	27.092	17,33	%31
2014	94.544	54,9	32.144	18,70	%34
2015	104.755	37,8	26.962	9,83	%26
Ortalama					%30

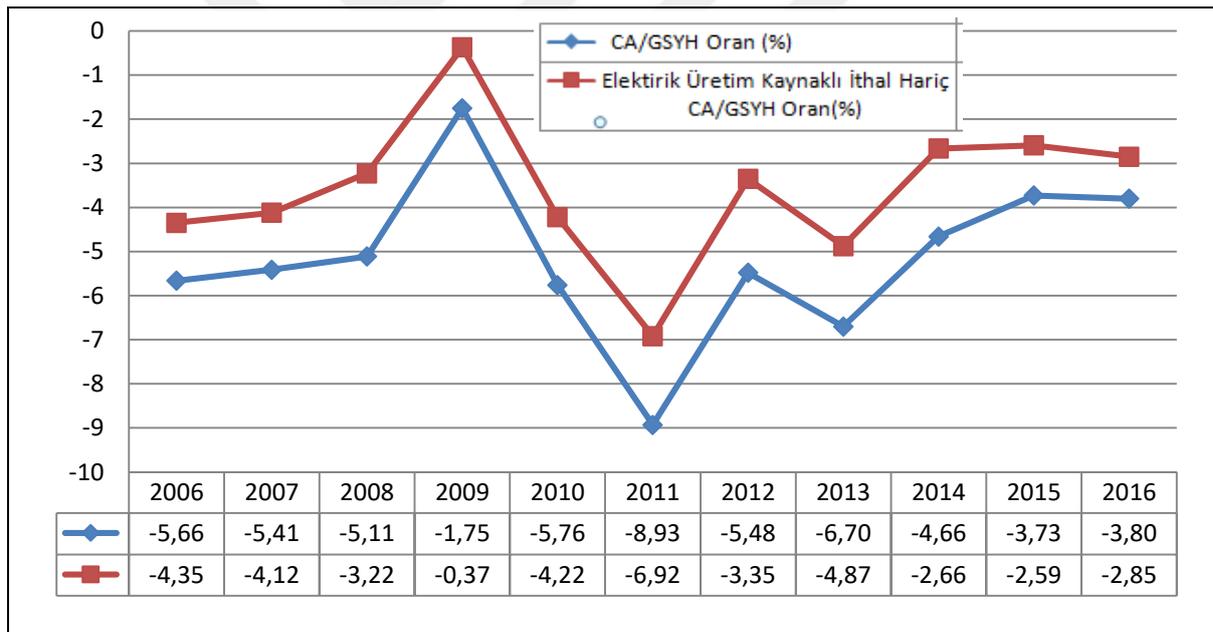
Kaynak: EİGM Enerji Denge Tabloları ile TÜİK verilerinden derlenmiştir.

Geriyeye kalan %70'lik kısım ise; konutların ısınması, araçların yakıtları ve sanayi gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır (EİGM, 2016). Bu ithal edilen %70'lik enerji için yerli kaynaklar kapsamında alternatif oluşturmak ve uygulamaya geçirmek oldukça zordur. Çünkü bu %70'lik kısım için ulaşım, sanayi ve ısınma gibi farklı alanlarda kullanıldığı için ayrı ayrı alternative çözümler üzerine çalışılması gerekmektedir. Yine de bu enerjinin %70'lik kısmı için kullanım yerlerine göre farklı çözüm yolları mevcuttur. Isı kaynaklı enerji ithalatının azaltımı için; Türkiye'de kaya gazı üretimini artıracak çalışmalar yapılmalıdır. Böylece ABD'de kaya gazı üretimi ile doğal gaz ithalatının düşürüldüğü gibi, Türkiye'de de kaya gazı üretim miktarına bağlı olarak doğal gaz ithalatı azaltılabilir. Ülkemizde kayagazı potansiyeli yaklaşık 708 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir (EIA,2015). Türkiye'de 2015 yılında yaklaşık toplam 50 milyar m³ doğal gaz tüketimi yapılmış, bu tüketiminin sadece %0,4'ü yerli kaynaklardan karşılanabilmiştir (TP,2016: 27). Türkiye 2015 toplam doğal gaz tüketiminin, 11 milyar m³ konutlarda ısınma amaçlı kullanılmıştır (EİGM, 2016). Sadece ısınma amaçlı enerjiyi kaya gazı ile karşılanırsa yaklaşık, 70 yıla yakın bir süre için, ısınma amaçlı doğal gaz ithalatı sıfırlanabilir. Bir başka çözüm yolu ise; evlerde ısınma kapsamında Türkiye potansiyeli olan, 31.500 MW'lık jeotermal enerjiden (elektrik üretimi için uygun olamayan) yararlanarak ısınma amaçlı enerji ithalatının azaltılabileceği değerlendirilmektedir (Yılmaz, 2012:43). Ülkemizin petrol (taşıma, ulaşım) ithalatının azaltılmasına yönelik olarak ise, taşımacılık alanında karayolu yerine, elektrik enerjisi ile çalışan ve yakıt tasarrufu sağlayan demir yolları, büyük şehirler için metro, tramvay gibi yatırımlar yapılarak petrol ithalatının da azaltılabileceği değerlendirilmektedir. Son olarak ise, enerjinin verimli ve etkin kullanılması için gerekli farkındalık çalışmaları ve enerji dönüşüm sistemlerine yeterli Ar-Ge çalışmaları yapılarak enerji ithalatı azaltılabilir.

2006-2016 dönemindeki %5,18 olan ortalama CA/GSYH, elektrik üretimi için kullanılan ithal enerjinin, yerli kaynaklar ile karşılandığı kabul edilirse aynı dönem CA/GSYH ortalaması %3,59 civarına tekabül etmektedir. Bu da Dornbusch ve Fischer (1990)'a göre cari açığın, GSYİH'ye oranının %4 altında olması eşliğini fazlasıyla karşılamaktadır. Ayrıca bu veriler göstermektedir ki, elektrik üretim kaynaklı enerji ithalatı ne derece azaltılırsa, cari açık, ülke ekonomisinde risk ve yük oluşturması da o ölçüde azalacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Aşağıdaki şekilde göstermektedirki, ülkemizde cari açığın en büyük nedenlerinden birinin de elektrik üretimi kaynaklı enerji ithalatı olduğunu göstermektedir.

Şekil 1: Cari Açık ve Elektrik Kaynaklı Elektrik Üretim İlişkisi



Kaynak:TCMB Ödemeler Bilançosu, TÜİK ithalat verileri ile EİGM Enerji Denge Tablolarında bazı varsayımlar ile hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, yerli kaynaklar ile üretilen elektrik, ithal kaynaklı elektrik üretim maliyetini azaltacaktır. Bu sonuç başka bir kritik soruyu akla getirmektedir. Hangi yerli kaynakla elektrik üretimi yapılmalı?

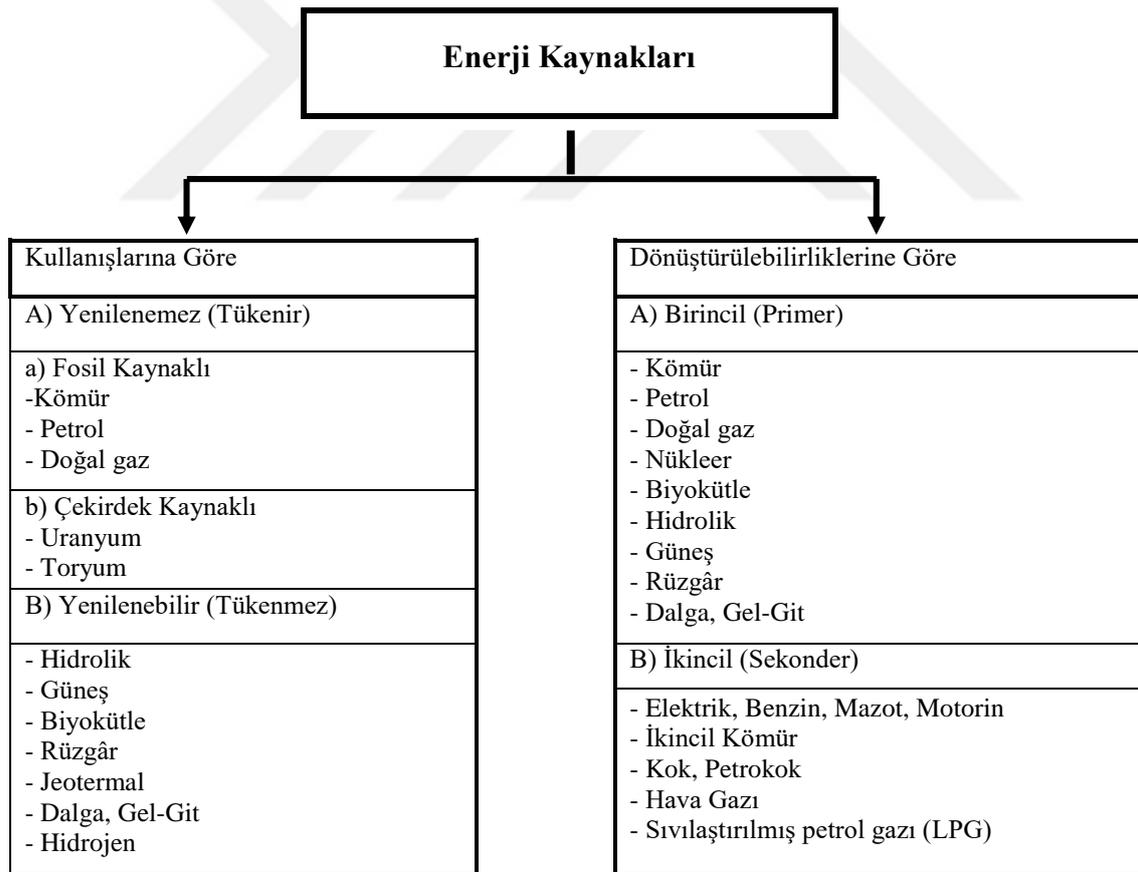
İKİNCİ BÖLÜM ENERJİNİ GÖRÜNÜMÜ VE GÜNEŞ ENERJİ PROJEKSİYONU

Sanayi devrimi, 18. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere’de kömür enerjisinin hareket enerjisine dönüştürülmesi ile elde edilen teknolojik yetinin sanayide makinaların çalıştırılması için kullanılması ile başlamıştır. Bu enerjinin etkin kullanımı Avrupa ve Amerika’ya yayılarak tüm dünyaya enerjinin, ekonomik gücün vazgeçilmez bir unsur olduğunu göstermiştir. Enerji alanında yapılan bilimsel ve teknolojik gelişmeler dünya tarihinin kırılma noktalarını oluşturmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarında (1908 yılında) İran’da ilk petrol kuyusu açılması ve petrolün kömür enerjisinden daha etkin bir enerji kaynağı olduğunu keşfeden insanoğlu, gemilerde, trenlerde ve sanayide, kömürün yerine petrol kullanmaya başlamıştır (Akademik Perspektif, 2014). Artık devletlerin güçleri petrol enerjisine kontrol etmelerine bağlı olmaya başlamış ve ardından bu enerji paylaşım anlaşmazlığı ile I. Dünya Savaşı başlamıştır. Daha sonraki dönemlerde de, enerji dünyada meydana gelen teknolojik gelişmelerin ve kaotik pek çok durumun altında gizlenen en önemli etken haline gelmiştir. II. Dünya Savaşını sonlandıran nükleer enerjiden yararlanan atom bombasının kullanılması, elektrik enerjisinin, kullanımının yaygınlaşarak bilgisayar, iletişim ve robotik makinaların çalışmasındaki ana unsur olması, örnekler enerjinin uygarlık için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca ülkeler için, enerjiye sahip olma ve enerjiyi etkin kullanabilme teknolojisine haiz olmak ekonomik gücün bir göstergesi olarak gözükmektedir.

Ülkelerdeki nüfus artışı ve endüstrileşme enerjiye olan talebin hızla artmasına neden olmaktadır. Enerji, büyümenin zorunlu bir ekonomi faktörü olup bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtmakta olan temel göstergelerden biridir. Ancak bu enerjinin uygun maliyetle ve sürekli temini ekonomik gelişimin önemli bir

kriterdir (Koç ve Kaplan, 2008:70). Enerjinin uygun maliyet ile elde edilmesi ülkelere uluslararası ticarete rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu rekabet avantajı, elinizdeki enerji kaynağının, niteliği, taşınabilmesi, depolanması ve iletimi gibi kriterleri kapsamındaki teknolojiye sahip olmaya bağlıdır. Bu kriterin önemli bir hususu da, var olan yerli enerjinin bir formdan diğer formlara dönüştürülmesi için sürekli geliştirilen bir teknolojiye sahip olunmasıdır. Yani enerjiye hakim olmak, rüzgar, güneş, dalga, jeotermal gibi enerji potansiyellerine sahip olmak anlamına gelmemektedir. Aynı zamanda bu enerji formlarının başka formlara dönüştürecek sürekli geliştirilen bir teknolojiye de sahip olmak gerekmektedir.

Şekil 2: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: (Koç ve Şenel, 2013:1)

Enerjinin, herhangi bir değişim ya da dönüşüme geçirmemiş ilk formuna birincil (primer) enerji denir. Petrol, kömür, doğal gaz formlarına fosil kaynaklı, hidrolik, biyokütle,

dalga-gelgit, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklı; nükleer kaynaklı, enerji formların tamamı birincil enerji kaynaklarıdır. Birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji de ikincil (sekonder) enerji şeklinde tanımlanmaktadır. Elektrik, gaz yağı, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarındandır (Koç ve Şenel, 2013:33). Bu enerji kaynaklarının, rezerv/kapasite durumları, dönüşüm maliyetleri ve bu enerjilerin elde edilmelerine ilişkin teknolojik gelişmeler bu enerji kaynaklarının yaygın kullanımını etkilemektedir.

Fosil enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi ve sera gazı salınımı gibi sorunlarıyla karşı karşıya olması, mevcut fosil kaynaklarının planlı bir şekilde kullanımını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak gibi dünyada farklı gelişmeler yaşanmaktadır. Diğer bir deyişle, uluslararası siyaset, gelişen teknoloji gibi sebeplerden dolayı enerji kaynaklarının maliyetleri sürekli değişmektedir. Ülkelerde enerjiye uygun maliyetle ve sürekli sahip olmak için, enerji alanındaki gelişmeleri yakından takip etmekte ve bu değişimin öncüsü olmaya çalışmaktadırlar.

II.1. Dünya Enerji Görünümü

Dünyada kullanılmakta olan enerjinin çoğu birincil enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Bu birincil enerji kaynaklarından da petrol, doğal gaz ve kömür yoğun olarak tüketilmektedir. BP'nin dünya enerji istatistikleri raporunda, 2015 sonu rakamlarıyla dünya genelinde bir değerlendirme yapıldığında, mevcut kanıtlanmış doğal gaz rezervlerinin 52,8, petrol rezervlerinin 52,5, kömür rezervlerindeki 114 yıllık ömre sahip olduğu belirtilmektedir (BP, 2016). Bu değerler aynı raporda, 2014 sonu itibariyle doğal gaz için 55, petrol için 52,5 ve kömür için 110 yıl olarak ortaya konmuştur (BP, 2015).

Dünyada 2015 yılı verilerine göre birincil enerji kullanım miktarı 13,147 (2010 yılı 11,956) Mtep olarak gerçekleşmiştir (BP,2016). Tablo 8’de birincil enerji kullanımında en büyük paya sahip olan kaynakların sırasıyla; petrol %32,94, kömür %29,20 ve doğal gaz %23,85 gibi toplamda yaklaşık %86 kısmı için fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Nükleer enerji ise 2005 yılında %5,73 iken, 2015 yılında %4,44’de gerilediği görülebilmektedir.

Tablo 8: Dünya Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi

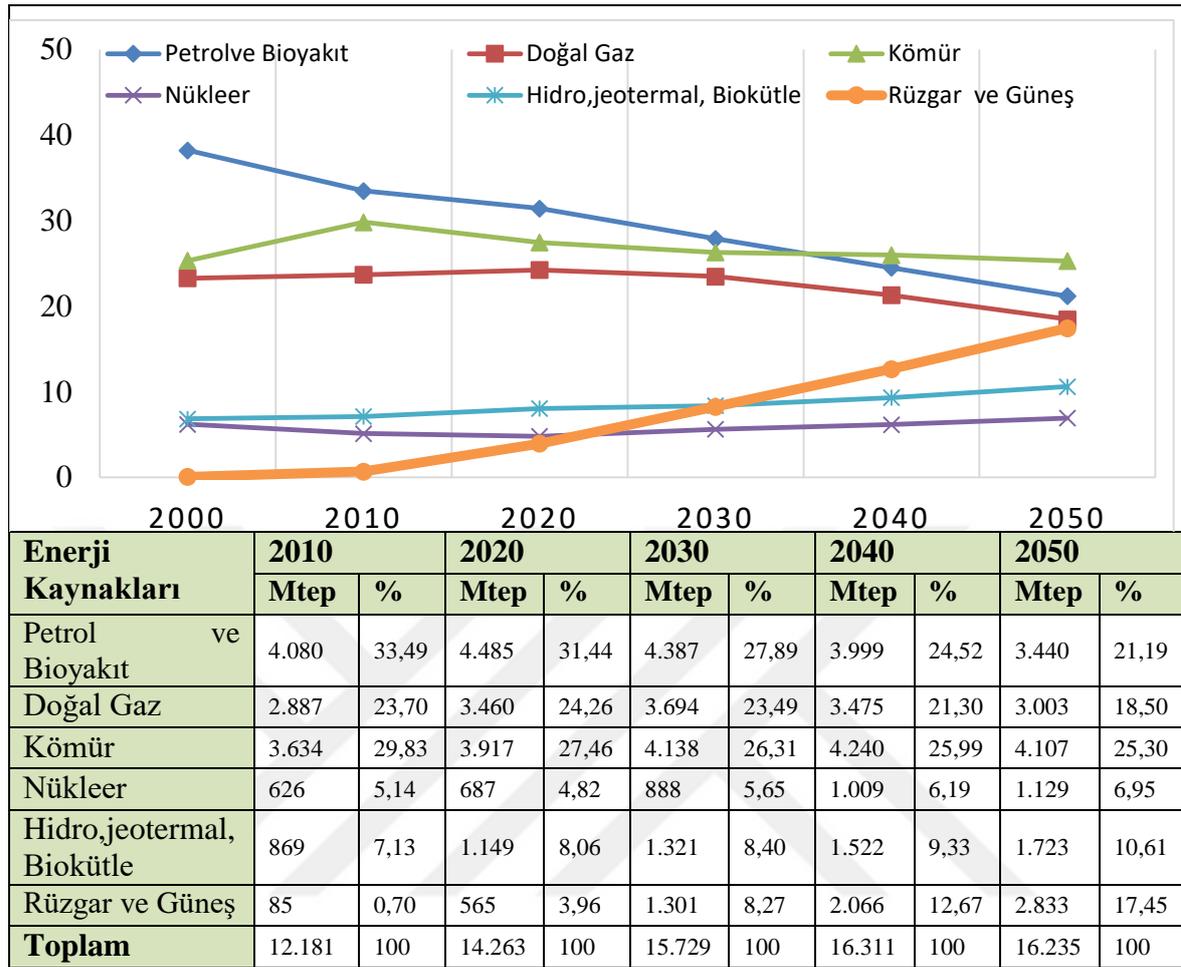
Kaynaklar	2005	2010	2015
Petrol	35,96%	33,49%	32,94%
Kömür	28,61%	29,84%	29,20%
Doğal Gaz	22,89%	23,70%	23,85%
Nükleer	5,73%	5,14%	4,44%
Hidro Elektrik	6,05%	6,44%	6,79%
Rüzgâr	0,22%	0,63%	1,44%
Güneş	0,01%	0,06%	0,45%
Diğer Yenilenebilir	0,54%	0,70%	0,89%

Kaynak: World Energy Council, World Energy Resources 2016

Burada diğer yenilenebilir enerji kaynakları olarak bahsedilen; rüzgar, güneş, biyoyakıt ve jeotermal enerji kaynakları toplamı ise gün geçtik enerji kullanımını içindeki payları 2005 yılında %6,82 iken, 2015 yılında %9,57 olarak artış göstermektedir. Ayrıca güneş enerjisinden yararlanma oranı 2005-2015 döneminde, oran olarak 45 kat artış göstermektedir (WEC, 2016:4).

Geleceğe ilişkin birincil enerji kaynaklarının dünya tüketim tahminleri şekil 3’te yer almaktadır. Dünya enerji tüketiminin 2010-2050 döneminde %34 artacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca 2010’da %0,7 olan rüzgar ve güneş enerji kullanımının 2050 yılı geldiğinde %17,45 oranına ulaşırken, 2010 yılına göre kullanım miktarının 340 kat artacağı tahmin edilmektedir (Patterson, 2016).

Şekil 3: Dünya Enerji Tüketimi Tahminleri 2000-2050 (2016 senaryosu)



Kaynak:<http://peakoilbarrel.com/world-energy-2016-2050-annual-report/> adresinden derlenmiştir.

Fosil kaynaklı enerji tüketimi 2010 yılı kullanım oranları petrol (%33,49), Doğalgaz (% 23,70) ve Kömür (%29,83) olarak toplamda %87,02 olarak gerçekleşmiştir. 2050 yılı geldiğinde ise tüketim oranları petrol (%21,19), doğal gaz (%18,70) ve kömür (%25,30) toplamda %65 gerileyeceği tahmin edilmektedir.

II.2. Dünya Enerji Kaynaklarında Yeni Yönelimler

Dünyada, 2. milenyumunu tamamladığında, fosil enerji kaynaklarının, çevre kirliliğine sebep olduğu ve bu kaynakların normal tüketim koşullarında sadece bir asırlık rezerve sahip olduğu gerçeği ile yüzleşmek zorunda kaldı. Bu iki gerçek dünyayı çevreci

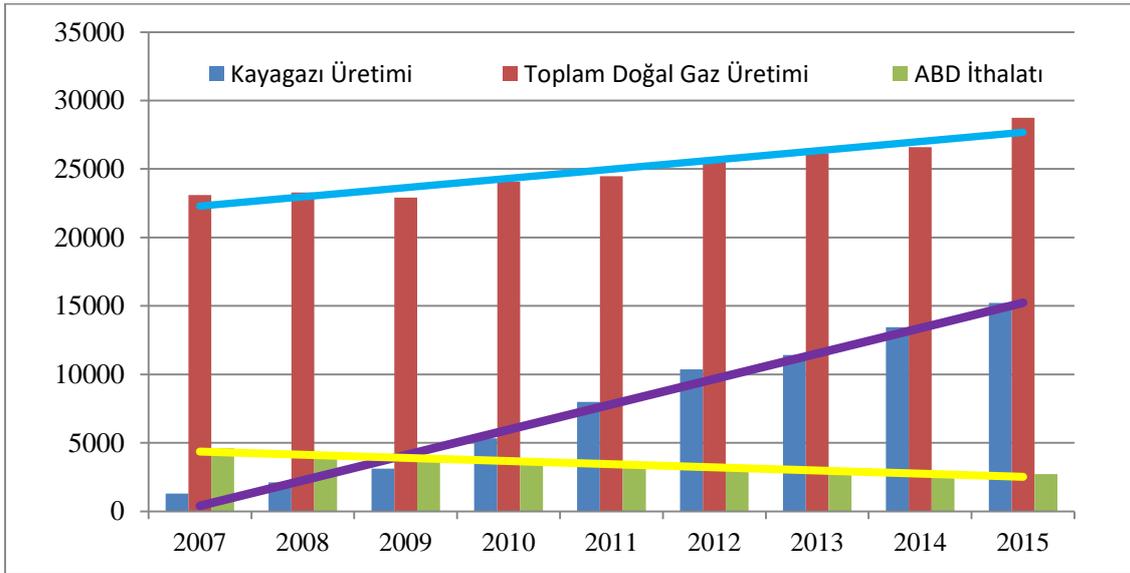
olan yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak için teknolojik yatırımlara yönlendirdi. Özellikle GES PV kapasitesi 2007 yılında 9 GW'lık dünya kurulu güç kapasitesi (EPIA 2015), 2016 sonu itibari ile yaklaşık 33 kat artarak 301 GW'a ulaştı (BP, 2017). Bu artış, güneş enerjisinin sadece güneş varken üretilebilir olması nedeniyle, fosil yakıtlara olan ihtiyacı tamamen ortadan kaldırması mümkün görünmemektedir. Böylece dünya fosil kaynaklı enerji ihtiyacı için yeni arayışlar içine girmiş durumdadır.

Bu fosil yakıtların kıtlığı sebebi ile dünyada, yeni fosil kaynaklı enerji rezervlerinin keşfine yönelik çalışmalar artmıştır. Bu amaçla kutuplar, okyonus ve denizlerde enerji arama faaliyetleri artırıldı. Aynı zamanda da mevcut fosil rezervlerinden etkin şekilde yararlanmak için yeni teknoloji geliştirme çabalarına girdi. Ayrıca bu fosil kaynaklı enerjilerin kıt olması sebebiyle, üretimi verimli olmayan rezervler, uygun maliyetle üretmek için yeni üretim teknolojileri geliştirilerek kullanılmaya başlandı. Bu çabalar sonucu ABD başta olmak üzere birçok ülkede kaya gazı üretimi hızla arttı (Karşlı, 2015).

