

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÖLGESEL ENERJİ MODELLEMESİ VE ALTERNATİF ÇÖZÜM
YAKLAŞIMLARININ ENİYİLEMESİ**

Utku KÖKER

**Danışman
Doç. Dr. Halil İbrahim KORUCA**

**II. Danışman
Doç. Dr. Egemen SULUKAN**

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2022**



© 2022 [Utku KÖKER]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Durum.....	1
1.2. Mevcut Sorun	3
1.3. Tezin Amaçları, Kapsamı ve Yapısı	4
2. ENERJİ ÜRETİMİNİN MODELLENMESİ VE MODELLEME ARAÇLARI	7
2.1. Modelleme Araçları.....	7
2.1.1. LEAP	7
2.1.2. EnergyPLAN	8
2.1.3. MARKAL	9
2.1.4. Answer-TIMES.....	10
2.1.5. NEMS	11
2.1.5. ENPEP	12
2.1.5. OSeMOSYS	13
2.2. Modelleme Yazılımının Seçimi ve Seçilme Nedeni	13
2.3. Literatür Araştırması	14
3. ALGORİTMA	20
3.1. Paarçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması.....	21
3.2. Kuantum Paarçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması	22
3.3. Mutasyon.....	23
3.4. Uygulama Arayüzü	26
4. UYGULAMA VERİ SETLERİ.....	28
4.1. Santral Tiplerinin Belirlenmesi ve TR33 Bölgesi Potansiyeli.....	29
4.2. Elektrik Talebi Veri Seti	30
4.3. Harici Maliyet Verileri.....	33
4.4. Referans Enerji Sistemi (RES).....	37
5. YÖNTEM	39
5.1. Kullanılan Araçlar	39
5.1.1. EnergyPLAN simülasyon yazılımı	39
5.2.2. ANSWER-TIMES modelleme platformu.....	41
5.2.3. MATLAB programı	43
5.2. Senaryolar	43
5.1.1. Mevcut durum senaryosu (Mevcut_DS).....	44
5.2.2. Yeni kömür santrali yatırımı yasaklı senaryo (YKömürSY_YS) ..	46
5.2.3. Yeni doğal gaz santrali yatırımı yasaklı senaryo (YDgazSY_YS).....	46
5.2.4. Yeni fosil kaynak santral yatırımı yasaklı senaryo (YFosilKSY_YS)	47
5.2.5. Düşük azim karbon vergisi senaryosu (Karbon_VS-D).....	47
5.2.6. Orta azim karbon vergisi senaryosu (Karbon_VS-O).....	47

5.2.7. Yüksek azim karbon vergisi senaryosu (Karbon_VS-Y)	48
5.2.8. Harici maliyet eklenmiş mevcut durum senaryosu (Mevcut_DS-HM)	48
5.2.9. Harici maliyet eklenmiş yeni kömür santrali yatırımı yasaklı senaryo (YKömürSY_YS-HM)	48
5.2.10. Harici maliyet eklenmiş yeni doğal gaz santrali yatırımı yasaklı senaryo (YDgazSY_YS-HM)	49
5.2.11. Harici maliyet eklenmiş yeni fosil kaynak santral yatırımı yasaklı senaryo (YFosilKSY_YS-HM).....	49
6. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	51
6.1. Mevcut Durum Senaryosu (Mevcut_DS) Sonuçları.....	51
6.2. Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YKömürSY_YS) Sonuçları	56
6.3. Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YDgazSY_YS) Sonuçları	62
6.4. Yeni Fosil Kaynak Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YFosilKSY_YS) Sonuçları	67
6.5. Düşük Azim Karbon Vergisi Senaryosu (Karbon_VS-D) Sonuçları.....	68
6.6. Orta Azim Karbon Vergisi Senaryosu (Karbon_VS-O) Sonuçları.....	73
6.7. Yüksek Azim Karbon Vergisi Senaryosu (Karbon_VS-Y) Sonuçları.....	78
6.8. Harici Maliyet Eklenmiş Mevcut Durum Senaryosu (Mevcut_DS-HM) Sonuçları	83
6.9. Harici Maliyet Eklenmiş Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YKömürSY_YS-HM) Sonuçları.....	89
6.10. Harici Maliyet Eklenmiş Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YDgazSY_YS-HM) Sonuçları.....	94
6.11. Harici Maliyet Eklenmiş Yeni Fosil Kaynak Santral Yatırımı Yasaklı Senaryo (YFosilKSY_YS-HM) Sonuçları.....	100
7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	102
KAYNAKLAR	107
EKLER.....	115
EK A. RES Modelleri	117
EK B. Senaryo Çizelgeleri	123
ÖZGEÇMİŞ.....	210

ÖZET

Doktora Tezi

BÖLGESEL ENERJİ MODELLEMESİ VE ALTERNATİF ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARININ EN İYİLEMESİ

Utku KÖKER

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Halil İbrahim KORUCA

II. Danışman: Doç. Dr. Egemen SULUKAN

Tüm dünyada mevcut kurulu enerji santralleri zamanla ömürlerini tamamlamakta, yeni teknolojilerin kullanılması zorunlu hale gelmekte ve enerji talep miktarlarına bağlı olarak yeni santrallerin kurulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Karar vericiler yatırım kararını aldığında hangi teknolojiye ne kadar yatırım yapılacağı sorusu ortaya çıkmaktadır. Tüm enerji üretim teknolojilerinin farklı maliyet ve faydalı ömür bilgilerinin yanısıra çevresel etkiler ve onların dolaylı maliyetleri de bu kararın verilmesinde etkili olacaktır. Pigou'nun (Pigou,1920) 100 yıl önce işaret ettiği dışsal maliyetlerin hesaba katılması ile seçim oldukça karmaşık bir hale gelecektir. Ülkeler günümüzde sadece ulusal bazda değil artan bir ivmeyle, yerelde de enerji arz güvenliğini talep etmeye başlamıştır. Bu nedenle son yirmi yılda bölgesel seviyede kurulan enerji optimizasyon modellerinin sayısı artış göstermiştir.

Bu çalışmanın amacı TR33 Bölgesinin 2016-2031 yılları arasında kendi kendine yeterli ve net enerji ihracatçısı kimliğini koruyarak çeşitli senaryo varsayımları altında optimum maliyetle hangi teknoloji bileşimi ile bu kimliğini sürdürebileceğini tespit etmektir. Bunun için TIMES platformu ve metasezgisel bir algoritmanın kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bugün dünyanın hemen her gelişmiş ülkesinde MARKAL/TIMES/VEDA modelleme platformları kullanılmaktadır.

“Bölgesel bazda” kurulan bu tez çalışması, 2016-2031 yılları arasında Afyonkarhisar, Uşak, Manisa ve Kütahya illeri enerji üretim ve tüketimlerini, çeşitli senaryo varsayımları altında incelemektedir.

TIMES'in RES mantığı dahilinde TR33 Bölgesi RES'i oluşturulmuş, enerji taşıyıcılardan enerji taleplerine giden bağ kurulmuştur. Bölgenin enerji ihtiyaçlarının tahminlemesinde en zorlayıcı senaryo olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yüksek tahmin projeksiyonu referans alınmıştır. Çalışmada harici maliyetlerin dahil edilmediği ve CASES mantığı çerçevesinde

dahil edildiği durumların her ikisi de göz önüne alınmış, ilave olarak özel bir harici maliyetlendirme şekli olan karbon vergisi de düşük, orta ve yüksek azim olarak üç farklı halde uygulanmıştır. Harici maliyetli olan ve olmayan Mevcut_DS, YKYY, YDGYYS ve YFSYYS senaryoları oluşturulmuştur. Toplamda 11 farklı senaryo çalışılmış, teknik, çevresel ve finansal boyutlarıyla bu senaryolar değerlendirilmiştir.

Metolodojinin uygulanması sırasında hem eniyileme yöntemi ile TIMES çözümleri gösterilmiş, hem de PSO algoritması ile metasezgisel çözümler elde edilmiştir. TR33 Bölgesi tek ve çok bölgeli modellemeye tabi tutulmuş, sonuçların çevresel ve finansal olarak aynı çıktığı gösterilmiştir. Teknik boyutta il kurulu kapasiteler toplamının bölgesel kapasite toplamına karşılık geldiği görülmüştür.

Tek ve çok bölgeli modelleme neticesinde $11 \times 2 = 22$ TIMES modeli kurulmuştur. PSO ve QPSO algoritmaları ile mutlak 1000 iterasyon ve özel iterasyonlu olarak 44 metasezgisel model oluşturulmuştur. TIMES denklem sistemlerinin görünürlüğünün sağlanması maksadı ile açık kaynak kodlu OSEMOSYS ile tek ve çok bölgeli model kodlamaları yapılmış, 22 ayrı model (dat ve mod dosyaları sunularak) github a yüklenmiştir. Sonuçta metasezgisel algoritma (PSO-QPSO) ve eniyileme (TIMES) sonuçlarının birbirini desteklediği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji optimizasyonu, bölgesel enerji modellemesi, TIMES eniyilemesi, mutasyonlu parçacık sürü algoritması.

2022, 229 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

REGIONAL ENERGY MODELLING AND OPTIMIZATION OF ALTERNATIVE SOLUTION APPROACHES

Utku KÖKER

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering**

Supervisor: Doç. Dr. Halil İbrahim KORUCA

Co-Supervisor: Doç. Dr. Egemen SULUKAN

All over the world, existing installed power plants are aging over time, the use of new technologies is becoming mandatory and there is a need to establish new power plants depending on the amount of energy demand. When decision makers make the decision in favour of investment, the question arises about which technology to invest in and how much. Various cost and useful life information of all energy generation technologies, as well as environmental impacts and their indirect costs will be effective in making this decision. Taking into account the external costs that Pigou pointed out about 100 years ago, the choice will only become quite complicated. Today, countries have started to demand self-sufficiency on energy supply safety not only on a national basis, but also at regional level with increasing momentum. Therefore, the number of energy optimization models established at the regional level has increased in the last two decades.

The aim of this study is to determine with which technology combination the TR33 Region can maintain its self-sufficient and net energy exporter identity between 2016-2031 and maintain this identity at optimum cost under various scenario assumptions. For this purpose, the availability of the TIMES platform and a metaheuristic algorithm is investigated.

Today, MARKAL/TIMES/VEDA modeling platforms are used in almost every developed country in the world.

This study, which was established on a “regional basis”, examines the energy production and consumption of Afyonkarahisar, Uşak, Manisa and Kütahya provinces under various scenario assumptions between 2016 and 2031.

Within the RES logic of TIMES, RES of TR33 Region is established and the link to energy demands from energy carriers is configured. The highest forecasting projection of the Ministry of Energy and Natural Resources, which is the most challenging scenario for estimating the energy needs of the region, is referenced.

In the study, both cases in which external costs were not included and included (within the framework of CASES logic) were taken into account, and in addition, carbon tax, which is a special form of external costing, is applied in three different forms as low, medium and high perseverance. Mevcut_DS, YKYY, YDGY and YFSY scenarios are created both solely and including external costs. A total of 11 different scenarios were studied and evaluated from technical, environmental and financial point of views

During the application of method, both TIMES solutions were shown with the optimization method and metaheuristic solutions were obtained with the PSO algorithm. The TR33 Region has been subjected to single and multi-regional modeling and the results have been shown to be environmentally and financially identical. From technical perspective, the equivalence of the sum of the installed capacities of both single and multi regional models is pointed out.

As a result of single and multi-region modeling, $11 \times 2 = 22$ TIMES models were established. PSO and QPSO algorithms have resulted in $11 \times 4 = 44$ metaheuristic models with absolute 1000 iterations and custom iterations. Single and multi-regional model codings were prepared with OSEMOYS to ensure visibility of TIMES equation systems, and 22 separate models (presenting dat and mod files) were installed on github.com. As a result, metaheuristic algorithm (PSO-QPSO) and optimization (TIMES) results have been shown as supporting each other.

Keywords: Energy optimization, regional energy modeling, TIMES optimization, particle swarm algorithm with mutation.

2022, 229 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Halil İbrahim KORUCA'ya ve Eşdanışman Hocam Doç Dr. Egemen SULUKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

FDK-2019-6839 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımla.

Utku KÖKER
ISPARTA, 2022

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. CO ₂ emisyonu oluşumunun sektörlere dağılımı.....	2
Şekil 2.1. Örnek LEAP arayüzü	8
Şekil 2.2. EnergyPLAN arayüzü görünümü.....	9
Şekil 2.3. NEMS yazılımının yapısı (EIA, 2019).....	12
Şekil 3.1. PSO algoritmasının akış şeması	22
Şekil 3.2. Parçacık sürü algoritmasında mutasyonun akış şemasında gösterimi	25
Şekil 3.3. Önerilen mutasyon yapısı	26
Şekil 3.4. Uygulama arayüzleri (1-2-3)	27
Şekil 5.1. EnergyPLAN simülasyon programı çalışma mantığı.....	40
Şekil 5.2. ANSWER-TIMES programının alt bileşenleriyle birlikte çalışma yapısı ve akış gösterimi	41
Şekil 6.1. Mevcut_DS optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)	52
Şekil 6.2. Mevcut_DS optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ).....	52
Şekil 6.3. Mevcut_DS optimum planı kurulu güç değerleri (GW).....	53
Şekil 6.4. Mevcut_DS optimum planı maliyet değerleri (mUSD).....	54
Şekil 6.5. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	56
Şekil 6.6. YKömürSY_YS optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ). ..	57
Şekil 6.7. YKömürSY_YS optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	58
Şekil 6.8. YKömürSY_YS optimum planı kurulu güç değerleri (GW)	59
Şekil 6.9. YKömürSY_YS optimum planı maliyet değerleri (mUSD).....	59
Şekil 6.10. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	62
Şekil 6.11. YDgazSY_YS optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ) ..	63
Şekil 6.12. YDgazSY_YS optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	63
Şekil 6.13. YDgazSY_YS optimum planı kurulu güç değerleri (GW).....	64
Şekil 6.14. YDgazSY_YS optimum planı maliyet değerleri (mUSD).....	65
Şekil 6.15. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	67
Şekil 6.16. Karbon_VS-D optimum planı gereği üretilen enerji miktarı(PJ) .	68
Şekil 6.17. Karbon_VS-D optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	69
Şekil 6.18. Karbon_VS-D optimum planı kurulu güç değerleri (GW).....	69
Şekil 6.19. Karbon_VS-D optimum planı maliyet değerleri (mUSD).....	71
Şekil 6.20. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	72
Şekil 6.21. Karbon_VS-O optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)	73
Şekil 6.22. Karbon_VS-O optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	74
Şekil 6.23. Karbon_VS-O optimum planı kurulu güç değerleri (GW).....	75
Şekil 6.24. Karbon_VS-O optimum planı maliyet değerleri (mUSD).....	76
Şekil 6.25. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	77
Şekil 6.26. Karbon_VS-Y optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ).	78
Şekil 6.27. Karbon_VS-Y optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	79
Şekil 6.28. Karbon_VS-Y optimum planı kurulu güç değerleri (GW).....	80

Şekil 6.29. Karbon_VS-Y optimum planı maliyet değerleri (mUSD)	81
Şekil 6.30. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	83
Şekil 6.31. Mevcut_DS-HM optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)	83
Şekil 6.32. Mevcut_DS-HM optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	85
Şekil 6.33. Mevcut_DS-HM optimum planı kurulu güç değerleri (GW)	86
Şekil 6.34. Mevcut_DS-HM optimum planı maliyet değerleri (mUSD).....	87
Şekil 6.35. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	88
Şekil 6.36. YKömürSY_YS-HM optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)	89
Şekil 6.37. YKömürSY_YS-HM optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ).....	90
Şekil 6.38. YKömürSY_YS-HM optimum planı kurulu güç değerleri (GW)	91
Şekil 6.39. YKömürSY_YS-HM optimum planı maliyet değerleri (mUSD)	92
Şekil 6.40. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	94
Şekil 6.41. YDgazSY_YS-HM optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)	95
Şekil 6.42. YDgazSY_YS-HM optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)	96
Şekil 6.43. YDgazSY_YS-HM optimum planı kurulu güç değerleri (GW)	97
Şekil 6.44. YDgazSY_YS-HM optimum planı maliyet değerleri (mUSD)	97
Şekil 6.45. Algoritma emisyon sonuçları (kt CO ₂).....	99
Şekil A.1. Çok bölgesi 4 il modeli için RES modeli	117
Şekil A.2. Dört il modeli için Afyonkarahisar bazında RES modeli.....	118
Şekil A.3. Dört il modeli için Uşak bazında RES modeli	119
Şekil A.4. Dört il modeli için Kütahya bazında RES modeli	120
Şekil A.5. Dört il modeli için Manisa bazında RES modeli.....	121
Şekil A.6. Dört il modeli için bölge dışına transfer bazında RES modeli	122
Şekil A.7. Bölgesel model için RES modeli.....	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. PSO algoritmasının ana döngü yapısı	21
Çizelge 3.2. Uygulanan başlıca mutasyon türleri.....	24
Çizelge 4.1. TR33 illeri kurulu güç değerleri.....	29
Çizelge 4.2. TR33 elektrik enerjisi talep projeksiyonu sonuçları – yıllık bazda talep ve değişim oranları.....	31
Çizelge 4.3. TR33 illeri 2018 yılı sektörel elektrik enerjisi talebi (PJ)	31
Çizelge 4.4. Zaman ufku boyunca TR33 illeri elektrik enerjisi tüketim tahmini (PJ).....	32
Çizelge 4.5. TR33 bölgesinin özihtiyacı dışındaki ilave elektrik enerjisi üretimi (PJ)	32
Çizelge 4.6. Teknik parametreler.....	33
Çizelge 4.7. Ülke bazında parametre değerleri	34
Çizelge 4.8. Kömür harici maliyet değerleri	36
Çizelge 4.9. Türkiye için geçerli kılınan harici maliyet değerleri.....	37
Çizelge 5.1. Senaryo özellikleri detay görünümü	49
Çizelge 6.1. Algoritma sonuçları (mUSD- Mevcut_DS)	55
Çizelge 6.2. Algoritma sonuçları (mUSD- YKömürSY_YS).....	61
Çizelge 6.3. Algoritma sonuçları (mUSD- YDgazSY_YS)	66
Çizelge 6.4. Algoritma sonuçları (mUSD- Karbon_VS-D).....	72
Çizelge 6.5. Algoritma sonuçları (mUSD- Karbon_VS-O).....	77
Çizelge 6.6. Algoritma sonuçları (mUSD- Karbon_VS-Y)	82
Çizelge 6.7. Algoritma sonuçları (mUSD- Mevcut_DS-HM).....	88
Çizelge 6.8. Algoritma sonuçları (mUSD- YKömürSY_YS-HM)	93
Çizelge 6.9. Algoritma sonuçları (mUSD- YDgazSY_YS-HM)	98
Çizelge 6.10. İterasyon tipine göre senaryo bazında algoritma süreleri (saniye)	100
Çizelge 7.1. Alternatif senaryoların Mevcut_DS senaryosuyla karşılaştırılması	102
Çizelge B.1. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS Sonuçları)	123
Çizelge B.2. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Mevcut_DS Sonuçları	125
Çizelge B.3. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS Sonuçları)	127
Çizelge B.4. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Mevcut_DS Sonuçları.....	128
Çizelge B.5. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS Sonuçları)	129
Çizelge B.6. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YKömürSY_YS Sonuçları	131
Çizelge B.7. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS Sonuçları)	133
Çizelge B.8. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YKömürSY_YS Sonuçları	134
Çizelge B.9. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS Sonuçları).....	135

Çizelge B.10. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) YDgazSY_YS Sonuçları.....	137
Çizelge B.11. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS Sonuçları).....	139
Çizelge B.12. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YDgazSY_YS Sonuçları.....	140
Çizelge B.13. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-D Sonuçları).....	141
Çizelge B.14. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Karbon_VS-D Sonuçları	143
Çizelge B.15. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-D Sonuçları).....	144
Çizelge B.16. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Karbon_VS-D Sonuçları	145
Çizelge B.17. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-O Sonuçları).....	146
Çizelge B.18. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Karbon_VS-O Sonuçları.....	148
Çizelge B.19. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-O Sonuçları).....	149
Çizelge B.20. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Karbon_VS-O Sonuçları.....	150
Çizelge B.21. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-Y Sonuçları)	151
Çizelge B.22. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Karbon_VS-Y Sonuçları.....	153
Çizelge B.23. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-Y Sonuçları)	154
Çizelge B.24. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Karbon_VS-Y Sonuçları.....	155
Çizelge B.25. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS-HM Sonuçları).....	156
Çizelge B.26. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Mevcut_DS-HM Sonuçları	158
Çizelge B.27. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS-HM Sonuçları).....	160
Çizelge B.28. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – Mevcut_DS-HM Sonuçları	161
Çizelge B.29. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS-HM Sonuçları)	162
Çizelge B.30. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YKömürSY_YS-HM Sonuçları.....	164
Çizelge B.31. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS-HM Sonuçları)	166
Çizelge B.32. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YKömürSY_YS-HM Sonuçları.....	167
Çizelge B.33. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS-HM Sonuçları)	168

Çizelge B.34. İl bazında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YDgazSY_YS-HM Sonuçları.....	170
Çizelge B.35. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS-HM Sonuçları).....	172
Çizelge B.36. Bölge toplamında üretilen CO ₂ emisyon miktarı (kt CO ₂) – YDgazSY_YS-HM Sonuçları.....	173
Çizelge B.37. Mevcut_DS Algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	174
Çizelge B.38. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	175
Çizelge B.39. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	176
Çizelge B.40. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	177
Çizelge B.41. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	178
Çizelge B.42. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	179
Çizelge B.43. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	180
Çizelge B.44. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	181
Çizelge B.45. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	182
Çizelge B.46. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	183
Çizelge B.47. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	184
Çizelge B.48. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	185
Çizelge B.49. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	186
Çizelge B.50. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	187
Çizelge B.51. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	188
Çizelge B.52. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	189
Çizelge B.53. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	190
Çizelge B.54. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	191
Çizelge B.55. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	192
Çizelge B.56. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	193
Çizelge B.57. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	194

Çizelge B.58. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	195
Çizelge B.59. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	196
Çizelge B.60. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	197
Çizelge B.61. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	198
Çizelge B.62. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	199
Çizelge B.63. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	200
Çizelge B.64. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	201
Çizelge B.65. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	202
Çizelge B.66. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	203
Çizelge B.67. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	204
Çizelge B.68. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	205
Çizelge B.69. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon).....	206
Çizelge B.70. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon).....	207
Çizelge B.71. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon).....	208
Çizelge B.72. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon).....	209

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BESOM	Brookhaven Energy System Optimization Models
CEESA	Argonne Ulusal Laboratuvarı'na bağlı Enerji, Çevre ve Ekonomi Sistemleri Analiz Birimi
DESOM	Dynamic Energy System Optimization Model
DIS	Argonne Laboratuvarlarına bağlı Karar ve Bilgi Sistemleri Birimi
EIA	A.B.D. Enerji Bilgi İdaresi
ENPEP	Energy and Power Evaluation Program
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
GA	Genetik Algoritma
GW	GigaWatt
GWh	GigaWatt-saat
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
LEAP	Low Emissions Analysis Platform
Karbon_VS-D	Düşük Azim Karbon Vergisi Senaryosu
Karbon_VS-O	Orta Azim Karbon Vergisi Senaryosu
Karbon_VS-Y	Yüksek Azim Karbon Vergisi Senaryosu
kWh	Kilowatt-saat
MARKAL	MARKet ALlocation
Mevcut_DS	Mevcut Durum Senaryosu
Mevcut_DS -HM	Mevcut Durum Senaryosu (Harici Maliyetli)
MMO	Makine Mühendisleri Odası
MW	MegaWatt
MWh	MegaWatt-saat
NEMS	National Energy Modeling System
OECD	İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı
PJ	Petajoule
PSO	Parçacık Sürü Algoritması
QPSO	Kuantum Parçacık Sürü Algoritması
TESOM	Brookhaven Time-Stepped Energy System Optimization Model
TIMES	The Integrated Markal Efom System
TWh	Terawatt-saat
YDgazSY_YS	Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo
YDgazSY_YS-HM	Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (Harici Maliyetli)
YFosilKSY_YS	Yeni Fosil Kaynaklı Santral Yatırımı Yasaklı Senaryo
YFosilKSY_YS-HM	Yeni Fosil Kaynaklı Santral Yatırımı Yasaklı Senaryo (Harici Maliyetli)
YKömürSY_YS	Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo
YKömürSY_YS-HM	Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (Harici Maliyetli)

1. GİRİŞ

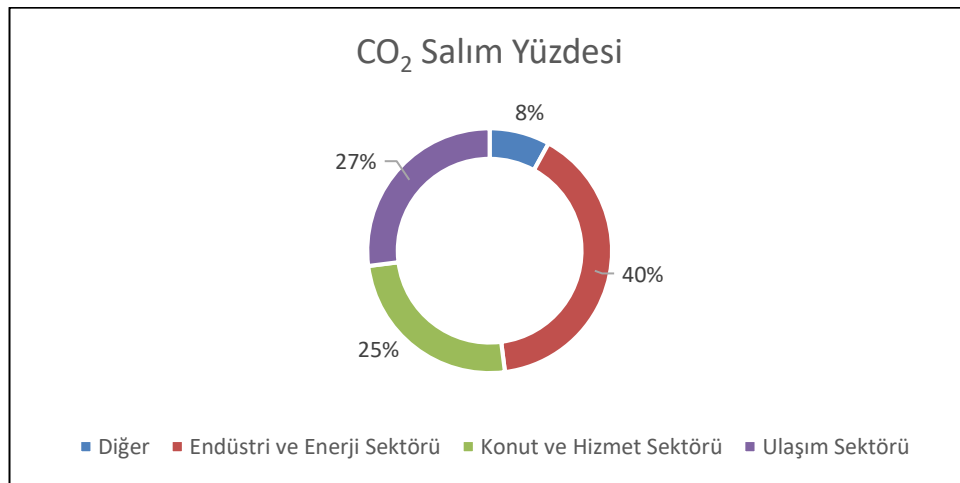
Bu bölümde enerji ihtiyacı, maliyetlendirmesi ve bu noktadaki sorunlar ile bu çalışmanın kapsamı, amacı ve yapısı üzerine bilgi verilmiştir.

1.1. Genel Durum

Ülkemizde elektrik üretiminde yatırım planlamaları genel olarak CO₂ emisyonlarının azaltılması ve sonradan ortaya çıkan harici maliyetlerin finansal etkilerinin gözönüne alınması suretiyle gerçekleştirilmemekte, içsel maliyetler dikkate alınmaktadır. Uluslararası kuruluşların hukuki anlamda çevresel içerikli zorlamaları zamanla artmaktadır. Diğer taraftan piyasa koşullarının en ekonomik seçeneği dayatması nedeniyle karar vericiler tercihlerini ekonomik koşullardan yana kullanmayı tercih etmektedir. Ülkemiz bir yanda mevcut kömür kaynaklarını enerji üretimine yönlendirirken, diğer yandan yenilenebilir enerjinin piyasasının oluşturulmasına ve güçlendirmesine çalışarak son 20 yılda oldukça uzun bir yol kat etmiştir (Türkiye nüfusunun zaman içinde gösterdiği artış trendi zayıflamakta olup bu durum TÜİK kaynaklarından da açıkça görülebilir hale gelmiştir). Diğer yandan yakın ve uzak çevre ülkelerden Türkiye'ye göç neticesinde ülke nüfusunun hızla değiştiği tespit edilmektedir. Eski ilkel modellerine göre her yıl enerji verimliliği açısından çok daha iyileştirilmiş ürünlerin piyasaya sürüldüğü elektrikli ev aletleri piyasası direkt olarak hane başına kullanılan elektrik tüketimini azaltma yönünde etki etmekte, buna mukabil her hanede günümüzden 20 yıl önce bulunmayan pek çok elektrikli ev eşyası da gündelik hayatın bir parçası olarak ilave elektrik tüketimine yol açmaktadır. Hane başına düşen klima, led tv, kombi, cep telefonu, mutfak robotu gibi elektrik enerji tüketimine neden olan eşyalar vazgeçilmez hale gelmiştir. İlave olarak elektrikli araçların artmaya başlaması ile bugün pek çok cihazın şarj ihtiyacı ciddi tüketim rakamlarına ulaşmaktadır (ışıldaklar, cep telefonları, elektrikli motorsikletler vb).

Mevcut elektrik enerjisi santralleri zamanla ömürlerini doldurmakta, peşinden de ömür uzatma ya da yeni santral inşası ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Teknolojik yenilikler ve gelişmeler mevcut elektrik üretim teknolojilerinin özelliklerini iyileştirmekte ve maliyetlerinde olumlu yönde değişikliğe neden olmaktadır. Bu durumda ilgili teknolojinin inşa edilebilecek çok sayıda alt çeşidi ortaya çıkmaktadır. Bilim insanları ve girişimciler daha da radikal bir şekilde alternatif üretim teknolojilerini de ortaya koymaktadır. Bu durum ise yapılabilecek yeni teknoloji tip sayısını artırmaktadır. Hem teknoloji sayısının hem de alt tür sayısının artışı ise karar vericileri “hangi teknolojiyi hangi büyüklükte kurulu güçle inşa etmeli” sorusuna cevap aramak zorunda bırakmaktadır.

Elektrik üretiminde fosil kaynakların kullanılması neticesinde ortaya çıkan CO₂, CO₂’nin harici maliyeti ve bu elektrik üretim teknolojilerinin uluslararası tartışmaların odağında olması sorunların en önemlisidir. Uluslararası anlaşmalar neticesinde yakın bir gelecekte kömür santrallerinin tamamen yasaklanmasının konuşulduğu günümüzde ülkeler elektrik enerjisi arz güvenliğini sağlamak üzere alternatif enerji teknolojilerini araştırmaktadır. Enerji sektörünün küresel iklim değişikliğine yaptığı olumsuz etkinin boyutu hiç azımsanamayacak düzeydedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın verileri (IEA, 2022) Şekil 1.1 de CO₂ salımının beşte ikisinin endüstri ve enerji üretimi kökenli olduğuna işaret etmekte olup bu oran çok yüksektir.



Şekil 1.1. CO₂ emisyonu oluşumunun sektörlere dağılımı (IEA,2022)

Sadece elektrik enerjisi üretimiyle meydana gelen CO₂ emisyonunun azaltılabilmesi halinde dahi, küresel iklim değişikliği ile mücadelede ciddi kazanımlar elde edilebilecektir. Yenilenebilir enerji miktarında son yıllarda bir artış mevcutsa da bu artışın iklim değişikliği ile mücadele açısından başarılı olduğunu söylemek güçtür. Karar vericilerin hem iklim değişikliği ile mücadele edilmesini sağlamak, hem de ekonomik olarak geçişin en ekonomik şekilde yapılmasını kolaylaştırmak noktasında sorumluluğu olduğu tespit edilmektedir.

1.2. Mevcut Sorun

Günümüzde harici maliyetler operasyonel maliyet hesaplamalarının dışında tutulup, elektrik enerjisi üretiminin maliyetleri geleneksel şekilde hesap edilmektedir. Harici maliyetlerin yüklenmiş olduğu bir enerji maliyet görünümünün karar vericilerin önüne getirilmesinin ne kadar kıymetli olduğunun altı ise sıklıkla çizilmektedir. Her ne kadar maliyet yükseltici etkisi olduğu kesin olarak bilinse de gelecek ilave maliyet payının teknoloji bazında görülmesi planlama aşamasında gereklidir. Yapılacak bölgesel ve ulusal uzun vadeli yatırım planlamalarında oluşacak dışsal zararların da bilinmesi ve dikkate alınması gerekmektedir. Zira karar vericiler yapılan işlemler neticesinde ortaya çıkacak sorunlara çözüm bulması beklenen kişilerdir ve oluşacak olası zararları önceden biliyor olmaları beklenir.

Avrupa Birliği son yıllarda çeşitli direktifler ortaya koymakta ve ulusal enerji arz güvenliğinin son yıllarda ortaya çıkan önemi, ülkeleri yerelde kendi kendine yeter duruma gelmeye zorlamaktadır. Uluslararası yapılar belediyeler ve yerel yönetimlerin gerek emisyon azaltımında, gerek verimlilik artışında, gerekse kendi kendine yeter elektrik arzı sağlayan şehirleşmeleri Covenant of Mayors vb yapılar teşvik etmektedir. Üye sayısı yıldan yıla artan bu oluşumların arkasında yatan ana nedense ulusal bazda yapılacak her türlü eylemin yerelden başlamak zorunda olduğu pratiği olup, bu kapsamda bölgesel bazda yapılan çalışmalar son 25 yıl içinde artış göstermiştir.

Gelişmiş ülkeler buradan hareketle son dönemde olağan durum haricinde yaşanabilecekleri alternatif senaryolar haline getirerek incelemiş ve bu inceleme sonuçlarını ortak mecralarda paylaşmışlardır. Türkiye’de bu konuda ciddi bir eksiklik olduğu kaynak araştırmalarında görülmüştür. Oldukça kısıtlı sayıda MARKAL ve TIMES modelinin ulusal bazda, daha da azının bölgesel bazda hazırlanmış olduğu tespit edilmektedir. TR33 bölgesi bazında bir senaryo çalışmasına rastlanmamıştır.

Bölgesel bazda yapılacak çalışmaların özellikle harici maliyeti ve olası karbon vergisi türlerini de içerir halde hazırlanması, çevresel ve ekonomik anlamda karşılaştırmalar sağlaması açısından faydalı olacaktır. Bu çalışma öncesinde harici maliyetin göz önüne alındığı sadece bir “ulusal” çalışma mevcut olup karbon vergisi modellemesini gösterir bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bölgesel modellerin ulusal çalışmalara göre az olduğu literatürde, enerji optimizasyonu alanında salt yöneylem modelleme üzerine bir yönelim olduğu görülmektedir. Çeşitli sezgisel algoritmaların bu kapsamda kullanımı üzerine yapılan araştırmalar neticesinde somut sonuçlara ulaşılamamıştır. Sezgisel algoritmalar gerek doğrusal gerekse eğrisel optimizasyon yeteneği açısından oldukça ciddi faydalar sağlamaktadır. Çalışmada bölgesel modellemenin tek ve çok bölgeli olarak TIMES ile gösterimi yanında parçacık sürü algoritması ve özel bir mutasyon şeklinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

1.3. Tezin Amaçları, Kapsamı ve Yapısı

Bu çalışmada, 2016 - 2031 yılları arası zaman ufku olarak alınmış ve tüm maliyetler 2016 (referans yıl) yılına endekslenerek net bugünkü değerlerin minimum olduğu planlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda TR33 Bölgesinde kurulu ve kurulabilecek yedi santral tipi bazında modelleme gerçekleştirilmiştir. Bu santral tipleri, 1.Rüzgâr enerji santrali (karasal), 2.Güneş enerji santrali, 3.Biyokütle enerji santrali, 4.Jeotermal enerji santrali, 5.Linyit kömür enerji santrali, 6.Doğal gaz termik santrali, 7.Doğal gaz kombine çevrim santralidir. Nükleer enerji santralleriyle ilgili ülkemizde girişimlerde bulunulmuş ve farklı konumlar için projelendirmeler yapılmıştır. Buna mukabil nükleer

santralin yapılması sadece teknik bir konu değil çok boyutlu bir karardır ve bu kararın verilmesinde sadece enerjinin piyasa fiyatlarının etkili olduğu iddia edilemez. Bu nedenle Alternatif yedi ayrı santral içinde bu teknolojiye yer verilmemiştir. Hidroelektrik santrallerin yıldan yıla ürettiği enerji miktarlarında olağandışı dengesizlikler gözlemlenebildiğinden ve bölge genelindeki potansiyelinin ciddi boyutlarda olmaması nedeniyle teknoloji alternatifleri arasında hidroelektrik teknolojiyle elektrik üretimi gösterilmemiştir. TR33 Bölgesinde mevcut veriler çeşitli kabuller altında farklı modellemelere tabi tutulmuş ve bu kapsamda 11 farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar, toplam maliyetlerinin 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri ve CO₂ salımları bakımından karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. TR 33 Bölgesi'nin, dışarıdan elektrik ithaline müsaade edilmemesi varsayımı altında, kendi kendine yeterli olup olamayacağı ve 2016 yılındaki bölge dışına enerji ihracatçısı kimliğini bölgenin zaman ufku boyunca koruyup koruyamayacağı test edilmiştir. Bölgenin teknoloji üst kapasite kısıtları modellemeye dâhil edilmiş olup, modellemedeki senaryolar harici maliyetli, harici maliyetli olmayan ve karbon vergisi ilave edilmiş senaryolar olarak kurgulanmıştır.

Çalışmanın ana hedefleri:

- TR33 Bölgesinde her bir senaryo bazında belirlenmiş taleplerin optimum maliyetle hangi teknoloji bileşimi ile karşılanacağını belirlenmesi,
- Tüm senaryoların olurlu çözümü olup olmadığının tespitinin yapılması,
- Senaryoların farklı optimum planlarla sonuçlanıp sonuçlanmayacağını tespitinin yapılması. Hangi senaryo/senaryoların optimum maliyetle, hangilerinin düşük CO₂ emisyonu ile neticeleneceğinin belirlenmesi,
- Karbon vergilendirmesi ve harici maliyetlendirmenin kömür santral yatırımı kısıtlı, doğal gaz santral yatırımı kısıtlı ve mevcut durum senaryolarında ne ölçüde çevresel ve finansal etkilerinin olduğunun belirlenmesi,
- Hangi algoritmaların iterasyon sayısı artması ile TIMES optimum sonuçlarına (maliyet ve emisyon değerleri açısından) ne ölçüde yaklaştığının belirlenmesi,

- Özel ve 1000 iterasyon sayılı PSO ve QPSO algoritmalarının TIMES sonuçlarıyla (maliyet ve emisyon değerleri olarak) karşılaştırılmasıdır.

Çalışmanın alt amaçları, TR33 bölgesel analizin ortaya koyulması ile diğer bölgeler için de ulusal enerji arz güvenliği kapsamında örnek teşkil etmesidir.

Çalışmanın birinci bölümünde genel durum, mevcut sorun, tezin kapsam, amaç ve yapısı açıklanmıştır. İkinci bölümde literatür taramasının yanında enerji üretimi modellemesinde kullanılan araçlar ve çalışmada seçilen yazılımın seçim nedenleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, parçacık sürü algoritması (PSO) ve türlerinden birisi (QPSO) anlatılmış, sonra da bu iki sezgisel algoritma çalışma tarafından önerilen bir mutasyon biçimiyle entegre edilmiştir. Üçüncü bölümde ilave olarak algoritma kodlamalarının MATLAB ortamında çalışılmış arayüzleri gösterilmiştir. Dördüncü bölümde veri setleri tanıtılmış, senaryolara altyapı olarak kullanılacak TR33 Bölgesine ait verinin gösterimi yapılmıştır. Bu kısımda ayrıca iki önemli konu anlatılmış olup, bunlar harici maliyet kavramı ve ülkemiz veri setinin eldesi ile TR33 Bölgesi RES'idir. Beşinci bölümde, TIMES yazılımının çalışma yöntemi açıklanmış ve çalışmada analiz edilecek senaryolar hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı kısımda araştırma bulguları senaryo bazında TIMES ve algoritma çıktıları halinde incelenmiştir. Son olarak, yedinci bölüm sonuç ve önerilere ayrılmıştır.

2. ENERJİ ÜRETİMİNİN MODELLENMESİ VE MODELLEME ARAÇLARI

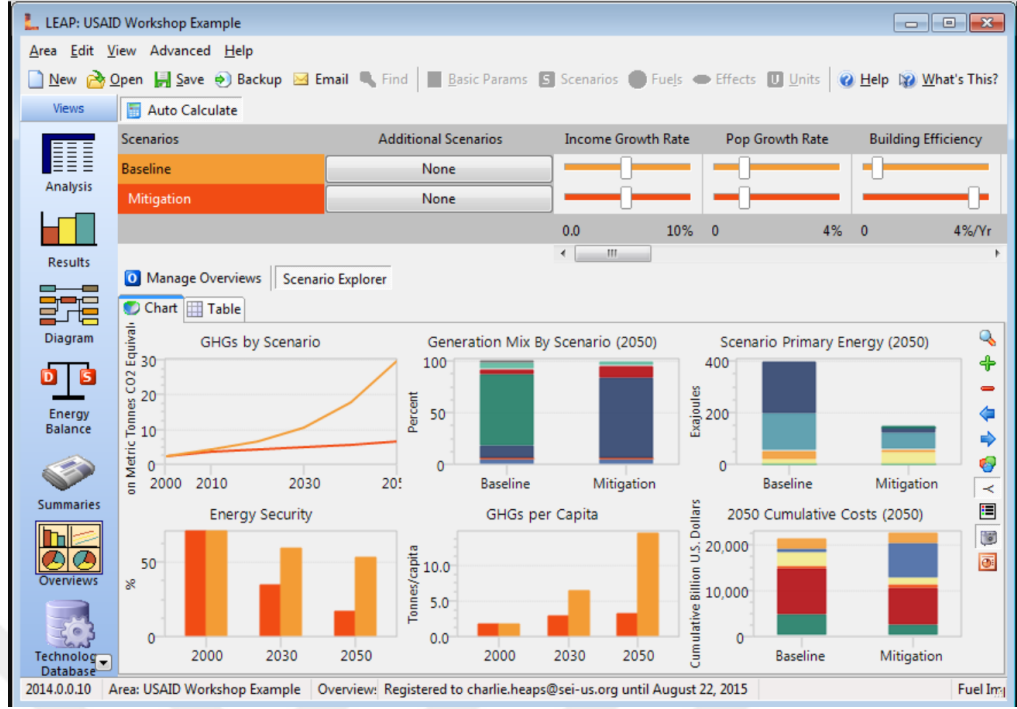
Bu bölümde, enerji üretiminin modellenmesinde kullanılan başlıca araçlar kısaca anlatılmış olup, bu araçlar ailesinden hangilerine çalışmada yer verildiği nedenleriyle açıklanmıştır. Kullanılan modelleme araçlarına ilişkin bir literatür taraması küresel ve ülke özelinde sunulmuştur.

2.1. Modelleme Araçları

Elektrik üretimi ve planlamasında simülasyon, optimizasyon gibi yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu modeller yıllık, beş yıllık on yıllık hatta yüz yıllık olarak kurulabilmekte, çözünürlük olarak da günlük, gece/gündüz hatta saatlik düzeyde hassasiyet elde edilebilmektedir. Zamansal olarak bu zaman ufku ve çözünürlüğünü destekleyen sistemler coğrafi olarak bir ev düzeyinden, ülke ve dünya ölçeğine kadar kurgulanabilmektedir. Enerji sektöründe çok farklı ihtiyaçlar nedeniyle kullanıma sunulmuş çok sayıda yazılım mevcuttur. Chang vd.'nin güncel araştırmasında, çok sık kullanılan yazılımlar 2021 itibarıyla 54 adet sayılmıştır (Chang vd, 2021). Bu rakama birbirini izleyen benzer yazılımlar (MARKAL-TIMES-VEDA) dahil edilmemiştir. Rüzgar enerjisi, biyokütle, güneş enerjisi gibi enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin kendine has özellikleri nedeniyle enerji simülasyon ve optimizasyon yazılımlarının sayısı yüksektir. Optimizasyon anlamında en çok kullanılan programlar LEAP, EnergyPLAN, MARKAL, Entegre MARKAL-EFOM Sistemi (TIMES), NEMS, ENPEP ve OSeMOSYS'dir. Bu yazılımlar ile ilgili bilgiler bu bölümde yer almakta olup TIMES yazılımının seçilme nedeni bu başlık altında izah edilmiştir.

2.1.1. LEAP

Low Emissions Analysis Platform (LEAP) enerji sektöründe en çok kullanılan programlardan biridir. Gerek simülasyon gerekse OSeMOSYS ile bağlantısının kurulması ile sağlanabilen optimizasyon imkânı ile yapabilirlikleri son yıllarda artmıştır. Kısa süreli olarak tam kullanıma açılabilen program süre sonunda lisanslama mecburiyeti getirmekte olup öntanımlı pek çok kütüphanesi ile (emisyon değerleri vb) kullanıcılara büyük kolaylık sağlamaktadır (SEI, 2005).