Dünyada 2000'li yıllarda yenilenebilir enerji kullanım oranı artarken, ABD ise dünyadan farklı olarak, geliştirdiği teknoloji ile kayagazı üretimini oldukça artırdı. Bu üretim ABD'nin doğal gaz ithalatını düşürdüğü gibi, doğal gaz fiyatlarının da düşmesini yol açmıştır. Şekil 4'te yer alan veriler incelenirse, 2007'de kayagazı üretimi, toplam doğal gaz üretiminin %6'sı iken 2015 yılında toplam doğal gaz üretiminin %50'sinden fazlasına karşılık gelen bir değerde kayagazı üretimi gerçekleşmiştir.

Kaya gazı üretimi aynı zamanda ABD'nin doğal gaz ithalatını da hemen hemen %50 azaltmıştır (EIAc, 2017). Çin ve Arjantin gibi ülkelerin kaya gazı rezervi ABD'ye göre çok daha yüksek seviyelerdedir. Ancak bu iki ülkenin kaya gazı üretim teknolojileri ABD ile yarışacak düzeyde olmaması nedeniyle tam anlamıyla rezervlerinden yararlanamamaktadırlar (Erik, 2016).

Şekil 4: ABD Kaya Gazı ve Doğal Gaz Üretimi (Milyar m³)

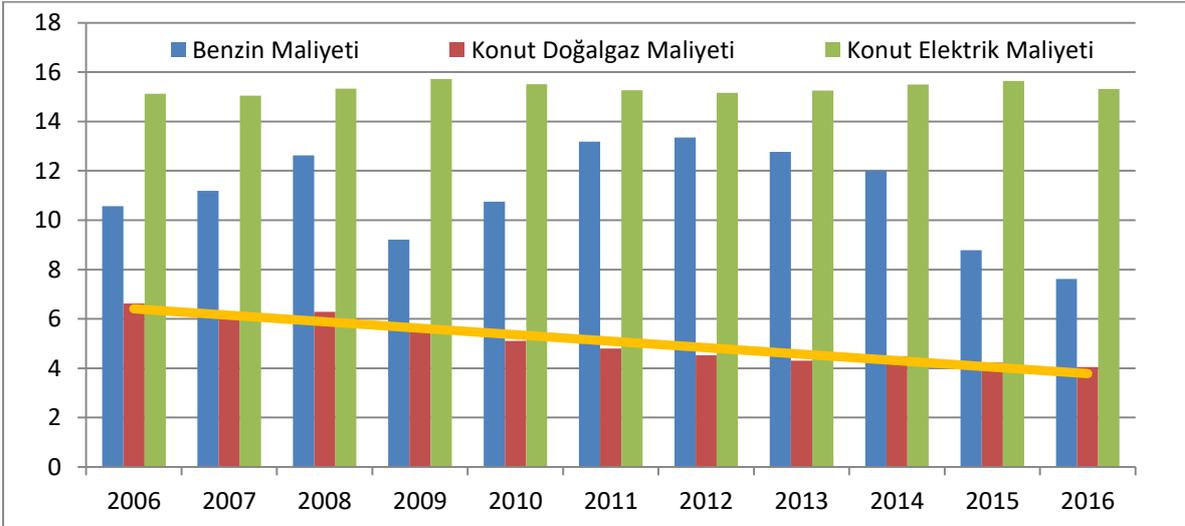


Kaynak: https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/res_epg0_r5302_nus_bcfa.htm sitesinden derlenmiştir.

Enerjinin, birim enerji olarak üretim maliyeti, enerjinin arz ve talebini oluşmasında en önemli etkidir. Bu nedenle enerji kaynağı olarak hangi tür kaynağın kullanılacağına enerji maliyetleri belirlemektedir. Ayrıca elektrik, ikincil enerji kaynağı olarak alternatifi olmayan enerji kaynağıdır. Elektrik enerjisi, okyanus dalgasından, ev atıklarına kadar birçok kaynaktan üretilebilir. Bu nedenle, farklı enerji kaynaklarının da farklı elektrik üretim maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Ancak elektrik tedarikçileri bu fiyatı, ortalama sabit bir fiyatla tüketicilere sunmaktadır. Şekil 4'te yer alan ABD kaya gazı üretim artışı ile şekil 5'te yer alan ABD doğal gaz fiyat düşüşü paralellik göstermektedir. Konutlarda doğal gaz en düşük maliyetli enerji kaynağı olarak gözükmektedir. Benzin fiyatları, dünya petrol fiyatlarına paralel olarak dalgalanmaktadır.

Bir çok birincil enerji kaynağından üretilebilen elektrik, en yüksek maliyetli enerji kaynağı olduğu ve dönemsel yoğun fiyat dalgalanması olmadığı görülmektedir. Elektrik fiyatının bu iki enerji kaynağına göre yüksek olmasının sebebi, elektrikliğin iletimi, üretim kayıpları, çevreye duyarlı kaynaklara verilen teşvikler olarak sayılabilir.

Şekil 5: ABD 2006-2016 Enerji Maliyetleri (Milyar BTU Dolar)



Kaynak: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/?tbl=T01.06#/?f=A&start=2000&end=2016&charted=4-7-10-13> sitesinden derlenmiştir.

Elde edilen verilerden de görüldüğü üzere, ülkelerin ana amacı enerjiye sürekli, uygun maliyetle ve yerli kaynaklar ile elde etmeye çalışmaktır. Ülkeler kendi enerji potansiyeli ve teknolojik düzeyine göre enerji kaynaklarını çeşitlendirmektedir. Bir ülke kaya gazı potansiyeli varken, teknolojik düzeyi ve farklı enerji potansiyeli sebebi ile kayagazı üretimi yapmamaktadır. Bu nedenle genel olarak ülkelerin çeşitli enerji kaynaklarından yararlanabilmeleri, mevcut teknolojileri, coğrafi konumlarına bağlı yenilenebilir enerji potansiyelleri ve fosil kaynaklı rezervlerinin nitelikleri gibi parametreler ile belirlenmektedir. Bu enerji kaynakları dünyada sadece elektrik enerjisi üretirken aynı noktaya ulaşmaktadır. Yani bilgisayarımız çalıştığında kullandığımız elektrik, doğal gaz, nükleer, kömür, güneş yada rüzgar kaynaklı üretim olabilir.

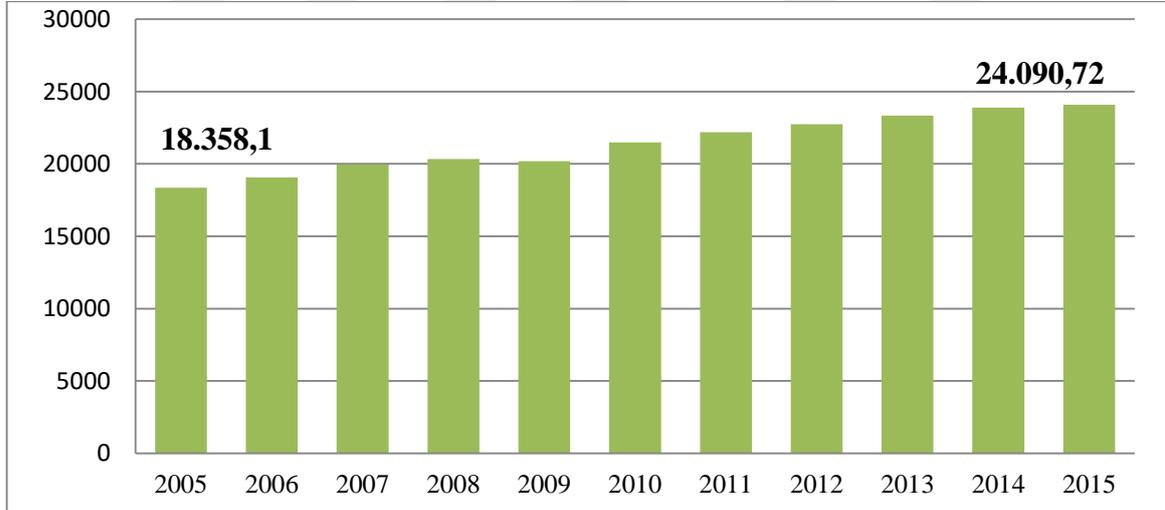
Elektiriğin kalitesini, hangi enerji kaynağıyla üretildiği etkilememekte, ancak hangi kaynakla en düşük maliyetle üretildiği oldukça önemlidir. Özellikle tüm yeni teknolojilerin ve sanayi üretiminde elektrik enerjisi kullanılması sebebiyle elektrik enerjisine uygun maliyetle arzını yapan ekonomiler uluslararası ticarete rekabet avantajına sahip olmaktadır.

II.3. Dünya Elektrik Enerjisi Görünümü

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde görülen yüksek ekonomik büyüme rakamları, enerji ve dolayısıyla elektrik talebinin de bu ülkelerde artmasına sebep olmaktadır. Bunun da en önemli parametrelerinden biri olan Gayrisafi Yurtiçi Hasılının (GSYH) ve kişi başına gelirin artmasıyla yaşam standartları yükselmekte, aydınlatma ve ev aletleri için olan elektrik talebini arttırmaktadır. Dünyada, 2040 yılına kadar en hızlı büyüyen nihai kullanıcı enerji formunun elektrik enerjisi olması beklenmektedir. Nihai elektrik enerji tüketimindeki payının 2013'teki %18,4 düzeyinden 2020'de %19,8'e, 2040'ta ise %23,8'e çıkması beklenmektedir (IEAb,2015:304).

Dünyada, 2005 yılında 18.358,1 TWh'lık elektrik enerjisi üretimi, 2015 yılı geldiğinde %31'lik artışla 24.090,72 TWh miktarına ulaşmıştır.

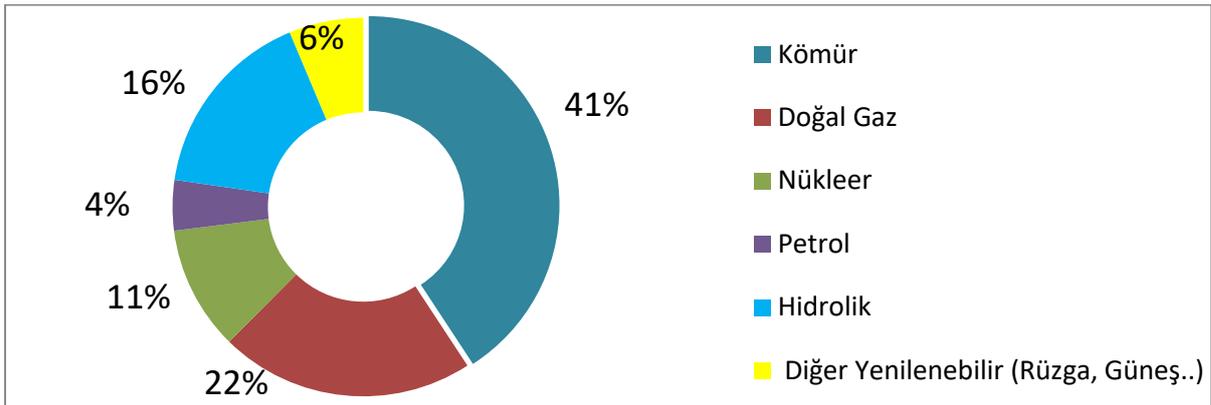
Şekil 6: 2005-2015 Dünya Elektrik Üretimi (TWh)



Kaynak: (BP, 2016)

2014 yılı dünya elektrik enerjisi üretiminde en büyük paya sahip olan birincil enerji kaynakları sırasıyla; kömür (%41), doğal gaz (%22), hidrolik (%16), Nükleer (%11) ve diğer yenilenebilir kaynak olarak (rüzgar, güneş, jeotermal vb..) olarak gerçekleşmiştir (IEAa, 2016:24).

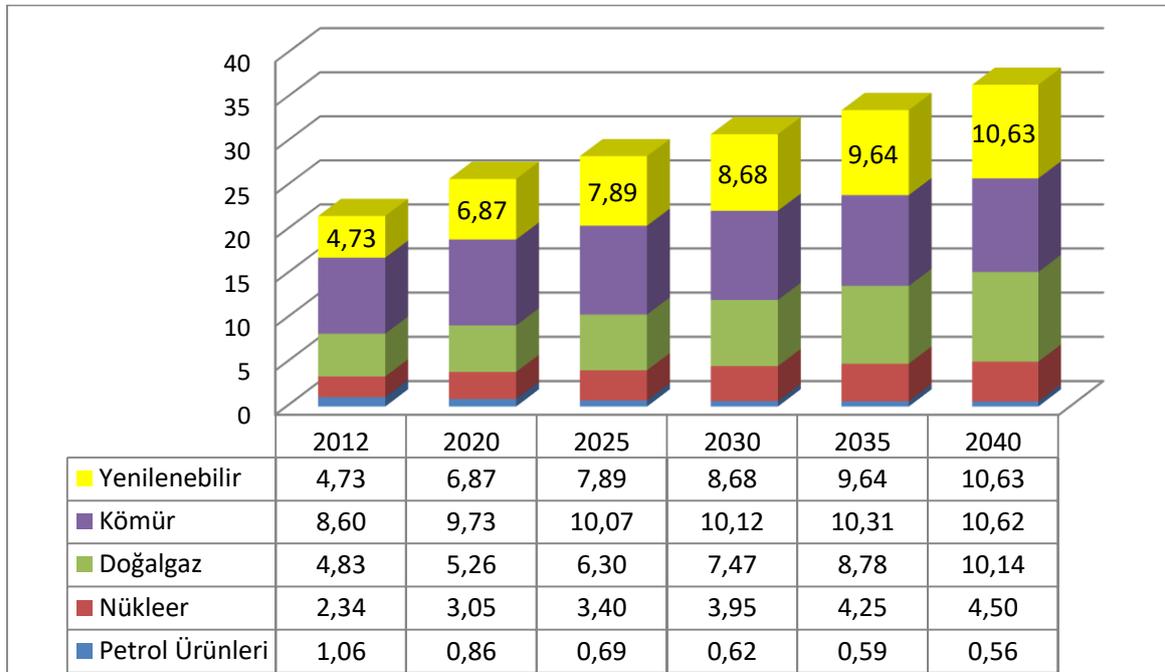
Şekil 7: Dünya Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi 2014



Kaynak: IEA Key world energy statistic.

ABD Enerji Bilgi Yönetimi (U.S Energy Information Administration (EIA)) göre, dünya kaynaklara göre elektrik üretimine ilişkin olarak 2040 yılı projeksiyonu tahminleri aşağıda yer almaktadır. Veriler incelendiğinde 2040 yılı geldiğinde üretim miktarı olarak en yüksek oranda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılacağı görülmektedir (EIAb, 2017).

Şekil 8: 2012 2040 Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi (TWh)



Kaynak : <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/electricity.php>

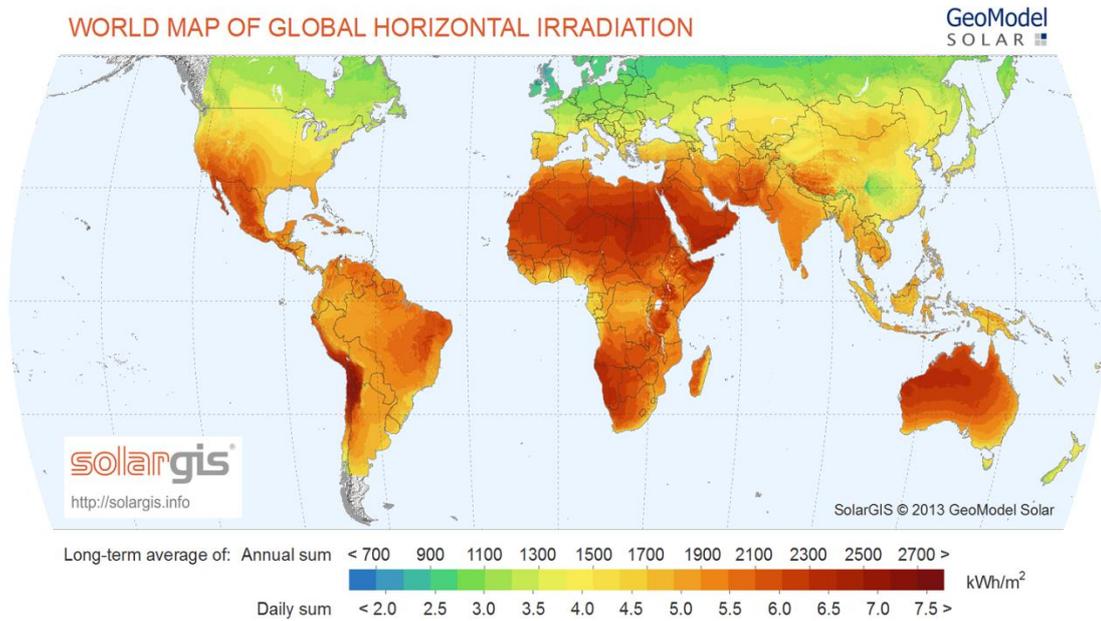
2012 yılında mevcut tabloda yenilenebilir enerji kaynaklarının, kömür ve doğal gazdan sonra üçüncü sırada elektrik üretiminde yararlanılırken 2040 yılı geldiğinde elektrik üretiminde birinci sıradaki kaynak olacağı tahmin edilmektedir. Bu da, gelecekte dünyada elektrik üretiminde, yenilenebilir enerjiden yararlanmak için çok fazla yatırım yapılacağını göstermektedir.

II.4. Enerji Kaynağı Olarak Güneş

Güneş enerjisi, güneşin merkezinde yer alan füzyon (birleşme) süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Bu ışımının gücü dünya atmosferine ulaşmadan önce yaklaşık, 1370 W/m^2 değerindedir. Dünya atmosferindeki kırılmalar, yansımalar gibi kayıplar sonucu yeryüzüne ulaşan miktarı ise maksimum 1100 W/m^2 değerine ulaşabilmektedir. Dünyaya ulaşabilen bu güneş enerjisinin küçük bir kısmı bile, dünyanın mevcut enerji tüketiminden kıyaslanamayacak kadar fazladır. Bu enerjiden yararlanılması, ilk olarak uzay araçlarının uzayda enerji ihtiyaçlarının karşılanması kapsamında yapılan çalışmalar ile başlamıştır. Özellikle 1970'li yıllardan sonra güneş enerjisinden yararlanma konusundaki bilimsel çalışmalar hız kazanmıştır. Güneş enerjisi dönüşüm sistemleri teknolojik olarak ilerleyerek dönüştürme verimleri artırılmış ve sistemlerin üretim maliyetleri düşürülmüştür. Tüm bunlara ilave olarak güneş enerjisininin, doğayı koruyan temiz bir enerji kaynağı olması, diğer enerji kaynakları arasından ön plana çıkmasını sağladı. (YEGM,2016).

Dünyada yıllık güneş enerji potansiyeli yıllık 23.000 TWh iken, tüm dünyada bilinen, doğalgaz, petrol, kömür gibi fosil yakıtlarının toplam rezervi 1.355 TWh (yılık değil tamamı) olarak belirtilmektedir (Sustainable Enterprises Media, Inc.).

Şekil 9: Dünya Güneş Işınım Haritası



Kaynak: <http://solargis.info>

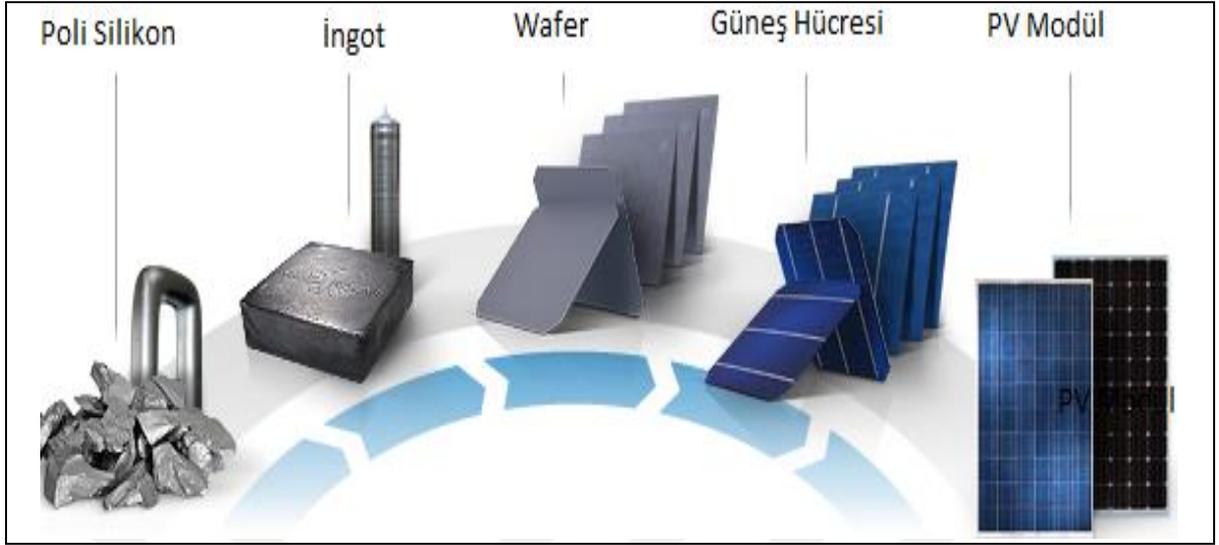
Bu güneş enerjisi tüm dünyada eşit olarak dağılmamıştır. Şekil 9’da görüldüğü gibi güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, ekvator çizgisine yaklaştıkça artmaktadır.

Yukarıdaki bölümlerde birincil enerji kaynağına sahip olmak önemli bir avantaj olarak değerlendirilmişti. Ancak birincil enerji kaynakları direkt olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenle enerjinin dönüşüm ve elde edilme teknolojisine sahip olmak çok daha önemli bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Güneş enerjisi, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte, güneş enerjisini kullanılabilir enerji formuna dönüştürmek için iki temel teknolojiye ayrılabilir.

II.4.1. Fotovoltaik (Photo Voltaic: PV) Güneş Teknolojisi

Fotovoltaik hücreler olarak adlandırılan yarı iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrığe dönüştürebilen teknolojilerdir (YEGM,2016). Bu PV teknolojisinin üretim aşamaları şekil 10’da yer almaktadır.

Şekil 10: PV Üretim Süreci



Kaynak: <http://www.yinglisolar.com/en/products/manufacturing/>

Doğada oksijenden sonra en çok bulunan element olan silisyum doğada kum olarak bildiğimiz Kuartzdır. Kuartz'ın %90'nı silisyumdan oluşmaktadır. Kuartz çeşitli işlemlerden sonra %99 saflıktaki silisyumdan oluşan silikad elde edilir. Bunu izleyen aşamada çeşitli kimyasal işlemler sonucunda “Yarı İletken” madde olan polisilikon elde edilir. Bu aşamadan sonraki aşama olan İngot üretimi ise ana silikon kristali bir kütüğün uç kısmı üstüne yerleştirilir ve erimiş kristal formuna daldırılır. Silikon atomları bu esnada kütüğe bağlanırlar ve kristalin boyutları büyüyerek ingot haline gelir. Yarı çapı yaklaşık 10 cm olarak büyütülmüş ingotlar daha sonra elmas testere ile ince film kalınlığındaki Wafer'a dönüştürülür. Sürecin önemli bir evresi olan hücre ise, bu ince yapının, cam, paslanmaz çelik veya plastik gibi taban malzemesi üzerine ince bir film tabakası halinde biriktirilmesinden meydana gelir. Son olarak ise hücreler, elektrik üretimi için bir araya getirilerek PV modüller oluşturulur (Koçakaya, 2017).

Bu teknoloji ile üretilen PV panelleri, elektrik üretimi olarak, dünya kurulu güç kapasitesinin %95'ten fazlasını sahiptir (WEC, 2016:3). Bu nedenle çalışma kapsamında güneş enerjisi ile ilgili değerlendirmeler PV teknolojileri baz alınarak yapılmıştır.

II.4.2. Isıl Güneş Teknolojileri (Concentrated Solar (CPS))

Bu sistemlerde güneşin ışınım yolu ile yaydığı enerji ile öncelikle ısı elde edilir. Bu enerji doğrudan ısı kaynağı olarak kullanılabilceği gibi elektrik enerjisine de dönüştürülebilmektedir. Elektrik üretimi için, güneş ışınların bir noktada yada belirli bir alanda yoğunlaştırılarak yüksek sıcaklıkta akışkan buharı elde edilir. Yüksek sıcaklıktaki akışkan maddenin buhar basıncı ile türbinler hareket enerjisi üretebilmektedir. Bu hareket enerjisi, jeneratörler yardımıyla da elektrik üretilmektedir. Ancak bu ısıl teknolojiler, dünyada PV teknolojilerine göre elektrik üretiminde oldukça az olarak kullanılmaktadır. Bu güneş ısıl teknolojisi yoğun olarak sıcak su elde edilmesi için kullanılmaktadır (YEGM,2016).