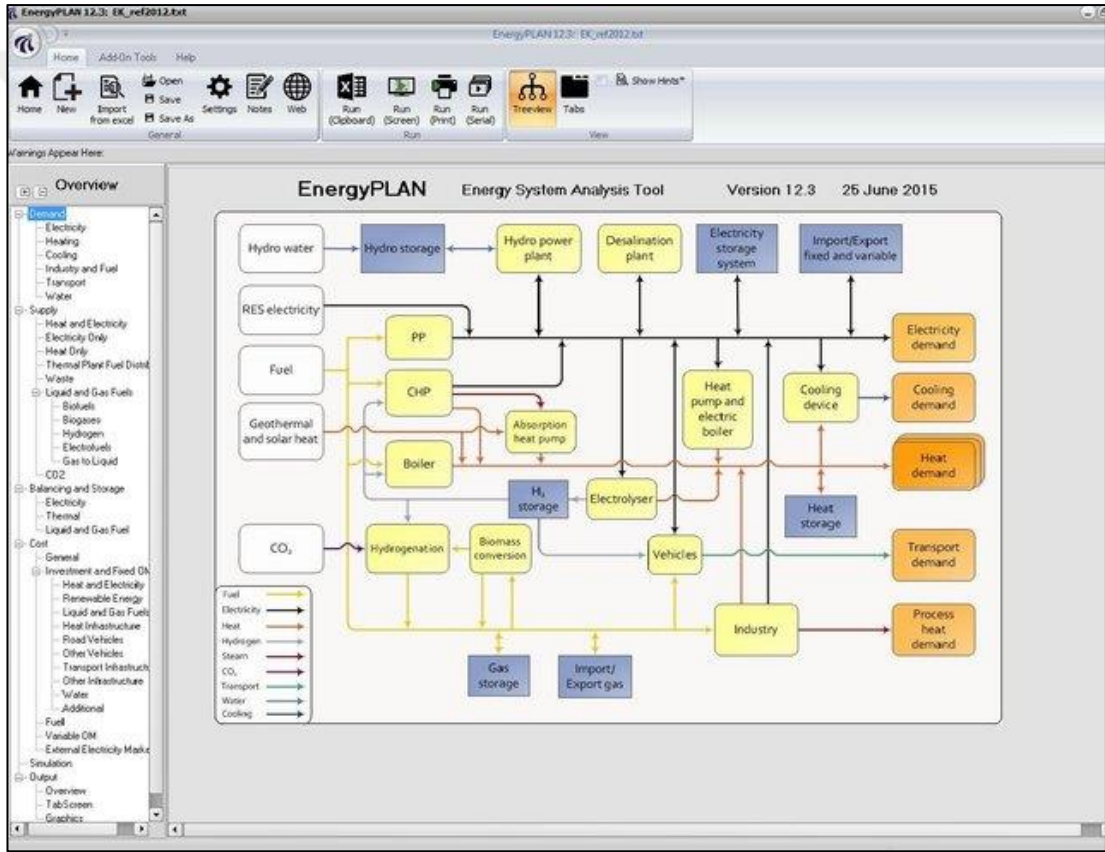


Şekil 2.1. Örnek LEAP arayüzü

2.1.2. EnergyPLAN

EnergyPLAN, Delphi Pascal dilinde yazılmış bir programdır (Lund vd. 2021). Ücretsiz olması nedeniyle kullanımı hızla yaygınlaşmakta olup öğrenilmesi için gereken süre MARKAL ve TIMES gibi sektördeki başka yazılımlara göre oldukça kısadır. 8784 saat üzerinden saatlik olarak enerji üretimini teknolojilere paylaştıran EnergyPLAN enerji talebinin saatlik zirve ve dip noktalarını verebilmesi yönüyle dikkat çeken bir yazılımdır. Aalborg Üniversitesi tarafından geliştirilen yazılım enerji üretiminin planlaması ve izlenmesini olanaklarını sunmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerini öne çıkartmakta ve ilk enerji talebi karşılama işlemini bu teknolojilere yüklemekte, kalan bakiye talebi ise fosil yakıtlarla çalışan santrallere bırakmaktadır. Bu anlamda en uygun maliyetli seçeneğe maksimum yüklemeyi yapmak şeklinde bir eniyileme mantığı gütmemektedir (Lund vd, 2017). TIMES, MARKAL gibi yazılımların karşılığı olarak düşünölemeyecek yazılım saatlik olarak teknolojilerin ne kadar enerji ürettiğini (dolayısıyla doluluk oranını) raporlayabilmesi nedeniyle önemlidir. EnergyPLAN yazılımı uyguladığı simölasyon neticesinde modeldeki mevcut santrallere bir elektrik üretim kaydı düşmektedir. Eğer bu elektrik enerjisi

miktarı saatlik enerji talebini karşılamada yetersiz gelirse ithal enerji kullanıldığı bilgisini raporda gösterecektir. Tanımlı teknoloji setlerinden herhangi birisi için yeni teknoloji yatırımı planlayamaması yazılımın çok dönemli planlamada kullanılmasının önündeki en büyük engel durumundadır. EnergyPLAN enerji üretimi neticesinde oluşan emisyonları dinamik olarak (8784 saatin her biri için) raporlayabilmektedir. Program son derece detaylı şekilde hazırlanmış üretim teknolojileri niteliklerinin doldurulması ile ısıtma soğutma sistemlerinden pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri ve hidrojenle çalışan enerji birimlerine kadar geniş bir yelpazede modelleme yapılmasına izin vermektedir.



Şekil 2.2. EnergyPLAN arayüzü görünümü

2.1.3. MARKAL

Krizin dünya enerji piyasasına hatırlattığı şeylerin belki de en önemlisi 70'lerde halen istikrarlı ve güvenilir bir enerji planlama aracının sunulamamış olmasıdır. Bu yıllarda Fransız Institut Economique et Juridique de l'Energie (IEJE) çalışanlarından D. Finon tarafından EFOM 12A ve 12B geliştirilmiştir (Van der

Voort, 1982). Çok benzer şekilde A.B.D. Brookhaven Ulusal Laboratuvarı (BNL) BESOM, DESOM ve TESOM modellerini birbirine yakın zamanlarda tanıtmıştır. BESOM ana model olup DESOM ve TESOM onun varyantlarıdır. Bu üç modelin arkasındaki isim olan K. Hoffmann ve ekibi EFOM modellerine çok benzer bir modelleme ortaya koymuşlar ve bunu bir adım öteye götürerek DESOM ile çok dönemli optimizasyonu da çalışmışlardır. Sonrasında EFOM 12C, 12A ve 12B modellemesi üzerinden çalışılmış, BNL'nin çalışmalarından faydalananarak bir yazılım geliştirilmiştir.

Uluslararası Enerji Ajansı (National Center for Analysis of Energy Systems) ve Kernforschungsanlage (KFA) tarafından DESOM ve EFOM sistemlerinin kuvvetli yanları birleştirilmiş ve MARKAL (MARKet ALlocation Model) güçlü bir eniyileme platformu olarak ortaya çıkmıştır (Kydes, 1980). MARKAL ile çok dönemli ve tek bölgesli optimizasyon modeli başarı ile ortaya konulmuş, böylece 70'lerin başındaki ana eksiklik ortadan kaldırılmıştır. Olası yeni teknoloji yatırımlarının, teknolojilerin kapasite faktörlerindeki değişimlerin, teknoloji verimliliğindeki farkların, kaynak maliyetlerindeki değişimlerin etkilerinin görüleceği güvenilir bir platform olarak MARKAL pek çok ulusal ve bölgesel modelin ana ortamı olarak kullanılmıştır.

2.1.4. Answer-TIMES

Answer-TIMES olarak anılan sistem, GAMS ile bu ortamdaki çözdürücü ve giriş çıkış ara yüzü olan ANSWER dan oluşmaktadır. GAMS ortamındaki çözdürücüye (CPLEX) veri girişini ve süreç sonunda da raporlamasını sağlayan ANSWER ara yüzü TIMES'ın görünen yüzü olup kullanıcıların arka planda denklem sistemlerini kurmak, düzenlemek gibi işlemlerle uğraşması yerine onlara sadece denklem setlerinde kullanılacak katsayıları girme işini bırakmaktadır. ANSWER sadece bahsedilen giriş işlemleri nedeniyle dahi kullanıcıları büyük bir yükten kurtarıırken ilave olarak modelin koşturulması sonrasındaki raporlama modülünü de barındırmakta ve ilgili bulguları excel ortamına yazdırabilmektedir.

TIMES modelleme ailesi MARKAL'ın doğal bir devamı niteliğindedir. MARKAL ve EFOM'un kuvvetli yanları alınarak daha üstün bir modelleme aracı olarak geliştirilmiştir (Loulou ve Labriet, 2008). EFOM'dan teknoloji bazında kapsamlı enerji akışlarını, MARKAL'dan Referans Enerji Sistemi (RES) kavramını ve detaylı teknoloji parametre tanımlamalarını alan TIMES, bu iki platformda olmayan yeniliklerle melez yapısını güçlendirmiştir. MARKAL'daki oldukça sert ve dar ölçekteki tanımlamalar esnetilmiş ve tüm teknolojiler için yaygın hale getirilmiştir. MARKAL'ın aksine TIMES'da zaman çözünürlüğü (time-slicing) artırılmış ve günlük/gecelik gibi katı tanımlar yerine saatlik çözünürlüğe kadar optimizasyon imkânı sağlanmıştır. Bu imkânın kaçınılmaz bir gereksinimi, istenilen çözünürlüğe bağlı olarak tanıtılması gereken parametre sayısının elle girilemeyecek boyutlara ulaşabilmesidir. Bu da TIMES ortamına excel üzerinden verilerin girilebilmesi için bir uç verilmesi ile sağlanmıştır. İklim modülü, stokastik kabiliyetleri, esnek parametre tanımlamaları, çok bölgesel ve çok dönemli eniyileme imkânı ile MARKAL ve EFOM'dan daha ileri kabiliyetlere sahip olması nedeniyle 2000'li yılların ortalarından itibaren MARKAL, enerji modelleme alanındaki hâkimiyetini TIMES'a bırakmıştır.

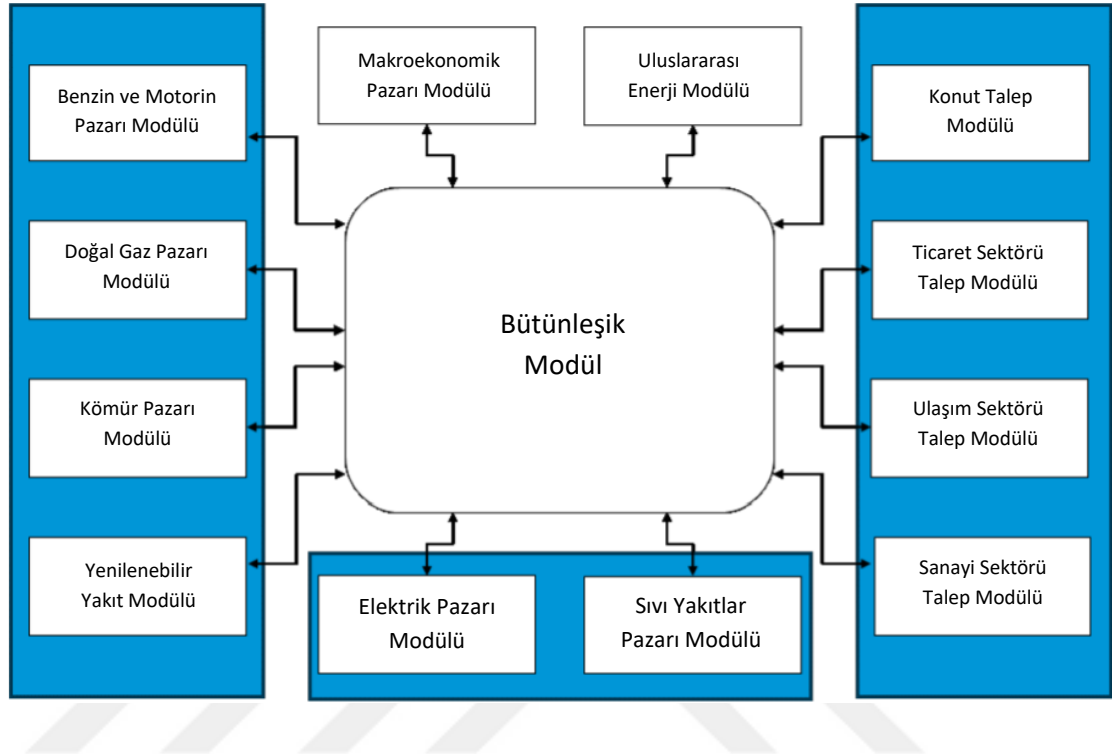
ANSWER ara yüzü sadece ilgili katsayıları modele tanıtmakla kalmamış, kullanıcı tarafından özelleştirilebilecek denklem setlerinin girişine de müsaade etmektedir. Bu anlamda TIMES ailesinin yapabilirlikleri öncüllerine göre oldukça genişlemiştir.

2.1.5.NEMS

Ulusal Enerji Modelleme Sistemi (NEMS) ABD Enerji Bakanlığı desteği ile ABD Enerji Bilgi İdaresi (EIA) tarafından tasarlanmış ve uygulamaya alınmıştır (EIA, 2019). Intel Visual Fortran Derleyicisi profesyonel sürümü ve Ketron Optimization ürünü OML kütüphanelerini gereksinim olarak isteyen program EIA analizleri için hazırlanmış olup FICO Xpress Optimizer, GAMS ve AIMMS talep etmektedir. ABD'nin oldukça büyük bir alanı kaplaması nedeniyle sahayı 9 parça olarak ele alan ve bu anlamda bir "çok bölgesel modelleme ortamı" olan NEMS, her

bir bölge bazında arz ve talebi dengelemek üzere programlanmış bir eniyileme aracıdır. NEMS çalışma yapısı Şekil 2.3’de sunulmuştur.

Şekil 2.3. NEMS yazılımının yapısı (EIA, 2019)



2.1.6.ENPEP

Argonne Ulusal Laboratuvarı’na bağlı Enerji, Çevre ve Ekonomi Sistemleri Analiz (CEESA) ve Karar ve Bilgi Sistemleri Birimi (DIS) tarafından geliştirilmiştir (Argonne, 2022). Dokuz ayrı modülden oluşan bir enerji eniyileme programı olan The Energy and Power Evaluation Program (ENPEP) farklı enerji planlama modüllerinin bir araya getirilmesi ile oluşan bir entegre araçlar bütünüdür. Program Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Dünya Bankası (WB) ve ABD Enerji Bakanlığı (DOE) himayesinde yaygınlaştırmaya çalışılmış ve ellinin üzerinde ülkede kullanılmıştır (Hamilton vd., 1992). MACRO, DEMAND, BALANCE, IMPACTS, PLANTDATA, MAED, LDC, ELECTRIC, ve ICARUS modüllerinin bütünleşik bir şekilde çalıştığı programın her bir modülü ayrı ayrı da kullanılabilir.

2.1.7. OSeMOSYS

Open Source Energy Modeling System (OSeMOSYS) açık kaynak kodlu bir enerji eniyileme modelidir. Oxford Üniversitesi'nde 2011'de ilk kez ana modülü geliştirilmiş ve günümüze kadar güncelleştirmeleri sürmüştür (Gardumi vd., 2017). Modelin geliştirilmesi aşamasında UCL, UNIDO, UCT, PSI, Stanford Üniversitesi gibi çok sayıda paydaş katılmış olup OSeMOSYS ile enerji sektörü ilk kez açık kaynak kodlu bir modelleme aracına kavuşmuştur. Model GNU Mathprog programlama dili ile yazılmış olup, veri ve model dosyası olarak iki girdi dosyasının bir çözdürücü vasıtasıyla koşturulması ve sonuç alınmasına dayanır. OSeMOSYS'in ilk versiyonu GNU açık çözdürücüsü ile ikinci versiyonu GAMS ve CPLEX ile (Osemosys Github, 2019) sonraki sürümü Python ve dördüncü sürümü de Julia ortamında sunulmuştur (Nemo Github, 2019).

2.2 Modelleme Yazılımının Seçimi ve Seçilme Nedeni

Bu çalışmada TR33 bölgesinin modellenmesi konu edilmiş, temel araç olarak ANSWER-TIMES optimizasyon programı seçilmiştir. ANSWER-TIMES platformunun enerji sektöründe yaygın kullanımı, literatürde üzerine çalışılmış makale ve projelerin sayıca fazlalığı bu seçimde dikkate alınmıştır. TIMES'in MARKAL'a görece üstünlükleri ve 2000'li yılların başından itibaren sektörde geçerliliğini koruması seçimde önemli bir yer tutmuştur. TIMES üzerinden gerek MS Excele giriş çıkış imkânları (verileri excel üzerinden girebilme ve raporları alma), istenilen santrallere esnek şekilde parametrelerin tanımlanabilmesi, kullanıcı tanımlı denklem sistemlerini TIMES'in kabul ediyor oluşu ve oldukça detaylı çıktı havuzu TIMES'i diğer programların önüne geçiren etmenler olmuştur. TIMES çıktıları ile algoritma bulguları bu çalışmada karşılaştırılmıştır.

Bir simülasyon programı olan EnergyPLAN'in TIMES ile karşılaştırılabilir sonuçlara sahip olup olmadığı çalışmanın cevap aradığı bir diğer sorudur. LEAP'in lisans gerektiriyor oluşu, EnergyPLAN'in saatlik anlamda çıktı verme imkanı, ilave bütçe gerektirmiyor oluşu, detaylı teknoloji havuzundan

yararlanılabilmesi ve çıktıların kolayca alınabilmesi simülasyon tarafında seçimin EnergyPLAN'den yana yapılmasını sağlamıştır.

2.3. Literatür Araştırması

Fransa elektrik üretimi sistemini merkezine alan TIMES_FR_ELEC modeli üzerinde senaryolar ile nükleer santrallerin durumu Maizi ve Assoumou tarafından analiz edilmiştir (Maizi, Assoumou, 2014). 40 yıllık ömrünü dolduran nükleer santrallerin devre dışı bırakılmasını öngören FAST, santrallerden birisini kırk yılda tutarak diğer santralleri 60 yıl ömre çıkartan senaryo PROG ve tüm santralleri 60 yıl ömre yükselterek 65 GW nükleer kurulu gücün muhafazasını öngören BAU senaryoları araştırmacılar tarafından incelenmiştir. 2050 yılına dek inşa edilmesi gereken yeni yatırımların kurulu gücü de çalışmada hesap edilmiştir.

İspanyol enerji sistemi planlama platformu olan TIMES_Spain üzerinde Labriet vd (Labriet vd., 2010) tarafından üç ayrı senaryo geliştirilmiştir. Referans senaryo olarak kabul edilen senaryo BAU, RES Referans Senaryosu olarak isimlendirilen senaryo RES-REF ve RES istatistiksel transfer senaryosu olan senaryo RES-Trade olarak isimlendirilmiştir. RES-REF senaryosunda, ulaşım ve diğer sektörlerde kullanılan yenilenebilir enerji miktarı ek kısıtlarla birlikte zorlayıcı şekilde yukarıya çekilmiştir. RES-Trade ile yurtdışına ihraç edilecek enerjide İspanya koşulları sağlandıktan sonra yenilenebilir sertifika transferine müsaade edilmesi halinde planın nasıl etkileneleceği çalışmada araştırılmıştır.

Taiwan için CO₂ seviyesini düşürme hedefi Tsai ve Chang (Tsai, Chang, 2015) tarafından TIMES kapsamında ele alınmış olup mevcut durum ve üç alternatif senaryo incelenmiştir. Birinci senaryoda 2000 yılı seviyesinin %50'si (CASE2000_50), ikinci senaryoda %70'i (CASE2000_70) ve üçüncü senaryoda da 2000 yılı seviyesine inilmesinin (CASE2000) enerji üretimi planlarını ne yönde etkileyeceği incelemeye konu edilmiştir. CO₂ azaltım senaryoları olmaksızın 1025 mtCO₂ seviyesine ulaşan mevcut durum modeline müteakip üç model hedeflenen

CO₂ seviyelerini tutturabilmiş, CO₂ seviyelerinde hedeflenen azaltım sağlanmıştır.

İngiltere Markal modeli (UK MARKAL) Kannan (Kannan, 2011) tarafından model olarak seçilmiştir. 20 parçalı zaman çözünürlüğü 2070 yılına kadar zaman ufkuna genişletilmiş ve UK Temporal MARKAL modeli oluşturulmuştur. Bu modelde depolama teknolojilerinin etkinliği ve optimum planda meydana getireceği etkiler incelenmiştir. Gerek pompaj depolamalı baraj sistemleri gerekse hidrojen ve hibrit araç teknolojilerine bu çalışmada yer verilmiştir. Bu çalışmanın içerdiği zaman kesiti MARKAL için en üst seviyede olmakla birlikte TIMES yapabilirlikleri sınırları dâhilinde kalmaktadır. Bu zaman kesitinin daha da artırılabilceği ve pratik bir üst limitin gösterilebileceği bir çalışma olarak İsviçre modelinde saatlik optimizasyon Kanan ve Turton (Kannan, Turton, 2013) tarafından geliştirilmiştir. Bu makalede gösterilen baz ve teorik senaryonun (Hyp Senaryosu) saatlik optimizasyonu o güne kadar yapılmış ilk saatlik optimizasyon çalışmasıdır.

Vaillancourt vd (Vaillancourt vd, 2014) tarafından 2007-2050 zaman erimli Kanada TIMES modeli çalıştırılmış ve 2035 yılındaki petrol fiyatı ile 2010-2035 arasında gayri safi yurt içi hasılanın olası değişimi, öngörülen beş senaryo ile (Düşük-Yüksek-Referans-Yavaş-Hızlı Senaryolar) değerlendirilmiştir. Her bir senaryonun 2050 yılı enerji çıktısı farklı çıkmış, baz alınan senaryo %43 enerji artışını 2050'de hesaplarken yavaş senaryo %8 enerji azalışına işaret etmiştir.

MARKAL ve TIMES ile sadece ulusal düzeyde çalışmalar ortaya koyulmamış, daha büyük seviyelerde projeler de geliştirilmiştir. Tüm dünya modeli ile ilgili ilk çalışmalar IEA ve EIA işbirliğinde yürütülmüş ve ilk iki sürüm (SAGE modeli) bu işbirliğinden doğmuştur (Kanudia vd, 2005). Bu veritabanı üzerinde araştırmacılar sonraki yıllarda senaryoları geliştirmeye devam etmişlerdir.

SAGE veritabanı kullanılarak tüm dünya modellemesi, BAU ve BAUFOS adı verilen mevcut durum ve alternatif mevcut durum senaryosu ile değerlendirilmiştir (Labriet vd., 2008). BAUFOS senaryosunda nükleer ve

yenilenebilir kurulu güçlerinin mevcut durum senaryosu düzeylerinin altına çekilmesi ile oluşacak yeni görünüm elde edilmiştir.

Tüm dünyayı kapsayan diğer bir çalışma, ETSAP-TIAM modeli olup, dünyanın 15 ayrı parça olarak bölgelere ayrıldığı ve 2005-2100 arasında modellendiği büyük ölçekli bir projedir. Føyn vd (Føyn vd., 2011) eliyle referans senaryo olarak atmosferdeki CO₂ seviyesinin 400ppm de tutulduğu CO₂ ppm senaryosu çalışılmış, CO₂e ton başına 400 Euro maliyetlendirme öngören üç farklı senaryo yazarlar tarafından incelenmiştir.

Tüm dünya ölçeğinde olmamakla birlikte, çeşitli “birlikler” ihtiva eden modelleme çalışmaları da literatürde mevcuttur. TIMES ortamında hazırlanmış Portekiz enerji modelinde (Amorim vd., 2014) hem Portekiz çapında enerji talebinin hangi teknolojilerden oluşan bir arz bileşimi yoluyla karşılanacağı araştırılmıştır. Alternatif senaryoda da İber yarımadasının bir bütün olarak ele alınması halinde ortaya çıkacak bütünleşik yapı analiz edilmiştir.

İskandinav ülkeleri AB'den izole edilmiş durumda iken uygulanabilecek yeşil sertifika programı MARKAL ortamında modellemiştir (Unger, Ahlgren, 2005). İsveç, Norveç ve Finlandiya'yı kapsayan bu çalışma bölgesel optimizasyon çalışmalarında farklı bir amaçla MARKAL kullanımına örnek teşkil etmektedir.

Çalışmaların büyük coğrafi alanlara ya da ulusal düzeye odaklanmadığı, şehir kapsamında kalan çalışmalar da MARKAL/TIMES ortamında yürütülmüştür. Güney İtalya'nın Basilicata Şehrinde (Salvia vd., 2004) 27 yıllık zaman eriminde (üçer yıllık dokuz zaman dilimi ile) düzenlenen MARKAL çalışmasında referans senaryo ve %3.7, 4.1, 4.3 ve 4.4 lük CO₂ azaltım hedeflerini içeren alternatif senaryolar modellenmiştir. Senaryoların sonuçları CO₂ azaltımları ve maliyet değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde alternatif senaryolar için 198 ile 700 Euro/tCO₂ arasında CO₂ düşürme maliyetleri ortaya çıkmıştır. Hedeflenen 60 Euro/tCO₂ nin çok uzağında gerçekleşen bulgular sonucunda çalışmaya dâhil edilmeyen sektörlerin de kapsandığı çok daha detaylı bir bölge modeli kurulması zarureti ortaya çıkmıştır.

Shangai şehri için çok senaryolu bir modelleme gerçekleştirilmiştir (Ma vd., 2015). Shangai 2000-2020 arasındaki enerji talebinin farklı senaryolar ışığında karşılanmasının ekonomik ve teknolojik görünümünün ne olacağını ve 2020'deki Shangai elektrik üretim yapısının en uygun şekilde nasıl oluşturulması gerektiğinin araştırıldığı çalışmada, 2015 ve 2020 yıllarında farklı senaryolar gereği çeşitli teknolojiler için çeşitli kurulu güç hedefleri tayin edilmiştir. CHP senaryosunda birleşik ısıtma ve enerji sistemlerine, EFF senaryolarında verimlilik artışına, NPP senaryosunda kombine çevrim doğal gaz santrallerine, WIN senaryolarında da rüzgar enerji santrallerine ağırlık vermek kaydıyla optimum planlar analiz edilmiştir.

Türkiye için yapılmış çalışmalarda; Sulukan (Sulukan, 2010) tarafından ulusal ölçekte hazırlanan MARKAL çalışmasında, mevcut durum, CO₂ azaltımı, güçlendirilmiş yenilenebilir enerji, artırılmış kojenerasyon, güç üretiminde talep tarafı yönetimi ve sanayi, verimlilik artırım senaryoları ve nükleer enerjinin dışlandığı senaryolar 2000-2025 dönemi için analiz edilmiştir. CO₂ azaltım senaryosunda, 2025 CO₂ salım hedefinin 234,47 Mt a düşürüldüğü, verimlilik senaryolarında ise 2, 10 ve 30 \$/kw maliyetlerle %1,2,3 verim artışlarının sağlandığı senaryolar modellenmiştir. COGEN senaryosunda ulusal elektrik üretiminin zaman ufku sonunda %16'sının kojeneasyondan sağlanmasının sonuçları nasıl değiştireceği, REN senaryosunda ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamının sisteme entegre edilmesi durumunda ortaya çıkacak sonuçlar incelenmiştir.

Sağlam (Sağlam, 2010) tarafından 2000-2025 zaman ufkunda ulusal düzeyde bir MARKAL çalışması ortaya koyulmuştur. Sağlam, sert kısıtlarla oluşturulmuş bir mevcut durum senaryosu olarak düşünülebilecek C1PREP, C1PREP'in kısıtlarının yumuşatılmış ve referans durum senaryosu olarak tanımlanan C2SUPPL, yenilenebilir enerjiye ağırlığın verildiği C2REN100, karbon düzeyinin kalibre edildiği C2RESRCE ve istikrarlı CO₂ senaryosu CO2STA ile ulusal enerji üretimi ve taleplerin karşılanabilirliğini test etmiştir.

LEAP aracını kullanmak suretiyle Türk Demir ve Çelik sektörünü analiz edilmiş (Ateş, 2015), CO₂ azaltım olanaklarını araştırılmıştır. Çalışmada, mevcut durum senaryosu (BAU), hızlandırılmış enerji verimlilik gelişimi senaryosu (AEI), temiz enerji senaryosu (CPT) ve yavaş enerji verimlilik gelişimi senaryosuna (SEI) yer verilmiştir. Çalışma neticesinde baz senaryoya kıyasla alternatif senaryoların karbon azaltımında görece başarılı oldukları tespit edilmiştir. En yüksek iyileşme sağlanan CPT senaryosu 1.8 milyar dolar tutarında ek maliyet gerektirecek olup diğer senaryolar daha az karbon azaltımı ve ilave yatırım gereksinimleri ile listelenmektedir. Yazar devletin bu senaryolardan hareketle sektör bazında politika geliştirebileceğine dikkat çekmektedir.

Aydınlı Köksal ve diğ. Valasai (Köksal ve Valasai, 2015) tarafından on senaryo ile ulusal TIMES modeli üzerine çalışma yapılmıştır. Bu senaryolar mevcut durum, CO₂ emisyonunu %10,20 ve 30 düşürme senaryoları, doğal gaz kısıtlama, harici maliyet dâhil etme ve yenilenebilir enerji oranını toplam içinde %40, 50, 60 ve 70'e çıkartma senaryolarıdır.

1970-2011 yılları arası enerji denge tablolarının kullanılması suretiyle LEAP ile talep yönlü iki, enerji üretimi yönlü dört senaryo üzerinde çalışma yapılmıştır (Kılıç, Özdemir, 2018). Mevcut durum senaryosu ve büyümede düşüş senaryoları talep yönlü senaryolardır. 6GW kurulu güç desteği getirecek Nükleer Senaryosu, 600MW jeotermal ve 20 GW rüzgar enerjisi kurulu gücüyle Jeotermal ve Rüzgar Senaryosu, 45 GW hidroelektrik gücüne ulaşılacağını öngören Hidro Senaryosu ve 16.5 GW doğal gaz santrali kurulu gücüne ulaşılacağını baz alan Toplam Senaryosu enerji üretimi yönlü senaryolar olarak incelenmiştir.

Uyar vd (Uyar vd., 2020) tarafından Burdur ili özelinde, ulaşım sektörüne hidrojen katılımı bir TIMES modeli çerçevesinde çalışılış ve bu yeni teknoloji uygulamasının gerek emisyon gerekse toplam maliyetler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Burdur ili ulaşım sektörünün yüzde on enerji girdisi talebinin hidrojenle karşılanması halinde iki farklı hidrojen teknolojisi uygulamasının (proton exchange membrane electrolysis -PEM- ve reformer elektrolyzer-purifier -REP-) çevresel, teknik ve ekonomik olarak baz senaryoyu ne yönde

etkileyeceğini inceleyen çalışma neticesinde ulaşım sektöründe kısıtlı bir yüzdenin dahi hidrojen teknolojisine geçirilmesinin ciddi çevresel faydaları olacağı tespit edilmiştir.



3. ALGORİTMA

Elektrik enerjisinin hangi bileşimde üretilmesinin en uygun maliyetli olduğunu gösterir eniyilemesi 48 yıldır araştırma konusudur. Mevcut sistemi denklem setleri yoluyla ifade eden ve çeşitli simpleks algoritmalarının uygulanması ile çözümü eniyileme yöntemi matematiksel olarak en güvenilir sonucu veremekteyse de alternatif yaklaşımların da üretilmesi mümkündür. Sezgisel yaklaşımların kullanılması son 30 yılda artmakta ve mümkün olduğunca farklı soru ve sorunların tiplerine göre araştırmacılarca konu edilmektedir. Bu bölümde tez kapsamında bölgesel enerji üretim çeşitlemesini konu edilen bir optimizasyon uygulamasının parçacık sürü algoritması yolu ile çözümü ve bu süreç dahilinde önerilen bir yeni mutasyon operatör uygulaması sonuçları sunulmuştur.

3.1. Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması

Eberhart ve Kennedy tarafından önerilen Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması ilhamını doğadan alan pek çok algoritmadan biridir (Fukuyama, 2007). Balıklar ve kuşların göç davranışlarının incelenmesi ile geliştirilmiştir. Bireylerin sürü halindeki davranışları üzerinden türetilen karınca kolonisi, arı kolonisi, ateş böceği vb algoritmalara benzer şekilde grup davranışını baz alır ve gerçek dünya problemlerinin eniyilemesinde kullanılan bir sezgisel algoritmadır.

Algoritmada her bir bireye parçacık denilmekte, bu parçacıklar da sürüyü oluşturmaktadır. Sürüyü oluşturan parçacıklar kadar olası başlangıç çözümü mevcut olup, her çözümün kendisine ait bir maliyet fonksiyonu (uygunluk değeri) bulunmaktadır.

PSO çalışmalarında problemin kontrol parametreleri belirlenir ve parçacıklara hız vektörü tanımlanır. Sonraki safhada konumlar, parametreler ve hız vektörlerinin birlikte hesap edilmesi ile parçacıkların yeni konumları tespit edilir. Parçacıklara ait pozisyon vektörü $x_1^k = \{x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k\}$ olarak

tanımlanırken hız vektörü $v_1^k = \{v_1^k, v_2^k, \dots, v_n^k\}$ dir. Konum bakımından en iyi üye *pbest* olarak adlandırılır. En iyi konumdaki parametrelerden en uygunu küresel en iyi parçacık olarak tanımlanır ve *gbest* olarak isimlendirilir. Algoritmanın döngüsü Çizelge 3.1’de verilmiştir:

Çizelge 3.1. PSO algoritmasının ana döngü yapısı (Sun vd., 2012)

1	Kontrol parametrelerinin tanımlanması
2	Başlangıç parçacıklarının tanımlanması
3	Parçacıkların uygunluk değerlerinin hesaplanması
4	repeat
5	<i>pbest kontrolü ve yeniden tanımlanması</i>
6	<i>gbest kontrolü ve yeniden tanımlanması</i>
7	<i>Hız ve pozisyon vektörlerinin yeniden tanımlanması</i>
8	until (sonlanma kriteri)

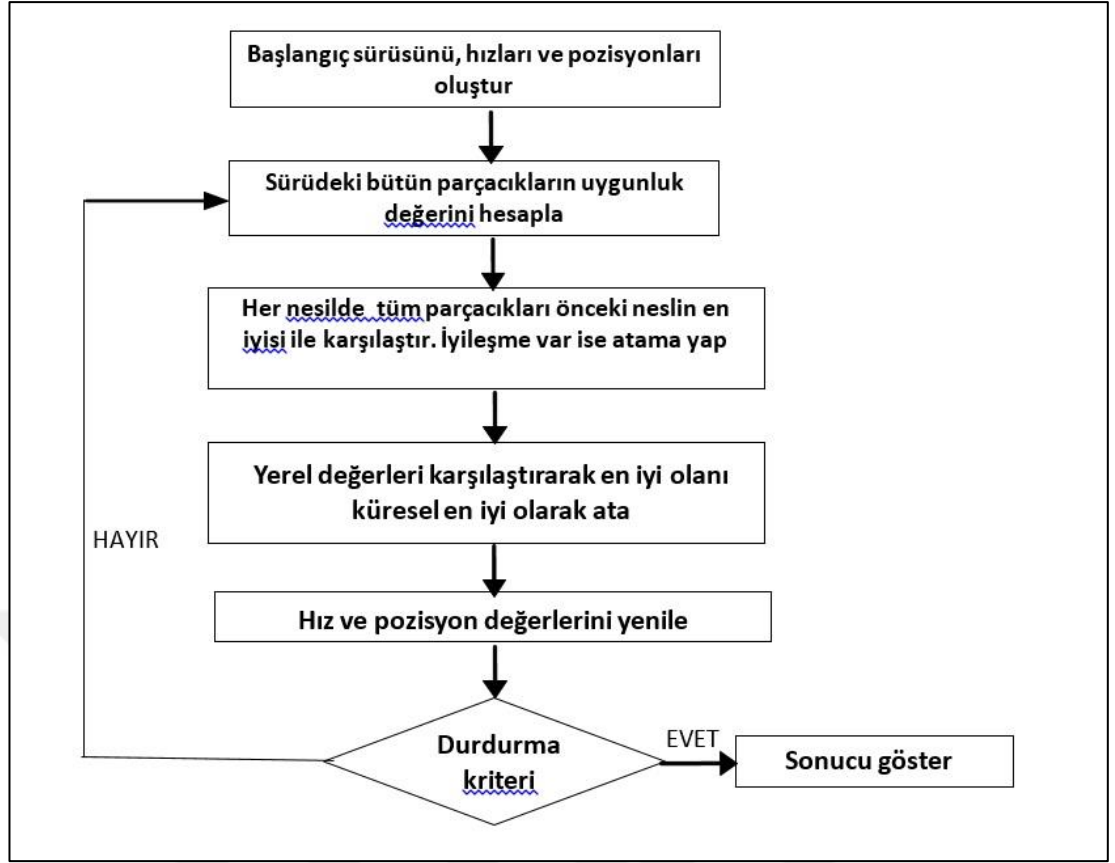
Her bir iterasyon için k iterasyon numarasını, i parça numarasını ve n popülasyon büyüklüğünü göstermek üzere k nolu iterasyon için hız ve pozisyon vektörü Eşitlik 3.1 ve 3.2 de gösterilmiştir.

$$v_i^{k+1} = w_i * v_i^k + c_1 * r_1 * (pbest_i - x_i^k) + c_2 * r_2 * (gbest_i - x_i^k) \quad (3.1)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^k \quad (3.2)$$

Eşitliklerde ağırlık fonksiyonu w, [0,1] aralığında rastgele değerler tanımlanan vektörler r₁ ve r₂, hız sabitleri c₁ ve c₂ ile gösterilmiştir. PSO algoritmasının akış şeması Şekil 3.1 de gösterilmiştir.

Parçacık sürü algoritması çalışmada seçilmiş olup bunun temel sebebi oldukça hızlı bir algoritma olması, çaprazlama içermemesi nedeniyle bunun yan etkilerinden etkilenmemesi ve bunun yerine en iyi olan küresel ve yerel bireylerin etkisiyle hızla optimum sonuca ilerleyebilmesidir.



Şekil 3.1. PSO algoritmasının akış şeması

3.2. Kuantum Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması

Eberhart ve Kennedy tarafından PSO algoritmasının kuantum mekaniğinden esinlenen varyantı Kuantum Parçacık Sürü Optimizasyonu (QPSO) algoritmasıdır. Algoritmanın temel hareket mantığı geçmiş en iyi noktalar etrafında parçacıkların dolaştırılmasıdır. PSO dan temel farkı bir hız vektörüne bağlı olarak hesaplama yapmamasıdır. Birkaç temel parametre üzerinden QPSO algoritmasının hesaplamaları gerçekleştirilmektedir (Sun vd, 2012). Algoritmanın akış şeması PSO ile aynıdır. MAXITER tanımlı maksimum iterasyon sayısı, n içinde bulunulan iterasyon sayısı, $P_{i,n}^j$ n iterasyonunda bireysel en iyi değer, G_n^j n . iterasyonundaki küresel en iyi değer iken algoritmanın temel parametre ve sonraki dönem değer kestirimi aşağıda eşitliklerde verildiği gibidir:

$$\mu_{i,n}^j = rand(0 - 1) \quad (3.3)$$

$$p_{i,n}^j = \mu_{i,n}^j * P_{i,n}^j + (1 - \mu_{i,n}^j) * G_n^j \quad (3.4)$$

$$u_{i,n}^j = rand(0 - 1) \quad (3.5)$$

$$\alpha = (1 - 0.5) * \frac{MAXITER - n}{MAXITER} + 0.5 \quad (3.6)$$

$$X_{i,n+1}^j = p_{i,n}^j \pm \alpha * |X_{i,n}^j - p_{i,n}^j| * \ln(1/u_{i,n+1}^j) \quad (3.7)$$

3.3. Mutasyon

Parçacık sürü algoritması sahip olduğu avantajlara karşın optimum sonucu garanti etmez. Burada modelin bir lokal optimumun etrafında global optimumu bulamadan dönme ihtimali işaret edilmekte olup, böyle bir durum gerçekleştiğinde her ne kadar algoritma parametreleri değiştirilse, ya da yerçekimi (inertia) kullanılsa da sistemin global optimuma varması sağlanamayabilir. Sistemin böylesi bir durumla karşı karşıya kalması ihtimali araştırmacıları alternatif çözümlere itmiştir. Bu yaklaşımlardan başlıca ikisi ceza uygulaması ve mutasyon uygulamasıdır. Ceza uygulaması koşullu optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Yöntemin kullanılma amacı lineer olmayan koşullu problemlerin penaltı yardımı ile tek amaç fonksiyonlu hale çevrilmesidir. Yöntemdeki önemli nokta penaltı değerinin seçilmesidir. Çok yüksek seçilen değerlerin neticesinde lokal optimum değerinde algoritmanın hapis kalma riski büyümekte iken çok düşük seçilen penaltı değeri durumunda da bir optimuma yakınsayamama sorunu çıkabilmektedir (Sun vd., 2012).

PSO'da küresel optimuma varmada kullanılan diğer yöntem mutasyon uygulamasıdır. Mutasyon uygulaması genetik algoritmada (GA) kullanılan bir temel yapıdır. GA'da, belirli bir mutasyon olasılığının gerçekleşmesi üzerine, seçilen bir kromozom ve bir diğer kromozomla karşılıklı olarak bazı özelliklerin değişimini öngörür. PSO'da ise mutasyon ihtimalinin gerçekleşmesi üzerine seçilen birey özelliklerinde kısıtlar dahilinde değişikliğin yapılması esas alınmaktadır. Higashi ve Iba, PSO algoritmasında mutasyonu ilk kez tanıtmıştır (Higashi ve Iba, 2003). Araştırmacılar mutasyon yöntemi olarak Gaus

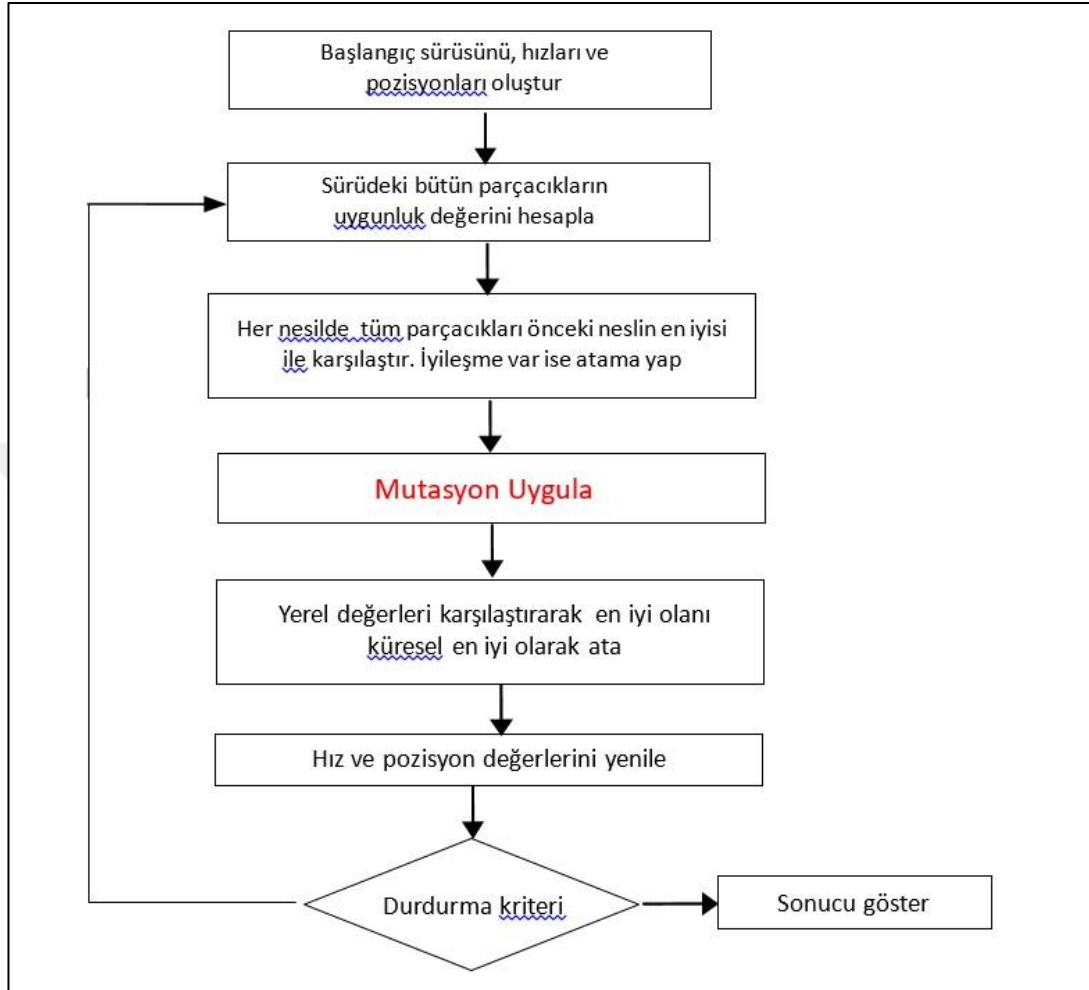
mutasyonunu uygulamışlardır. Stacey vd (Stacey vd., 2003), PSO ile Cauchy mutasyonunu melezlemişlerdir. Pant vd (Pant vd., 2008), PSO ile Beta mutasyonunu uygulamışlardır. PSO mutasyonunda seçilen mutasyon türleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Uygulanan başlıca mutasyon türleri (Sun vd., 2012)

No	Mutasyon Türü	X_i
1	Tek Boyutlu Mutasyon	$X_i = X_{r1} + 0.01 X_{r2}$
2	Fark Mutasyonu	$X_i = X_{r3} + 0.01 (X_{r1} - X_{r2})$
3	Logaritmik Mutasyon	$X_i = X_{r3} + \log_{10} (X_{r1} - X_{r2}) + X_{r3} $
4	Üstel Mutasyon	$X_i = X_{r3} + e^{-((X_{r1} - X_{r2}))}$
5	Cebrik Mutasyon	$X_i = X_{r3} + \frac{X_{r1} - X_{r2}}{2}$
6	Aritmetik Ortalama Mutasyonu	$X_i = \frac{X_{r1} + X_{r2}}{2}$
7	Geometrik Ortalama Mutasyonu	$X_i = \pm \sqrt{ (X_{r1} - X_{r2}) }$
8	Harmonik Ortalama Mutasyonu	$X_i = \frac{2}{\frac{1}{X_{r1}} + \frac{1}{X_{r2}}}$
9	Gaus Mutasyonu	$m(X_i) = X_i + G(0, \sigma)$
10	Cauchy Mutasyonu	$m(X_i) = \frac{a}{\pi(X_i^2 + a^2)}$

Mutasyon, PSO algoritmasında hız vektörünün uygulanması sonrasındaki yeni değerlerin bulunması aşamasını takiben kullanılmakta ve yeni üretilen bireylerin

dejenerasyonu gerçekleşmektedir. Şekil 3.2’de mutasyonlu PSO algoritmasının akış şeması sunulmuştur.