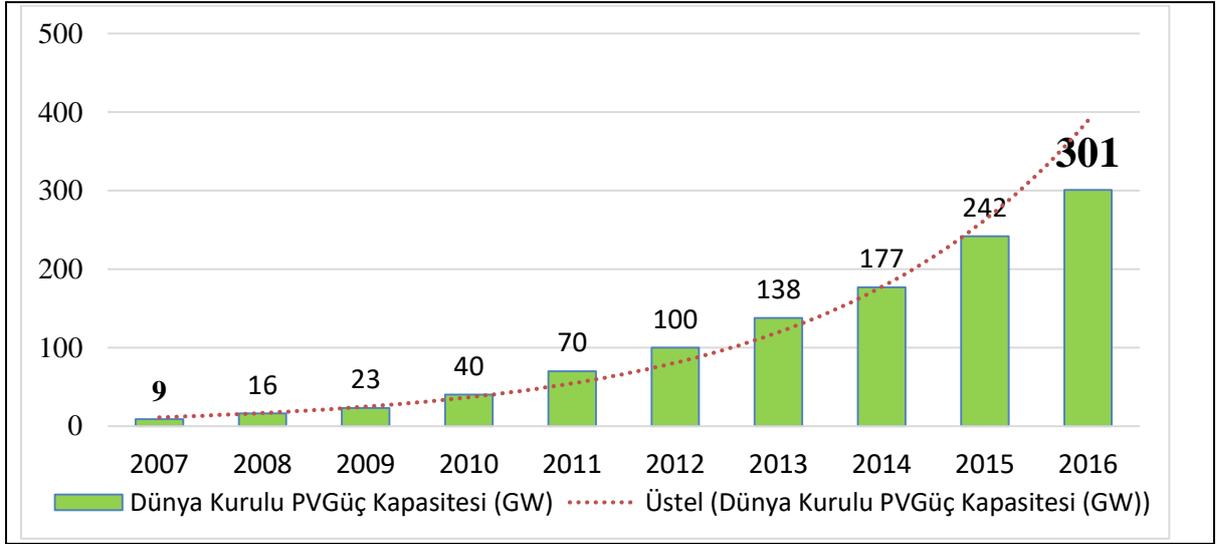
II.4.1. Dünya PV Güneş Enerji Görünümü

Güneş ışınlarından aldığı enerjiyi elektrik akımına dönüştüren PV hücreler üzerine yapılan yeni bilimsel çalışmalar sonucu sistem maliyetlerinde ve performansındaki iyileştirmeler hızla devam etmektedir. Bu iyileştirmeler sonucu PV teknolojileri, diğer teknolojilerden bir adım öne geçmiş durumdadır. Fosil enerji kaynaklarının kıtlığı, çevre kirliliği, fiyat artışları ile PV siteminin çevre konusunda temiz enerji oluşu, işletim maliyetlerinin avantajı gibi sebeplerden dolayı ülkelerin güneş enerjisinden yararlanma istekleri artmıştır.

PV güneş enerjisinden elektrik üretimi gün geçtikçe katlanarak artmaktadır. "2014-2018 Dünya PV Görünümü" adlı raporda dünya PV panel ile elektrik üretim

kapasitesinin üssel olarak hızla arttığı vurgulanmaktadır. 2014 yılı kurulu güç kapasitesi 177 GW'lık toplam kapasite (EPIA,2015;12), 2015 yılında PV panel kurulu güç kapasitesi yıl içinde 65 GW ilave ile toplamda 242 GW ulaşmıştır (Fraunhofer ISE, 2016). Ayrıca dünyada 2015 sonu itibari ile PV elektrik üretimi toplam üretimin yaklaşık %1'i olarak gerçekleşmiştir (WEC, 2016: 3).

Şekil 11: Dünya Kümülatif PV Kurulu Güç Kapasitesi (GW)

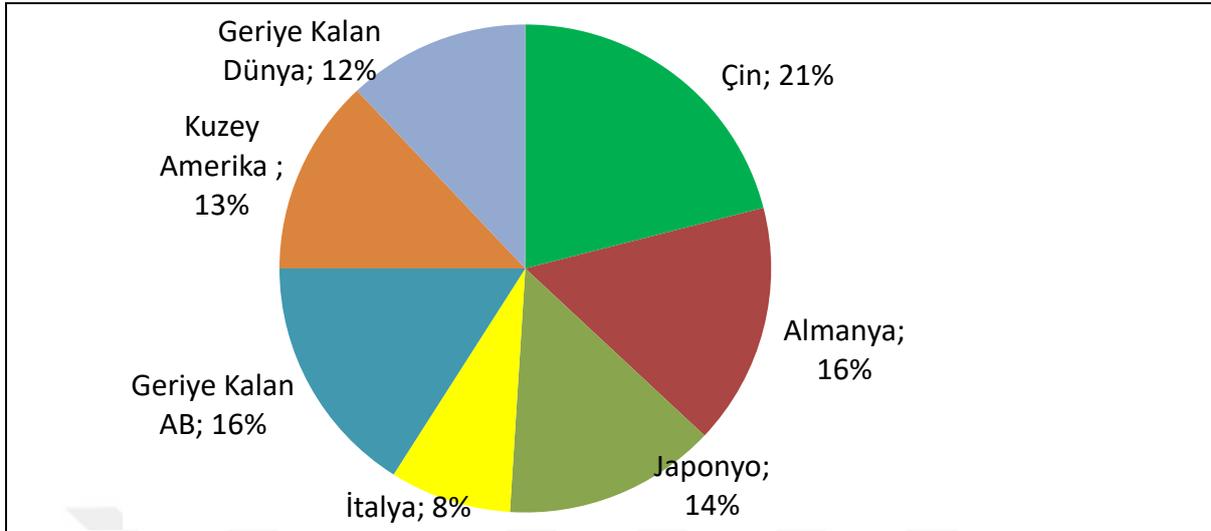


Kaynak: EPIA 2015, BP, 2017 ve Fraunhofer ISE verilerinden derlenmiştir.

PV teknolojisinden farklı olan diğer güneş enerjisi dönüşüm teknoloji olan, CPS kapsamında elektrik üretimi için 2015 sonu itibari ile yalnızca 4 GW'lık bir kapasite mevcut olup, IEA'ya ait 2040 yılı kurulu güç kapasite tahminlerinde 70 GW ile 240 GW arasında bir değere ulaşacağı tahmin edilmektedir (WEC, 2016:4).

Dünya PV kurulu güç kapasitesinin bölgelere göre dağılımı aşağıda yer almaktadır. GSR değeri Avrupa da düşük olmasına rağmen, dünya PV kurulu güç kapasitesinin %40'na Avrupa ülkeleri sahiptir. Özellikle İtalya, Almanya ve İspanya gibi ülkeler güneş enerjisinden yoğun olarak yararlanmaktadır. Bu kapasitenin Almanya %16 ve İtalya %8'lik kısmını oluşturmaktadır (Fraunhofer ISE, 2017).

Şekil 12: 2015 Yılı İtibari İle Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı



Kaynak: (Fraunhofer ISE, 2016).

Ayrıca 21. Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Taraflar Konferansı'nda (COP21) iklim değişikliği ile mücadele konusunda tüm dünyanın beraber harekete geçeceği bir anlaşma metni imzalanmıştır. Bu kapsamda ülkeler fosil kaynaklı enerji kullanımının azaltımı konusunda fikir birliğine varılmıştır (UNEP, 2017). Bu yapılan anlaşma sonucu ülkelerin yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneşten daha fazla yararlanmak için teşvik ve desteklerin artacağı tahmin edilmektedir.

Uluslararası Enerji Birliği'ne (IEA) göre 2050 yılı geldiğinde dünyanın en büyük enerji kaynağının güneş enerjisi olacağını tahmin edilmektedir. Bu tahmine göre PV kaynaklı elektrik enerjisi, toplam elektrik üretiminin %16'sın karşılaması beklenmektedir (IEA, 2014:21).

PV teknolojilerindeki gelişmeleri, sektörün daha hızlı büyümesine sebep olmuştur. Bu nedenle, 2010 yılında yapılan 2030 ve 2050 yılı dünya PV kurulu güç kapasite hedeflerini güncelleme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. 2010 yılı güneş enerjisi teknoloji raporunda 870 GW olan 2030 tahmini 1721 GW yükseltilmiştir. Yine 2010 yılı yol haritası raporunda 2050 yılı için öngörülen 3.155 GW tahmini de 4.674 GW revize edilmiştir. 2025

yılına kadar ortalama yıllık 120 GW kurulum yapılacağı, 2025-2040 yılı için ortalama yıllık kurulumun 200 GW olacağı tahminleri yapılmaktadır (IEA, 2014;20,21).

Tablo 9: Dünya 2030 ve 2050 PV Panel Kapasite Kurulu Güç Tahminleri (GW)

Ülkeler	Yıllar (GW)		
	2013	2030	2050
ABD	42136	246	599
Diğer OECD Amerika	42064	29	62
EU	78	192	229
Diğer OECD	18	157	292
Çin	18	634	1.738
Hindistan	42065	142	575
Afrika	0.3	85	169
Ortadoğu	0.1	94	268
Diğer Gelişen Asya Ülkeleri	42095	93	526
Doğu Avrupa ve Rusya	3	12	67
OECD Üyesi olmayan Amerika	0.2	38	149
Dünya	135	1.721	4.674

Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), (2014) Güneş Enerjisi Teknoloji Raporu

Ayrıca IEA'ya göre 2030 yılı dünya PV güç kapasitesinin 1.721 GW'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu tahminde 2007 yılı dünya PV kapasitesinin 9 GW, 2015 yılı kapasitesinin 242 GW çıktığı verileri ile düşünülürse, bu 2030 ve 2050 hedefinin aşılabileceği değerlendirilebilir.

II.4.1.1. Almanya PV Güneş Enerji Görünümü

Almanya, 2015 yılı toplam 39,6 GW'lık kurulu güç kapasiteye sahip olup, bu kapasite toplam elektrik üretim gücünün %17,2'sine karşılık gelmektedir (WEC, 2016:65). Almanya 2016 yılında 1.2 GW'lık yeni ilave kapasite kurulumu ile 41 GW'a ulaşmıştır. Bu kapasite 2016 yılı dünya PV kurulumunun %2 sine karşılık gelmektedir. Almanya, 2050 yılına kadar toplam enerji talebini karşılamak için mevcut kapasiteyi, 150-200 GW seviyelerine artırmayı planlamaktadır. Bunun anlamı, yıllık 4-5 GW'lık PV kurulumunun

yapılacağını göstermektedir. Tahminlere göre 2016 yılı için PV ile elektrik üretimi 38.3 TWh olacağı ve bunun da Almanya 2016 elektrik tüketiminin %7,4'ne karşılık geleceği hesaplanmaktadır. Aynı yılda, PV elektrik üretimi YE kaynaklı elektrik üretiminin %37'si olup, toplam Almanya elektrik tüketimindeki YE oranı %32,3'tür (Fraunhofers ISE, 2017:6).

Almanya GES elektrik kullanımı artarken, GES alım garantili kWh fiyatları da giderek düşmektedir. Küçük kapasiteli PV çatı uygulamalarında Aralık 2016 yılı itibari ile, 20 yıl alım garantili fiyat 12,31 €-cts/kWh olarak gerçekleşmiştir. Lisanlı PV elektrik üretimi olarak 10 MW altındaki kapasite için Aralık 2016 yılı itibari ile 6,90-6.26 €-cts/kWh aralığında alım garantili fiyatlar oluşmuştur. Almanya 2016 yılı için, PV elektrik fiyatları diğer enerji kaynakları ile kıyaslanırsa; rüzgar enerjisi için 8.41 €-cts/kWh, jeotermal enerji ile elektrik fiyatı ise 25.0 €-cts/kWh, olarak GES göre yüksek seviyelerdedir. Diğer bir enerji kaynağı olan nükleer enerjide ise, İngilterede Hinkley Point C nükleer santrali 2025 yılında yapımı planlanmakta ve 35 yıllık alım garantisi için 12 €-cts/kWh alım garantisine ilave olarak yıllık enflasyon oranında artış öngörülmektedir (Fraunhofers ISE, 2017:8).

Geçen bir kaç yıl içinde Almanya'da PV sektöründe PV firmalarının kapatılması sonucu birçok kişi işini kaybetmiştir. Bunun sebebi düşük işgücü maliyetine sahip asya ülkelerinde büyük üretim gerçekleştiren firmaların ortaya çıkmasıdır. Ancak Almanya PV sektöründe önde gelen PV üretim merkezi olmak için bu sektörü geliştirme çabalarına girmiştir. Almanya sadece PV santrallerinden elektrik üretimi yapmamakta aynı zamanda bu sektörün önemli PV panel üreticisi konumundadır. 2014 yılı sonu itibari ile dünya hücre üretiminin %2'sini, modül üretiminin ise %2'sini gerçekleştirmektedir (IEAa, 2015:40). 2015 yılında Almanya'da PV sektöründe 30.000 kişi istihdam edilmektedir (Fraunhofers ISE, 2017:27).

II.4.1.2. İtalya PV Güneş Enerji Görünümü

İtalya 2014 yılında 0,388 GW'lık PV kurulum gerçekleşirken kurulu güç kapasitesi 18,35 GW'a ulaşmıştır (EPIA, 2015:18). Böylece İtalya PV sektöründe olgunluk düzeyine ulaştığı değerlendirilmektedir. 2015 yılında 0,298 GW'lık yeni PV ilave kapasitesi ile kurulu güç kapasitesi ile 18,9 GW'a olmuştur. İtalya'da 2015 yılında PV ile elektrik üretimi 24.68 TWh'lik bir değere ulaşmıştır. Bu değer 2015 yılı toplam elektrik tüketiminin %7,8'lik kısmına denk gelmektedir. Ayrıca 2016 yılının ilk 8 ayında PV sistemleri 16.89 TWh'lık bir elektrik üretimi ve İtalya toplam elektrik tüketiminin %8,3'nü karşılamaktadır (EC, 2016:23). İtalya, avrupada toplam yıllık elektrik tüketimi içerisinde, PV teknolojisi ile %7'i oranı üzerindeki elektrik üretimi karşılayan Almanya ve Yunanistan'nın önünde yer almaktadır (EPIA, 2015:18).

II.4.1.3. ABD PV Güneş Enerji Görünümü

ABD'de 2016 yılında 14,7 GW'lık bir PV kurulum ile toplam kapasite 40,3 GW'a ulaşmıştır. Ayrıca 2017 yılı tahminleri ise 13,2 GW PV kurulu gücün daha ilave edeceği belirtilmektedir (GMD, 2017). Böylece ABD PV kurulu güç kapasitesinde Almanyayı 2017 yılında geride bırakarak Japonja ve Çin'den sonra en büyük PV kurulu güç kapasitesine sahip olacaktır. 2016 yılında ABD PV elektrik üretimi 56 TWh üretim ile toplam elektrik üretiminin %1,4'nü karşılamaktadır. 2014 ve 2015 PV elektrik üretim değerleri ise sırasıyla 28 TWh ve 39 TWh olarak gerçekleşmiştir (U.S. EIAa, 2017). ABD'de 2015 yılında yaklaşık 7,3 GW'lık ilave kapasitesi ile 25,6 GW'lık kapasiteye ulaşmaktaydı. Bu kurulu güç kapasitesi 2015 yılında ilave edilen elektrik kapasitesinin %29,4'ne denk gelmektedir. Ayrıca bu yıllık PV kapasitesi ilk defa yıllık ilave doğal gaz ile elektrik üretim kapasitesini geçmiş durumdadır (EC, 2016:23).

ABD sadece PV santrallerinden elektrik üretimi yapmamakta aynı zamanda bu sektörün önemli PV panel üreticisi konumundadır. 2014 yılı sonu itibari ile dünya hücre üretiminin %2'sini, modül üretiminin ise %2'sini gerçekleştirmektedir (IEAa, 2015:40). ABD'de 2014 yılında 164 bin kişi PV sektöründe istihdam edilmektedir(WEC, 2016).

II.4.1.4. Çin PV Güneş Enerji Görünümü

Çin 2016 yılında 34,5 GW'lık ilave kapasitesi ile toplam 77,4 GW'lık kapasiteye ulaşmış durumdadır (GMD, 2017). Bu veriler 2015 yılında ise 15,1 GW ilave kapasite ile 43 GW'a ulaşmış idi. IEA'nın "2016 Yenilenebilir Enerji Orta Dönemli Pazar Görünümü" adlı raporuna göre 2021 yılı geldiğinde Çin PV kurulu güç kapasitesinin 150 GW'ı aşacağını tahmin edilmektedir. Ayrıca Çin hükümetinin 13. 5 yıllık kalkınma planında GHG azaltımı kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları için önümüzdeki 5 yılda 349 Milyar USD yatırım yapması beklenmektedir (EC, 2016:29). 2015 yılında Çin PV kapasitesi 43,6 GW'a ulaşmış idi. Bu kapasite toplam elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık %18,9'na denk gelmektedir (WEC, 2016).

Çin sadece PV santrallerinden elektrik üretimi yapmamakta aynı zamanda bu sektörün en büyük PV panel üreticisi konumundadır. Çin, 2003 yılında dünya PV hücre ve modül üretimindeki payı %1,6 iken (Tour vd., 2011:762), 2014 yılı sonu itibari ile dünya hücre üretiminin %61'ni, modül üretiminin ise %66'sını gerçekleştirmektedir (IEAa, 2015:40). Çin'de 2014 yılında 1,6 milyon kişi PV sektöründe istihdam edilmektedir (WEC, 2016).

II.4.1.5. Japonya PV Güneş Enerji Görünümü

Japonya 2016 yılında, 8,6 GW ilave PV kapasite kurulumu ile 42,8 GW'a ulaşmıştır. (pv magazine, 2017). Japonya 2015 yılında ise 10.8 GW'lık ilave kapasite ile

34.2 GW'a ulaşmış idi. 2015 yılında PV sistemleri 34,1 TWh elektrik üretimi ile toplam Japon elektrik tüketiminin %3,5'sini karşılamaktadır (EC, 2016:28). 2015 yılında çin PV kapasitesi toplam elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık %18,9'na denk gelmektedir. Japonyada 2014 yılında 240 bin kişi PV sektöründe istihdam edilmektedir(WEC, 2016:46,65).

Nisan 2016 tarihinden sonraki alım garantili PV elektrik ticari PV elektrik üretimi (10 KW'dan büyük) için 20 yıl boyunca 0.209 ¢/kWh olarak belirlenmiştir. Fukushima 2011 nükleer kazasından sonra Japonya enerji planlarını yeniden oluşturmuştur. Yeni planda güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları revize edilerek gelecek kurulu güç kapasiteleri artırılmıştır. (EC, 2016:28).

Japonya'da Çin gibi sadece PV sistemleri ile elektrik üretimi yapmadığı gibi aynı zamanda PV sistemin üretiminde, 2014 verilerine göre ilk beş ülke arasındadır(Çin, Tayvan, Japonya, Malezya, Kore). 2014 verilerine göre dünya PV hücre üretiminde %6'sını, PV modul üretiminde ise,%8'ni üretmektedir(IEAa, 2015:40). Japonyada 2014 yılında 240 bin kişi PV sektöründe istihdam edilmektedir(WEC, 2016:46,65).

II.4.2. Dünya PV Güneş Enerji Ekonomisi

Dünyada büyük bir ekonomik sektör haline gelen PV güneş paneli sektöründe yaklaşık 1,4 milyon kişi çalışmaktadır. Sektörün ekonomik büyüklüğüne ilişkin 2009-2013 kıyaslaması aşağıdaki Tablo 10'da yer almaktadır. Dünya PV kurulu güç kapasitesi 2004 yılında 3,7 GW iken 2015 yılı sonu itibari ile 242 GW'lık bir kapasiteye ulaşmış durumdadır. Sadece 2014 yılında kurulan PV güç kapasitesi 40 GW olarak gerçekleşmiştir. Dünyada 2014 yılında güneş enerjisi sektörüne yaklaşık 150 milyar USD'lik bir yatırım yapılmıştır (REN21, 2016). 2009-2013 döneminde PV kurulu güç kapasitesinin 6 kat arttığı, yıllık PV

elektrik üretiminin aynı dönemde yaklaşık 7 kat arttığı, özellikle İtalya'da PV elektrik üretiminin toplam elektrik üretiminin %7'si olduğu görülmektedir (IEA, 2014;9,10).

Tablo 10: PV Göstergelerinin 2009 ile 2013 Yılı Karşılaştırması

Göstergeler	2009 Yılı Sonu	2013 Yılı Sonu
Toplam Dünya Kurulu Güç	23 GW	139 GW
Yıllık Kurulum Kapasitesi	7 GW	38 GW
Yıllık Yatırım Bedeli	48 Milyar USD	96 Milyar USD
1 GW'den Büyük Kapasiteli Ülke Sayısı	5	17
Yıllık Artışı 100 MW Üstü Olan ülke sayısı	9	23
Yıllık PV Elektrik Üretimi	20 TWh	139 TWh
PV Üretimdeki Payı	PV Elektrik Üretim Payı	
Avrupa		%2,6
Almanya		%5,3
İtalya		%7

Kaynak: IEA, Technology Roadmap Solar PhotoVoltaic Energy (2014)

Bu veriler ile 2015 PV verileri incelendiğinde, PV ekonomisinin büyüme sürecinin devam ederek sektörün olgunluk seviyesine henüz ulaşmadığı görülmektedir.

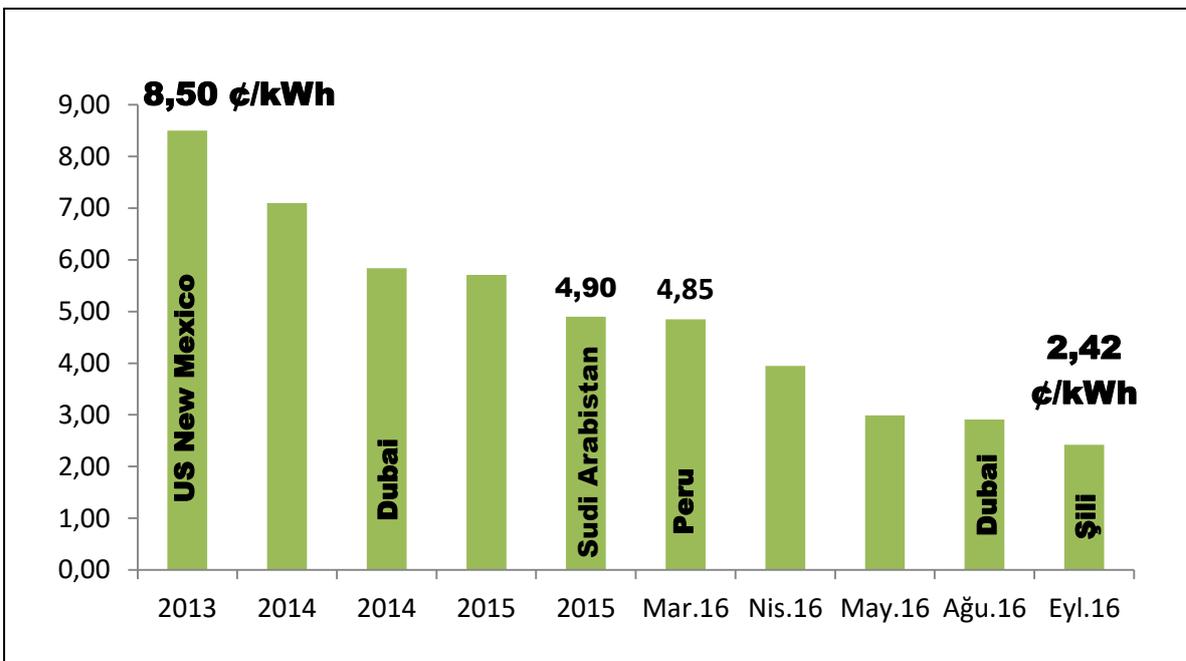
II.4.3. Dünya PV Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Maliyeti Gelişmeleri

Güneş enerjisi ile elektrik üretimi alt parça, yan sanayisi, ekipmanları ve hücre üretimi, halen gelişmekte olan bir pazar görünümündedir. Sektörde dengelerin oluşması ve olgunluk düzeyine, 2020 yılına doğru gelmesi tahmin edilmektedir. GES ekipmanları imalat piyasasının, önümüzdeki yıllarda, bilgisayar ve iletişim sektöründe de geçtiğimiz son 20 senede yaşanan konsolidasyona benzer bir süreçten geçmesi beklenmektedir. Halen her yıl çeşitli üreticilerin kapanması, şirket birleşmeleri veya şirket satın almaları ile piyasa konsolidasyon aşaması devam etmektedir (IEA, 2014:14). Güneş enerji (PV) teknolojileri geliştikçe güneş enerjisi ile elektrik üretim maliyetleri, hızla fosil kaynaklı elektrik üretim maliyetlerinin altına gelmiş durumdadır.

PV panellerin, hem elektrik üretim performansında hem de panel maliyetinde büyük gelişmeler sağlanmıştır. Böylece dünya genelinde son 35 yıl içerisinde birikimli PV kapasitesi, önceki yıllardaki kapasitenin her iki katına ulaştığında PV sistem maliyetleri de %23'lük bir azalış meydana gelmiştir (Fraunhofer ISE, 2016). PV sistemi maliyet gelişimine ilişkin başka bir çalışmada ise 2000-2014 yılları arasındaki PV sistem maliyetinde %75 oranında bir azalma gerçekleşmiştir (EPIA, 2015:6).