Şekil 3.2. Parçacık sürü algoritmasında mutasyonun akış şemasında gösterimi

Çalışmada mutasyon yöntemi olarak iki farklı bireyin mutasyonu yerine mutasyonun gerçekleşebileceği limitlerin arası esas alınmıştır. Bu durumda bir X_i sürü elemanının, alabileceği en düşük ve en yüksek değerler arasında bir değer almasının sağlanır. Önerilen mutasyon yöntemine ait örnek kod Şekil 3.3 de gösterilmiştir: İlk aşamada kod satırında mutasyonun uygulanıp uygulanmayacağı testi yapılmaktadır. Mutasyon gerçekleşecekse tüm zaman erimi içinde her bir yılda bir adet teknolojinin mutasyon ihtimaline uyması şartıyla mutasyon sağlanır.

```

mutasyonPrb0 =unifrnd(0,1);
if mutasyonPrb0<=0.1
for t=1:time
    mutasyonPrb =unifrnd(0,1);
    if mutasyonPrb<=0.1
        r = randi([1 plantType],1,1);
        m_pi=unifrnd(0,1);
        sinpi=sin(pi*m_pi);

        suru(r,t,k)=sinpi*min(talepUstSinir(1,t),plantCap(1,r));
        if suru(r,t,k)<0
            suru(r,t,k)=0;
        end
    end
end
...
end

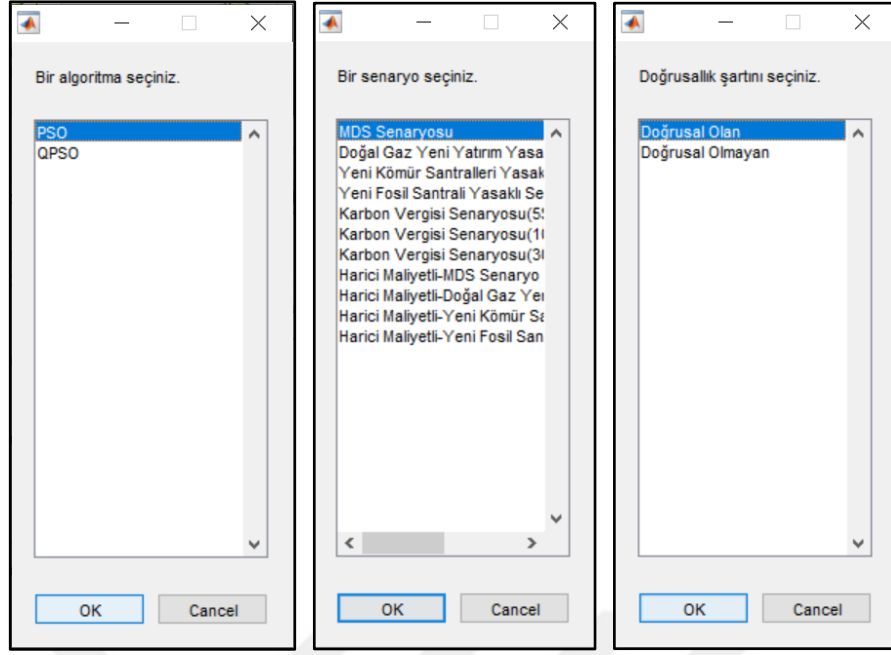
```

Şekil 3.3. Önerilen mutasyon yapısı

Mutasyon sinozoidal yapıya bağlanmış ve 0-1 aralığında değer üretecek *sinpi* değişkeni üzerinden ilgili teknolojinin (talep göz önüne alınmak kaydıyla) üretebileceği enerji miktarı yeniden düzenlenmiştir (mutasyona uğratılmıştır). Bu yeniden düzenleme neticesinde o dönem içinde ortaya çıkacak enerji fazlası/azalması, diğer teknolojilerin rastgele seçilmesi ve dengelemesi sureti ile giderilir.

3.4. Uygulama Arayüzü

Çalışma MATLAB ortamında kodlanmıştır. Arayüz çalıştırıldığında ilk olarak hangi PSO tipinin uygulanacağı seçilir. Bu aşamada bir tek seçim yapılması gerekmektedir. Bu seçimin ardından ikinci ekranda çalıştırılacak senaryo sorulmaktadır. İkinci ekranda da yalnızca bir tane seçimin yapılması ile çalıştırılacak algoritmanın doğrusal mı yoksa üstel mi olduğunu soran üçüncü ekranda ilgili seçimin yapılması istenir. Bu seçimlerin ardından hesaplamalar gerçekleştirilecek ve sonuçlar csv dosyasına yazdırılacaktır. Şekil 3.3 de 1-2-3 arayüzleri gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Uygulama arayüzleri (1-2-3)

Çalışma çıktısı csv dosyasında kaydedilmektedir. Her bir birey için (çalışmada her iterasyon için 500 birey esas alınmıştır) son iterasyon sonuçları kaydedilmiş ve bu kayıta emisyon değerleri, küresel optimum maliyet ve süre bilgileri tutulmuştur. Her bir koşu (run) için bu kayıtlar ayrı ayrı tutulmak suretiyle 9 olurlu senaryo * 10 koşuluk bir veri-setine ulaşılmıştır.

4. UYGULAMA VERİ SETLERİ

Bu bölümde, modelleme verilerinin hangi kaynaklardan alındığı açıklanmıştır. Modelleme referans yılı olan 2016 itibarıyla TR33-Bölgesi'nde mevcut, çalışır durumda olan elektrik üretim santralleri listelenmiştir. Santral bilgilerinin toplanmasında (www.enerjiatlası.com) gibi erişime açık dijital kütüphanelerden ve santral temsilcisi kişilerle yapılan görüşmelerden yararlanılmıştır. Santral maliyetlerinin birbirinden çok farklı değerlerde olduğu tespit edilmiştir. İlk yatırım maliyeti, kapasite faktörü, verimlilik, sabit işletme bakım maliyeti gibi teknik parametrelerde ülkemiz adına sağlıklı rakamlarla çalışabilmek için, İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı, 2015), Enerji Teknoloji Sistemleri Çözümleme Programı (ETSAP, 2010), ABD Çevre ve Koruma Ajansı (EPA, 2016), yerel teknik olmayan raporlar (Zorlu Enerji AŞ, 2016, MMO, 2014) ve araştırmalardan yararlanılmıştır.

TR33-Bölgesinin her bir teknoloji bazında ilgili potansiyele ait tavan değerler içermesi gerektiğinden hareketle, ilgili kaynakların kapasite üst sınırlarının modellemeye dâhil edilmesi sağlanmıştır. Kömür ve doğal gaz kaynakları için teorik olarak bir üst sınır koyulmamış olup, bunun sebebi salt rezerv ile değil bu kaynakların taşıma imkânının da mevcut olmasıdır.

Çalışmada esas alınan bölge enerji talebi verisi T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 6446 sayılı Kanun gereği olarak çıkartılmak zorunda olan “Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu” (TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018) veri setinden hareketle hazırlanmıştır. Bu projeksiyon düşük, orta ve yüksek talep tahminlerini içermekte olup, çalışmada yararlanılan veri seti “yüksek veri seti”dir. Yüksek senaryonun seçilmesindeki temel neden en iddialı ve gerçekleştirmesi zor senaryonun bu set oluşu ve bu senaryonun karşılanabilmesi durumunda diğer iki senaryonun karşılanabilecek oluşudur.

Harici maliyetlerin modellemeye eklenmesi sürecinde AB destekli CASES projesi verilerinden yararlanılmıştır. Euro bazındaki maliyetler sisteme dolar cinsinden

tanımlanmıştır. Modellemede 2016 yılı, net bugünkü değer hesaplamasında esas alınan referans yıl olarak dikkate alınmaktadır. Zaman ufku içinde oluşan tüm maliyetlerin, 2016 yılı dolar kuru cinsinden net bugünkü değer hesabı yapılmaktadır. Tüm senaryoların optimum değerleri net bugünkü değerler olup birbiriyle karşılaştırılabilir durumdadır. TL dönüşümlerinde 2016 yılı haziran ayının Merkez Bankası ABD Dolar kuru esas alınmıştır.

4.1. TR33 Bölgesi Enerji Mevcut Durumu ve Santral Tiplerinin Belirlenmesi

Çalışmanın önemli bir noktası santral tiplerinin ve verilerinin elde edilmesidir. Şeffaflık Enstitüsü ve TEİAŞ verilerinin incelenmesi yardımıyla bölge santral tiplerinin tam olarak eldesi mümkün değildir. İnternet sitesinde (www.enerjiatlası.com) mevcut durumdaki ülkemiz enerji santrallerinin tamamına yakını listelenmektedir. Buna mukabil, istenilen bir zamandaki santral listesinin eldesinde bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Örneğin; 2022 yılında bir araştırma yapılması halinde 2016 yılındaki TR33-Bölgesi santrallerinin neler olduğunun bir listesini internet üzerindeki kaynaklardan alabilme imkânı bulunmamaktadır. Bunun bir sebebi bazı santrallerin görevlerini yapmış ve kapanmış olmaları, bazılarının ise ömürleri dolmadan karar vericiler eliyle kapatılmış olmasıdır.

Çizelge 4.1. TR33 illeri kurulu güç değerleri (www.enerjiatlası.com,2019)

İL	TEKNOLOJİ	KURULU GÜÇ
Uşak	Rüzgar Enerjisi Santrali	0.054 GW
Afyonkarahisar	Rüzgar Enerjisi Santrali	0.20862 GW
Manisa	Rüzgar Enerjisi Santrali	0.5748 GW
Uşak	Güneş Enerjisi Santrali	0.0053 GW
Afyonkarahisar	Güneş Enerjisi Santrali	0.0256 GW
Kütahya	Güneş Enerjisi Santrali	0.00196 GW
Manisa	Güneş Enerjisi Santrali	0.01295 GW
Manisa	Jeotermal Enerji Santrali	0.118 GW
Kütahya	Linyit Santrali	1.02057 GW
Manisa	Linyit Santrali	0.99 GW
Uşak	Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	0.00873 GW
Manisa	Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	0.25594 GW
Kütahya	Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	0.023 GW

Çalışma kapsamında, gerçek kişilerle sağlanan görüşmeler ve internet üzerindeki açık kaynakların kullanılması yoluyla santral bilgilerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Elde edilen veriler ışığında Çizelge 4.1’de kurulu güç bilgileri sunulmuş olup modellemede bu bilgiler göreve hazır aktif santraller olarak kaydedilmiştir.

Bir diğer önemli husus da bölge potansiyelinin belirlenmesidir. Türkiye genelinde yapılan araştırmalarda rüzgâr enerji potansiyeline ait ölçülmüş net bilgiler mevcuttur (www.Enerjiatlası.com, 2016, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Benzeri durum güneş enerjisi bazında da bulunmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Bu iki ana kaynak dışındaki biyokütle ve jeotermal vb. diğer teknolojilere ilişkin çalışmalar son derece kısıtlıdır. ÇED raporları, teknik olmayan raporlar veya bazı makaleler üzerinden ilgili teknolojilerin mevcut santralleri hakkında bilgi edinilebilirken, bölge veya ülke geneline ilişkin bütüncül bir resme ulaşılamamaktadır. Bu tez çalışmasında bahsedilen diğer teknolojilere ilişkin baz alınan ana kaynak TR33-Bölgesi Bölge Planı’dır (Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü, 2014).

4.2. Elektrik Talebi Veri Seti

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nun 20. Maddesi, 3. Fıkrası, a bendi gereği Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından “Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu” hazırlanmaktadır. 20 yıllık olarak hazırlanmış rapor 3 temel senaryoyu içermektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018). Bu senaryolar düşük, orta ve yüksek talep durumlarını tahminlemektedir. Ülke genelini kapsayan resmi modelleme sonucu olan bu raporun yerel bazda hazırlanan bir alt kırılım tahminlemesi mevcut olmadığından çalışmada TR33 bölgesi için 2031 yılına kadar beklenen enerji talebi artışına veri olarak bu resmi değerler kullanılmıştır. 2016 verisinin yanında 2017 ve 2018 verileri de mevcut olduğu için projeksiyon verisinin kullanımı 2019’dan itibaren başlatılmış ve zaman ufku boyunca sürmüştür (TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018, T.C. Enerji Bakanlığı, 2019).

TR33 illerinin 2018 yılı sektörel bazda elektrik enerjisi tüketimi EPDK tarafından yayımlanan yıllık raporlarda gösterilmektedir. Buradan derlenen verilerin ışığında dört il bazında 2018 yılı sektörel tüketimleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. TR33 illeri 2018 yılı sektörel elektrik enerjisi talebi (PJ)

	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Tarımsal	Ticarethane	TOPLAM
Afyon	0.2116	1.4641	1.9154	0.5025	2.4762	6.5697
Uşak	0.0882	0.7936	3.3631	0.0672	1.6497	5.9618
Kütahya	0.1648	1.0906	3.1602	0.0220	1.4445	5.8821
Manisa	0.2912	3.4817	8.5571	1.2232	3.8007	17.3539

Çizelge 4.3. TR33 elektrik enerjisi talep projeksiyonu sonuçları – yıllık bazda talep ve değişim oranları

Yıllar	Senaryo 1 (TWh)	Senaryo 2 (TWh)	Senaryo 3 (TWh)	Senaryo 1 Değişim	Senaryo 2 Değişim	Senaryo 3 Değişim
2019	313,8	315,2	316,5	-	-	-
2020	327,3	329,6	332,1	4,3%	4,6%	4,9%
2021	340,5	344,4	348,7	4,0%	4,5%	5,0%
2022	353,2	359,6	366,4	3,7%	4,4%	5,1%
2023	366,8	375,8	385,2	3,8%	4,5%	5,1%
2024	380,4	392,1	404,3	3,7%	4,3%	5,0%
2025	392,6	406,9	422,3	3,2%	3,8%	4,5%
2026	404,6	421,8	440,7	3,1%	3,6%	4,3%
2027	416,6	436,6	458,9	3,0%	3,5%	4,1%
2028	428,8	451,7	477,6	2,9%	3,5%	4,1%
2029	441,0	466,8	496,6	2,9%	3,3%	4,0%
2030	453,0	481,7	515,4	2,7%	3,2%	3,8%
2031	464,6	496,7	534,0	2,6%	3,1%	3,6%
2032	476,3	511,6	552,9	2,5%	3,0%	3,5%
2033	487,8	526,4	571,6	2,4%	2,9%	3,4%
2034	499,3	541,0	590,2	2,3%	2,8%	3,3%
2035	510,8	555,7	608,5	2,3%	2,7%	3,1%
2036	522,7	570,8	627,0	2,3%	2,7%	3,1%
2037	534,0	585,3	644,9	2,2%	2,5%	2,9%
2038	545,1	599,4	662,5	2,1%	2,4%	2,7%
2039	556,3	613,4	679,9	2,1%	2,3%	2,6%

Çizelge 4.3’de Türkiye’nin elektrik enerjisi talep artışı görülmekte olup buradaki artış oranları TR 33 bölgesi elektrik enerjisi talebine uygulanmış ve dört il için yıl

bazında elektrik enerjisi talep veri seti elde edilmiştir. Bu veri seti Çizelge 4.4’de sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Zaman ufku boyunca TR33 illeri elektrik enerjisi tüketim tahmini (PJ)

YILLAR	Afyonkarahisar	Uşak	Kütahya	Manisa
2016	5.8140	5.2755	5.3417	15.4554
2017	6.2794	5.6984	5.6222	16.5873
2018	6.5697	5.9618	5.8821	17.3539
2019	6.8062	6.1765	6.0939	17.9788
2020	7.1417	6.4809	6.3942	18.8649
2021	7.4987	6.8049	6.7138	19.8079
2022	7.8793	7.1503	7.0546	20.8133
2023	8.2836	7.5172	7.4166	21.8813
2024	8.6943	7.8899	7.7844	22.9663
2025	9.0814	8.2412	8.1309	23.9887
2026	9.4771	8.6002	8.4852	25.0340
2027	9.8685	8.9554	8.8356	26.0678
2028	10.2706	9.3203	9.1957	27.1301
2029	10.6792	9.6911	9.5615	28.2093
2030	11.0835	10.0580	9.9235	29.2773
2031	11.4835	10.4210	10.2816	30.3339

Çizelge 4.5. TR33 bölgesinin öz ihtiyacı dışındaki elektrik enerjisi üretimi (PJ)

YILLAR	GÖNDERİLEN MİKTAR (PJ)		GÖNDERİLEN MİKTAR (PJ)
2016	20.875	2024	53.667
2017	23.035	2025	60.099
2018	26.294	2026	67.207
2019	30.253	2027	75.122
2020	34.118	2028	83.827
2021	38.347	2029	93.419
2022	42.969	2030	104.033
2023	48.029	2031	115.754

TR33 bölgesi kendi öz ihtiyacını karşılamakla birlikte ülkenin elektrik ihtiyacının karşılanmasına da katkıda bulunmaktadır. Bölgeden bölge dışına ihraç edilen elektrik enerjisi miktarı Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında, bu mevcut yapının zaman ufku içinde sürdürülüp sürdürüleemeyeceği çeşitli senaryolar üzerinden araştırılmaktadır.

Çalışmada modelleme sırasında kullanılan teknik parametrelerin genel bir görünümü Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Maliyet, faydalı ömür ve kapasite oranı verileri İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı ile ETSAP resmi websitelerinden, emisyon verileri ABD. Çevre Koruma Ajansı resmi websitesinden, verimlilik verisi Makine Mühendisleri Odası ve ETSAP resmi websitelerinden alınmıştır.

Çizelge 4.6. Teknik parametreler

Teknoloji	Yatırım Maliyeti \$/kW	Sabit Operasyonel Maliyetler \$/kWYıl	Faydalı Ömür (yıl)	Verim (%)	Kapasite Oranı (%)	Emisyon Faktörü (ktCO ₂ /PJ)
Doğal Gaz (DG) Güç Santrali (basit)	950	34	30	39	85	53,060
DG Güç Santrali (kombine çevrim)	1100	30,570	30	56	85	53,060
Jeotermal Güç Santrali	4500	100	40	15	75	138,890
Rüzgar Santrali	2500	21,380	25	100	25	-
Güneş Santrali	3500	30,081	25	100	15	-
Biyokütle Güç Santrali	4500	100	25	39	85	111,840
Kömür Santrali	3800	37,818	40	38	85	95,520

4.3. Harici Maliyet Verileri

Harici maliyet çalışmaları Pigou ile başlamış (Pigou,1920) ve *The Economics of Welfare* eserinden bugüne kadar bu maliyetlerin toplam maliyet hesaplamalarına yansıtılıp yansıtılmayacağı, yansıtılacaksa, doğru metodun ne olacağı sürekli bir tartışma konusu olmuştur. Yakın zamana kadar doğanın parasal olarak ifade edilmesinin etik düzeyi üzerine tartışmaların yoğunluğu ve bu konudaki sert yargılar neticesinde sayısal modellemelerden uzak durulmuştur. Takip eden süreçte ExternE ile harici maliyetlerin özellikle enerji sektörü üzerine yüklenmesine yönelik çalışmalar araştırma konusu edilmeye başlanmıştır. Bu tez çalışmasında, AB tarafından yürütülmüş 518294 SES6 künyeli CASES (Cost Assessment for Sustainable Energy Systems, 2019) ve onun PC modeli (EcoSense)

çıktıları referans alınmıştır. Maliyetlendirmenin ilk aşamasında öncelikle Koellner (Koellner, 2001)'in çalışmasından geliştirilmiş NEEDS yaklaşımı gereğince potansiyel kaybolmuş oran (Potentially Disappeared Fraction=PDF) eşitliği Eş. 4.1'de verilmiştir:

$$PDF_i = \frac{S_{ref} - S_i}{S_{ref}} \quad (4.1)$$

Eş. 1'de referans arazi kullanımına mevcut arazi kullanımının farkının oranlaması yapılmış ve i durumunda referans duruma göre sahadaki bitki türlerinin azalma oranı tespit edilebilmiştir. Buradan hareketle arazinin i halinden j haline dönüşümü ($dPDF_{i \rightarrow j}$) PDF eşitliğini kullanılarak Eş. 4.2'de gösterilmiştir.

$$dPDF_{i \rightarrow j} = (b + 1) * (PDF_j - PDF_i) \quad (4.2)$$

Eş. 2 de b “tür birikim faktörü” olarak anılmaktadır. Hasar görmüş habitatların eski haline döndürülmesi (restorasyonu) ile ilgili olarak Almanya için geliştirilmiş değerler tüm AB için geçerli kılınmış, asidifikasyon ve ötrifikasyon etkileri de hesaba katılarak Eş. 3 geliştirilmiştir:

$$VPDF_{i,r} = dPDF_i * RC * PPS_r * SNA_r * PRES_r \quad (4.3)$$

Burada $VPDF_{i,r}$ r ülkesindeki i kirleticisinin kilogram miktarının, m^2 yüzey başına meydana getirdiği ekosistem hasarını, RC, Almanya için geliştirilmiş onarım (restorasyon) maliyetini (€/PDF/ m^2), PPS_r r ülkesi için satın alma gücü standardını, SNA_r r ülkesinin doğal alan miktarının toplam alanına oranını, $PRES_r$ r ülkesi için asidifikasyon ve ötrifikasyon değerini temsil etmektedir. Çizelge 4.7'de ilgili parametre değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Ülke bazında parametre değerleri (Kuik vd., 2007)

Ülke	PPS	SNA	PRES	$VPDF_{SOx}$	$VPDF_{NOx}$	$VPDF_{NH3}$
EU25	0.92	0.49	0.360	0.14	0.76	2.06
Avusturya	0.97	0.63	0.526	0.27	1.50	4.09

Belçika	0.96	0.22	0.959	0.17	0.94	2.57
G. Kıbrıs Cum.	0.89	0.44	0.008	0.00	0.01	0.04
Çekya	0.51	0.36	0.628	0.10	0.54	1.47
Danimarka	1.28	0.31	0.218	0.07	0.40	1.10
Estonya	0.58	0.68	0.270	0.09	0.50	1.35
Finlandiya	1.16	0.91	0.277	0.25	1.36	3.72
Fransa	0.97	0.36	0.290	0.09	0.47	1.29
Almanya	1.00	0.34	0.899	0.26	1.43	3.89
Yunanistan	0.78	0.61	0.008	0.00	0.02	0.05
Macaristan	0.54	0.26	0.603	0.07	0.39	1.08
İrlanda	1.16	0.36	0.074	0.03	0.14	0.39
İtalya	0.94	0.44	0.273	0.10	0.53	1.44
Letonya	0.51	0.55	0.172	0.04	0.23	0.61
Litvanya	0.51	0.35	0.253	0.04	0.21	0.57
Lüks.	0.97	0.36	0.959	0.28	1.56	4.26
Malta	0.68	0.80	0.273	0.13	0.69	1.89
Hollanda	0.98	0.25	1.000	0.21	1.14	3.11
Polonya	0.49	0.33	0.706	0.10	0.53	1.45
Portekiz	0.80	0.50	0.034	0.01	0.06	0.17
Slovak Cum.	0.46	0.45	0.808	0.14	0.78	2.13
Slovenya	0.72	0.62	0.679	0.26	1.41	3.85
İspanya	0.80	0.49	0.032	0.01	0.06	0.16
İsveç	1.14	0.69	0.299	0.20	1.10	2.99
İngiltere	0.95	0.36	0.307	0.09	0.49	1.33
Bulgaristan	0.39	0.44	0.080	0.01	0.06	0.17
Hırvatistan	0.51	0.40	0.679	0.12	0.65	1.76
Romanya	0.38	0.37	0.153	0.02	0.10	0.27
Türkiye	0.51	0.40	0.044	0.01	0.04	0.11

CASES projesi ile AB ülkelerinin ilgili sektörel bilgileri detaylı şekilde analiz edilmiş, buna mukabil AB üyesi olmayan Brezilya, Hindistan ve Türkiye verileri kısmen dâhil edilmiştir. Ülkemiz bu projeye taş kömürü ve linyit kömürü verileriyle katılım sağlamıştır. CASES verilerine tüm girdilerle iştirak edilmemiş olması nedeniyle bu iki veri (taş kömürü ve linyit) için sahip olduğumuz verilere

2000-2010 tahminlemesinde en yakın değerlere sahip ülkenin verilerinin ülkemiz için geçerli kılınması Dal ve Altınalp Köksal (Dal, Altınalp Köksal, 2017) tarafından önerilmiştir. Bu öneriye göre Türkiye taş kömürü ve linyit kömürü verisi olan 3.35 €/kWh ülkemiz satın alma gücünden arındırılır ve sonrasında tüm diğer çalışmaya konu ülkelerin arındırılmış verileri ile karşılaştırılır. Türkiye verilerine en yakın ülkenin tespitinin ardından bu ülkenin tüm teknolojiler için çıkartılmış harici maliyet verileri Türkiye için de geçerli kılınır. CASES'e dâhil tüm ülkelerin satın alma gücünden arındırılmış kömür harici maliyet verileri Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Kömür harici maliyet değerleri (Dal, Altınalp Köksal, 2017)

ÜLKE	TAŞ KÖMÜRÜ DEĞERLERİ İÇİN SAPMA	LİNYİT DEĞERLERİ İÇİN SAPMA	ORTALAMA SAPMA
AVUSTURYA	0.508	0.534	0.521
BELÇİKA	0.402	0.460	0.431
BULGARİSTAN	0.422	0.317	0.370
KIBRIS RUM YÖNETİMİ	0.468	0.491	0.480
ÇEKYA	0.102	0.113	0.107
ALMANYA	0.434	0.481	0.457
DANİMARKA	0.544	0.586	0.565
ESTONYA	0.283	0.290	0.286
İSPANYA	0.537	0.528	0.532
FİNLANDİYA	0.655	0.652	0.653
FRANSA	0.642	0.627	0.634
İNGİLTERE	0.432	0.474	0.453
YUNANİSTAN	0.442	0.459	0.450
MACARİSTAN	0.143	0.029	0.086
İRLANDA	0.642	0.642	0.642
İTALYA	0.449	0.487	0.468
LİTVANYA	0.179	0.187	0.183
LÜKSEMBURG	0.369	0.425	0.397
LETONYA	0.210	0.211	0.210
MALTA	0.453	0.431	0.442
HOLLANDA	0.426	0.479	0.452
POLONYA	0.010	0.046	0.028
PORTEKİZ	0.571	0.555	0.563
ROMANYA	0.902	0.644	0.773
İSVEÇ	0.661	0.656	0.659
SLOVENYA	0.148	0.223	0.186
SLOVAK CUM.	0.279	0.160	0.219

Kömür bazında yapılacak incelemenin sonucunda Türkiye verilerinin Polonya ile oldukça benzediği görülmektedir. Çalışmamızda modellenecek tüm teknolojiler için Polonya özelinde CASES projesi ile çıkartılmış ve Türkiye için de geçerli kılınacak CASES harici maliyetleri Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Türkiye için geçerli kılınan harici maliyet değerleri (Dal, Altınalp Köksal, 2017)

Teknoloji	Harici Maliyet Değeri (€/kWh)
Biyokütle Enerji Santrali	1.609
Jeotermal Enerji Santrali	1.609
Linyit Kömür Santrali	3.38
Doğal Gaz Termik Santrali	2.54
Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	1.609
Rüzgar Enerjisi Santrali	0.08
Güneş Enerjisi Santrali	0.921

4.4. Referans Enerji Sistemi (RES)

Konu olarak seçilen enerji planlama modeli ülke seviyesinde büyük veya ev seviyesinde küçük olsun, tüm modellerin kullandığı bazı ortak unsurlar bulunmaktadır. Bu ortak unsurları, enerji kaynakları, nihai talepler gibi sistematik bir anlayış içinde ele almak bir çerçeve çizilmesine olanak sağlar. Varlıkların bir şebeke diyagramı halinde kutular ve oklarla ifade edilmesine Referans Enerji Sistemi denilmekte olup MARKAL ve TIMES yazılımları ortak bir RES kavramını kullanılmaktadır. MARKAL Manueli (Loulou vd., 2004) RES konseptinin elemanlarını beşe ayırır; nihai talepler, enerji kaynakları, yutaklar (ihraç unsurları), teknolojiler ve emtia (commodities). Sulukan RES konseptinin bu yapısını detaylı şekilde inceler (Sulukan, 2010) ve bu konsepti altı gruba ayırır; Kaynaklar, birincil enerji taşıyıcıları, dönüşüm ve teknolojiler, nihai enerji taşıyıcıları, son kullanıcı teknolojileri ve nihai talepler.

Kaynaklar ithal, yerli ve ihraç kaynaklar olarak sınıflandırılır. Linyit kömürü, taş kömürü ve elektrik, kaynaklar kısmında yer alabilecek kalemlerdir. Kaynaklar sonraki adımda ithal + yerli – ihraç olarak cebirsel işleme tabi tutularak dönüşüm

teknolojilerine girdi olarak kullanılacak bakiye toplamlara ulaşılır ve bunlar birincil enerji taşıyıcıları olarak isimlendirilir. Birincil enerji taşıyıcıları kömür santralleri, doğal gaz santralleri veya rüzgâr enerjisi santralleri gibi santrallere girdi olarak kullanılır. Bu santraller dönüşüm ve süreç teknolojileri olarak anılır. Söz konusu santrallerin çıktısı olan elektrik, ısı, benzin ve türevleri nihai enerji taşıyıcılarıdır.

Bu çıktılar ile nihai kullanım teknolojilerine besleme yapılır. Nihai kullanım teknolojilerinin kullanacağı elektrik, ısı vb girdilerin alt toplamı sektörel talepleri oluşturmaktadır. Bu altı grup detaylı bir analiz ve kavrayış gerektirdiğinden yeni bir RES yaklaşımı da sadece emtia, teknolojiler ve bağlayıcılardan oluşturularak VEDA ve OSEMOSYS için son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır.

ANSWER programının şebeke gösterimi yaptığı yöntem MARKAL ve TIMES'ın RES modeli olup bu tez çalışmasında temel alınmıştır. Dört ilin bütünleşik olarak bölgesel modellemeye tabi tutulduğu modelin RES yapısı (bölgesel RES) ve dört il ile dış bölge talebinin modellendiği RES yapısı, (çok bölgeli RES) Ek-A Şekil A1-A7'de sunulmuştur. Çok bölgeli modelleme sadece il bazında değil, dış bölge elektrik talebi ve toplu görünüm kırılımları da dâhil edilerek RES'de sunulmuştur. Sonraki bölümde bu RES yapısının teorik arka planı ile modellemesi yapılacak senaryoların içerikleri detaylandırılmıştır.

5. YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, uygulanan modelleme araçlarına ilişkin ana metodoloji bu bölümde sunulmuştur. Modellemesi yapılan senaryolar yine bu bölümde tanıtılmış, olup bu senaryoların temel varsayımları ve her bir senaryoyu diğerlerinden ayıran temel özelliklerine yer verilmiştir.

5.1. Uygulanan Araçlar

Benzetim programı olarak EnergyPLAN, optimizasyon için ANSWER-TIMES programları tez çalışmasında kullanılmıştır. TIMES sonuçlarının referans olarak kullanıldığı ve PSO ile QPSO algoritmalarının üzerinde kodlandığı MATLAB platformuna ilişkin tanıtıcı bilgilere de bu bölümde yer verilmiştir.

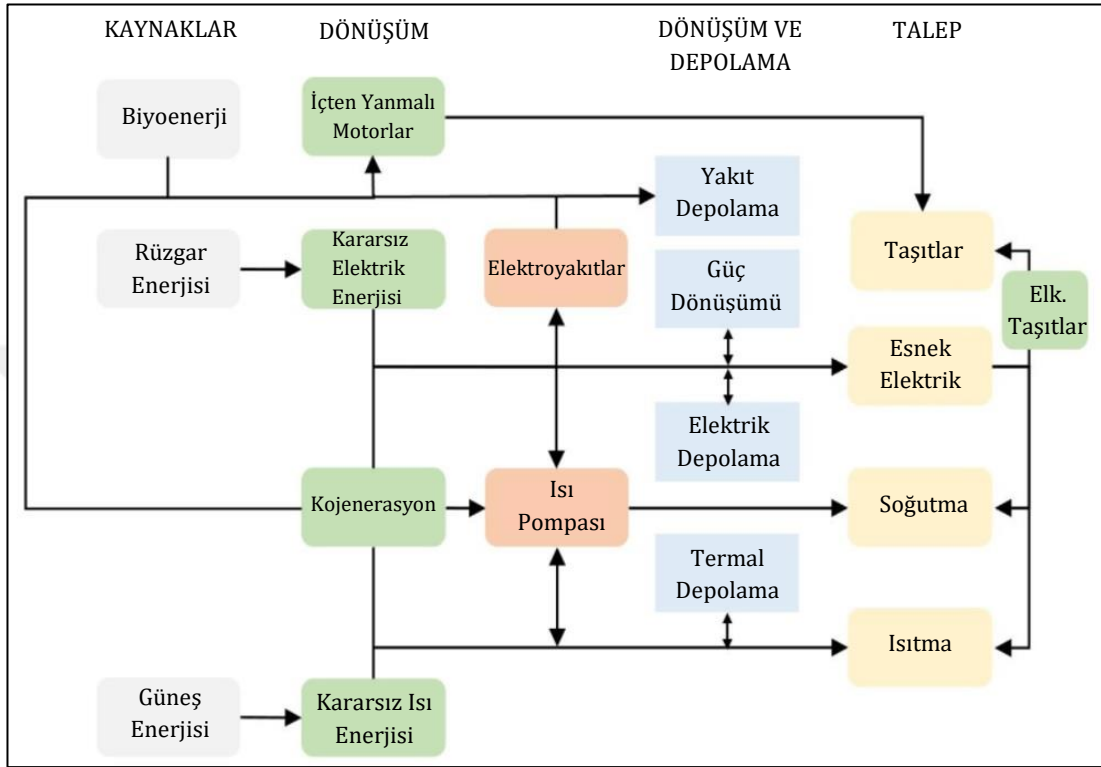
5.1.1. EnergyPLAN Simülasyon Yazılımı

EnergyPLAN bir benzetim programı olup 8784 saat üzerinden bir yıllık zaman erimini baz alır. Yazılımın zaman içinde geliştirilmesiyle pompaj hidro elektrik santrallerinden güneş santrallerine, hidrojen kullanımından elektrikli arabalara ve bataryalara kadar geniş bir yelpazede çalışan uzmanlara imkân sağlanmıştır. EnergyPLAN ortamında modellemeye başlanırken öncelikle ısı ve elektrik talep değerlerinin girişinin yapılması ile kütüphane dosyalarının sisteme tanıtılması işlemleri gerçekleştirilir. Talep değerlerinin girişinin ardından bu talebi karşılayacak arz tarafının parametre değerleri program ara yüzlerinden tanıtılır. Bu parametrelerin bazılarının (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi vb) kütüphane dosyaları olarak programa girişi yapılır. Program çalıştırıldığında, bir yıllık enerji ve/veya ısı talebi, yenilenebilir enerji önceliklendirilerek (sisteme tanıtılmış) arz tarafı ile dengelemeye çalışılır. Eğer mevcut enerji arzı, talebi dengeleyemiyorsa ortaya çıkacak kesintilerden kaçınmak için sistem enerji ithalini otomatik yapar ve enerji dengesini sağlar. Şekil 5.1 de programın çalışma yapısı gösterilmiştir.

EnergyPLAN programı 8784 saat içinde hangi saatlerde enerji kesintisi, hangi saatlerde enerji fazlası olduğunu (ve bunun ne büyüklükte gerçekleştiği /

gerçekleşebileceği) ve emisyonların saatlik olarak ne büyüklükte gerçekleştiği gibi bilgileri saatlik olarak elde edebilmektedir.

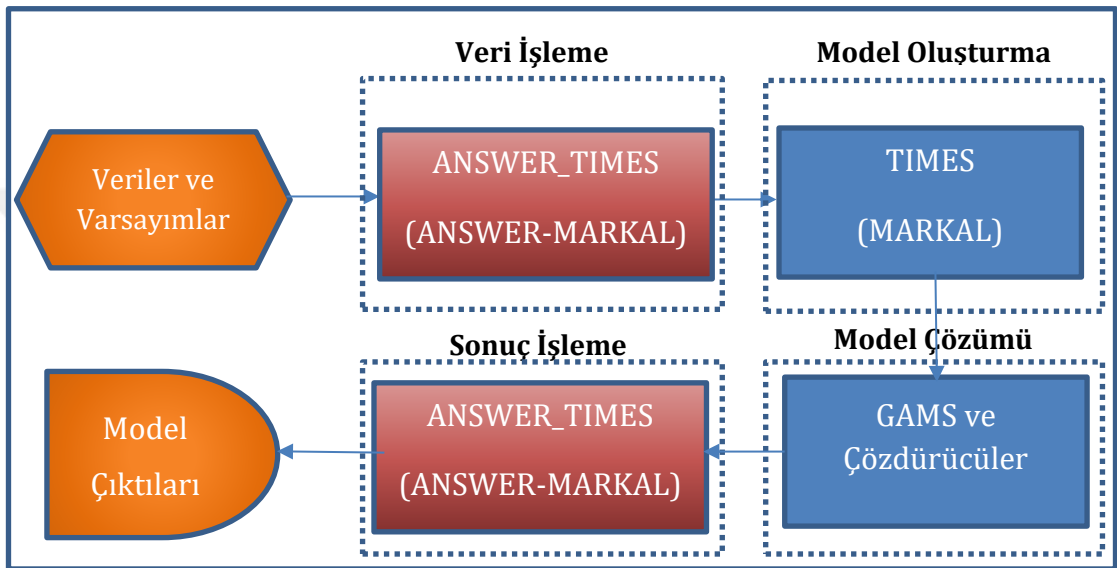
Şekil 5.1. EnergyPLAN simülasyon programı çalışma mantığı



Bu durum yeni kurgulanacak sistemlerin yılın hangi bölümlerinde istenilen kıstasları karşılayıp karşılayamayacağını net olarak göstermesi bakımından önemlidir. Diğer yandan programda zaman erimi bir yıldan uzun seçilememektedir. Bu kısıtlılık hali araştırmacıları müteakip yıllarda hangi yeni yatırımların yapılması gerektiği noktasında aydınlatamamakta, bu da programı TIMES vb. (MARKAL, VEDA, PLEXOS, OSEMOSYS vb.) programlarla kıyaslama imkânından mahrum bırakmaktadır. EnergyPLAN'ın TIMES ve algoritma sonuçlarına karşılık sunabileceği bir toplu maliyet ve salım verisi bulunmadığından bu çalışmada EnergyPLAN sayısal analizlerine yer verilmemiştir.

5.1.2. ANSWER-TIMES Modelleme Platformu

ANSWER programı TIMES modelini denklem setlerini kurarak GAMS'a aktaran bir arayüzdür. Program Answer'dan girilen verileri alır ve GAMS ortamına denklem setleri olarak iletir. Burada CPLEX ile çözdürülen denklem setleri yine ANSWER üzerinden kullanıcı için hazırlanmış şekillerde raporlanır Şekil 5.2'de bu yapı gösterilmiştir (ETSAP, 2017).



Şekil 5.2. ANSWER-TIMES programının alt bileşenleriyle birlikte çalışma yapısı ve akış gösterimi

TIMES modelleme yapısı, tek/çok dönemli ve tek/çok bölgeli modelin tüm maliyetlerinin temel alınan yıla göre net bugünkü değerinin minimizasyonunu esas alır. Bu minimum kısıtı sağlayan çözüm, optimum çözüm olarak isimlendirilir ve sistem tarafından çıktı raporu olarak üretilir.

TIMES'a konu maliyetlerin toplam net bugünkü değeri (net present value=NPV)

Eş. 5.1 de gösterildiği gibi hesap edilmektedir (IEA, 2016):

$$NPV = \sum_{r=1}^R \sum_{y \in YEARS} (1 + d_{r,y})^{REFYR-y} * ANNCOST(r,y) \quad (5.1)$$

Eş. 1'deki ifadenin z zamanına indirgenmiş toplam maliyetleri bölgesel olarak düzenlenecek olursa Eş. 5.2 elde edilir:

$$VAR_OBJ(z) = \sum_{r=1}^R REG_OBJ(z, r) \quad (5.2)$$

Burada:

NPV	:	TIMES amaç fonksiyonundaki toplam maliyetin baz yıla göre net bugünkü değeri
ANNCOST(r,y)	:	r bölgesindeki toplam yıllık maliyet tutarı
d(r,y)	:	iskonto oranı
REFYR	:	z olarak da gösterilen net bugünkü değerin üzerinden hesaplanacağı temel yıl
YEARS	:	maliyetlerin işletildiği zaman uzamı
R	:	çok bölgeli modellemedeki bölgelerin toplam adedidir.

Eş.2'nin açık ifadesi ise y dönemindeki maliyetlerin z baz yılına indirgenmiş toplam formu halinde Eş. 3'de gösterilmiştir (IEA, 2016). Maliyeti oluşturan öğeler dokuz ayrı maliyet ögesi halinde gruplanmıştır. Eş. 5.3'de formülde daha fazla karışıklığın olmaması için, dokuz ayrı maliyet ögesinde r bölge indisi var olmasına karşın özellikle gösterilmemiştir.

$$REG_OBJ(z) = \sum_{y \in (-\infty, +\infty)}^R DISC(y, z) * \left\{ \begin{array}{l} INVCOST(y) + INVTAXSUB(y) + \\ INVDECOM(y) + FIXCOST(y) + \\ FIXTAXSUB(y) + SURVCOST(y) + \\ VARCOST(y) + VARTAXSUB(y) + \\ ELASTCOST(y) - LATEREVENUES(y) \end{array} \right\} - SALVAGECOST(z) \quad (5.3)$$

Burada:

R	:	çok bölgeli modellemedeki bölgelerin toplam adedi
INVCOST(y)	:	y yılına ait yatırım maliyeti payı
INVTAXSUB(y)	:	y yılındaki yatırımlar üzerinde uygulanan toplam vergilerin tutarı
INVDECOM(y)	:	y yılında ilgili teknolojiyi devreden çıkartma maliyeti
FIXCOST(y)	:	y yılında işletilen sabit maliyet payı

FIXTAXSUB(y)	:	kapasite büyüklüğü üzerinden alınan sabit vergi miktarı
SURVCOST(y)	:	y yılındaki gözetim maliyeti
VARCOST(y)	:	y yılındaki toplam değişken maliyet tutarı
VARTAXSUB(y)	:	y yılında gerçekleşen değişken vergi tutarı
ELASTCOST(y)	:	elastik talep durumunda fiyat artışı nedeniyle meydana gelen talep azalmasının meydana getirdiği ilave maliyet
LATEREVENUES(y):		faydalı ömrünü yitimiş proseslerin geri kazanımı neticesinde kazanılan toplam tutar
SALVAGECOST(z)	:	hurda maliyeti

5.1.3. MATLAB Programı

Dördüncü kuşak bir bilgisayar dili olan MATLAB New Mexico Üniversitesi'nden Cleve MOLER tarafından geliştirilmiştir. MATrix LABoratory ifadesinin kısaltması olan program her ne kadar başlangıçta matris işlemlerinin çözülmesi hedeflenerek tasarlanmışsa da günümüzde büyük veri işlemleri, veri madenciliği, görselleştirme, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi alanlarda çokça kullanılır hale gelmiştir. Bu tez çalışmasının algoritma kodlaması kısmı MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir.

5.2. Senaryolar

Gelişmiş pek çok ülkedeki gibi ülkemizde de karbon piyasasının oluşması ve buradaki ticaret ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Sabancı Uni., 2021). Paris Antlaşması kapsamında 2020'ye kadar toplam 51 bölgede küresel emisyonların %20'si karbon fiyatlandırmasına tabi tutulmakta olup, 2018 itibarıyla 45 ulusal 25 yerel karbon fiyatlandırma uygulaması bulunmaktadır. Paris Antlaşması Madde 6'da piyasa mekanizmalarının uluslararası kullanımı öngörülmekte olup, ülkelerin bu piyasaya erken girmeleri ile oluşacak Karbon Kulübü'nün avantajları tespit edilmektedir. Zira bu kulüp üyesi ülkeler kendi emisyonlarıyla ilgili düzenlemeler yaptıkları için düzenleme yapmayan ülkeler aleyhine işbirlikleri

geliştirebilecek ve cezalandırma yoluna gidebileceklerdir. Türkiye gündemi takip etmekte olup 2030 hedefli bir “niyet edilmiş ulusal katkı beyanı” sunmuştur (INDC). Bu mevzuatın desteklenmesi maksadı ile 17 Mayıs 2014’te Sera Gazlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, 22 Temmuz 2014’te Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ ve 2 Aralık 2017’de “Sera Gazı Emisyonlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi Tebliği”ni hayata geçirmiştir. Ülkemizde akreditasyonun TÜRKA, yetkili makamın ÇSB olacağı ve durumdan etkilenen tesis sayısının da yaklaşık 700 kadar gerçekleştiği bilinmektedir. Türkiye’de PMR Projesi başlatılmak suretiyle bu piyasaya geçiş sürecinde teknik ve kurumsal altyapılarını hazırlanması ve güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla TIMES modellemesinin de içinde olduğu 3 farklı teknik uygulanmış ve karbon fiyatlandırmasının Türkiye’deki olası etkileri üzerinde çalışılmıştır. PMR projesinde düşük azim 5 USD/tCO₂, orta azim 10 USD/tCO₂ ve yüksek azim 30 USD/tCO₂ değişken ek maliyet enerji maliyetlerine yüklenmiştir.

Karbon vergisi senaryolarında Devlet belirli bir miktar karbon vergisini, yaydığı CO₂ emisyonu tonajına mukabil olarak emisyon üreticisinden almaktadır. Bu üç senaryo, harici maliyet eklenmiş senaryo mantığı ile çalışmakta ve “ilave değişken maliyete” neden olmaktadır. Diğer taraftan, devletin emisyon bazında almayı istediği vergi harici maliyet eklenmiş senaryolardan çok daha küçük değerlerdedir. Bu durum fosil yakıt santralleri ve emisyon zengini bazı yenilenebilir enerji santrallerine hala optimum planda yer alabilme şansını vermektedir.