Maliyetlerdeki bu düşüşler piyasada GES elektrik kwh alım garantili ihalelerde etkisini göstermiştir. Bu gelişmeler ülkelerin PV güneş enerjisi ile elektrik üretimi kapsamında politika ve stratejileri yeniden güncellemeleri gereğini ortaya koymaktadır. 2016 yılı ortaları geldiğinde güneş enerjisi ile elektrik alım antlaşmalı ihalelerde, endüyük maliyetli elektrik enerjisi kaynağının güneş olduğu ortaya çıkmıştır. Dünyada PV sektörünün 2013-2016 yılı desteksiz güneş enerjisi alım antlaşmalı elektrik kwh başına ihale fiyatları şekil 13'te yer almaktadır.

Şekil 13: 2013-2016 Dünya Alım Garantili GES İhale Fiyat Gelişimi



Kaynak: <https://cleantechnica.com/solar-power/> adresinden derlenmiştir.

2015 yılı dünya ortalama kaynaklara göre elektrik üretim maliyetleri (LCOE) Tablo 11’de yer almaktadır (REN21, 2016:81). Bu fiyatlar Tablo 11’de yer alan fiyatlar ile Şekil 13’deki fiyatlar kıyaslandığında güneş enerji ile üretilen elektiriğin uygun güneş değerlerinin olduğu bölgelerde en ucuz elektrik enerji kaynağı olduğu görülmektedir.

Tablo 11: Dünya Kaynaklara Göre Ortalama Elektrik Üretim Fiyatları

Kaynak Türü	Fiyatı ¢/kWh
Biokütle	0,06
Jeotermal	0,08
Hidrolik	0,05
Rüzgar	0,06
Fosil Yakıtlar	0,045-0,14
Güneş PV*	0,0242

Kaynak: Renewables 2016 Global Status Report verilerinden derlenmiştir.

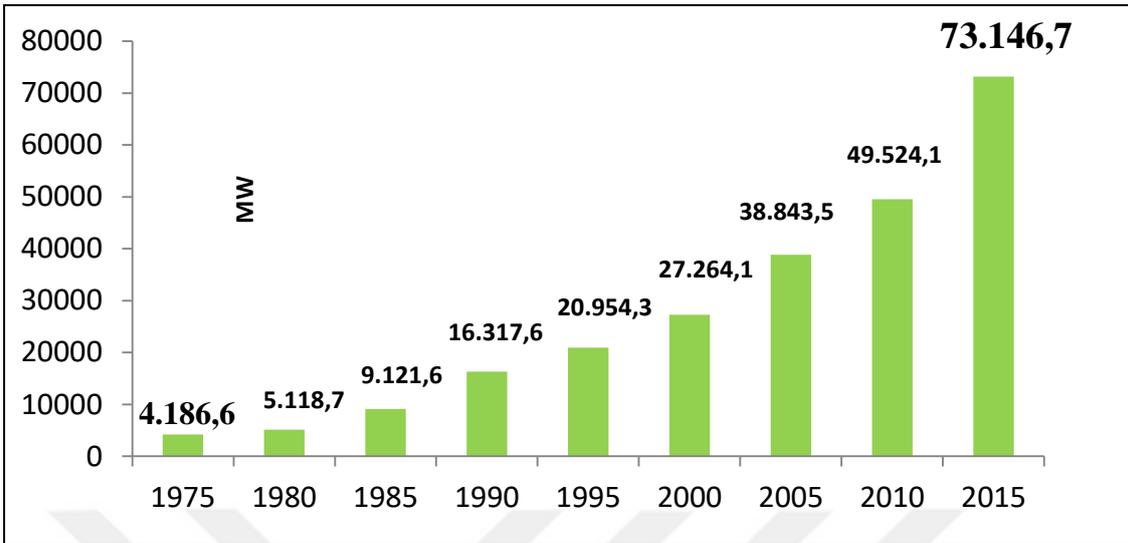
*Eylül 2016 yılı Dubai Alım Garanti Antlaşması kWh başına USD cent fiyatıdır.

Tablo 11’de görüldüğü üzere, güneş enerjisi ile elektrik üretimi teknolojisindeki iyileştirmeler ile sistem maliyetlerindeki düşüşler sonucu güneş enerjisi ile elektrik üretimi diğer elektrik üretim kaynaklarından daha düşük seviyelere gelmiştir.

II.5. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi

Türkiye ekonomik büyümesine paralel olarak enerji talebindeki büyüme rakamları oldukça fazladır. Küçük Avrupa ülkeleri göz ardı edilirse, geçen 10 yılda Türkiye elektrik, kömür ve doğal gaz enerjilerine olan talep artış oranları bakımından Avrupa’da ilk sırayı almaktadır. 2014 yıl sonu itibariyle yaklaşık 78 milyon nüfusa sahip olan Türkiye’de kişi başına elektrik tüketiminin ise bir önceki yıla göre %3,93 artışla, 2.669 kWh ulaşmıştır (EÜAŞ, 2016:14).

Şekil 14: Türkiye Elektrik Üretim Santral Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi



Kaynak: Türkiye 5 Yıllık Elektrik Üretim Kapasite Projeksiyonu Raporundan (2016-2020) derlenmiştir.

2015 yılı sonu itibariyle, 41.903,0 MW'ı termik, 623,90 MW'ı jeotermal, 25.867,80 MW'ı hidrolik, 4.503,20 MW'ı rüzgar ve 248,80 MW'ı güneş olmak üzere Türkiye toplam kurulu gücü 73.146,70 MW'a ulaşmıştır. 2015 yılı sonu itibariyle brüt elektrik enerjisi talebi 265,70 milyar kWh, puant güç talebi ise 43.289,30 MW olarak gerçekleşmiştir (TEİAŞ, 2016:78). Toplam 261,80 Milyar kWh üretim gerçekleştirilirken 7,1 Milyar kWh ithalat yapılmış, arz edilen toplam elektrik enerjisinden 3,20 Milyar kWh kısmı ihracat yapılmıştır (TEİAŞa, 2016:2).

Tablo 12: 2010-2015 Dönemi Türkiye Elektrik Üretimi ve Kurulu Gücü

Yıllar	KURULU GÜÇ (MW)				ÜRETİM (GWh)			
	Termik	Hidro.	YE	Top.	Termik	Hidro.	YE.	Top.
2010	32278,5	15831,2	1414,4	49524,1	155827,6	51795,5	3584,6	211207,7
2011	33931,1	17137,1	1842,9	52911,1	171638,3	52338,6	5418,2	229395,1
2012	35027,2	19609,4	2422,8	57059,4	174871,7	57865,0	6760,1	239496,8
2013	38648,0	22289,0	3070,5	64007,5	171812,5	59420,5	8921,0	240154,0
2014	41801,8	23643,2	4074,8	69519,8	200416,6	40644,7	10901,5	251962,8
2015	41903,0	25867,8	5375,9	73146,7	179366,4	67145,8	15271,0	261783,3

Kaynak: Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ye: Rüzgar, Jeotermal, Güneş

2015 yılında elektrik enerjisi talebi ise bir önceki yıla göre yaklaşık % 3,3'lük artışla 265,70 milyar kWh olmuştur. Mevcut sistem 2015 yılında, termik santrallerinden 179,40 milyar kWh, hidrolik santrallerinden 67,10 milyar kWh, rüzgar santrallerinden 11,7 milyar kWh, jeotermal santrallerinden 3,40 milyar kWh ve güneş santrallerinden 0,2 milyar kWh olmak üzere toplam 261,80 milyar kWh üretim gerçekleştirmiştir (TEİAŞb, 2016:19).

Tablo 13: Türkiye Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi 2014 - 2015

Kaynaklar	2014		2015		Artış
	GWh	%	GWh	%	%
Termik	200.416,6	77,92%	179.366,40	67,50%	-10,5%
Hidrolik	40.644,7	15,80%	67.145,80	25,27%	65,2%
Jeotermal	2.364,0	0,92%	3.424,50	1,29%	44,9%
Rüzgâr	8.520,1	3,31%	11.652,50	4,39%	36,8%
Güneş	17,4	0,01%	194,10	0,07%	1015,5%
Net İthalat	5.257,3	2,04%	3.941,00	1,48%	-25,0%
Toplam	257.220,1	100,00%	265.724,30	100,00%	3,3%

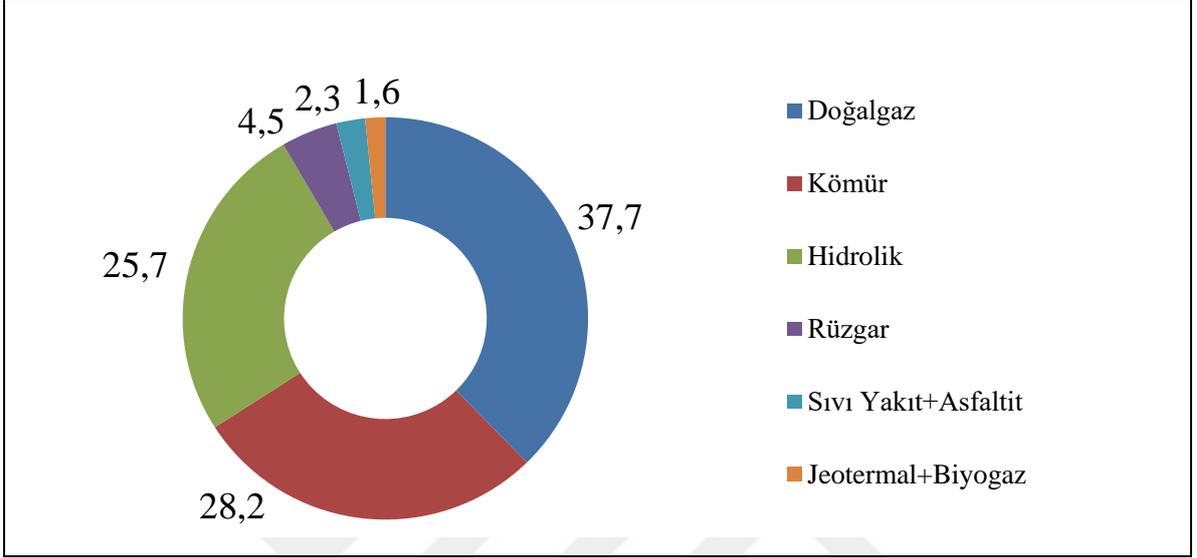
Kaynak: TEİAŞ 2015 Faaliyet Raporu'ndan derlenmiştir.

Kaynaklar açısından bakıldığında, 2015 yılı itibariyle, toplam elektrik üretiminin %37,7'si doğalgazdan, %28,2'si kömürden, %25,7'si hidrolik kaynaklardan, %4,5'i rüzgardan, %2,3'ü sıvı yakıt ve asfaltitten, %1,6'sı biyogaz ve jeotermalden karşılanmıştır (Şekil 14). 2014 yılı ile kıyaslandığında hidrolik, rüzgar, sıvı yakıtlar ve asfaltit, jeotermal ve biyogazdan yararlanma oranı artarken, doğalgaz ve kömür oranında düşme görülmüştür (EÜAŞ, 2016:15).

2016 yılında ise elektrik enerjisi talebinin bir önceki yıla göre yaklaşık % 2,9'lük artışla 273,50 milyar kWh olması beklenmektedir. Mevcut sistem 2016 yılında, termik santrallerinden 243,30 milyar kWh, hidrolik santrallerden 75,60 milyar kWh, rüzgar santrallerinden 14,00 milyar kWh, jeotermal santrallerden 4,20 milyar kWh ve güneş s

santrallerinden 142,30 milyon kWh olmak üzere toplam 337,20 milyar kWh üretim imkanına sahiptir (TEİAŞa, 2016:4).

Şekil 15:2015 Yılı Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi

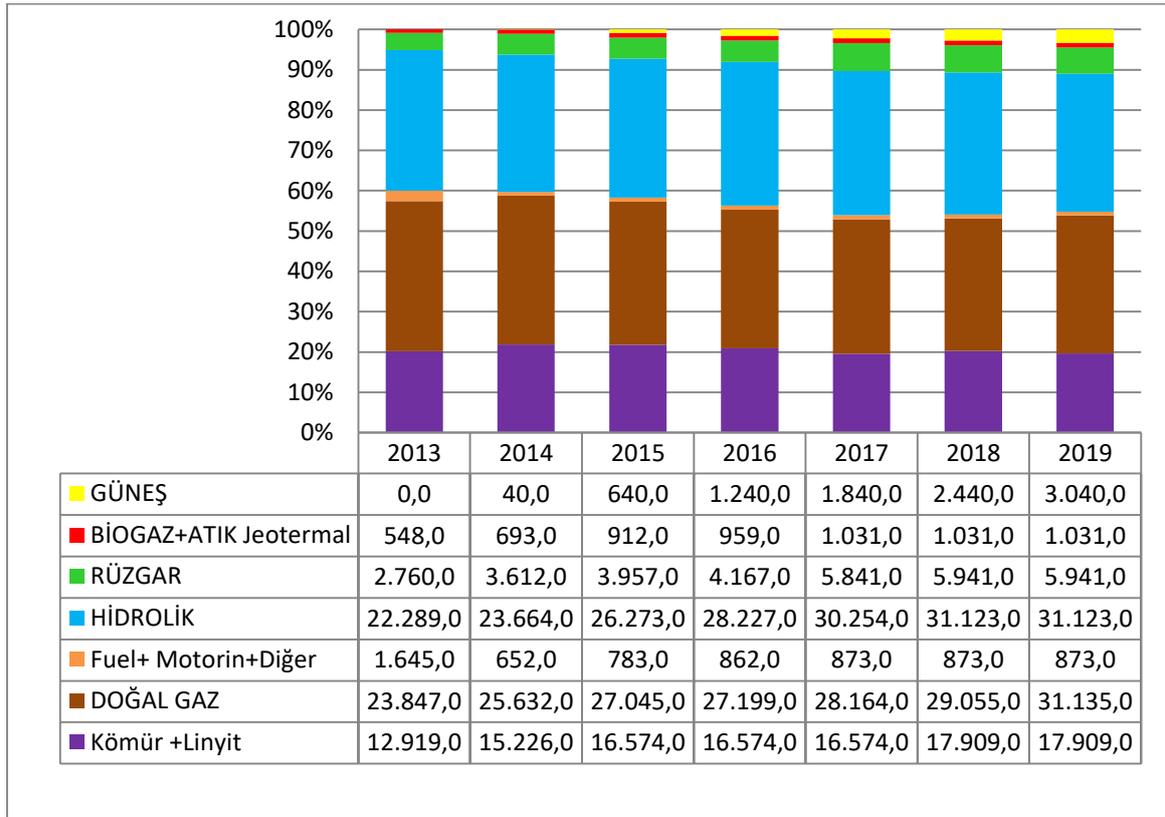


Kaynak: EÜAŞ Sektör Raporu 2015

Geleceğe ilişkin elektrik talep tahmininde kullanılan temel parametreler olarak nüfus, sanayi ve ekonomik gelişmeler dikkate alınarak yapılan talep tahmin çalışmaları sonucuna göre önümüzdeki on yıllık dönemde talebin ortalama %5,5 oranında artması beklenmektedir. Böylece 2016 yılında 273,50 milyar kWh olarak gerçekleşmesi beklenen enerji talebinin 2017 yılında 285,30 milyar kWh'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (TEİAŞa, 2016:2-3).

2015-2019 yılı halen işletmede, inşaatı devam eden, projelere dikkate alınarak ülkemizin gelecek kapasite projeksiyonu şekil 16'da yer almaktadır.

Şekil 16: Elektrik Üretim Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Gelişimi (MW)



Kaynak: Teiaş Türkiye 5 Yıllık (2015-2019) Elektrik Üretim Kapasite Projeksiyonu Raporundan derlenmiştir.

Tüm dünyada kaynaklara göre elektrik üretiminin, gelecek tahminlerinde olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranında artmalar beklenmektedir. Şekil 16’da görüldüğü üzere 2013 yılında yenilenebilir enerji kaynakları kapasite oranı %40 civarı iken, 2019 yılı geldiğinde yaklaşık %44 seviyelerine çıkması beklenmektedir. Bu kapasite artışında 2018 ve 2019 yıllarında rüzgar ve hidroelektrik santrallerinde bir artış olması öngörülmez iken güneş enerjisinin, 2019 yılı geldiğinde 3040 MW kurulu güç kapasitesine ulaşması beklenmektedir. (TEİAŞ, 2015:84)

Dünyada, son yıllarda yaşanan iktisadi gelişmelere paralel olarak ülkemizde de enerji talebinde büyük artışlar yaşanmaktadır. Özellikle enerji ithalatında büyük artışlar gerçekleşmiştir. Bu dış kaynaklı enerji kullanımının sürdürülebilir olmadığı yakın gelecekte yeterli ve zamanında temin edilmeme sıkıntısı ortaya çıkacaktır (Taş, Yıldırım ve Örnek,

2006:9). Bu nedenle özellikle elektrik üretiminde yerli enerji kaynaklarına yönelinmesi gelecek enerji krizlerinin atlatılmasında son derece önemlidir.

II.6. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

Yenilenebilir enerji; dışarıdan müdahale etmeden kendini sürekli yenileyebilen ve doğada var olan kaynaklardan elde edilen bir enerji olarak tanımlanabilir. Bu enerjiyi diğer enerji türlerinden ayıran en önemli özelliği ise doğal bir şekilde kendisini yok olmadan yenileyebilmesidir (SETA, 2017:8). Yenilenebilir enerji ithal edilmesi zor olup, yerli bir kaynak olması sebebi ile enerji arz güvenliği açısından önemlidir. Buna ilave olarak, yenilenebilir enerji CO₂ üretmemesi ve çevreye zarar vermesi de bu enerjinin önemini bir kat daha artırmaktadır. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları: hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle olarak gruplandırılmaktadır(Örnek, Yıldırım ve Taş, 2009:2057,2058).

Türkiye’de özellikle 2005 yılından sonra, yapılan yenilenebilir enerji konusundaki destek düzenlemeleri bu enerji kapsamındaki yatırımlar artırmıştır. 2005 yılında toplam 38,8 GW Kurulu güç kapasitesinin yaklaşık 13 GW’ı ve oran olarak %34’ü yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktaydı (TEİAŞa, 2016:78). 21.07.2017 tarihi itibarıyla ise, Türkiye’nin toplam 80,3 GW’lık kurulu gücünün 35,5 GW’ı ve oran olarak %44’ü yenilenebilir enerjisi olarak kayıtlarda yer almaktadır (TEİAŞa, 2017).

Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı, yıldan yıla artış göstermektedir. Ancak bu yenilenebilir enerji kaynaklarının, bir kapasite kısıtı da mevcuttur. Türkiye yenilenebilir enerji kurulu gücü ve mevcut potansiyelden yararlanma oranı tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14: Türkiye Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kurulu Güç Kapasitesi

Enerji Türleri	Kurulu Güç (MW) 21.07.2017 Tarihi İtibariyle*	Potansiyel (MW)	Potansiyeli Kullanım Oranı
Hidrolik	27.044	**60.000 (160 TWh/yıl)	45%
Rüzgâr	6.161	**48.849	13%
Jeotermal	861	**2.000	43%
Güneş	1.363	***254.000 (400 TWh/yıl)	0,54%

Kaynak: *(TEİAŞa, 2017), ** (ETKB, 2016) kaynağından verileri derlenmiştir. *** (Türkyılmaz, 2015) verilerinden derlenmiştir.

Tablo incelendiğinde en büyük yenilenebilir enerji potansiyelinin güneş enerjisi olduğu ancak en düşük oranda da faydalanılan kaynak olduğu görülmektedir. Ayrıca dünyada son yıllarda, yapılan alım garantili güneş enerjisi elektrik ihalelerinde kWh başına fiyatların oldukça düşük olduğu da göz önüne alınmalıdır. Dünya GES elektrik maliyetlerindeki düşüşler ile Türkiye GES potansiyeli birlikte değerlendirildiğinde, Artan elektrik talebinin karşılanması kapsamında, güneşin Türkiye için bir fırsat olduğu değerlendirilmektedir. Çalışmamız kapsamında ithal kaynaklı elektrik üretiminin kısılması için “hangi yerli kaynaktan yararlanmalıyız” sorusunun cevabı olarak, güneş enerjisi ön plana çıkmaktadır.

II.7. Türkiye Elektrik Üretiminde İthal Kaynak Kullanımı

Türkiye elektrik kaynaklı ithalatı incelendiğinde 1990 yıllarda %25 civarında iken 2014 yılında %68’lik bir oranı görmüştür. 2005-2015 yılları arasında, ithal kaynaklı enerjiden üretilen veya direkt olarak ithal edilen elektriğin, toplam elektrik üretimine oranı ortalaması % 60 civarına tekabül etmektedir (EİGM, 2016). Tablo 14’te yıllar itibari ile toplam elektrik üretimi ve ithal kaynaklı elektrik üretim verileri yer almaktadır.

Tablo 15: Türkiye Elektrik Üretiminde İthal Kaynakların Gelişimi

Yıllar	Elektrik İthalatı (GWh)	İthal Kömür (GWh)	Diğer Kaynaklar (GWh)	İthal Doğal Gaz (GWh)	Toplam Elektrik Üretimi (GWh)	İthal Oranı (%)
1985	2.142,40	710,3	7.082,00	58,2	34.218,90	29,20%
1990	175,5	620,8	3.941,70	10.192,30	57.543,00	25,95%
1995	0	2.232,10	5.772,00	16.579,30	86.247,40	28,50%
2000	3.791,30	3.819,00	9.310,80	46.216,90	124.921,60	50,54%
2005	635,9	13.246,20	5.482,50	73.444,90	161.956,20	57,31%
2006	573,2	14.216,60	4.340,40	80.691,20	176.299,80	56,62%
2007	864,3	15.136,20	6.526,80	95.024,80	191.558,13	61,37%
2008	789,4	15.857,50	7.518,50	98.685,30	198.418,00	61,92%
2009	812	16.595,60	4.803,53	96.094,70	194.812,93	60,73%
2010	1.143,80	19.104,30	2.180,00	98.143,70	211.207,70	57,09%
2011	4.555,80	27.347,50	903,6	104.047,60	229.395,10	59,66%
2012	5.826,70	33.324,20	1.638,70	104.499,20	239.496,80	60,66%
2013	7.424,98	31.458,24	3.890,31	104.835,05	239.293,27	61,69%
2014	7.953,30	40.222,50	3.099,44	120.576,03	251.962,73	68,21%
2015	7.411,05	42.818,10	4.212,57	98.325,96	259.604,14	58,85%

Kaynak: ETKB-Mavi Kitap 2015 derlenmiştir.

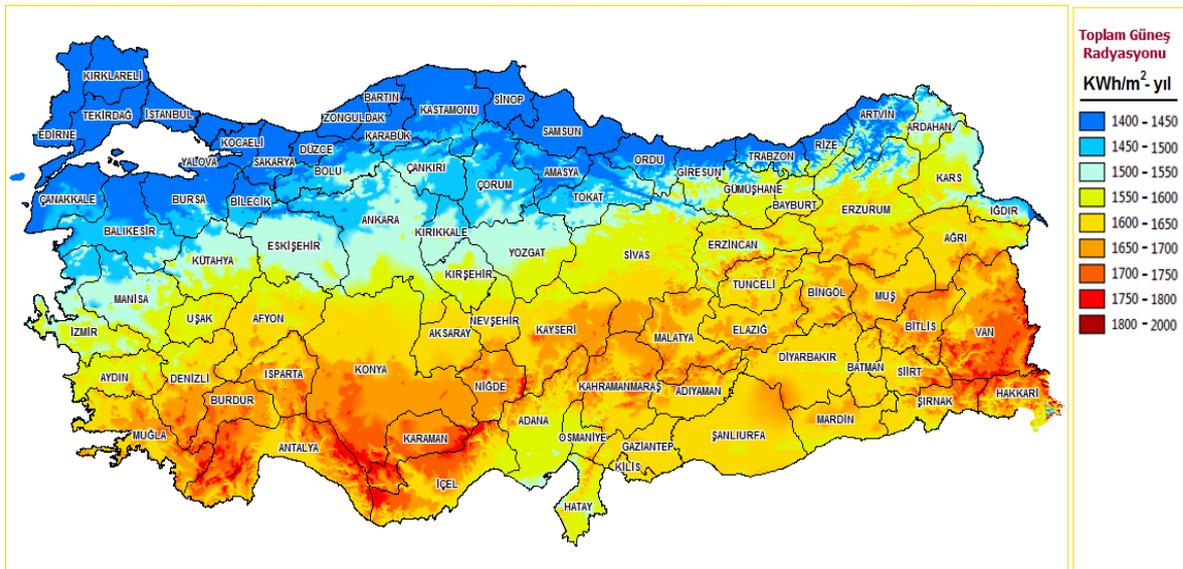
Bu ithalat artış önleme çözümü olarak, Yıldırım ve Örnek, (2007) çalışmalarında yıldan yıla artmakta olan enerji açığının önüne geçmek ve enerji arz güvenliği için öncelikle yerli kaynaklara yönelmesi (kömür, hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal) gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Türkiye'nin enerji bağımlılığının azaltılması ve enerji arz güvenliğinin sağlanması için nükleer enerji santrallerinin gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

II.8. Türkiye Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Projeksiyonu

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi kaynaklarından şanslı ülkeler grubundadır. Enerji Bakanlığı verilerine göre, Türkiye güneşlenme süresi olarak günlük ortalama 7,5 saat ve yıllık ortalama toplam 2.737 saat, günlük ortalama gelen güneş enerjisi

4,2 kWh/m² , toplam yıllık ortalama 1.527 kWh/m² olduğu tespit edilmiştir (ETKBa, 2016). Ülkemizin PV güneş paneli elektrik üretimi bakımından, yıllık GES üretim kapasitesi 400.000 GWh'tır. Bu da 2014 yılında Türkiye'de tüketilen elektrikliğin 1,5 katından fazladır (Türkyılmaz, 2015:11). Şekil 17'teki harita ile şekil 9'daki harita birlikte incelenirse Almanya'daki en iyi güneş enerji değerine sahip bölge, Türkiye'deki en kötü güneş enerji değerine sahip bölgenin güneş enerji potansiyelinden daha alt seviyede olduğu görülmektedir.

Şekil 17: Türkiye Güneş Potansiyeli Atlası



Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

Bu kapsamda ülkemizin güneş değerleri ile GES kurulu gücü Almanya ile kıyaslanırsa: Almanya, 1055 kWh/m²-yılılık bir ortalama ışınım şiddetine ve yıllık ortalama 1030 saat güneşlenme süresine sahipken, 2016 yılı sonu itibari ile 41 GW'lık GES kurulu güç kapasitesine ulaşmıştır (Fraunhofer ISE, 2017:43). Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı 1.527 kWh/m² yıl ve yıllık ortalama 2.737 saatlik güneşlenme süresine sahipken 2016 sonu itibari ile 0,8325 GW GES kurulu güç kapasitesi mevcuttur (ETKBa, 2017). Yani Türkiye Almanya'ya göre m² başına çok daha fazla ortalama güneş enerji potansiyeline

sahipken GES kurulu güç kapasitesi olarak Türkiye Almanya'nın %2'si kadarlık bir kapasiteye sahiptir. Türkiye GES'ten dahah fazla yararlanmak için çalışmalar hız kazanmıştır. Bu kapsamda ülkemizde Konya Karapınar, Niğde Bor, Karaman Ayrancı ve Van'daki enerji ihtisas bölgelerinin hayata geçmesiyle mevcut Türkiye elektrik tüketiminin %5'ni güneşten elde edilebilecektir (Enerji Haber, 2017).

Mevcutta PV kurulu gücü ise, 0,8225 GW 'lık kapasite ulaşılmıştır. 0,8196 GW 'lık kısmı lisansız (1 MW'den küçük) GES santrali ve yalnızca 0,0129 GW'lık kısmı lisanslı GES üretim santralinden oluşmaktadır (ETKBa, 2017). Ülkemiz güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak için, Haziran 2013 tarihinde, Türkiye geneli 0,6 GW'lık kapasite için lisanslı GES yarışması (ihale) düzenlenmiştir. Türkiye genelinde EPDK'ya toplam 496 proje ve yaklaşık 8 GW kurulu güç kapasitesi için başvuru yapılmıştır. 30 Nisan 2015 tarihi itibari ile 43 yatırımcı ön lisans almaya hak kazanmıştır. Yapılan lisans ihalesinde her bir MW (0,001 GW) için en düşük olarak 68.000 TL, en yüksek için ise 2.960.000 TL olmak üzere ortalama MW başına 1.800.000 TL lisans bedeli vermeyi taahüt eden firmalar ihaleleri kazanmıştır (TEİAŞb, 2017). Bu ihallerdeki fiyatlar analiz edilirse, 5346 sayılı kanunla yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen sabit döviz bazlı alım garantisi kapsamındaki GES'lerin 10 yıllık 13,3 USD cent'lik kWh saat ücretinin, 7 USD cent /kWh (Nisan 2015 bazlı TCMM döviz kuru ile) seviyelerine kadar düştüğü görülmüştür. Yani bu 7 USD cent/kWh seviyesi, aynı kanunla hidrolik ve rüzgar enerji santrali için devlet alım garanti ücretlerinin kWh başına 7,3 USD sentin altında gerçekleşmiştir. Diğer taraftan 2017 yılı içinde gerçekleştirilen 1 GW'lık kapasiteye sahip Konya Karapınar GES ihalesi 6,99 USD cent/kWh alım garantisi ile ihale gerçekleşmiştir (Dünya Gazetesi, 2017). Bu ihale, 1 GW'lık PV kurulum fiyatı için 1 Milyar USD'lik yatırım öngörülmüştür (ETKBB, 2017). Ayrıca ihaleyi kazanan firma tarafından yıllık 500 MW panel üretim kapasitesine sahip PV panel

imalatının da yurt içinde yapılması ihale şartlarında yer almıştır. Bu ihale sonucu DYY kapsamında 0,65 Milyar USD bir sermaye girişi gerçekleşmesi beklenmektedir (Dünya Gazetesi, 2017). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de GES teknolojisindeki hızla gelişmeler GES yatırımlarını yaygınlaştırmaktadır. Ancak ülkemizin GES hedefi bu gelişmelere uygun olarak revize edilememektedir.

Bu kapsamda ETKB'nın güneş enerjisi hedefleri tablo16'da verilmiştir.

Tablo 16: Türkiye 2017-2030 GES Kurulu Güç Hedefi

Yıllar	Kümülatif GES Kurulu Güç Hedefi Baz Senaryo (GW)
2017	1,800
2018	2,000
2019	3,000
2020	3,600
2021	4,000
2022	4,400
2023	5,000
2030*	10,050

Kaynak: YEGM Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı verilerinden derlenmiştir.* Verisi ise WWF-TÜRKİYE, 2014 kaynağından alınmıştır.

Güneş enerjisinde bu olumlu gelişmeler yaşanırken Enerji Bakanlığı'nın 2030 yılına kadar belirlediği GES kapasite hedefleri bu olumlu gelişmelerin çok çok altında kaldığı değerlendirilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE 2017-2030 DÖNEMİ GÜNEŞ ENERJİ YATIRIM PLANLARI KAPSAMINDA CARİ DENGE AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİNİN KURULMASI, ÇÖZÜMÜ VE ANALİZİ

Modelde, güneş enerjisi ile elektrik üretilerek, enerji ithalatının azaltımı ve böylece Türkiye cari açığının sürdürülebilir seviyelere çekilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle Türkiye enerji ithalatı miktarları, ithal kaynakların elektrik üretimindeki payları, enerji ithalatın cari açık içindeki payı, Türkiye GES üretim potansiyeli, elektrik üretimindeki GES'lerin elektrik üretim değerleri, PV sisteminin ithal oranları, DYY'lerin yıllık girişleri ve DYY'lerin yıllık kar transferleri, döviz bazlı kredi faiz oranları gibi birçok parametre kullanarak Türkiye 2017-2030 yıllarındaki GES yatırım planları oluşturulmuştur.

Optimizasyon modelinin amaç fonksiyonu oluşturulurken Türkiye ödemeler bilançosunun kayıt ve hesaplar arasındaki ilişki baz alınmıştır. Böylece oluşturulacak yıllık yatırım planları, bu cari açığın mevcut dengesini bozmayacak optimum sonucu verecektir. Keza DYY yatırımları sadece döviz girişi sağlamamakta aynı zamanda işletme döneminde kar transferi yaparak cari açığa sebep olmaktadır (Alagöz, 2016). Ayrıca GES yatırımları yapılırken ithal sistem maliyetleri de cari açığı artırıcı olarak karşımıza çıkmaktadır. YİY yatırımları ise kredi kullanmakta ve kredilerin faiz ödemeleri de cari açığı artırmaktadır. Bu nedenle ülkemizin cari açığını sürdürülebilir seviyelere çekerken, büyümeye katkı sağlayacak, DYY girişi ve YİY ile GES yatırımı yapıp elektrik üretilen ithal kaynaklı enerji ihtiyacını azaltacak, GES yatırımları için ithalatın mevcut ödemeler bilanço dengesini bozmayacak, ulusal güneş enerjisi elektrik üretimi stratejisiyle uyumlu, bir matematiksel model kurulmuştur. Çözüm sonucu 2017 -2030 yılları arası her yıl ne kadarlık bir doğrudan yabancı yatırım ve yurt içi yatırım yapılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Kısacası ülkemiz cari açığının sürdürülebilir seviyelere çekilmesi için uzun dönemde yatırım planlarını ortaya koyacak optimizasyon modeli kurulmuş ve çözülmüştür.

III.1. Literatür Taraması

Literatürde enerji kaynaklı cari açığın azaltımı kapsamında GES yatırım planlama stratejisi için bir optimizasyon modeli oluşturulmasına yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle literatür araştırması, i. Enerji Kaynaklı Cari Açık Sorunu, ii. Optimizasyon Kapsamında Enerji Yatırım Planları olarak iki bölümde ele alınmıştır.

III.1.1. Enerji Kaynaklı Cari Açık Sorunu

Cari açığın GSYİH'ye oranının, ekonomik bir sorunun göstergesi olduğunu ve bu oranında, Freund (2000) göre %5, Dornbusch ve Fischer (1990) göre ise %4 olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir. Labonte (2010)'a göre, Meksika, Türkiye, Doğu Asya, Brezilya, Arjantin gibi gelişmekte olan ülkelerde büyük cari açıklar, finansal ve döviz krizlerinin en önemli göstergesi olarak belirtilmektedir.

Karabulut ve Danişoğlu, (2006) da çalışmalarında, sadece gelişmekte olan ülkelerin problemiymiş gibi görülen fakat ABD gibi birçok güçlü ekonominin de sorunu olan cari işlemler açığını incelemiştir. Analizlerinde hem kısa hem de uzun dönem ilişkileri inceleme olanağı sağlayan VEC yöntemini kullanarak, petrol fiyatlarının artması sonucu cari açığın da arttığını tespit etmişler. Petrol fiyatlarının artması doğal olarak üretimi azalttığı için GSYİH'nin azalmasına neden olacağı için petrol fiyatları ile GSYİH arasında negatif bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır.

Aytemiz ve Şengönül, (2008) petrol ithalatı yapan gelişmekte olan ülkeler için, maliyeti artan enerji ithalatının bu ülkelerde cari işlemler açığına neden olacağını ve

çalışmalarında Türkiye'deki cari işlemler açığı üzerinde enerji fiyatlarının etkisini incelemeye çalışmışlardır. Analiz sonuçlarına göre döviz kurlarındaki değişimin ve enerji fiyatlarının cari açığı olumsuz bir şekilde etkilediği sonucuna varmışlardır.

Yanar ve Kerimoğlu, (2011) çalışmalarında cari açık büyümenin bir sonucu mu? Aynı zamanda büyüme enerji tüketimin de artış meydana getirir mi? Sorularının nedensellik yönünün ne olduğunu analiz etmişlerdir. Yaptıkları analiz sonucunda 1975-2009 yılları arasında Johansen eş bütünleşme analizi testi ile enerji tüketimi, cari açık ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ilaveten vektör hata düzeltme modeli ile büyüme arttıkça enerji tüketiminde artış meydana geleceğini, enerji tüketiminde ki artışın ise cari açığı arttırıcı etki yapacağı sonucuna varmışlardır. Yani nedenselliğin yönünün, enerji tüketiminden büyümeye doğru güçlü bir ilişki şeklinde meydana geldiğini, büyüme ile cari açık arasında çift yönlü fakat zayıf bir ilişki meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Eşiyok (2012), çalışmasında Türkiye'deki cari açığın son dönemlerde artmasının sebeplerinden biri olarak giderek düşen tasarruf oranlarını göstermekte ve bunun yanında Türkiye'nin enerji kaynakları açısından dışa bağımlı olduğunu, petrolün ve doğalgazın %99'unu ithal ettiğini ifade etmektedir. Dış ticaret ve cari açığın kapatılması için orta ve uzun dönemde enerjide dışa bağımlılığı azaltıcı politikaların izleyerek alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi, enerji üretiminde yerli katkı payının artırılması, enerjide ithalata bağımlılığın önlenmesi açısından gerekli olduğu görüşündedir.

Soydal, Mızrak ve Çetinkaya (2012), dış ticaret açığının azalmasında ve ödemeler dengesi bilançosunun pozitif bir trend seyretmesi için enerji ihracatımızın artması gerektiği bunun için de ülkemizde potansiyeli var olan rüzgar, güneş, jeotermal, biyoenerji,

hidroelektrik gibi bir çok alternatif enerji imkanlarındaki potansiyelin açığa çıkarılarak daha yüksek miktarda kullanılabilir hale getirilmesi gerektiğini ifade etmektedirler.

Göçer (2013), çalışmada Türkiye’de cari işlemler açığının nedenleri ve finansman kalitesi; VAR modeliyle, sürdürülebilirliği; Johansen ve VEC yöntemleriyle, 1996: M01-2012: M01 dönemi verilerini kullanarak analiz etmiştir. Bu analiz sonucunda Türkiye’de analize konu edilen dönemde cari açığın %37’si enerji ithalatından, %26’sı enerji hariç dış ticaret açığından, %24’ü dış borç faiz ödemelerinden, %7’si DYY kar transferlerinden ve %6’sı portföy yatırımlarının kar transferlerinden kaynaklandığı tespit etmiştir.

Demir (2013), çalışmasında ekonomik ve sosyal gelişmelerle birlikte ülkelerin üretim hacimlerinin artması, tüketicilerin talep ve beklentilerin çeşitlenerek genişlemesi enerji talebinin de artmasına neden olacağını ifade etmiştir. Bir başka sorunun ise söz konusu gelişmekte olan ülkelerin bu enerji talebinin çoğunu karşılayamaması sonucu önemli ölçüde dışa bağımlı olmaları ve yenilenebilir enerji kaynakları başta olmak üzere yerli enerji arzını artıracak alternatifler üretemediklerini belirtmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, sanayi üretim endeksi ve enerji ithalatından cari açığa doğru tek yönlü nedensellik biçiminde oluştuğunu ortaya koymuştur.

Doğan, (2014) çalışmasında Türkiye ekonomisinde özellikle elektrik üretiminde enerji kaynaklarından petrol ve doğalgaz kullanımına ağırlık verilmesi nedeniyle 2003 yılından sonra enerji ithalatının hızla artması sonucu enerjide dışa bağımlı hale gelmesinde önemli bir etken olduğunu ifade etmiş ve Türkiye’nin ihtiyacı olan petrol ve doğal gazın 2012 yılı itibarıyla petrolün %93,9’nu, doğalgazın ise %98,6’sı ithalat ettiğini verilerle desteklemiştir. İthal edilen bu kaynaklarla elektrik üretiminin yapılması sonucu enerjide dışa bağımlılığın arttığını ve doğal olarak cari işlemler açığını da arttırdığını ifade etmiştir.

Bayrak ve Esen (2014) enerji açığı sorunu üzerine yaptığı çalışmada enerji tüketiminin 1980 yılında 31.963 bin TEP'den 2011 yılında 114.480 bin TEP seviyesine ulaştığını ancak, artan enerji tüketimine karşılık Türkiye'nin, enerji üretimini aynı oranda artıramamasının, enerji açığı gibi önemli bir sorunu ortaya çıkardığını söylemektedir. Türkiye'de artan enerji ithalatı ve dışa bağımlılığın giderek artması, cari işlemler hesabının açık vermesine, makroekonomik dengelerin bozulmasına ve ekonominin dış şoklara karşı ekonominin daha kırılgan hale gelmesine yol açacağı konusundaki kaygıların arttığını belirtmiştir.

Uysal, Yılmaz ve Taş (2015)'in çalışmalarında Türkiye'nin cari açık vermesinin temel sebeplerinin başında enerji ithalatının geldiğini ifade etmişlerdir. 1980-2012 yıllarına ait büyüme, enerji tüketimi ve cari açık verilerini kullanarak kurdukları VAR(vektör otoregresyon) modelinden hareketle Johansen eşbütünleşme analizini uygulamışlar ve aynı zaman da değişkenlere etki-tepki analizi ve varyans ayrıştırması yapmışlardır. Yaptıkları analiz sonucunda büyüme, enerji tüketimi ve cari açık değişkenlerinin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri sonucuna ulaşmışlardır.

Özsoy ve Dinç, (2016) çalışmalarında Türkiye'de enerji kullanımının büyük ölçüde fosil enerji kullanımına dayalı olduğunu ve ülkenin net enerji ithalatçısı olması nedeniyle enerji ithalatının cari işlemler açığını negatif etkilediğini ifade etmiştir. Yine Türkiye'nin enerji arz güvenliği için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerektiğini savunmuştur.

He, Ng, ve Su, (2015) çalışmasında Input-Output Doğrusal Programlama kullanarak Çin için enerji ithalatı esnekliği hesaplanmıştır. Enerji ithali azaltıldığında iç talebinin azalmasına sebep olduğundan maksimum enerji ithal azaltımında oluşacak enerji ithal esnekliği tespiti yapılmıştır. Çin verileri kullanarak farklı enerji kaynaklarının portföyü

kapsamında bazı varsayımlar yapılarak önemli sektörler arası bağımlılık ilişkisi ortaya konulmuştur. Çalışmada enerji güvenliği ve ekonomik dengeler baz alınarak Çin hükümetinin hangi enerji sektöründe yatırım yapması gerektiği ortaya konulmuştur.

Huntingto, (2015) Çalışmada 91 ülke için ham petrol ticareti ve cari açık ilişkisi istatistiki olarak incelenmiştir. Belirli şartlar altında petrol ithalatı artışı, ülkelerin ticaret açığının oluşmasında önemli bir faktör olduğunu göstermiştir.

Vaona, (2016) istatistiki çalışmasında 26 ülke için yenilenebilir enerji üretimi ile ithalat dinamikleri arasındaki ilişkiyi ithalat denklemleri ile incelemiştir. Sonucunda yenilenebilir enerji üretim artışının ithalatın artış hızını azalttığı sonucunu elde etmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji üretimini sadece ekonomik sürdürülebilirliği katkısı değil, fosil ve nükleer enerji kaynaklarının sağlık ve çevre konusunda zararlı etkileri, enerji bağımlılığı ve dış borçlarının azaltımında katkı sağladığı değerlendirilmesini yapmıştır.

İktisat literatüründeki çalışmalar genel olarak, cari açığın birinci kaynağı olarak enerji ithalatından kaynaklandığını istatistiksel yöntemler ile ortaya koymuşlardır. Çalışmalarda genel olarak mevcut durum tespiti yapılmış, cari açığın nasıl azaltılabileceğine ilişkin alternatifler ve stratejiler geliştirmede yeterli düzeyde çalışma bulunmamaktadır. Bazı çalışmalarda yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması, ihracatın artırılması, Ar-Ge harcamalarının artırılması gibi stratejiler önerilse de, sayısal ve matematiksel temellere dayalı bir çözüm sunulmamıştır. Kısaca enerji ithalinden kaynaklanan cari açık sorununda, bu ithal enerjinin nasıl ikame edilmesi gerektiği, PV GES enerjinin buna hangi koşullarda çözüm olabileceği hususunda yeterli düzeyde çalışma bulunmamaktadır.

III.1.2. Optimizasyon Kapsamında Enerji Yatırım Planlaması

Literatürdeki doğrusal optimizasyon modelleri, Dantzig, (1947) Lineer optimizasyon modelinin temel formülasyonu çalışması ile başlamaktadır. Bu tarihten sonra farklı karmaşık problemler için farklı modellere önerilmiş ve geliştirilmeye çalışılmıştır.

Kavrakoglu, (1980) Optimum enerji kaynakların ulusal yatırım planı kapsamında, yatırım maliyetlerindeki indirimleri, işletme maliyeti ve kapasite altı kullanım gibi kısıtları baz alarak dinamik doğrusal optimizasyon program modeli oluşturmuştur. Bu modeli Türkiye enerji sektörüne uygulamış ve Türkiye Elektrik Kurumu tarafından bu model planlama kapsamında kullanılmıştır.

Fishbone ve Abilock, (1981) MARKAL'ın teknik yapısal özelliklerini, model bağlantı kısıtları karşılandığındaki fonksiyonların ve parametrelerin belirlenmesi gibi hususlarda modeli genişletmişlerdir. Diğer bir program, BESOM optimal enerji kaynaklarının minimum sistem maliyetle yatırımı ve teknolojiler ile uyumlu olarak belirlenmesinde kullanılmıştır. Wene and Rydén, global enerji sistem modeli ile elektrik üretim alt sistemini iki doğrusal optimizasyon model temelli modelin küçük yerleşim yerleri için enerji planlamasının adaptasyonunu sağlamışlardır (Wene ve Rydén, 1989).

Diğer bir çalışmada, Gabriel, Kydes, ve Whitman, (2001) Ulusal Enerji Sistem Modeli'ni (The National Energy Modeling System: NEMS), enerji sektörü ve ABD Enerji Departmanı tarafından enerji fiyat ve miktar dengelerini büyük ölçekli matematiksel modellerle hesaplanmasını ortaya koyan model üzerine çalışmışlardır. Modelde, enerji arzı, enerji talebi ve enerjinin dönüşüm/iletimi olmak üzere NEMS üç alt modülden oluşmaktadır. NEMS içerisinde eşdeğer yakıt fiyatları ve miktarları modüller arasında herbir modülde elde edilen sonuçlar birbirine iletilmektedir. NEMS içerisinde doğrusal ve doğrusal olmayan bağlantılı denklemler yer aldığı optimum çözüm süreçlerini içermektedir. Yazarlar

çalışmada, NEMS'in doğrusal olmayan tamamlayıcı problemler (Nonlinear Complementarity Problem: NCP) veya çeşitli kısıt varyasyonu kapsamında büyük çaplı modellere uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

Drozd, (2003) Jeotermal enerjinin kullanımı ve enerji dönüşümlerine ilişkin bir doğrusal optimizasyon modeli geliştirmiştir. Model kapsamında kullanılan diğer enerji türleri ile kıyaslama yapılarak jeotermal enerjinin en etkin bir şekilde kullanımı için bir doğrusal model geliştirmiştir.

Yang, ve et all, (2005) Çalışmalarında Enerji Sistem Dağıtımını için (General Algebraic Modeling System) optimizasyon programı ile enerji tasarrufu, çevre ve ekonomik etkinlik kısıtları ile enerji kaynaklarının optimum dağıtım planlamasını yapmışlardır.

Dudhani, et.all (2006) Elektrik üretimin enerji kaynaklar bazında optimizasyonu için yenilenebilir enerji seçeneğini modele ilave etmişlerdir. Önerilen model doğrusal optimizasyon programlama temelli enerji kaynak dağıtım modelidir.

Zeng, Cai, Huang, ve Dai, (2011) literatür review çalışmasında, enerji kaynak planlaması kapsamında sistem analizi ve optimizasyon modellerini metodoloji ve uygulamalar kapsamında: i. Sera gazı azaltımı optimizasyon modeli (optimization modeling of GHG emission mitigation); ii. Belirsizlik altında enerji optimizasyon modeli (optimization modeling of energy systems planning under uncertainty); and iii. Karar destek temelli modelleme araçları (model-based decision support tools) olarak 3 grupta sınıflandırmıştır. Ayrıca bu üç sınıflandırma kapsamındaki modellerin çözümü için, birçok büyük ölçekli enerji sistem optimizasyon modeli geliştirilmiş ve dünyanın çoğu yerinde uygulaması yapılmıştır: TESOM (The Time-stepped Energy System Optimization Model), BESOM (the Brookhaven Energy System Optimization Model), MARKAL (The Market Allocation Model), MENSA (Multiple Energy System of Australia), EFOM (The Energy

Flow Optimization Model), LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) gibi modellerdir. Bu programlar zamanla araştırmacılar tarafından üzerinde çalışmalar yapılarak uygulama alanları genişletilmiştir. MARKAL, optimum enerji sistem planlaması için, enerji taleplerini, birkaç dönem bazında doğrusal program modeli ile çözüm oluşturan programdır.

Rizzo ve Savino, (2012) alışmalarında CO₂ emisyon azaltımı amacı için, optimal enerji kaynaklarının etkinlik ve maliyetler dikkate alan bir doğrusal programlama ile çözüm sunmuşlardır. Modelde ısıtma, sıcak su ve elektrik enerjisi ihtiyaçları için termal kolektör, güneş enerji paneli, fosil yakıtlar ve enerji tasarruf yatırım değişkenleri kapsamında yatırım maliyetleri, yıllık enerji tasarrufu ve CO₂ salınımı gibi kıstaslar ile modeli oluşturup zmlerdir. Önerilen doğrusal programa modeli belediyeler düzeyinde sürdürülebilir enerji eylem planı uygulamaları için uygundur sonucuna varmışlardır.