5.2.1. Mevcut durum senaryosu (Mevcut_DS)

“Olağan Durum Senaryosu” ve “Baz (Referans) Senaryo” gibi isimlerin de verilebildiği, geçmişten gelen sürecin aynı haliyle ve trendiyle devam edeceğini öngören ana senaryodur. Bu senaryoda bölgenin kaynaklarını kısıtlayan maksimum kapasite faktörleri dışında zorlayıcı bir yapay kısıta yer verilmez. Doğal gaz, kömür gibi ana girdilerin herhangi birinde zaman ufku boyunca bir kısıt beklenmez. Benzer şekilde, fosil ya da yenilenebilir enerji kapsamında bir yönlendiricilik bulunmaz. Modelin ana motivasyonu zaman ufku boyunca

oluşacak maliyetlerin minimizasyonu ve bu maliyeti verecek teknoloji bileşimlerinin bulunmasıdır. Bu senaryoda bir karbon vergisi ya da harici maliyet yüklemesi bulunmamakta, tüm maliyetler içsel özellik göstermektedir. Mevcut_DS diğer tüm alternatif senaryoların kendisi ile karşılaştırılacağı ana senaryodur. Bu senaryonun kurulmasında yapılan temel kabuller şöyle özetlenebilir:

- İskonto oranı tüm yıllarda sabit tutularak model boyunca %5 olarak alınmıştır.
- Maliyetler Amerikan Doları (\$) cinsinden ifade edilmiştir.
- Mevcut_DS bir doğrusal devam senaryosu olduğu için ülke enerji fiyat politikalarında kırılmalar ve veya değişiklikler öngörülmemiştir.
- Yedi jenerik teknoloji tanımlaması yapılmış ve bu yapı tüm zaman ufku boyunca sabit tutulmak suretiyle geçerli kılınmıştır. Bu teknolojilerde zamanla maliyet düşüşü veya artışı öngörülmemiş ve bu şekilde spekülasyon bir yapıdan uzak durulmaya dikkat edilmiştir.
- Her il için önceden belirli teknoloji kapasitesi üst sınırlarına riayet edilmiş ve değerler il bazında verilmiştir. Kütahya; rüzgâr santrali için 190MW, güneş enerjisi için 50 MW, jeotermal enerji için 50 MW, biyokütle santrali için 50 MW, Manisa; rüzgar santrali için 5.302 GW, güneş enerjisi için 500 MW, jeotermal enerji için 200 MW, biyokütle enerjisi için 200 MW, Uşak; rüzgar santrali için 57 MW, güneş enerjisi için 50 MW, jeotermal enerji için 50 MW, biyokütle enerjisi için 50 MW, Afyonkarahisar; rüzgar santrali için 860 MW, güneş enerjisi için 400 MW, jeotermal enerji için 100 MW, biyokütle enerjisi için 100 MW'dır.
- Yıllar bazında gerçekleşmesi beklenen elektrik enerjisi talep değerleri için esas alınan kaynak önceki bölümlerde ifade edilen projeksiyon değerleri olup, tüm modellerde aynı talep değerleri veri alınmıştır.
- Devletin enerji politikasında zaman ufku boyunca bir enerji türünü önceliklendiren ve bu sırada bir diğerini görece dezavantajlı kılan bir uygulamaya gidilmeyeceği kabulü yapılmıştır.
- Linyit ve doğal gaz santrallerinin teorik kapasitesi sınırsız kabul edilmiş, rezerv ve taşıma yoluyla bu santrallerin dört ile de yatırımının önünde bir

engel koyulmamıştır. Bu varsayım sadece linyit ve doğal gaz santrali yasaklı senaryolar için kısıtlanmıştır.

- Santrallerin ekonomik ömürlerinin sonuna dek faal kalacakları ve kapatılmayacakları esas alınmıştır.

5.2.2. Yeni kömür santrali yatırımı yasaklı senaryo (YKömürSY_YS)

2016 yılı itibarıyla aktif olan ve ekonomik ömrünün doldurmamış santrallerin çalışmaya devam edeceği, bununla birlikte yeni kömür santrali yatırımlarının kabul edilmeyeceği senaryo tipidir. Kömür santrali olarak modelde bahsi geçen santral tipi linyit kömürlü santrallerdir. Bu senaryoda; TR33 Bölgesinde Manisa ve Kütahya illerinde mevcut santrallerin (2 GW kurulu güçte) üzerine yükseltme yatırımı veya diğer iki ilde ilk kurulum olarak yeni bir santral inşa edilmeyecektir. Uluslararası anlaşmalar veya içsel bir mevzuat zorlaması nedeniyle ortaya çıkabilecek bu duruma göre modelleme yapılması halinde Mevcut_DS senaryosuna kıyasla optimum planın nasıl değişeceği araştırılmıştır.

5.2.3. Yeni doğal gaz santrali yatırımı yasaklı senaryo (YDgazSY_YS)

2016 yılı itibarıyla aktif olan ve ekonomik ömrünün doldurmamış santrallerin çalışmaya devam edeceği, bununla birlikte yeni doğal gaz santrali yatırımlarının kabul edilmeyeceği senaryo tipidir. Doğal gaz santrali olarak kombine çevrim ve basit doğal gaz termik santralleri modele dâhil edilmiş, yasaklama politikasında her iki santral türü de yeni yatırımlarda dikkate alınmamıştır. Bu senaryo gereği TR33 Bölgesinde Manisa ve Uşak illerinde mevcut santrallerin üzerine yükseltme yatırımı olarak veya diğer iki ilde ilk kurulum olarak yeni bir santral mümkün olamayacaktır. Uluslararası anlaşmalar veya içsel bir mevzuat zorlaması nedeniyle ortaya çıkabilecek bu duruma göre modelleme yapılması halinde Mevcut_DS senaryosuna kıyasla optimum planın nasıl değişeceği araştırılmıştır. Doğal gaza dayalı olarak elektrik üretiminin devamı için dışsal piyasaların stabil halde ve bu teknolojinin kullanımının işverenler açısından da ekonomik olması gerekmektedir. Doğal gazdan elektrik üretimi teknolojisi arz güvenliğinin sağlanması, dış piyasaların fiyatlamalarına doğrudan bağlı olup tamamına yakını

dışsal bir girdi olan bu kaynağın fiyatlarında oluşacak dalgalanmalar veya siyasi nedenler, bahsedilen yeni üretim kısıtlamalarının olası nedenleridir.

5.2.4. Yeni fosil kaynak santral yatırımı yasaklı senaryo (YFosilKSY_YS)

Hem doğal gaz hem kömür santrallerine, olası yeni siyasi / ekonomik düzenlemeler nedeniyle yeni yatırımların yapılmadığı düşünülerek oluşturulmuş/ kurgulanmış senaryodur. Bu senaryo oldukça sert ve uç bir senaryo olup enerji talebini mevcut doğal gaz ile kömür santralleri ile yenilenebilir santrallerin kapasitesine bağlı hale getirmektedir. Bu sert politikanın olası sonuçlarının Mevcut_DS'ye göre optimum planı nasıl değiştireceği araştırılmıştır.

5.2.5. Düşük azim karbon vergisi senaryosu (Karbon_VS-D)

Karbon vergilendirmesi, CO₂ salımında bulunan teknolojilerin dezavantajlı hale getirilmesi mantığına dayanan bir uygulamadır. 5 USD/tCO₂ tutarında bir ilave maliyetin Mevcut_DS üzerine uygulanması halinde, referans senaryo sonuçlarının değişebileceği beklenmelidir. Bu senaryo gereği, her elektrik üretim teknolojisi içsel maliyetinin yanında bir miktar da karbon maliyetine katlanmakta, sonuçta optimum üretim maliyeti değişmektedir (CO₂ salımı yapılan her en iyi plan için). Bir diğer ifade ile dışsal maliyetlerin bir bölümünün karbon vergisi adı altında içselleştirilmesi neticesinde oluşacak yeni planın elde edilmesi için oluşturulmuş senaryodur.

5.2.6. Orta azim karbon vergisi senaryosu (Karbon_VS-O)

Karbon_VS-O'da 10USD/tCO₂ tutarında bir ilave maliyetin Mevcut_DS üzerine uygulanması halinde, referans senaryo sonuçlarının değişebileceği beklenmelidir. Bu senaryo gereği, her elektrik üretim teknolojisi içsel maliyetinin yanında bir miktar da karbon maliyetine katlanmakta, sonuçta her optimum üretim maliyeti değişmektedir (CO₂ salımı yapılan her en iyi plan için). Bir diğer ifade ile, dışsal maliyetlerin bir bölümünün karbon vergisi adı altında

içselleştirilmesi neticesinde oluşacak yeni planın elde edilmesi için oluşturulmuş senaryodur.

5.2.7. Yüksek azim karbon vergisi senaryosu (Karbon_VS-Y)

Karbon_VS-Y'de 30 USD/tCO₂ tutarında bir ilave maliyetin Mevcut_DS üzerine uygulanması halinde, referans senaryo sonuçlarının değişebileceği beklenmelidir. Bu senaryo gereği, her elektrik üretim teknolojisi içsel maliyetinin yanında bir miktar da karbon maliyetine katlanmakta, sonuçta her optimum üretim maliyeti değişmektedir (CO₂ salımı yapılan her en iyi plan için). Bir diğer ifade ile, dışsal maliyetlerin bir bölümünün karbon vergisi adı altında içselleştirilmesi neticesinde oluşacak yeni planın elde edilmesi için oluşturulmuş senaryodur.

5.2.8. Harici maliyet eklenmiş mevcut durum senaryosu (Mevcut_DS-HM)

Mevcut_DS-HM'nin harici maliyet payı yüklenmiş maliyet parametreleri ile yeniden tasarlanmış durumudur. Dışsal maliyetler teknoloji bazında değişmekte olup, bu teknoloji bazındaki harici maliyet farklılıklarının optimum planda meydana getireceği değişikliklerin gösterilmesi amaçlanmıştır. Senaryoda, salt içsel maliyetlerle enerji üretmenin maliyeti Mevcut_DS senaryosu ile bulunurken, finansal hesaplarda gösterilmeyen sosyal maliyetin kapsanması halinde maliyetinin ne kadar değişeceğini tespit edebilmek maksadı ile yapılmış çalışmadır.

5.2.9. Harici maliyet eklenmiş yeni kömür santrali yatırımı yasaklı senaryo (YKömürSY_YS-HM)

YKömürSY_YS'nin eniyilemeye tabi maliyet öğelerine harici maliyetin de eklenmesi ile sonuçlarının değişip değişmeyeceğinin tespiti maksadı ile hazırlanmış senaryodur. Harici maliyet öğelerinin teknoloji bazında farklılık göstermesi nedeni ile plandan çıkacak ya da plana girebilecek teknolojilerin hangileri olacağı belirlenmek istenmiştir. Senaryoda, salt içsel maliyetlerle enerji üretmenin maliyeti YKömürSY_YS senaryosu ile bulunurken finansal hesaplarda

gösterilmeyen sosyal maliyetin kapsanması halinde maliyetinin ne kadar değişeceğini tespit edebilmek maksadı ile yapılmış çalışmadır.

5.2.10. Harici maliyet eklenmiş yeni doğal gaz santrali yatırımı yasaklı senaryo (YDgazSY_YS-HM)

YDgazSY_YS'nin eniyilemeye tabi maliyet öğelerine harici maliyetin de eklenmesi ile sonuçlarının değişip değişmeyeceğinin tespiti maksadı ile hazırlanmış senaryodur. Harici maliyet öğelerinin teknoloji bazında farklılık göstermesinden kaynaklı olarak plandan çıkacak ya da plana girebilecek teknolojilerin hangileri olacağı belirlenmek istenmiştir. Senaryoda, salt içsel maliyetlerle enerji üretmenin maliyeti YDgazSY_YS senaryosu ile bulunurken finansal hesaplarda gösterilmeyen sosyal maliyetin kapsanması halinde maliyetinin ne kadar değişeceğini tespit maksadı ile oluşturulmuş senaryodur.

5.2.11. Harici maliyet eklenmiş yeni fosil kaynak santral yatırımı yasaklı senaryo (YFosilKSY_YS-HM)

YFosilKSY_YS'nin harici maliyet ilavesi ile yeniden düzenlenmiş şeklidir. Harici maliyetlerin dâhil edilmesi halinde senaryo içsel toplam maliyetinin ne kadar değişeceğini sınanması için oluşturulmuş senaryodur.

Oluşturulan tüm senaryolarda ilgili harici maliyetler ve yeni yatırım engellerinin olup olmadığını gösterir özet görünüm Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Senaryo özellikleri detay görünümü

Senaryo Adı	Senaryo Tanımı	Harici Maliyet Dahil Edilmiş mi?	Yeni Yatırım Engelleme Var mı?
Mevcut_DS	Mevcut Durum Senaryosu	Dahil Edilmemiş	Yok
YKömürSY_YS	Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo	Dahil Edilmemiş	Yeni Kömür Santrali Engeli Mevcut

YDgazSY_YS	Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo	Dahil Edilmemiş	Yeni Doğal Gaz Santrali Engeli Mevcut
YFosilKSY_YS	Yeni Fosil Kaynak Santral Yatırımı Yasaklı Senaryo	Dahil Edilmemiş	Kömür ve Yeni Doğal Gaz Santrali Engeli Mevcut
Karbon_VS-D	Düşük Azim Karbon Vergisi Senaryosu	Karbon Vergisi Halinde	Yok
Karbon_VS-O	Orta Azim Karbon Vergisi Senaryosu	Karbon Vergisi Halinde	Yok
Karbon_VS-Y	Yüksek Azim Karbon Vergisi Senaryosu	Karbon Vergisi Halinde	Yok
Mevcut_DS-HM	Mevcut Durum Senaryosu	Dahil Edilmiş	Yok
YKömürSY_YS-HM	Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo	Dahil Edilmiş	Yeni Kömür Santrali Engeli Mevcut
YDgazSY_YS-HM	Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo	Dahil Edilmiş	Yeni Doğal Gaz Santrali Engeli Mevcut
YFosilKSY_YS - HM	Yeni Fosil Kaynak Santral Yatırımı Yasaklı Senaryo	Dahil Edilmiş	Kömür ve Yeni Doğal Gaz Santrali Engeli Mevcut

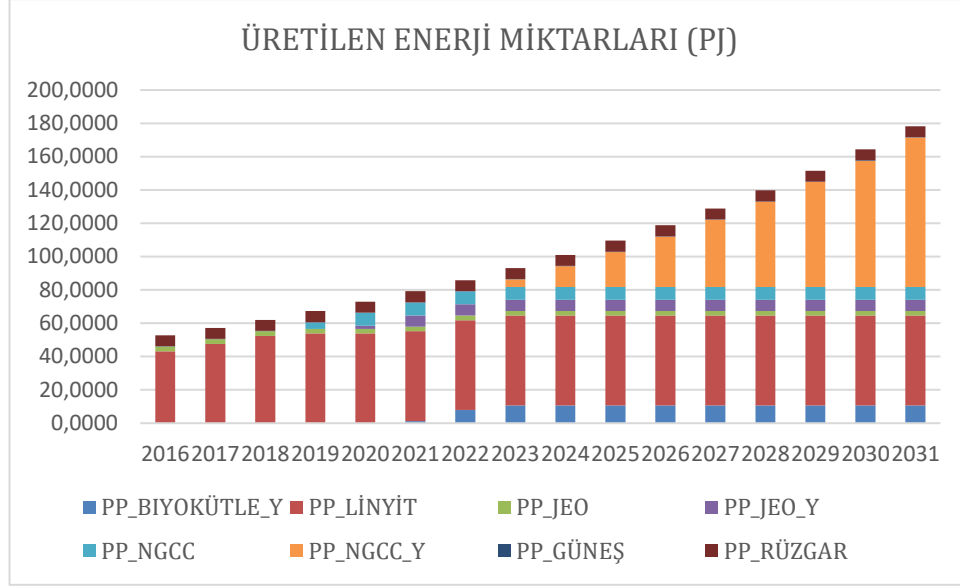
6. ARAŞTIRMA BULGULARI

ANSWER TIMES ile hazırlanmış senaryo sonuçları bu bölümde sunulmaktadır. Ek-2’de bölgesel ve il bazında TIMES model sonuçları sunulmuş, algoritma sonuçları da karşılaştırma yapmaya imkân vermesi için bu kısımda gösterilmiştir.

Bu bölümün alt kırılımlarında bölgesel senaryolar için üretilen enerji miktarları Petajoule (PJ= 10^{15} Joule=277,778 GWh), enerji çıktısını sağlayan girdi miktarları Petajoule (PJ), kurulu gücün yıllık bazda toplam değerleri Gigawatt (GW) ve yıl bazında karşılanması durumunda kalınacak toplam maliyet milyon ABD doları (mUSD) cinsinden verilmiştir. Maliyet verileri 2016 yılına indirgenmiş net bugünkü değerler cinsinden sunulmuştur.

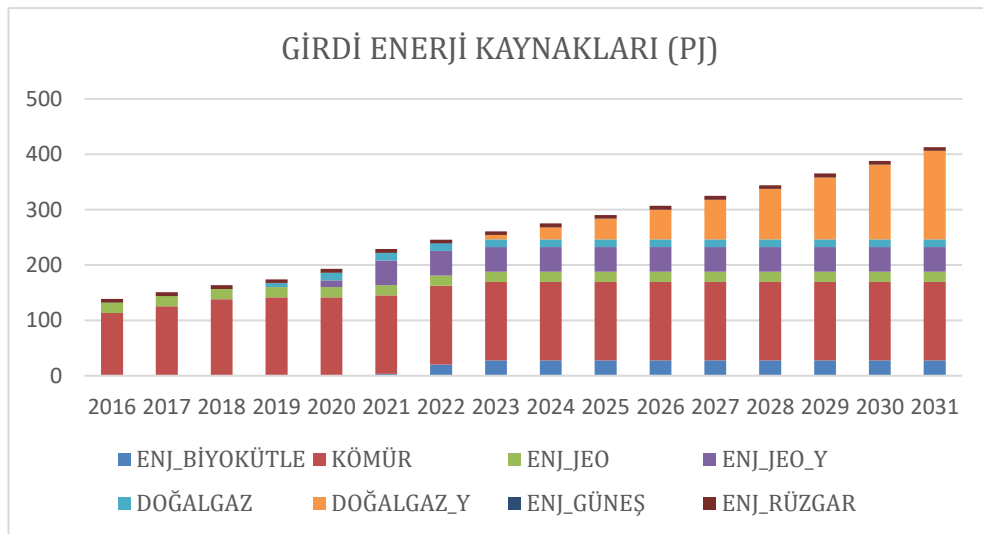
6.1. Mevcut Durum Senaryosu (Mevcut_DS) Sonuçları

Dört il için hazırlanmış bölgesel modelin optimum planı incelendiğinde; 2016 yılında mevcut güneş, jeotermal ve rüzgar enerjisi santrallerinin çalıştırıldığı, kalan enerji bakiyesinin ise kömür santralinden karşılandığı görülmektedir. 2019 yılına kadar kömür santralinin enerji potansiyeli yıllık enerji artışlarını karşılayabilmiştir. 2019 yılında mevcut kömür santralleri tam kapasite çalışmaya başlamış ve mevcut doğalgaz kombine çevrim santralının kapasitesi kullanıma alınmıştır. Sonrasında tüm bölge potansiyelinin kullanılmış olması nedeniyle yeni yatırımlara yönelinmiş, ilk olarak jeotermal santrallere, sonrasında biyokütle santrallerine yatırım yapmak suretiyle bu teknolojilerin üst kapasite limitlerine ulaşılmıştır. Bu iki santrale daha fazla yatırım yapma imkânı kalmadığı 2023 yılından itibaren kapasite genişletme, yeni doğal gaz santralleri tarafında gerçekleşmiş ve zaman ufkunun sonuna dek bu teknolojiye yatırım artırılarak devam etmiştir. Şekil 6.1’de optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları (PJ cinsinden) verilmiştir. Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.1 ve B.3’de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.2 ve B.4’de sunulmuştur.



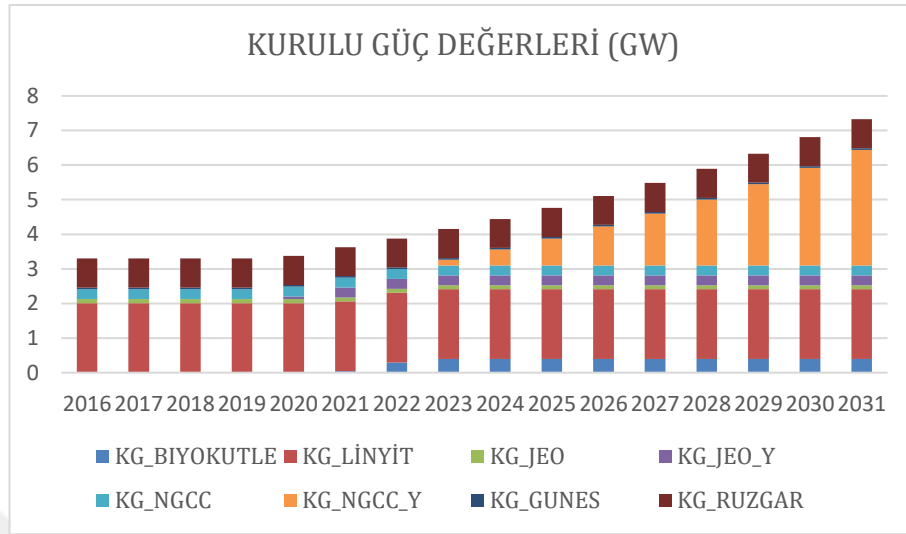
Şekil 6.1. Mevcut_DS optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

Optimum plan gereği enerji teknolojilerinin çıktısı olan enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dökümü Şekil 6.2’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında yenilenebilir enerji kaynaklarının üst sınırına birkaç yıl içinde ulaşıldıktan sonra doğal gaz kombine çevrim santraline kaynak olarak kullanılan doğal gazın kullanımı zaman ufku sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler Petajoule (PJ) cinsindendir.



Şekil 6.2. Mevcut_DS optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

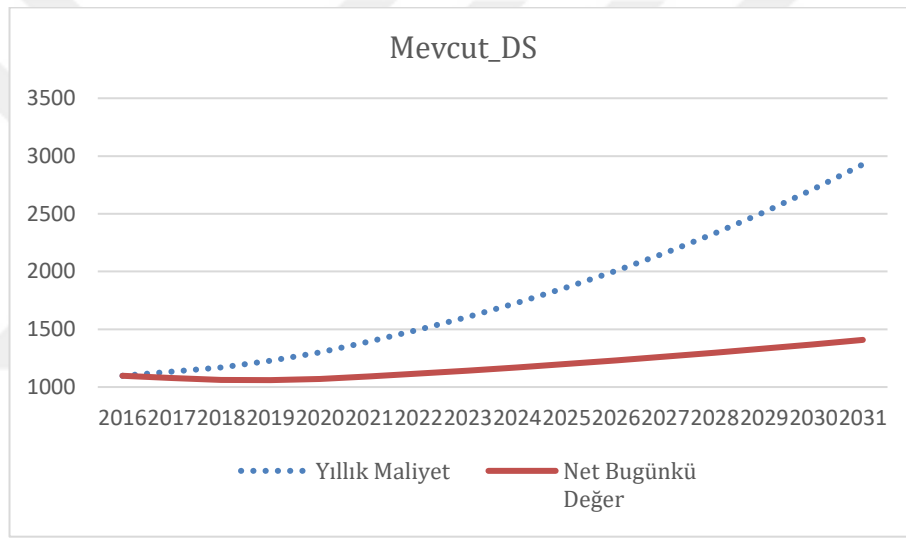
Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3. Mevcut_DS optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet deavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye yapılan yeni yatırımlar (KG_JEO_Y) 2020 ve 2021 yılında gerçekleşmiştir. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Yeni biyokütle enerji santrali yatırımlarına (KG_BIYOKUTLE_Y) 2021 yılında başlanmış ve 2023 yılında tüm bölge potansiyeli yeni yatırımlarla devreye alınmıştır. Mevcut güneş, rüzgar ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşmıştır. 2023 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir.