Krzemień, (2013) alışmasında MARKAL modeli ile diğer modelleri kıyaslamıştır; Enerji optimzasyon programlarının amacı: enerji arz güvenliği, sera gazı azaltımı (greenhouse gas emissions: GHG), yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi gibi kıstasları temel alarak optimum enerji kaynak dağıtımını sağlamaktır. Bu amaçları yerine getirebilmek için enerji konusundaki enerjinin dağıtımı, teknolojik ekipmanlar, enerjinin dönüşümü ve kullanımı kapsamında en uygun enerji formu oluşturma çalışmaları yapılmaktadır. EFOM (Energy Flow Optimization Model), MARKAL (MARKet ALlocation), TİMES (The Integrated MARKAL-EFOM System), ENPEP(Energy and Power Evaluation Program), MIDAS(Mobile Integrated Dynamic Analysis System) gibi enerjiye ilişkin belirli bir amacın çeşitli kıstlarla kurulan modelleri optimzasyon yapan programlardır. MARKAL doğrusal optimizasyon temelli bir programdır. Bir veya daha çok değişkenli kıstlar dahilinde doğrusal amaç fonksiyonu için uygun değerleri bulmaktadır. Ayrıca yıllar itibari ile üretilen enerjinin maliyetini tüm yıllar için yatırım maliyetini, bakım

onarım maliyetini, değişken maliyetleri ve çevre maliyetleri de dikkate alarak hesaplamaktadır.

van de Ven ve Fouquet, (2016) çalışmada enerjiye bağlı şokların ekonomi üzerine etkilerini incelenmiştir. İnceleme sonucunda ülkelerin bu enerji kaynaklı şoklara karşı etkilerini azaltımı için yenilenebilir enerji kaynak kullanımına yönelmesi gerektiğini belirtmiştir.

Zhang, Zhou, ve Zhou, (2016) çalışmasında (real options model: ROM) ile Çin yenilenebilir enerji yatırımlarını, CO₂ emisyon fiyatı, fosil yakıtlı enerji maliyetleri, birim elektrik üretim kapasitesi, yatırım maliyetleri ve elektrik piyasa fiyatları ve destek fiyatları dikkate alınarak uygun yatırımların yıl bazında zamanlamasını optime etmiştir. ROM modelin çözümünde geriye doğru dinamik programlama (backward dynamical programming algorithm) ve Enküçük kareler Monte Carlo Simulasyonu (the Least Squares Monte Carlo: LSMC) metodlarını kullanmışlardır. Bu parametrelerin değişimi ile Çin için uygun PV yatırım zamanlarını belirlemişlerdir. Çalışmada 1900 kWh'lık (1,9MW) kapasitenin üstündeki kapasiteler için, PV yatırımları için yatırım yapılması gereken optimumu tarih olarak 2016 yılını hesaplamalarında bulmuşlardır.

GAMS, (2017) modele ait site de, GAMS Matematiksel Program modelleri için yüksek seviyede modelleme sistemidir. Kompleksitesi yüksek ve büyük ölçekli modellerin uygulamaları için GAMS özgün modellerin oluşturulması ve çözümü için imkan vermektedir. Bu kapsamda Şili için yüksek fiyatlı fosil kaynakları yerine güneş, rüzgar ve hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim kapasitesi için uzun dönemli bir programlama The Power (Electricity Timetable: PET) modeli oluşturulmuştur. Modelde ayrıca: i. Elektrik üretim ve dağıtım genişletme çalışmaları, ii. Yenilenebilir enerji kaynakların entegrasyonu, iii. Enerji fiyat projeksiyonu, iv Elektrik piyasa analizi ve

simulasyonu, v. Belirsizlik altında optimizasyon ve risk analizi yapmaya imkan veren modullerde mevcuttur.

III.2. Optimizasyon Modelinin Kurulması

Çalışmamız, GES yatırımları ile elektrik üretilerek Türkiye cari açığının sürdürülebilir seviyelere çekmeyi amaçlayan doğrusal optimizasyon modelinin oluşturulması ve çözümlenmesidir. Bu kapsamda öncelikle Türkiye enerji ithalatı miktarları, ithal kaynakların elektrik üretimindeki payları, elektrik üretim amaçlı enerji ithalatının cari açık içindeki payı, GES ile elektrik üretim değerleri, GES ithal ve yerli oranı gibi veriler öncelikle analiz edilmiştir. Bu ham veriler, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ekonomi Bakanlığı, TÜİK, TCMB verilerine ve diğer ilgili kurumlara ait raporlardan elde edilmiştir.

Türkiye mevcut cari işlemler dengesini, bozmadan sürdürülebilir seviyelere çekerken, büyümeye katkı sağlayacak, cari açık artışına sebep olan ithalatı, DYY ile dengleyecek, yani ekonomik olarak iç ve dış dengeyi bozmayacak, ulusal GES stratejisiyle uyumlu, bir doğrusal model kurulmuştur. Çözüm sonucu 2017 -2030 yılları arası her yıl ne kadarlık bir DYY ve ne kadarlık bir YİY bedellerini optimum sonuçla cari açığı sürdürülebilir seviyeye çekebileceği sorusuna cevap aranmıştır. Kısacası Türkiye cari açığının sürdürülebilir seviyelere çekilmesi için uzun dönemde yatırım planlarını ortaya koyacak optimizasyon modeli kurularak çözümlenmiştir.

III.2.1. Model Parametreleri ve Katsayıları

Bu bölümde, modelin sayısal verileriyle modellenebilmesi için bazı katsayı ve parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Tablo 6'da yer alan değerler 2006-2015 yılları arasında Türkiye enerji ithalatının, ithal kaynaklı elektrik üretim oranları baz alınarak tablo

17’de yer alan yıllık ithal kaynaklı elektrik üretim maliyetleri hesaplanmıştır. Burada ayrıca ithal elektrik üretim tablosunda yer alan toplam elektrik enerji miktarını, ne kadarlık bir GES kapasitesi ile karşılanacağı hesaplanmıştır. Yani başka bir deyişle enerji birim ölçüsü, para birimi parabirimi olarak ifade edilmiştir. Diğer parametre olarak 1GW’lık GES kurulu gücün yıllık 1.600 GWh’lık bir elektrik enerjisi ürettiği hesaplamalarda kullanılmıştır (GENSED, 2016). Böylece yıllık 1 GW’lık kurulu gücün ne kadarlık bir ithal elektrik bedelini azaltacağı hesaplanabilmektedir. Burada 1 GW’lık GES yatırımı, 2007-2014 yılları arasında yıllık 120 Milyon USD ile 210 Milyon USD’lik bir ithal enerjiyi azalttığı tespit edilmiştir. Bu değer farklılığı, ithal edilen enerji kaynaklarının USD bazlı fiyat dalgalanmaları, enerji santrallerinin kaynak çeşitliğine bağlı kapasite değişimleri ve elektrik üretiminin yıllık iklimsel farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Bu 8 yıllık verilerin ortalaması alınarak, 1 GW’lık GES yatırımının yıllık 170 Milyon (0,17 Milyar) USD’lik enerji ithalatını azaltacağı modelde kullanılmıştır.

Tablo 17: İthal Kaynaklı Elektrik GES ile Karşılama Verileri

Yıllar (Milyar Dolar)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Türkiye Enerji İthalatı	33,9	48,3	29,9	38,5	54,1	60,1	55,9	54,9
Türkiye Enerji İthalatında Elketrik Üretimi	8,82	14,49	8,97	11,94	16,77	18,63	17,33	18,70
İthal Elketirik Üreten Elektiriği GES ile Karşılama Kapasitesi Bedeli	73,47	76,78	73,94	75,36	85,53	90,81	92,26	107,41
Her 1 GW’lık GES Yatırımın Yıllık Enerji İthalatını Azaltma Bedeli	0,12	0,19	0,12	0,16	0,20	0,21	0,19	0,17
Yıllık 1 GW’lık GES Yatırımının Ortalama İthal Enerjiyi Kısmı Bedeli	0,17							

Kaynak: EİGM Genel Enerji Denge Tabloları, Tüik ithalat verileri, ile GES Elektrik üretim verilerinden derlenmiştir.

GES yatırımları ile enerji ithalatının kısılacağı böylece cari açığın azaltılacağını tespit etmiştik. Ancak bu GES yatırımları için %70 oranında ithalat, yabancı sermaye için

kredi faizi, DYY'lerin kar transferleri gibi cari açığı artırıcı negatif parametrelerde mevcuttur (Alagöz, 2016). Bu parametreler modelde yer almakta olup, geçmiş ve mevcut veriler ışığında hesaplanmıştır. 2000-2015 yılları arasında DYY'lerin kar transferleri dikkate alınmış ve birikimli DYY'ler yıllık ortalama %7'lik bir kar transferi gerçekleştirmektedir. Ayrıca aynı dönemde yıllık DYY girişi 10 milyar USD civarı gerçekleşmektedir.

Tablo 18: 2000-2015 Dönemi DYY Girişi ve Kar Transferleri

Yıllar	Gayri Menkul DYY (M\$)	Yıllık DYY (M\$)	Yıllık DYY (Gayri Menkul Hariç) (M\$)	Birikimli DYY (Gayri Menkul Hariç) (M\$)	Yıllık KT (M\$)	Yıllık KT/ Birikimli DYY (%)
2000	0	982	982	982	279	28%
2001	0	3352	3.352	4.334	309	7%
2002	0	1082	1.082	5.416	401	7%
2003	998	1.702	704	6.120	643	11%
2004	1.343	2.785	1.442	7.562	1.043	14%
2005	1.841	10.031	8.190	15.752	1.051	7%
2006	2.922	20.185	17.263	33.015	1.182	4%
2007	2.926	22.047	19.121	52.136	2.213	4%
2008	2.937	19.851	16.914	69.050	2.957	4%
2009	1.782	8.585	6.803	75.853	2.933	4%
2010	2.494	9.099	6.605	82.458	2.871	3%
2011	2.013	16.182	14.169	96.627	2.937	3%
2012	2.636	13.284	10.648	107.275	2.646	2%
2013	3.049	12.384	9.335	116.610	3.662	3%
2014	4.321	12.523	8.202	124.812	2.328	2%
2015	4.156	16.957	12.801	137.613	3.396	2%
Ortalama		10.689				7%

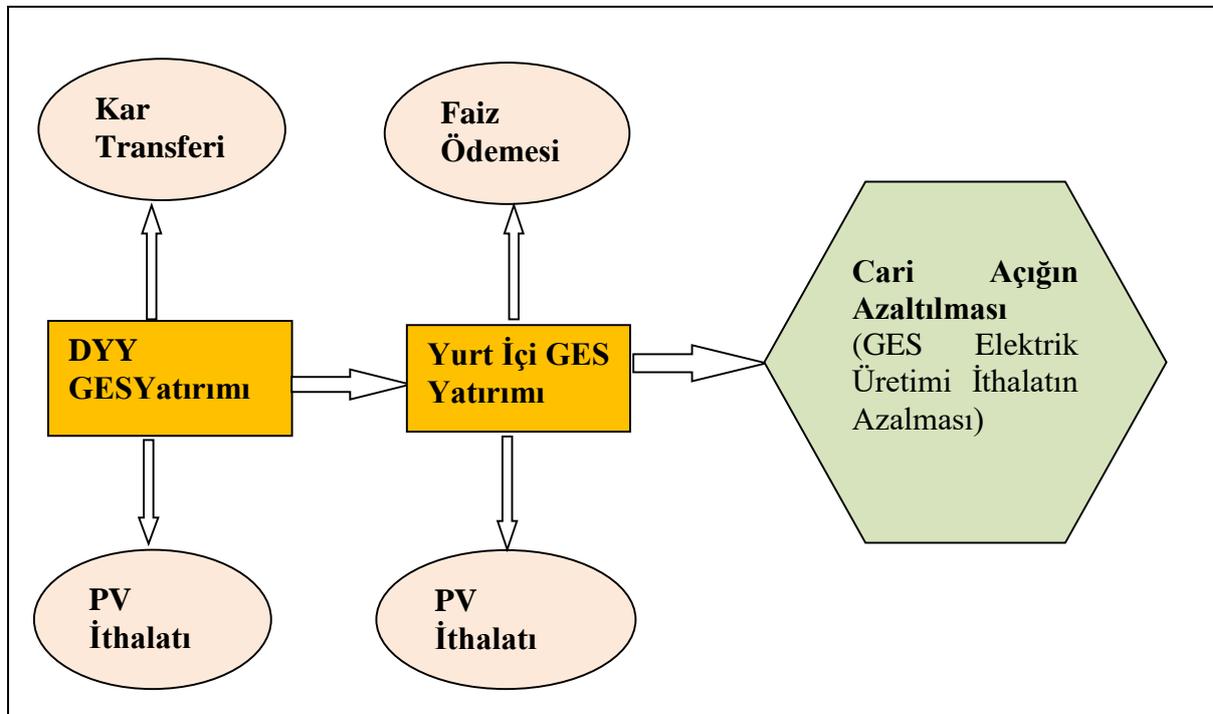
Kaynak: TCMB-EVDS-Odemeler Bilançosu 1990-2015

YİY için ise ithal sistemlerin bedelerinin dış kaynaklı döviz kredisi kullanılacağı ve kredi faizinin ise Kalkınma Bankası USD 24 ay ve sonrası faiz oranları olan %6 olarak alınmıştır (Kalkınma Bankası, 2016). YİY için yıllık faiz ve ana para geri ödemesi hesaplanırken, 10 yıllık sürede %6 faiz, ve toplam yatırımın %70 kredi kullanılacağı

parametreleri dikkate alınmıştır. Faiz hesabı sonucu yaklaşık 10 yıl boyunca toplam yatırımın her yıl %10'u kadarlık kısmı kredi geri ödemesi olarak döviz çıkışı oluşturacaktır.

Örnek olarak yıllık GES DYY yatırım tutarı için X_{i1} , YİY GES yatırım tutarı için X_{i2} değişkenleri ile tanımlanır. Model amacı cari açığın azaltımında maksimum getiriye sağlayan yıllar itibari ile yatırımların belirlenmesidir. Bu kapsamda öncelikle DYY girişi ile YİY'ler arasında kısıtlar oluşturulurken, sistemin ithal ve yerli sistem oranları Ekonomi Bakanlığının Ocak 2015- Şubat 2016 yılları arası GES yatırım teşvik belgesinde yerli ve ithal makina liste fiyatları incelenerek belirlenmiştir. Bu oran, maliyet olarak ortalama sistemin %30'nun yerli, %70'in ithal kaynaklardan oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca ortalama 1GW GES maliyetinin 1 Milyar USD olduğu (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKBB), 2017), yurt içi firmaların %30 özkaynak ve %70 dış kaynak için döviz kaynaklı kredi kullandığı modelin oluşturulmasında kullanılmıştır. Modele ilişkin oluşturulan şekilsel gösterim aşağıda yer almaktadır.

Şekil 18: Optimizasyon Modelinin Şekilsel Gösterimi



Kaynak: (Alagöz, 2016)

X_{11} : i. Yılda DYY Tarafından 1 GW'lık GES Yatırımı Bedeli

X_{12} : i. Yılda YİY 1 GW'lık GES Yatırımı Bedeli

İlk yıl GES yatırımı ile gelen DYY yatırımın %70 oranında ithalata gittiği, buna karşılık DYY'nin toplam yatırımının yıllık %7 oranında kar transferi yapacağı, YİY için ise, %70'lik ithal kısmı için %6 faiz ile dış kaynaklı döviz kredisi kullanılacağı (bununda 10 yıl boyunca toplam yatırımın %10'luk kısmı eşit taksit geri ödemesi olarak hesaplanmıştır.), 1 GW kapasiteli PV GES santrali yıllık yatırımının % 17'lik (170 milyon dolarlık ithal enerji azaltımı) kısmı kadar ithal yakıt miktarı azaltacağı parametreleri modelin amaç fonksiyonunda kullanılmıştır. Bu amaç fonksiyonu ile enerji kaynaklı cari açığı azaltacak, 2017 ile 2030 yılları arası GES yatırım planları ortaya konulmuştur.

III.2.2. Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu, planlanan yatırım dönemi 14 yıllık olsa da (kısıtlardaki çoğu verilerin 2030 yılını baz alması sebebi ile), GES panellerinin yararlı ömrü olan 25 yıllık PV ömrü baz alınarak oluşturulmuştur.

$$Z = \text{Maks}[\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) * 0.17 * 25] - [\sum_{i=1}^n (x_{i1}) * 0.07 * 25] - [\sum_{i=1}^n (x_{i2}) * 0.10 * 10] \quad (1)$$

$$n = 1, 2, 3 \dots 14,$$

(GES kapsamında üretilen elektriğin ithalatı kısma bedeli 25 yıl)- (DYY Yıllık Kar transferi 25 yıl)- (Yurt içi yatırımlarına ödenen 10 yıllık dönem için yıllık taksit geri ödemesi)

III.2.3. Kısıtlar

Modelin amaç fonksiyonu oluşturulduktan sonra bu amaç fonksiyonun maksimum değerini oluşturacak kaynak kısıtları belirlenmiştir. Bu kaynak kısıtlarının, değişkenler arası ilişkileri, katsayıları ve sağ taraf sabitleri belirlenmesi gerekmektedir. Yani amaç fonksiyonunu oluşturan değişken değerlerinin hangi koşulları sağlaması gerektiğini matematiksel olarak ifade edilmesidir. Bu kapsamda oluşturulan kısıtlar aşağıda verilmiştir.

III.2.3.1. Cari Açık Denge Kısıtı

$$\left[\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2})0.17 - \sum_{i=1}^n (x_{i1})0.07 - \sum_{i=1}^k (x_{i2})0.10 + 0,3x_{i1} \right] - x_{i2} 0,7 \geq 0 \quad (2)$$

$$n = 1,2,3 \dots 14, k=1,2 \dots 10$$

(2) kısıtı yıllık cari açığı artırmama kısıtıdır.

Diğer bir deyişle YİY GES yatırımları ancak gelen DYY'lerin yurt içinde ithal hariç kalan kısmı ve cari açığı kapatan net olarak GES elektrik üretim bedeli kadar yatırım yapılacağını garanti eder. Ayrıca yurt içi yatırımlarda 10 yıllık faiz ödemesi bittiğinde, faiz ödemesi çıkışı olmayacağını ve bu oran kadar daha yıllık yatırım yapılabileceğini göstermektedir.

III.2.3.2. ETKB GES Hedef Kısıtı

Bu kısıt ile GES yatırımlarının ülke GES strateji hedefleri ile uyumlu olarak yatırımların bu hedeflerin gerisinde kalmaması hedeflenmiştir.

Tablo 19: Türkiye 2017-2030 GES Kurulu Güç Hedefi

Yıllar	Kümülatif Ges Kurulu Güç Hedefi Baz Senaryo (GW)
2017	1,800
2018	2,000
2019	3,000
2020	3,600
2021	4,000
2022	4,400
2023	5,000
2030*	10,050

Kaynak: YEGM Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı verilerinden derlenmiştir.* WWF-TÜRKİYE, 2014

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 1.8 \quad n = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 2 \quad n = 1,2 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 3 \quad n = 1,2,3 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 3,6 \quad n = 1,2,3,4 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 4 \quad n = 1,2,3,4,5 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 4,4 \quad n = 1,2,3,4,5,6 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 5 \quad n = 1,2...7 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq 10 \quad n = 1,2...14 \quad (10)$$

Bu kısıtlar model çözüldükten sonra, yıllık elektrik artışı karşılama kısıtının daha yüksek oranda artış göstermesi sebebi ile gereksiz kısıt konumuna düşmüştür. Bu GES ülke hedef kısıtı modelin mantığı ve model şablonun oturması açısından çalışmamızda yinede verilmiştir. Çünkü bu GES hedeflerinin bazı yıllarda yıllık elektrik talep artışını geçmesi durumunda modelin sonucu da farklılaşacaktır.

III.2.3.3. Elektrik Üretim Kaynaklı İthal Kısıtı

Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı 2035 yılına ilişkin düşük talep tahmin projeksiyonu aşağıdaki tabloda yer almaktadır (ETKB, 2015).

Tablo 20: 2030 Projeksiyonu, İthal Kaynaklı Elektrik ve Gerekli GES Gücü

Yıllar	Toplam Elektrik Tahmini (TWh)	Birim Üretimi (%)	Artış Oranı (%)	Toplam İthal Elektrik Üretimi (TWh)	İthal Karşılama için Gerekli 1GW Güneş Enerjisi Bedeli (Milyar \$: TİEÜB)
2016	278,160		5,2%	163,401	102,16
2017	293,150		5,32%	171,634	107,27
2018	307,720		4,97%	180,216	112,64
2019	322,620		4,84%	189,227	118,27
2020	338,060		4,79%	198,688	124,18
2021	352,960		4,41%	206,636	129,15
2022	368,200		4,32%	214,901	134,31
2023	383,940		4,27%	223,497	139,69
2024	400,650		4,35%	232,437	145,27
2025	417,960		4,32%	241,735	151,08
2026	435,910		4,29%	251,404	157,13
2027	454,510		4,27%	261,460	163,41
2028	473,790		4,24%	271,919	169,95
2029	493,780		4,22%	282,796	176,75
2030	514,500		4,20%	294,107	183,82
2031	534,980		3,98%	305,872	191,17
2032	555,900		3,91%	318,106	198,82
2033	577,450		3,88%	330,831	206,77
2034	599,700		3,85%	344,064	215,04
2035	622,680		3,83%	357,827	223,64

Kaynak: Mavi Kitap 2015 ve Önceki İthal Kaynaklı Elektrik üretim tablolarından derlenmiştir.

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \leq \text{TİEÜB} \quad n = 1,2...14 \quad (11)$$

(11) GES ile elektrik üretim miktarının, ithal kaynaklı elektrik ihtiyacını aşmamasını garanti eder.

2007-2015 arası ithal kaynaklı elektrik üretim miktarı baz alınarak, 2017-2030 dönemi için tahmini ithal kaynaklı elektrik üretimi hesaplanmıştır. Daha sonra elektrik

değeri, 1 GW'lık GES yatırımlar cinsine dönüştürülmüştür. Her dönemin kısıtı, bir sonraki yıl tahmini kısıt olarak konulmuştur. 2017 yılı için 2018 tahminini geçmeme koşuludur (TİEÜB).

III.2.3.4. DYY Giriş Kısıtı

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1}) \leq DYY_i \quad n = 1,2...14 \quad (12)$$

Tablo-17'de 2000-2015 yılı ortalama tüm sektörlerde ülkemize giriş yapan yıllık DYY bedeli olarak elde edilen rakamdır. 2000-2015 döneminde ülkemize DYY giriş ortalaması baz alınarak, i. yılı için 10 milyar USD'lik yatırım yapılabilir. Yani i. yılda yıllık 10 GW'lıktan küçük yada eşit bir DYY yatırımı yapılabilir kısıtıdır.

III.2.3.5. Üretim Tahminindeki Artışların GES ile Karşılanması Kısıtı

$$\sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) \geq EA \quad n = 1,2...14 \quad (13)$$

ETKB'nın 2017-2030 yılları arası elektrik üretim artışlarının en azından GES ile karşılanması (EA) kısıtıdır. Yıllık DYY ve YİY GES yatırımları bu artıştan büyük olması gerektiğini garanti etmektedir. Burada veriler Tablo 19'da tahmini elektrik üretimi artışındaki GES kapasiteleri çıkartılarak hesaplamıştır. Örnek olarak 2018 yılı için, $107,27 - 112,64 = 5,37$, yani 2018 yılı için minimum 5,37 GW'lık bir yatırım yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

III.2.3.6. Pozitif Olma Kısıtı

$$x_{i1}, x_{i2} \geq 0 \quad X \in R^n \quad (14)$$

Burdaki karar değişkenlerinin, 2017-2030 arası cari açığın kapatılmasından elde edilecek net maksimum kazançtır. Bu nedenle DYY ve YİY yatırımların negatif olmaması gerekmektedir.

III.2.4. Modelin Varsayımları

Ödemeler bilançosu, elektrik üretimi gibi farklı uzmanlık alanları kapsamında yer alan dağınık bilgilerin toplanarak matematiksel ifadelere dönüştürülmesi için bazı varsayımların yapılması kaçınılmazdır. Bu varsayımlar:

- Güneş panellerinde yıllık verim düşüşü, panellerin geleceğe ilişkin teknolojik iyileşmeleri, maliyet düşüşleri, panel verim artışları, gibi parametrelerde değişim olmayacağı,
- Cari açığın etkileyen ithal yakıt kaynaklarında dolar bazlı artış ve azalışların geçmiş yıl ortalamaları sabit olarak gelecek verilerde de aynı ortalama ile gerçekleşeceği,
- Siyasi istikrar kapsamında DYY engelleyici kısıtlamaların olmayacağı,
- Enerji Bakanlığının GES yatırımları için gerekli alt yapı yatırımlarını yapacağı, şeklinde sıralanabilir.

III.2.5. Modelinin Özellikleri

Yukarıdaki optimizasyon probleminde sistemin performans ölçütü (amaç fonksiyonu) $z=f(x)$ ile ifade edilmiş ve karar değişkenleri x 'in bu ölçütü maksimum yapacak değerlerinin bulunması hedeflenmektedir. Bizim amaç fonksiyonuz ise 2017 ile 2030 yılları arası net olarak cari açığın azaltılmasına maksimumu katkı amaçlanmaktadır. Sistemin özellikleri ise amaç fonksiyonu ve eşitsizlikler (kısıtlar) tarafından belirlemektedir. Bizim modelimizde bu kısıtlar her yıl tekrarlı olarak yer alacaktır. Ayrıca, karar değişkenleri: n boyutlu uzayda herhangi bir reel değeri alabilen sürekli değişkenler (x). Optimizasyon modellerini içerdikleri karar değişkenlerinin, amaç fonksiyonunun ve sistem kısıtlarının

özelliklerine göre sistem parametrelerinin bilinen sabit değerlere aldığı durumlarda farklı sınıflandırılmaktadır. Eğer bir optimizasyon probleminde fonksiyonları doğrusalsa o problem bir doğrusal programlama problemi olarak tanımlanır. Bir optimizasyon probleminde fonksiyonların herhangi birisi doğrusal değilse o problem bir doğrusal olmayan programlama problemidir (Türkay, 2016). Modelimizde amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonları doğrusal özellik göstermektedir. Bu nedenle modelimiz doğrusal optimizasyon modelidir. Bu nedenle modelimiz doğrusal optimizasyon çözüm yöntemleri ile çözümlenmiştir. Model GAMS (General Algebraic Modeling System) yazılımında oluşturulmuş ve bu programda çözümlenmiştir.

III.3. Modelin Çözümü ve Yorumlanması

Model çözümünde GAMS paket programı kullanılmıştır. Çözüme ilişkin özet veriler tablo-20'de yer almaktadır. Modelde GES yatırımlarının 25 yıllık yararlı ömrü boyunca toplamda 595,609 Milyar USD'lik cari açığı azaltımı sağlayacaktır. Bu yatırım kapsamında 14 yıl (2017-2030) boyunca yatırım planlaması ortaya konulmuştur. 34,262 Milyar USD'lik DYY ve 156,909 Milyar USD YİY toplamda 191,171 Milyar USD'lik (GES kapasitesi olarak 191,17 GW'lık) yatırım yapılması model çözümünde bulunmuştur. Bu yatırımlar mevcut cari açığı artırmadan 2030 yılına kadar yapılması planlanmaktadır.

Tablo 21: Cari Açık Dengeli GES Yatırım Modeli Çözüm Özet Tablosu

Amaç Fonksiyonu Optimum Çözüm	Milyar \$
25 Yıllık Toplam Getiri	595,609
14 Yıllık GES DYY Toplam Yatırımları	34,262
14 Yıllık GES YİY Toplam Yatırımları	156,909
Toplam 14 Yıllık GES YİY+DYY	191,171

Bu kapsamda toplamda 191,171 Milyar USD GES yatırımı için toplamda 133,820 Milyar USD'lik PV paneli ithal edilecektir. Bu 14 yıllık cari açık bedeli, 10,279 Milyar USD'si DYY GES yatırımları ve 123,541 Milyar USD'lik elektrik üretimi ile enerji ithalat azaltımından karşılanmıştır.

Çözümüne ilişkin ayrıntıların yer aldığı tablo 22 incelenirse, 2020 yılına kadar DYY yatırımları üst sınırdan gerçekleşmektedir. Bunun sebebi, yıllık elektrik üretim artışının karşılanması zorunluluğu ile (2) cari denge kısıtında YİY yatırımlarının yapılması için DYY yatırımları ile toplam yatırımlar sonucu enerji ithalatının azaltımı kadar yapılması koşuluna bağlanmasıdır. 2021 yılından sonra DYY yatırımları model tarafından sıfıra yönlendirilmiştir. Çünkü 25 yıllık dönemde DYY kar transferinin, YİY faiz ödemesinden daha fazla döviz çıkışı sağlamasının sonucudur. Bu husus da amaç fonksiyonundaki katsayı büyüklükleri olarak modele yansımıştır. Diğer bir anlatımla model (2) denklemi sağlandığı sürece yatırımları YİY olarak yönlendirilmektedir.

Yıllık getiri sütunu örnek olarak 2020 yılı verisi 2021 yatırım yapılmısa da cari açığın azaltılacağını göstermektedir. Tahmini GSYH sütunu ise, 2016 yılı GSYH 857 Milyar USD bedelin 2006-2016 yılları arası yıllık dönemdeki ortalama % 5'lik büyümenin (TÜİKb, 2017) 2030 yılına kadar uygulanarak elde edilmiştir. Tahmini cari açık ise 2006-2016 yılları arası dönemdeki ortalama yıllık % 5,18'lik cari açığın GSYH oranları olarak hesaplanmıştır. Modelde sonucu beklenen CA/GSYH oranı da tahmin edilen CA'dan, yıllık CA azaltımı çıkartılarak hesaplanan CA/GSYH oranıdır.

Tablo 22: Cari Açık Dengeli GES Yatırım Modeli Çözüm

Yıllar	Yatırım Cinsi	1GW'lık Yatırım Bedeli (Milyar \$)	Yıllık CA Azaltımı (Milyar \$)	Tahmini GSYH (Milyar \$)	Tahmini CA (Milyar \$)	Modelden Beklenen CA/GSYH (%)
2017	DYY	10,000	1,300	899,85	46,61	5,04
	YİY	4,286				
2018	DYY	10,000	2,730	944,84	48,94	4,89
	YİY	6,143				
2019	DYY	10,000	4,303	992,08	51,39	4,75
	YİY	8,186				
2020	DYY	4,262	5,287	1.041,69	53,96	4,67
	YİY	7,974				
2021	DYY	0,000	5,816	1.093,77	56,66	4,65
	YİY	7,553				
2022	DYY	0,000	6,398	1.148,46	59,49	4,62
	YİY	8,309				
2023	DYY	0,000	7,038	1.205,89	62,46	4,60
	YİY	9,139				
2024	DYY	0,000	7,741	1.266,18	65,59	4,57
	YİY	10,053				
2025	DYY	0,000	8,515	1.329,49	68,87	4,54
	YİY	11,059				
2026	DYY	0,000	9,367	1.395,96	72,31	4,51
	YİY	12,165				
2027	DYY	0,000	10,775	1.465,76	75,93	4,44
	YİY	13,993				
2028	DYY	0,000	12,957	1.539,05	79,72	4,34
	YİY	16,270				
2029	DYY	0,000	16,153	1.616,00	83,71	4,18
	YİY	19,067				
2030	DYY	0,000	19,604	1.696,80	87,89	4,00
	YİY	22,712				
2030*			28,689	1.696,80	87,89	3,49

* Sadece 2030 yılındaki PV yatırımları (22,712 Milyar USD) için PV ithal oranının %70 yerine %30 olması durumunu ifade eder.

Tablo 22'de 2030 yılı verileri incelenirse, model kabulleri ve varsayımları altında CA/GSYH oranının %,5,18'den % 4'e kadar azaltılabileceği sonucu elde edilmiştir. Model çözümünde 2030 yılı için cari açık azaltım bedeli (19,604 M\$) tahmini 2030 yılı cari açığının (87,89 M\$) %22'lik kısmı modele göre azaltılabileceği görülmektedir. Ayrıca 2030 yılı geldiğinde GES PV sistemlerinin ithal oranının yerli PV panel üretimi ile %70'ten

%30'a düşürülmesi durumunda 2030 yılı cari açığın %3,49'a düşürülebileceği tespiti yapılmıştır. Bu da 2030 yılı cari açığının %33'lük kısmına tekabül ettiği görülmektedir. GES yatırımları için, PV panellerin yerli oranının yükseltilmesi, cari açığın azaltım hızının ana parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu GES yatırımlarının yerli oranının %70 çıkartılması durumunda Dornbusch ve Fischer (1990), göre sürdürülebilir cari açığın, GSYİH'ye oranının %4'ten daha düşük olması kistasını model çözümü karşılamaktadır.



SONUÇ

Türkiye cari açığı oluşumunda, enerji kaynaklı ithalatın en önemli nedenlerden biri olduğu literatürdeki bir çok çalışmada gösterilmiştir. Göçer (2013), Türkiye’de cari işlemler açığının nedenleri ve cari açığın finansman kalitesi adlı ekonometrik çalışmasında; Türkiye de analize konu edilen dönemde cari açığın %37’sinin enerji ithalatından, kaynaklandığı tespit edilmiştir. Yine TCMB ve TÜİK verileri incelendiğinde 2006-2016 döneminde toplam cari açık 457,9 milyar USD iken toplam enerji kaynaklı ithalat ise 469,7 milyar USD olarak gerçekleşmiştir. Bu veri de, cari açığın önemli nedeninin enerji ithalatı olduğunu göstermektedir. Sonucunda cari açık azaltımı için çalışmamızın önemini ortaya koymaktadır.

Cari açığın azaltımında ödemeler dengesinde yer alan cari hesap kalemleri dahilinde teoride birçok parametre dikkate alınarak çok fazla çözüm yöntemi ortaya konulabilir. Bu yöntemleri sıralarsak; turizm gelirleri ve ihracat gibi kalemler sabitken, ithalatın azaltımı, diğer koşullar aynı iken ihracatın artırılması veya turizm gelirlerinin artırılması gibi yöntemler öneri olarak sunulabilmektedir. Çalışmamızda diğer koşullar sabitken ithalatın azaltımı çözüm olarak seçilmiştir. İthalat içinde en büyük yekün teşkil eden kalem enerjidir. Enerji kaynaklarına ilişkin özellikle güneş enerjisi alanında teknolojik gelişmeler ve maliyet düşüşleri hızla devam etmektedir. Son dönemlerde GES Kwh alım garantili 2016 ihalelerde oluşan fiyatlar, GES’in en ekonomik enerji kaynağı olduğunu göstermiştir. Türkiye güneş enerji potansiyeli de dikkate alındığında güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak cari açığın azaltımında da bir çözüm olduğu tespiti yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde 2017-2030 dönemi GES yatırım stratejini ortaya koyan bir optimizasyon modeli kurulurak çözüm yapılmıştır.

Modelin çözümü sonucu, Türkiye cari açığının ithal kaynaklı elektrik üretim yerine, PV GES yatırımları ile azaltılabileceği ortaya konmuştur. Ana sonuç olarak, cari açık sorunu ve enerji güvenliği (dışa bağımlılık) açısından güneş enerjisi Türkiye için bir fırsat olduğu ortaya çıkmıştır. Model çözüm sonuçları ise; 2030 yılı geldiğinde 191 GW'lık kapasite ile 305.600 GWh üretim ve toplam GES enerji kapasitesinin %75'lik kısmının kullanılacağı, 2030 yıl sonunda CA/GSYH oranı olan %5,18'in %4'e azaltılabileceği, PV panellerde ithal oranının %70'den %30'a düşürülmesi durumunda CA/GSYH oranında %3.49'a gerileyeceği ortaya konulmuştur. Bu sonuçların uygulanabilmesi için şu çalışmaların da yapılması gerekmektedir;

- Karaman Ayrancı, Niğde Bor, Van ve Konya Karapınar (toplam 6 GW'lık) gibi Enerji Endüstri İhtisas Bölgeleri'nin sayılarının artırılması,
- Şehirlerin ve Organize Sanayi Bölgelerinin imar planları, güneşten maksimum yararlanacak şekilde oluşturulması,
- Enerji iletim alt yapısı gibi GES yatırım ortamının iyileştirilmesine yönelik yatırımların yapılması,
- DYY yatırımlarının GES ve PV panel hücrelerinin yurt içinde üretimine yönelik odak sektör olarak belirlenip DYY çekilmesi konusunda promosyon çalışmalarının yapılması,
- PV panel ithal oranının düşürülmesine yönelik DYY'lere çeşitli imtiyazlar ile ülkemizde üretiminin teşvik edilmesi, ya da PV sektöründe üniversite, araştırma merkezleri ve sanayi kuruluşlarına yerli üretim için çeşitli desteklerin sağlanması,
- Tüketicilerin kendi ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik GES çatı uygulamalarının teşvik edilmesi, gibi hususların politika planlayıcı ve uygulayıcılar tarafından dikkate alınması şeklinde sıralanabilir.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (EİGM), 2006-2015 yılları arası enerji denge tabloları incelendiğinde, ithal edilen enerjinin maliyet olarak ortalama %30'nun elektrik üretimi için kullanıldığı ve ithalatın azaltımı için yapılması gerekenler yukarıda ortaya konulmuştur. Geriye kalan %70'lik enerji ithalatı, konutların ısınması, ulaşım araçlarının yakıtları ve sanayi gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır (EİGM, 2016). İthal edilen %70'lik enerji için yerli kaynaklar kapsamında alternatif oluşturmak ve uygulamaya geçirmek oldukça zordur. Çünkü bu %70'lik kısım için ulaşım, sanayi, tarım ve ısınma gibi farklı alanlarda kullanıldığı için ayrı ayrı alternatifler üzerine çalışılması gerekmektedir. Yine de enerjinin %70'lik kısım için birden çok çözüm yolları üretilebilmektedir. Isı amaçlı ithal enerji azaltımı çözüm yolları; yerli kaya gazı üretimine başlanarak hızla artırılması, güneş ısı kolektörlerinden daha fazla yararlanılması, ısınma amaçlı jeotermal enerjinin yaygınlaştırılması gibi öneriler sıralanabilir. Türkiye petrol (taşıma, ulaşım) ithalatının azaltılmasına yönelik olarak ise; taşımacılık alanında karayolu yerine, elektrik enerjisi ile çalışan ve yakıt tasarrufu sağlayan demir yolları, büyük şehirler için metro, tramvay gibi yatırımlar yapılarak petrol ithalatının da azaltılabileceği değerlendirilmektedir. Son olarak ise, enerjinin verimli ve etkin kullanılması için gerekli farkındalık çalışmaları ve enerji dönüşüm sistemlerine ilave Ar-Ge harcamaları yapılarak enerji ithalatı azaltılabilir.

Yukarıdaki sonuçlar çalışmamızın Türkiye uygulamasının sonuçları olarak verilmiştir. Çalışmanın literatür sonuçları olarak ise; Enerji kaynaklı cari açık sorunu yaşayan ülkeler için yatırım planlarını oluşturulmasında referans alabilecekleri bir doğrusal optimizasyon modeli oluşturulmuş ve model çözülmüştür. Özellikle modelde sera gazı azaltımı gibi kıstas ilave edilmese bile GES yatırımlarının maksimizasyonu yapıldığı için doğal olarak sera gazı azaltımı amacını da gerçekleştirmektedir. Ayrıca enerji kaynaklı cari

açık sorunu yaşayan ülkelerin kendi yenilenebilir enerji kaynaklarından biri veya bir kaçını model ilave ederek kendi parametreleri ile ülkelere özgü çözümler elde edebilirler.

Yapılacak gelecek çalışmalarda; mevcut doğrusal modele, cari açık kapsamında enerji yatırım teçizatlarının ithal oran kısıtı ile yatırımcıların öz sermaye oranları, PV teknolojilerinde yer alan maliyet iyileşmeleri (öğrenme eğrileri), diğer yenilenebilir enerji kaynaklar, enerji kaynaklarının mevsimsel dalgalanmaları, ekonomik büyümeye katkıları gibi kısıt ve parametreler ilave edilerek modelin kompleksitesi artırılabilir. Bu kompleksite artışı sonucu modelin çözüm yönteminin de değişmesi muhtemeldir.



KAYNAKÇA

- Alagöz, M. (2016). 4th International Symposium on Development Of KOP Region October 21-23. *Cari Açık ve Enerji İthalatı İlişkisi: Güneş Enerjisi*. Karaman: KMU.
- Alagöz, M., & Erdoğan, S. (2011). Net Hata Noksan Hesabının Anlamı ve Cari İşlemler İlişkisi: Türkiye Üzerine Ekonometrik Bir Uygulama. *İktisat İşletme ve Finans* , 69-94.
- Aytemiz, T., & Şengönül, A. (2008). Regression tree analysis of effects of energy prices on Turkish current account deficit. *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 23(269), 94-109. doi:10.3848/iif.2008.269.6630
- Bayrak, M., & Esen, Ö. (2014). Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(3), 139-157.
- BP. (2016). *Statistical Review of World Energy*. London.
- British Petroleum (BP). (2017, Haziran 21). *Renewable energy* . Solar: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/solar-energy.html> adresinden alındı
- Çelik, K. (2008). *Uluslararası İktisat*. Trabzon: Murathan Yayınevi.
- Demir, M. (2013). Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi, Var Analizi İle Türkiye Üzerine Bir İnceleme. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*(9), 1-27.
- Doğan , E. (2014). Türkiye'de Cari Açık Sorunun Yapısal Nedenleri ve Ekonomik Etkileri. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- Dornbusch, R., & Fischer, S. (1990). *Macroeconomics*. McGraw-Hill International Editions.
- Drozd , M. (2003). An optimisation model of geothermal-energy conversion. *Applied Energy*, 74(1-2), 75-84.

Dudhani, S., Sin, A., & Inamdar, S. (2006). Renewable energy sources for peak load demand management in India. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 28(6), 396-400. doi:10.1016/j.ijepes.2005.12.011

Dünya Gazetesi. (2017, Mayıs 25). *Enerji. Dünya*: <https://www.dunya.com/sectorler/enerji/karapinar-yeka-ihalesi-sonuclandi-haberi-354530> adresinden alındı

Ekonomi Bakanlığı (EB). (2016, Eylül 9). *Resmi Gazetede Yayınlanan Yatırım Teşvik Belgesi Listesi*. Haziran 31, 2016 tarihinde Ekonomi Bakanlığı: http://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/docListViewer.jsp?folder=/Contribution%20Folders/web/Yat%C4%B1r%C4%B1m/%C4%B0statistikler%20ve%20Yay%C4%B1nlar/ekler/02.Yay%C4%B1nlar/&parentPage=yatirim&_afLoop=85593528987 adresinden alındı

Ekşi, F. (2010). Türkiye'de Cari Açık Ve Finansmanı. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Bölümü.

Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ). (2016). *Elektrik Üretim Sektör Raporu*.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM). (2016). *Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - Denge Tabloları*. Eylül 12, 2016 tarihinde Enerji İşleri Genel Müdürlüğü: <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları> adresinden alındı

Enerji Haber. (2017, Temmuz 22). <http://www.enerjihaber.com/gunes/enerji-ih-tissas-bolgesi/3761/> adresinden alındı

Enerji Tabi Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2015). *Mavi Kitap*. Ankara: ETKB.

Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (ETKBa). (2017). *Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Güneş*. Mayıs 16, 2017 tarihinde Enerji Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> adresinden alındı

Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (ETKBb). (2017, Mayıs 23). *Haberler*. Enerji: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Haberleri/GES-te-1-Milyar-Dolari-Asacak-Yatirim-Icin-Ilk-Adim> adresinden alındı

- Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2016). *Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı İle Bağlı, İlgili Ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç Ve Faaliyetleri*. Ankara: ETKB.
- Erik, N. Y. (2016). Şeyl Gazı; Jeolojik Özellikleri, Çevresel Etkileri ve Küresel Ekonomik Anlamı. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 211-237.
- Eşiyok, B. A. (2012). Türkiye Ekonomisinde Cari Açık Sorunu ve Nedenleri. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar Dergisi*, 49(569), 63-86.
- European Commission (EC). (2016). *PV Status Report 201*. European Commission.
- European Photovoltaic Industry Association (EPIA). (2014). *Global Market Outlook Photovoltaics 2014-2018*.
- European Photovoltaic Industry Association (EPIA). (2015). *Global Market Outlook For Solar Power 2015-2019*. Brussels: European Photovoltaic Industry Association.
- Fishbone, L. G., & Abilock, H. (1981). Markal, a linear-programming model for energy systems analysis: Technical description of the BNL version. *International Journal of Energy Research*, 5(4), 353-375. doi:10.1002/er.444005040
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer ISE). (2017, Mayıs 25). *Photovoltaics Report (Slides)*. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/photovoltaics-report-slides.pdf/view> adresinden alındı
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2017). *Recent Facts about Photovoltaics in Germany*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE.
- Freund, C. (2000). *Freund*. Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Fusion Media Limited. (2017, Nisan 15). *Investing.com*. Brent Petrol Vadeli İşlemleri : <https://tr.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data> adresinden alındı
- Gabriel, S. A., Kydes, A. S., & Whitman, P. (2001). The National Energy Modeling System: A Large-Scale Energy-Economic Equilibrium Model. *Energy-Economic Equilibrium Model*, 49(1), 14-25.

- General Algebraic Modeling System (GAMS) . (2017, 01 22). *Optimization*. GAMS: https://www.gams.com/presentations/orms_2015_pet_chile.pdf adresinden alındı
- Göçer, İ. (2013, Nisan). Türkiye’de Cari Açığın Nedenleri, Finansman Kalitesi ve Sürdürülebilirliği: Ekonometrik Bir Analiz. *Eskişehir Osmangazi İİBF Dergisi*(8), 213-242.
- Green Tech. Media (GMD). (2017, Haziran 25). <https://www.greentechmedia.com/articles/read/u.s.-solar-market-has-record-breaking-year-total-market-poised-to-triple-in> adresinden alındı
- Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği, GENSED. (2016). *Gensed*. Eylül 13, 2016 tarihinde Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği, GENSED: <http://gensed.org/CF/CD/146432a953e7c6ed30a5bdb1201a4794cd6d1402407785.pdf> adresinden alındı
- He, P., Ng, T. S., & Su, B. (2015). Energy import resilience with input–output linear programming models. *Energy Economics*, 50, 215-226.
- Huntingto, H. G. (2015). Crude oil trade and current account deficits. 50, 7079.
- Important Media Network. (2016, Aralık 15). *lowest-ever-solar-price*. Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2016/09/20/lowest-ever-solar-price-bid-2-42%C2%A2kwh-dropped-abu-dhabi-jinkosolar-marubeni-score/> adresinden alındı
- International Energy Agency (IEA). (2014). *Tecnology Roodmap Solor PhotoVoltaic Energy*. International Energy Agency.
- International Energy Agency (IEAa). (2015). *Trends 2015 in Photovoltaic Applications*.
- International Energy Agency (IEAa). (2016). *Key World Energy Statistics*. IEA.
- International Energy Agency (IEAb). (2015). *World Energy Outlook 2015*.
- International Energy Agency (IEAb). (2016). *Renewable Policy Update*. International Energy Agency:

<https://www.iea.org/media/pams/repolicyupdate/REDRenewablePolicyUpdateNo7.pdf> adresinden alındı

Karabulut, G., & Danişoğlu, A. Ç. (2006). Türkiye’de Cari İşlemler Açığının Büyümesini Etkileyen Faktörler. *Gazi Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 47-63.

Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTU). (2017, Haziran 21). http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/bmyo_7904b.pdf adresinden alındı

Karlı, S. (2015). Enerji Sektöründe Kaya Gazının Rolü. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17-23.

Kart, M. (2014, Mayıs 31). *Enerji Savaşları*. Akademik Perspektif: <http://akademikperspektif.com/2014/05/31/enerji-savaslari/> adresinden alındı

Kavrakoglu, İ. (1980). Decision analysis in the energy sector. *Applied Mathematical Modelling*, 4(6), 456-462. doi:10.1016/0307-904X(80)90178-X

Kaya, K., & Koç, E. (2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. *Mühendis ve Makina*, 61-68.

Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.

Koçakaya, H. (2017, Mayıs 18). *Güneş Paneli Üretim Tesisi Analizi*. <https://www.mmo.org.tr>:
https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/ba5492f3bc2f401_ek_2.pdf adresinden alındı

Krzemień, J. (2013). Application Of Markal Model Generator In Optimizing Energy Systems. *Journal of Sustainable Mining*, 12(2), 35-39.

Labonte, M. (2010). *Is the U.S. Current Account Deficit Sustainable?* . Washington: Congressional Research Service.

- Mutlu, O. Ç. (2006). Türkiye’de Dış Borç İstatistiklerinin Derlenmesi Ve Dış Borç İşlemlerinin Ödemeler Dengesi İstatistiklerine Yansıtılması. *Uzmanlık Yeterlilik Tezi*. Ankara.
- Örnek, İ., Yıldırım, M., & Taş, S. (Ekim 2009). Uluslar Arası 7. Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi (30 Ekim - 1 Kasım 2009). Y. Ü.-İ. Üniversitesi (Dü.), *Avrupa Birliği Enerji Politikaları* içinde (s. 2044-2061). Yalova: İbrahim Güran Yumuşak.
- Özmen, E. (2004). Current Account Deficits, Macroeconomic Policy Stance and Governance: An Empirical Investigation . *ERC Working Papers in Economics*, 1-10.
- Özsoy, C. E., & Dinç, A. (2016). Türkiye’nin Fosil Enerji Kaynaklı Sorunlarına Düşük Karbonlu Bir Çözüm: Yeşil Ekonomi. *EconWorld2016@ImperialCollege Proceedings* , (s. 1-15). London.
- Patterson, R. (2016, Haziran 20). *Peak Oil Barrel*. Ekim 20, 2016 tarihinde World Energy 2016-2050: Annual Report: <http://peakoilbarrel.com/world-energy-2016-2050-annual-report/> adresinden alındı
- Peker, O., & Hotunoğlu, H. (2009). Türkiye’de Cari Açığın Nedenlerinin Ekonometrik Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 221-237.
- pv magazine - Photovoltaics Markets and Technology. (2017, Temmuz 12). <https://pv-magazine-usa.com/2017/04/25/iea-global-installed-pv-capacity-exceeds-300-gw/> adresinden alındı
- Renewable Energy Policy Network For 21 St Century (REN21). (2016). *Renewables Global Status Report 2016*. Paris: REN21 Secretariat.
- Rizzo, G., & Savino, G. (2012). A Linear Programming model for the optimal assessment of Sustainable Energy Action Plans. *Proceedings of ECOS 2012* (s. 398-1,398-13). Perugia: ECOS 2012.
- Seyidoğlu, H. (2013). *Uluslararası İktisat Teori Politika ve Uygulama*. istanbul: Beta Yayıncılık.

- Siyaset Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı (SETA). (2017). *Dünyada Ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji*. İstanbul: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş.
- Soydal, H., Mızrak, Z., & Çetinkaya, M. (2012). Makro Ekonomik Açıdan Türkiye'nin Alternatif Enerji İhtiyacının Önemi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 117-137.
- Sustainable Enterprises Media, Inc. (tarih yok). *About Solar Power*. Kasım 16, 2016 tarihinde cleantechnica.com: <https://cleantechnica.com/solar-power/> adresinden alındı
- Şahin, B. E. (2011). Türkiye'nin Cari Açık Sorunu. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 47-56.
- Taş, S., Yıldırım, M., & Örnek, İ. (2006). Türkiye-AB İlişkileri Bağlamında Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Enerji Politikaları. *Uluslararası Ekonomi Konferansı (UEK-TEK 2006)* (s. 1-35). Ankara: Türkiye Ekonomi Kurumu.
- Tour, A. d., Glachant, M., & Me'niere, Y. (2011). Innovation and international technology transfer: The case of the Chinese photovoltaic industry. *Energy Policy*, 761-770.
- Türkay, M. (2016, Eylül 25). *Optimizasyon Modelleri ve Çözüm Metodları*. <http://home.ku.edu.tr/~mturkay/indr501/Optimizasyon.pdf> adresinden alındı
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB). (2016, Aralık 2016 15). Ekim 12, 2016 tarihinde <http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TCMB+TR/TCMB+TR/Main+Menu/Para+Politikasi/Interaktif+Grafikler/Cari+islemler+dengesi> adresinden alındı
- Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB). (2015). *Tasarruf - Yatırım Dinamikleri Ve Cari İşlemler Dengesi Gelişmeleri*.
- Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMBa). (2017, Mayıs 25). *TCMB Ödemeler Dengesi İstatiklerine ilişkin Yöntemsel Açıklamalar*. Cari İşlemler: <http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/94562f9f-fa7d-471e-89f9-c0e0e00cf99f/%C3%96demeler+Dengesi+%C4%B0statistikleri+Y%C3%B6ntem>

el+A%C3%A7%C4%B1klama_BPM6.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOT
WORKSPACE-94562f9f-fa7d-471e-89f9-c0e0e00cf99f-lbfm1o6 adresinden alındı

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMBb). (2017, Haziran 15). *TCMB*. Cari İşlemler dengesi:

<http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TCMB+TR/TCMB+TR/Main+Menu/Pa+ra+Politikasi/Interaktif+Grafikler/Cari+islemeler+dengesi> adresinden alındı

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞa). (2017, Mayıs 25). *Duyurular*. Teiaş: http://www.teias.gov.tr/duyurular/GES_YARISMA_TUM_PAKETLER.pdf adresinden alındı

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞb). (2016). *Türkiye 5 Yıllık Elektrik Üretim Kapasite Projeksiyonu*.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞB). (2017, Temmuz 21). *Türkiye Elektrik Şebekesi Günlük Özet Raporu*. Türkiye Elektrik Şebekesi Günlük Özet Raporu. adresinden alındı

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞa). (2016). *2015 Yılı Türkiye Elektrik İletim Sektör Raporu*.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). (2015). *Faaliyet Raporu 2015*.

Türkiye Elektrik Mühendisleri Odası. (2016). *Nükleer Enerji Raporu II*. TMMOB.

Türkiye Elektrik Ticaret Taahhüt A.Ş. (TETAŞ). (2016). *2015 Sektör Raporu*.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2017, Mayıs 12). http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=623 adresinden alındı

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2017, Mayıs 15). *Haber Bülteni*. Türkiye İstatistik Kurumu: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21510> adresinden alındı

Türkiye Petrolleri (TP). (2016). *Ham Petrol Ve Doğal Gaz Raporu*.

- Türkyılmaz, O. (2015). *Türkiye'nin Enerji Görümü Raporu*. Ankara: Türkiye Makina Mühendisleri Odası.
- U.S Energy. Information Administration (EIAa). (2017, Subat 15). *International Energy*. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/electricity.php> adresinden alındı
- U.S. Energy Information Administration (EIAb). (2017, Haziran 25). <https://www.eia.gov/electricity/data/browser/#/topic/0?agg=2,0,1&fuel=vtvv&geo=g&sec=g&linechart=ELEC.GEN.ALL-US-99.A~ELEC.GEN.COW-US-99.A~ELEC.GEN.NG-US-99.A~ELEC.GEN.NUC-US-99.A~ELEC.GEN.HYC-US-99.A~ELEC.GEN.WND-US-99.A~ELEC.GEN.TSN-US-99.A&columnchart=> adresinden alındı
- U.S. Energy Information Administration (EIAc). (2017, Mayıs 20). <https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/?tbl=T04.01#/?f=A&start=200001> adresinden alındı
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2015). *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources Turkey*. Washington: U.S. Department of Energy .
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2017, Nisan 24). <http://www.cop21paris.org/> adresinden alındı
- Uysal, D., Yılmaz, K., & Taş, T. (2015, Haziran). Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi: Türkiye Örneği. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 63-78.
- van de Ven, D., & Fouquet, R. (2016). Historical Energy Price Shocks and their Changing Effects on the Economy. *Energy Economics*, 1-40. doi:10.1016/j.eneco.2016.12.009
- Vaona, A. (2016). The effect of renewable energy generation on import demand. *Renewable Energy*, 86, 354-359.
- Wene, C.-O., & Rydén, B. (1989). A comprehensive energy model in the municipal process. *Mathematical and Computer Modelling*, 12(8), 1050. doi:10.1016/0895-7177(89)90223-9

- World Energy Council (WEC). (2016). *World Energy Resources*.
- Yanar, R., & Kerimoğlu, G. (2011). Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme Ve Cari Açık İlişkisi. *Ekonomi Bilimler Dergisi*, 3(2), 191-201.
- Yang, Y., Gao, W., Ruan, Y., Xuan, J., Zhou, N., & Marnay, C. (2005). Optimal Model of Distributed Energy System by Using GAMS and Case Study. *In the conference proceedings of the International Symposium on Sustainable Development of the*, (s. 201-206). Xi.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). (2012). *Güneş Enerjisi ve Teknolojileri*. Kasım 15, 2016 tarihinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü: http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx adresinden alındı
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). (2014). *Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı*. Ankara : ETKB.
- Yıldırım, M., & Örnek, İ. (2007). Enerjide Son Seçim. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32-44.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* , 33-54.
- Zeng, Y., Cai, Y., Huang, G., & Dai, J. (2011). A Review on Optimization Modeling of Energy Systems Planning and GHG Emission Mitigation under Uncertainty. *energies*, 1624-1656. doi:10.3390/en4101624
- Zhang, M. M., Zhou, P., & Zhou, D. Q. (2016). A real options model for renewable energy investment with application to solar photovoltaic power generation in China. *Energy Economics*, 59, 213-226.

Ek-1 Ekonomi Bakanlığı GES Yatırım Teşvik Belgeleri

01.01.2016- 31.01.2016 Dönemi Düzenlenen 2 MW'den Büyük GES Yatırım Teşvik Belgeleri				
Belge Tarihi	Kapasite (MW)	Sabit Yatırımı (USD)	İthal Bedeli (USD)	İthal Oranı
19.03.2015	4	2.688.709	2.443.840	91%
31.03.2015	10	12.068.966	6.479.344	54%
9.04.2015	4,9	3.680.879	3.575.621	97%
26.05.2015	4	3.531.034	2.467.200	70%
26.06.2015	9	9.003.846	7.406.985	82%
2.07.2015	5	4.137.931	2.660.000	64%
7.07.2015	8	9.308.449	6.230.621	67%
7.07.2015	3	3.140.216	1.862.176	59%
8.07.2015	7	4.927.586	3.359.750	68%
24.07.2015	2,43	2.814.247	2.340.707	83%
24.07.2015	3	3.222.434	2.735.914	85%
11.08.2015	5	5.545.137	4.461.975	80%
24.08.2015	4	4.016.126	3.368.273	84%
5.10.2015	4	3.968.428	2.400.840	60%
12.10.2015	3	4.236.086	2.185.793	52%
23.10.2015	3	3.263.218	1.962.180	60%
28.10.2015	5	6.095.780	3.767.945	62%
5.11.2015	3	3.698.847	2.260.767	61%
10.11.2015	6	8.505.912	6.327.073	74%
16.11.2015	4,8	5.617.813	4.107.580	73%
27.11.2015	3	3.378.152	2.359.650	70%
11.12.2015	3	3.282.405	2.645.868	81%
17.12.2015	8	8.365.517	5.335.912	64%
30.12.2015	10	14.206.897	6.051.645	43%
31.12.2015	2,44	3.275.862	1.705.085	52%
7.01.2016	4	6.089.620	4.377.124	72%
8.01.2016	4	4.713.793	2.730.223	58%
14.01.2016	4,95	6.862.069	4.688.815	68%
14.01.2016	4	6.057.106	2.640.000	44%
18.01.2016	5,99	10.111.040	6.695.898	66%
19.01.2016	4,839	5.734.483	3.530.318	62%
20.01.2016	2,4	3.413.793	3.006.572	88%
21.01.2016	2,9	3.348.276	2.185.248	65%
26.01.2016	2,7324	3.762.069	2.534.904	67%
8.02.2016	2,97	4.162.069	2.318.345	56%
11.02.2016	4,89	6.199.310	4.846.190	78%
11.02.2016	8,99	11.550.690	8.998.576	78%
22.02.2016	2,718	3.448.276	2.705.770	78%
Toplam	179,9494	211433069,3	141760727	67%
Orijinal belgedeki TL Bazlı Sabit Yatırımlar 2,90 paritesi ile Dolara çevrilmiştir.				

Ek-2 Modelin GAMS Gösterimi ve GAMS Özet Çözümü

GAMS 24.7.4 r58773 Released Sep 19, 2016 WIN-VS8 x86 32bit/MS Windows 02/06/17 19:43:33 Page 1
 General Algebraic Modeling System
 Compilation

X_{1n}: n. Annual 1 GW Solar Investment Cost of FDI
 X_{2n}: n. Annual 1 GW Solar Investment Cost of Domestic Investment
 n=1,2,.....14

1 Varabilesi

2 x1

3 x2

4 x3

5 x4

6 x5

7 x6

8 x7

9 x8

10 x9

11 x10

12 x11

13 x12

14 x13

15 x14

16 x15

17 x16

18 x17

19 x18

20 x19

21 x20

22 x21

23 x22

24 x23

25 x24

26 x25

27 x26

28 x27

29 x28

30 z;

31

32 positive variables

33 x1

34 x2

35 x3

36 x4

37 x5

38 x6

39 x7

40 x8

41 x9

42 x10

43 x11

44 x12

45 x13

46 x14

47 x15

48 x16

49 x17

50 x18
51 x19
52 x20
53 x21
54 x22
55 x23
56 x24
57 x25
58 x26
59 x27
60 x28;
61
62 Equations
63 amac
64 kisit1
65 kisit2
66 kisit3
67 kisit4
68 kisit5
69 kisit6
70 kisit7
71 kisit8
72 kisit9
73 kisit10
74 kisit11
75 kisit12
76 kisit13
77 kisit14
78 kisit15
79 kisit16
80 kisit17
81 kisit18
82 kisit19
83 kisit20
84 kisit21
85 kisit22
86 kisit23
87 kisit24
88 kisit25
89 kisit26
90 kisit27
91 kisit28
92 kisit29
93 kisit30
94 kisit31
95 kisit32
96 kisit33
97 kisit34
98 kisit35
99 kisit36
100 kisit37
101 kisit38
102 kisit39
103 kisit40
104 kisit41
105 kisit42
106 kisit43
107 kisit44
108 kisit45
109 kisit46
110 kisit47

111 kisit48
 112 kisit49
 113 kisit50
 114 kisit51
 115 kisit52
 116 kisit53
 117 kisit54
 118 kisit55
 119 kisit56;
 120
 121 Amac.. z = $e = 2.5*x1 + 3.25*x2 + 2.5*x3 + 3.25*x4 + 2.5*x5 + 3.25*x6 + 2.5*x7 + 3.25*x8 + 2.5*x9 + 3.25*x10 + 2.5*x11 + 3.25*x12 + 2.5*x13 + 3.25*x14 + 2.5*x15 + 3.25*x16 + 2.5*x17 + 3.25*x18 + 2.5*x19 + 3.25*x20 + 2.5*x21 + 3.25*x22 + 2.5*x23 + 3.25*x24 + 2.5*x25 + 3.25*x26 + 2.5*x27 + 3.25*x28$;
 122 kisit1.. $0.3*x1 - 0.7*x2 = g = 0$;
 123 kisit2.. $x1 = l = 10$;
 124 kisit3.. $x1 + x2 = g = 5.11$;
 125 kisit4.. $x1 + x2 + x3 + x4 = l = 112.64$;
 126 kisit5.. $x3 + x4 = g = 5.36$;
 127 kisit6.. $0.3*x3 + 0.1*x1 + 0.07*x2 - 0.7*x4 = g = 0$;
 128 kisit7.. $x1 + x2 + x3 + x4 = l = 118.27$;
 129 kisit8.. $x3 = l = 10$;
 130 kisit9.. $0.3*x5 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.07*x2 + 0.07*x4 - 0.7*x6 = g = 0$;
 131 kisit10.. $x5 + x6 = g = 5.63$;
 132 kisit11.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 = l = 124.18$;
 133 kisit12.. $x5 = l = 10$;
 134 kisit13.. $0.3*x7 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 - 0.7*x8 = g = 0$;
 135 kisit14.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 = l = 129.17$;
 136 kisit15.. $x7 = l = 10$;
 137 kisit16.. $x7 + x8 = g = 5.91$;
 138 kisit17.. $0.3*x9 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.1*x7 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 + 0.07*x8 - 0.7*x10 = g = 0$;
 139 kisit18.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 = l = 134.31$;
 140 kisit19.. $x9 = l = 10$;
 141 kisit20.. $x9 + x10 = g = 4.97$;
 142 kisit21.. $0.3*x11 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.1*x7 + 0.1*x9 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 + 0.07*x8 + 0.07*x10 - 0.7*x12 = g = 0$;
 143 kisit22.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 = l = 139.69$;
 144 kisit23.. $x11 = l = 10$;
 145 kisit24.. $x11 + x12 = g = 5.17$;
 146 kisit25.. $0.3*x13 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.1*x7 + 0.1*x9 + 0.1*x11 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 + 0.07*x8 + 0.07*x10 + 0.07*x12 - 0.7*x14 = g = 0$;
 147 kisit26.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 = l = 145.27$;
 148 kisit27.. $x13 + x14 = g = 5.37$;
 149 kisit28.. $x13 = l = 10$;
 150 kisit29..
 $0.3*x15 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.1*x7 + 0.1*x9 + 0.1*x11 + 0.1*x13 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 + 0.07*x8 + 0.07*x10 + 0.07*x12 + 0.07*x14 - 0.7*x16 = g = 0$;
 151 kisit30.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 + x15 + x16 = l = 151.08$;
 152 kisit31.. $x15 + x16 = g = 5.59$;
 153 kisit32.. $x15 = l = 10$;
 154 kisit33..
 $0.3*x17 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.1*x7 + 0.1*x9 + 0.1*x11 + 0.1*x13 + 0.1*x15 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 + 0.07*x8 + 0.07*x10 + 0.07*x12 + 0.07*x14 + 0.07*x16 - 0.7*x18 = g = 0$;
 155 kisit34.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 + x15 + x16 + x17 + x18 = l = 157.13$;
 156 kisit35.. $x17 + x18 = g = 5.81$;
 157 kisit36.. $x17 = l = 10$;
 158 kisit37..
 $0.3*x19 + 0.1*x1 + 0.1*x3 + 0.1*x5 + 0.1*x7 + 0.1*x9 + 0.1*x11 + 0.1*x13 + 0.1*x15 + 0.1*x17 + 0.07*x2 + 0.07*x4 + 0.07*x6 + 0.07*x8 + 0.07*x10 + 0.07*x12 + 0.07*x14 + 0.07*x16 + 0.07*x18 - 0.7*x20 = g = 0$;
 159 kisit38.. $x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 + x15 + x16 + x17 + x18 + x19 + x20 = l = 163.41$;
 160 kisit39.. $x19 + x20 = g = 6.04$;

```

161 kisit40.. x19 = 10;
162 kisit41..
0.3*x21+0.1*x1+0.1*x3+0.1*x5+0.1*x7+0.1*x9+0.1*x11+0.1*x13+0.1*x15+0.1*x17+0.1*x19+0.17*x2+0.07*x4+0.07*x
6+0.07*x8+0.07*x10+0.07*x12+0.07*x14+0.07*x16+0.07*x18+0.07*x20-0.7*x22 =g= 0;
163 kisit42.. x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17+x18+x19+x20+x21+x22 = 169.95;
164 kisit43.. x21+x22 =g= 6.29;
165 kisit44.. x21 = 10;
166 kisit45..
0.3*x23+0.1*x1+0.1*x3+0.1*x5+0.1*x7+0.1*x9+0.1*x11+0.1*x13+0.1*x15+0.1*x17+0.1*x19+0.1*x21+0.17*x2+0.17*x
4+0.07*x6+0.07*x8+0.07*x10+0.07*x12+0.07*x14+0.07*x16+0.07*x18+0.07*x20+0.07*x22-0.7*x24 =g= 0;
167 kisit46.. x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17+x18+x19+x20+x21+x22+x23+x24 = 176.75;
168 kisit47.. x23+x24 =g= 6.54;
169 kisit48.. x23 = 10;
170 kisit49..
0.3*x25+0.1*x1+0.1*x3+0.1*x5+0.1*x7+0.1*x9+0.1*x11+0.1*x13+0.1*x15+0.1*x17+0.1*x19+0.1*x21+0.1*x23+0.17*x
2+0.17*x4+0.17*x6+0.07*x8+0.07*x10+0.07*x12+0.07*x14+0.07*x16+0.07*x18+0.07*x20+0.07*x22+0.07*x24-
0.7*x26 =g= 0;
171 kisit50..
x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17+x18+x19+x20+x21+x22+x23+x24+x25+x26 = 183.82;
172 kisit51.. x25+x26=g= 6.80;
173 kisit52.. x25 = 10;
174 kisit53.. 0.3*x27+0.1*x1+0.1*x3+0.1*x5+0.1*x7+0.1*x9+0.1*x11+0.1*x13+0.1*x
15+0.1*x17+0.1*x19+0.1*x21+0.1*x23+0.1*x25+0.17*x2+0.17*x4+0.17*x6+0.17*x8
+0.07*x10+0.07*x12+0.07*x14+0.07*x16+0.07*x18+0.07*x20+0.10*x22+0.07*x24+0
.07*x26-0.7*x28 =g= 0;
175 kisit54.. x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17+x18+x
19+x20+x21+x22+x23+x24+x25+x26+x27+x28 = 191.17;
176 kisit55.. x27+x28 =g= 7.07;
177 kisit56.. x27 = 10;
178
179 Model ornek1/all/;
180
181 Solve ornek1 using lp maximizing z;

```

```

COMPILATION TIME = 0.015 SECONDS 2 MB 24.7.4 r58773 WIN-VS8
GAMS 24.7.4 r58773 Released Sep 19, 2016 WIN-VS8 x86 32bit/MS Windows 02/06/17 19:43:33 Page 2
General Algebraic Modeling System
Equation Listing SOLVE ornek1 Using LP From line 181

```

SOLVE SUMMARY

```

MODEL ornek1      OBJECTIVE z
TYPE LP          DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CPLEX     FROM LINE 181

```

```

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE      595.6063

```

```

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.639 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 32 2000000000

```

```

IBM ILOG CPLEX 24.7.4 r58773 Released Sep 19, 2016 VS8 x86 32bit/MS Windows
Cplex 12.6.3.0

```

```

Space for names approximately 0.00 Mb
Use option 'names no' to turn use of names off

```

LP status(1): optimal
 Cplex Time: 0.17sec (det. 0.27 ticks)
 Optimal solution found.
 Objective : 595.606327

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--- EQU amac	.	.	.	1.000
--- EQU kisit1	.	.	+INF	-1.015
--- EQU kisit2	-INF	10.000	10.000	0.337
--- EQU kisit3	5.110	14.286	+INF	.
--- EQU kisit4	-INF	30.429	112.640	.
--- EQU kisit5	5.360	16.143	+INF	.
--- EQU kisit6	.	.	+INF	-0.880
--- EQU kisit7	-INF	30.429	118.270	.
--- EQU kisit8	-INF	10.000	10.000	0.208
--- EQU kisit9	.	.	+INF	-0.762
--- EQU kisit10	5.630	18.186	+INF	.
--- EQU kisit11	-INF	48.614	124.180	.
--- EQU kisit12	-INF	10.000	10.000	0.097
--- EQU kisit13	.	.	+INF	-0.659
--- EQU kisit14	-INF	60.849	129.170	.
--- EQU kisit15	-INF	4.262	10.000	.
--- EQU kisit16	5.910	12.235	+INF	.
--- EQU kisit17	.	.	+INF	-0.568
--- EQU kisit18	-INF	68.403	134.310	.
--- EQU kisit19	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit20	4.970	7.553	+INF	.
--- EQU kisit21	.	.	+INF	-0.516
--- EQU kisit22	-INF	76.711	139.690	.
--- EQU kisit23	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit24	5.170	8.309	+INF	.
--- EQU kisit25	.	.	+INF	-0.469
--- EQU kisit26	-INF	85.851	145.270	.
--- EQU kisit27	5.370	9.139	+INF	.
--- EQU kisit28	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit29	.	.	+INF	-0.426
--- EQU kisit30	-INF	95.904	151.080	.
--- EQU kisit31	5.590	10.053	+INF	.
--- EQU kisit32	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit33	.	.	+INF	-0.388
--- EQU kisit34	-INF	106.963	157.130	.
--- EQU kisit35	5.810	11.059	+INF	.
--- EQU kisit36	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit37	.	.	+INF	-0.352
--- EQU kisit38	-INF	119.128	163.410	.
--- EQU kisit39	6.040	12.165	+INF	.
--- EQU kisit40	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit41	.	.	+INF	-0.330
--- EQU kisit42	-INF	133.121	169.950	.
--- EQU kisit43	6.290	13.993	+INF	.
--- EQU kisit44	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit45	.	.	+INF	-0.290
--- EQU kisit46	-INF	149.391	176.750	.
--- EQU kisit47	6.540	16.270	+INF	.
--- EQU kisit48	-INF	.	10.000	.
--- EQU kisit49	.	.	+INF	-0.264
--- EQU kisit50	-INF	168.458	183.820	.
--- EQU kisit51	6.800	19.067	+INF	.
--- EQU kisit52	-INF	.	10.000	.

```

---- EQU kisit53      .      .      +INF  -0.240
---- EQU kisit54     -INF  191.170  191.170  3.082
---- EQU kisit55      7.070  22.712  +INF      .
---- EQU kisit56     -INF      .      10.000      .

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR x1	.	10.000	+INF	.
---- VAR x2	.	4.286	+INF	.
---- VAR x3	.	10.000	+INF	.
---- VAR x4	.	6.143	+INF	.
---- VAR x5	.	10.000	+INF	.
---- VAR x6	.	8.186	+INF	.
---- VAR x7	.	4.262	+INF	.
---- VAR x8	.	7.974	+INF	.
---- VAR x9	.	.	+INF	-0.084
---- VAR x10	.	7.553	+INF	.
---- VAR x11	.	.	+INF	-0.151
---- VAR x12	.	8.309	+INF	.
---- VAR x13	.	.	+INF	-0.212
---- VAR x14	.	9.139	+INF	.
---- VAR x15	.	.	+INF	-0.268
---- VAR x16	.	10.053	+INF	.
---- VAR x17	.	.	+INF	-0.318
---- VAR x18	.	11.059	+INF	.
---- VAR x19	.	.	+INF	-0.364
---- VAR x20	.	12.165	+INF	.
---- VAR x21	.	.	+INF	-0.404
---- VAR x22	.	13.993	+INF	.
---- VAR x23	.	.	+INF	-0.444
---- VAR x24	.	16.270	+INF	.
---- VAR x25	.	.	+INF	-0.479
---- VAR x26	.	19.067	+INF	.
---- VAR x27	.	.	+INF	-0.510
---- VAR x28	.	22.712	+INF	.
---- VAR z	-INF	595.606	+INF	.

```

**** REPORT SUMMARY :    0  NONOPT
                       0  INFEASIBLE
                       0  UNBOUNDED

```

EXECUTION TIME = 0.031 SECONDS 2 MB 24.7.4 r58773 WIN-VS8

USER: GAMS Development Corporation, Washington, DC G871201/0000CA-ANY
Free Demo, 202-342-0180, sales@gams.com, www.gams.com DC0000

**** FILE SUMMARY

Input C:\Users\Toshiba\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_6.gms
Output C:\Users\Toshiba\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_6.lst

Not: Modelde ETKB hedefleri yıllık enerji artış kısıtlarından küçük kalması nedeniyle anlamsız kısıt durumuna düşmüş bu nedenle GAMS modelinde kullanılmamıştır.