Mevcut_DS optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.4’de sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yıla göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020’ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.4. Mevcut_DS optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yapılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” ile on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

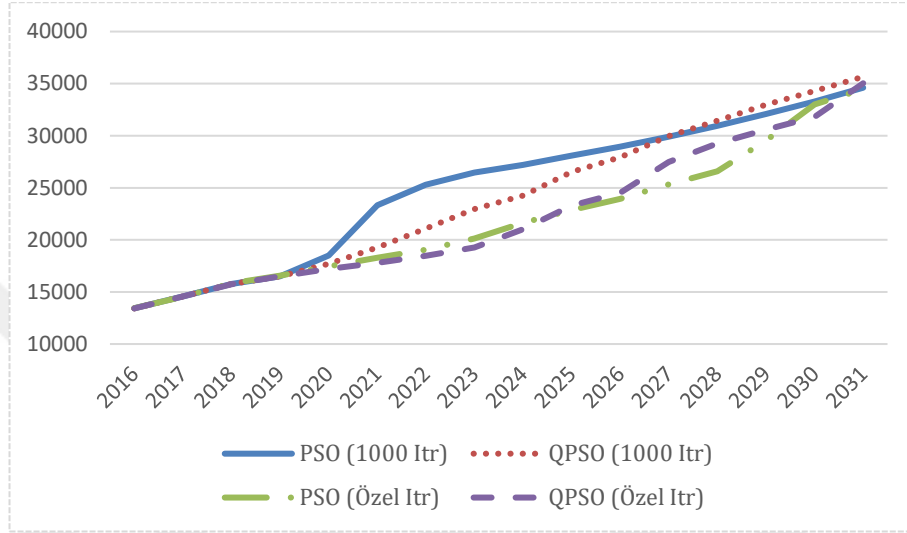
Çizelge 6.1. Algoritma sonuçları (mUSD-Mevcut_DS)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	18993.8422	19053.2318	19040.3260	19677.7918
2	18993.5881	19090.0836	19009.8084	19085.9647
3	18993.7865	19061.4112	19018.7109	19203.2853
4	18993.8860	19063.8577	19044.9771	19066.5677
5	18993.6041	19023.8350	19048.7245	19127.6229
6	18993.8503	19059.1047	19019.5376	19310.5129
7	18994.2816	19064.5460	19013.9715	19188.2550
8	18993.6463	19079.8458	19014.1760	19206.8331
9	18993.6080	19100.4302	19015.5483	19123.9530
10	18993.5659	19117.2847	19053.9053	19104.4191
Ortalama	18993.7659	19071.3631	19027.9690	19209.5205
Medyan	18993.7164	19064.2019	19019.1240	19157.9389
Std Sapma	0.2188	26.4908	16.9066	179.7383
TIMES Sonucu	18,993.44	18993.4486	18,993.4486	18993.4486
Ortalama Sapma	1.71586E-05	0.0041	0.0018	0.0114

PSO, QPSO'dan daha başarılı gözükmemekte olup ("1000 iterasyon" için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO'ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. "Özel iterasyon" değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. "Özel iterasyon" son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması "özel iterasyon"da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. "Özel iterasyon" ve "1000 iterasyon" anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.37, B.38, B.39 ve B.40'da sunulmuştur.

PSO ve QPSO algoritmalarının "1000 iterasyon" ve "özel iterasyon" hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.5'de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları "1000 iterasyon" ve "özel iterasyon"

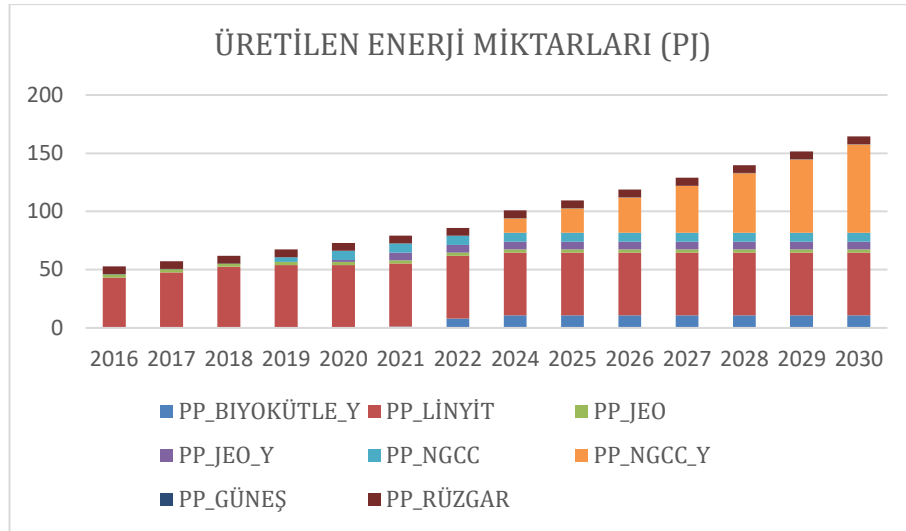
için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından PSO'nun "1000 iterasyon" enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO "özel iterasyon" sonuçlarıyla özdeş gerçekleşmemiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO "1000 iterasyon" sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.



Şekil 6.5. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

6.2. Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YKömürSY_YS) Sonuçları

YKömürSY_YS senaryosunda üst kapasite sınırları dışında bir harici maliyet ya da karbon vergisi uygulamasına gidilmemiştir. Mevcut_DS planının ilave kömür yatırımına gidilmeyen hali YKömürSY_YS senaryosu olup senaryonun sonuçları Mevcut_DS optimum sonuçlarını vermektir. Bu nedenle her iki senaryonun sonuçları birbirini tutmaktadır. Şekil 6.6 da optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur. Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.5 ve B.7’de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.6 ve B.8’de tablolaştırılmıştır.

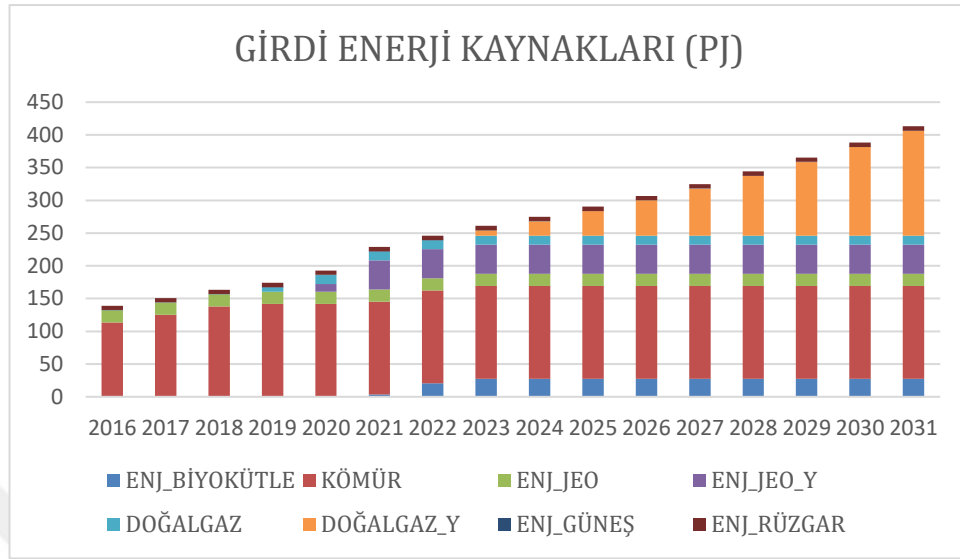


Şekil 6.6. YKömürSY_YS optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Üretilen enerji miktarı talebi karşılamaya yetmeyince mevcut kombine doğal gaz çevrim santralleri ve kömür santralleri kullanılmış, ilk yıllardaki enerji talepleri bu şekilde karşılanmıştır. Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2020 yılında talebin karşılanmasında başarılı olunamamış, bunun üzerine ilk yeni santral yatırımı jeotermal santralden yana yapılarak enerji ihtiyacı giderilmiştir. 2021 yılında jeotermal santral yatırımları doğal sınırına ulaşmış ve 2021 talep bakiyesi biyokütle santrallerine yeni yatırımlarla karşılanmıştır. 2023 yılına kadar biyokütle santral yatırımlarının enerji talebini karşılaması mümkün olmuş, 2023 yılında bu teknolojinin üst yatırım sınırına da ulaşılmasıyla sonraki en uygun maliyetli teknoloji olan doğal gaz kombine çevrim santrallerine yeni yatırımlara gidilmiştir. 2023 yılından 2031 yılı sonuna kadar doğal gaz kombine çevrim santrali yatırımları ile talepteki artışlar karşılanmıştır.

Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.7’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında yenilenebilir enerji kaynaklarının üst sınırına birkaç yıl içinde ulaşıldıktan sonra doğal gaz kombine çevrim santraline kaynak olarak kullanılan

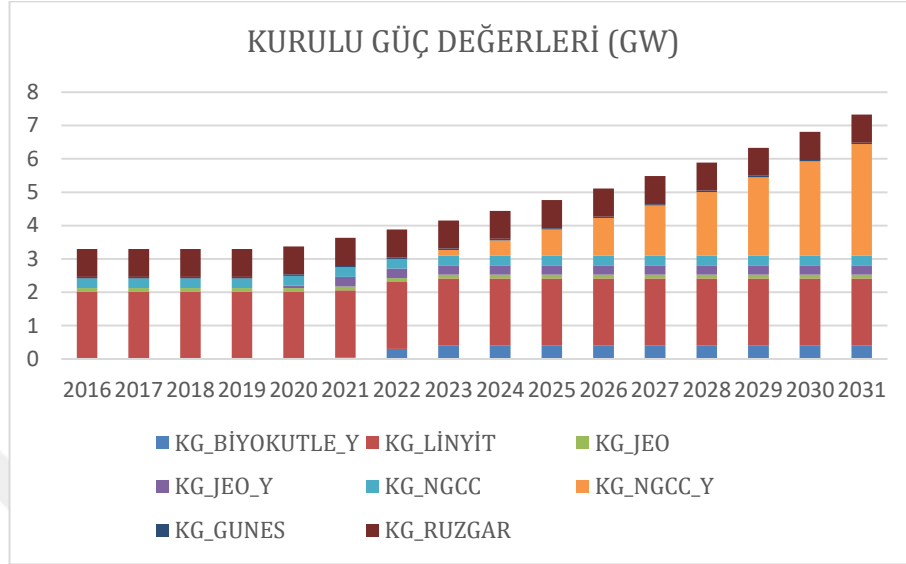
doğal gazın kullanımı 2031 yılı sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.



Şekil 6.7. YKömürSY_YS optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

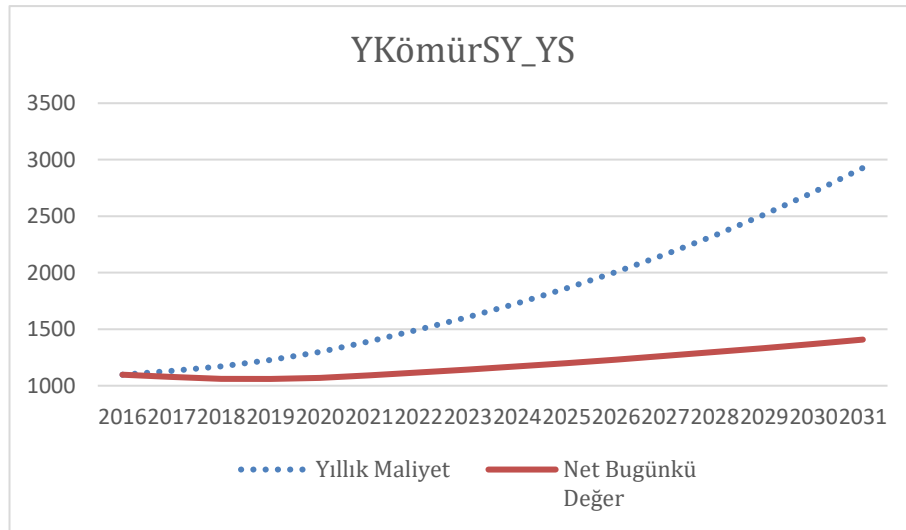
Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.8’de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet deavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye yapılan yeni yatırımlar (KG_JEO_Y) 2020 ve 2021 yılında gerçekleşmiştir. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Yeni biyokütle enerji santrali yatırımlarına (KG_BİYOKÜTLE_Y) 2021 yılında başlanmış ve 2023 yılında tüm bölge potansiyeli yeni yatırımlarla devreye alınmıştır. Mevcut güneş, rüzgar ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji

üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşılmıştır. 2023 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir.



Şekil 6.8. YKömürSY_YS optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

YKömürSY_YS optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.9'da sunulmuştur.



Şekil 6.9. YKömürSY_YS optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yılı göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020'ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.

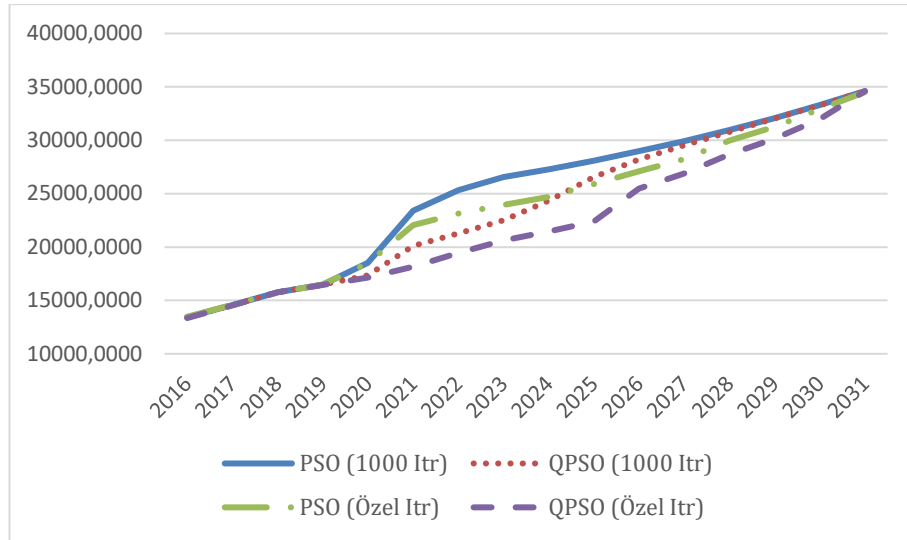
Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yapılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2'de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile "1000 iterasyon" ve "özel iterasyon" ile on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile "1000 iterasyon"dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile "özel iterasyon" kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile "1000 iterasyon"dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile "özel iterasyon" kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

PSO, QPSO'dan daha başarılı gözükmemekte olup ("1000 iterasyon" için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO'ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. "Özel iterasyon" değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. "Özel iterasyon" son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığımızdan üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması "özel iterasyon"da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. "Özel iterasyon" ve "1000 iterasyon" anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.41, B.42, B.43 ve B.44'de sunulmuştur.

Çizelge 6.2. Algoritma sonuçları (mUSD-YKömürSY_YS)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	18993.4261	19011.6836	19009.5013	19460.0246
2	18993.4260	19003.7312	19004.7153	19098.8734
3	18993.4476	19010.3129	19002.0264	19069.9305
4	18993.4250	19021.2176	19005.8151	19077.5746
5	18993.4287	19015.6911	19009.2964	19084.7949
6	18993.4252	19021.8918	19005.2156	19081.6328
7	18993.4323	19021.0519	19003.3505	19081.8483
8	18993.4343	19020.9220	19008.2566	19076.1514
9	18993.5185	19019.6463	19006.2099	19027.9966
10	18993.4240	19011.8126	19010.2598	19139.4794
Ortalama	18993.4388	19015.7961	19006.4647	19119.8306
Medyan	18993.4274	19017.6687	19006.0125	19081.7405
Std Sapma	0.0289	6.1796	2.7761	122.6120
TİMES Sonucu	18993.4486	18993.4486	18993.4486	18993.4486
Ortalama Sapma	0.0000	0.0012	0.0007	0.0067

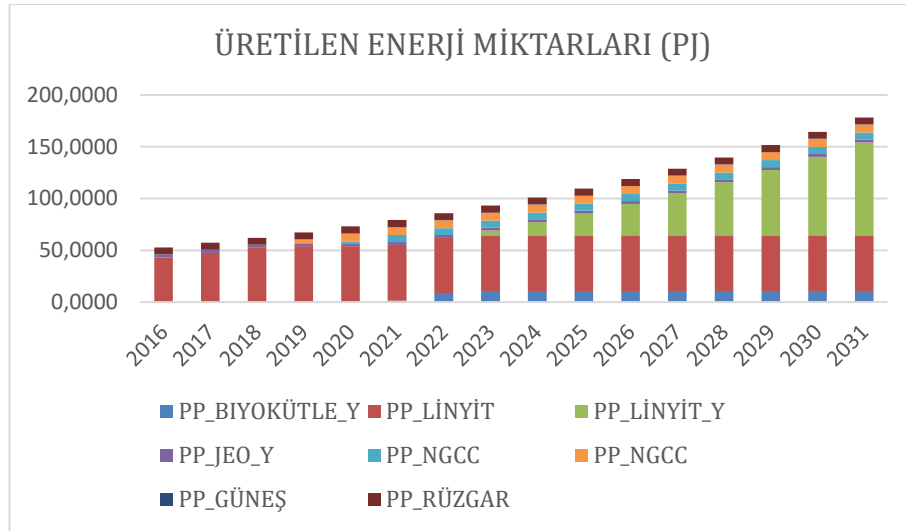
PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.10’da gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından PSO’nun “1000 iterasyon” enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarıyla özdeş gerçekleşmemiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.



Şekil 6.10. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

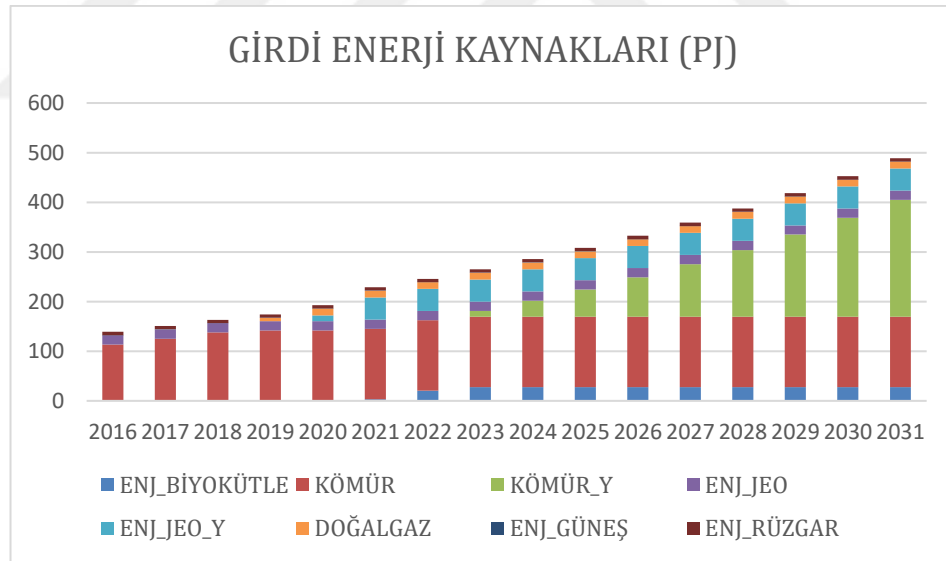
6.3. Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YDgazSY_YS) Sonuçları

YDgazSY_YS senaryosunda üst kapasite sınırları dışında bir harici maliyet ya da karbon vergisi uygulamasına gidilmemiş, mevcut durumun süreceği anlayışıyla optimum çözümün ne olacağı araştırılmıştır. Dört il için hazırlanmış bölgesel modelin optimum planı incelendiğinde; 2016 yılında mevcut güneş, jeotermal ve rüzgar enerjisi santrallerinin çalıştırıldığı, kalan enerji ihtiyacının ise kömür santralinden karşılandığı görülmektedir. 2019 yılına kadar mevcut kömür santralinin enerji potansiyeli yıllık enerji artışlarını cevaplamaya yetmiştir. 2019 yılında ise bu kapasiteye ulaşılmış ve mevcut doğalgaz kombine çevrim santralının kapasitesi kullanılmıştır. Sonrasında tüm bölge potansiyelinin kullanılmış olması nedeniyle yeni yatırımlara yönelinmiş, ilk olarak jeotermal santrallere, sonrasında biyokütle santrallerine yatırım yapmak suretiyle bu teknolojilerin üst kapasite limitlerine ulaşılmıştır. Bu iki santrale daha fazla yatırım yapma imkanı kalmadığı 2023 yılından itibaren kapasite genişletme yeni doğal gaz santralleri yasaklı olduğu için kömür santrali lehine gerçekleşmiş ve zaman ufkunun sonuna dek bu teknolojiye yatırım yapılmıştır. Şekil 6.11’de optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur.



Şekil 6.11. YDgazSY_YS optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.9 ve B.11’de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.10 ve B.12’de tablolaştırılmıştır.

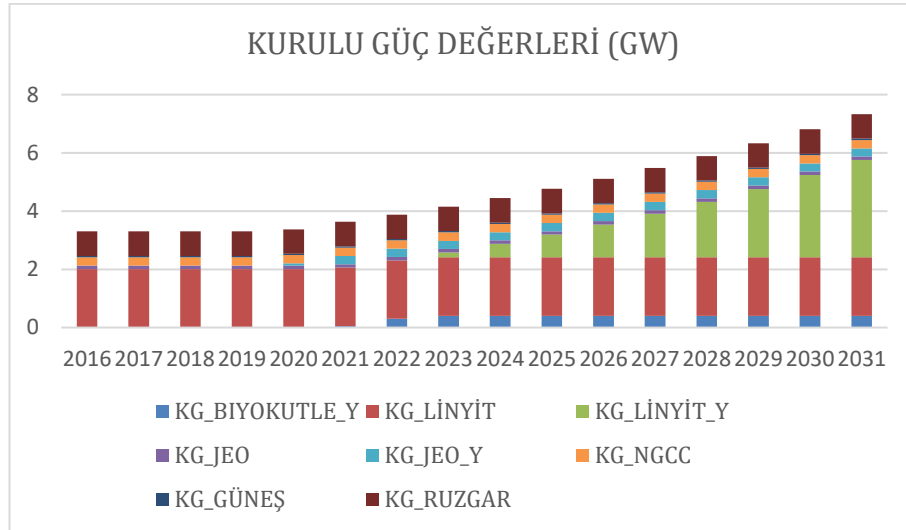


Şekil 6.12. YDgazSY_YS opt. planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olan enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.12’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında yenilenebilir enerji kaynaklarının üst sınırına birkaç yıl içinde ulaşıldıktan sonra doğal gaz kombine çevrim santraline kaynak olarak kullanılan

doğal gazın kullanımı 2031 yılı sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.

Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.13’de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmıştır. Yeni doğal gaz santrallerine (KG_NGCC_Y) senaryo temel varsayımı gereği izin verilmemesi ve diğer maliyet avantajlı teknolojilerin üst kapasite sınırlarına ulaşılmış olması nedeniyle 2023 yılından itibaren yeni linyit santrallerine (KG_LİNYİT_Y), yatırımlar yönlendirilmiştir. Bu yatırımlar 2031 yılına kadar artarak devam etmiştir. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GÜNEŞ, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet deavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GÜNEŞ_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye yapılan yeni yatırımlar (KG_JEO_Y) 2020 ve 2021 yılında gerçekleşmiştir. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır.

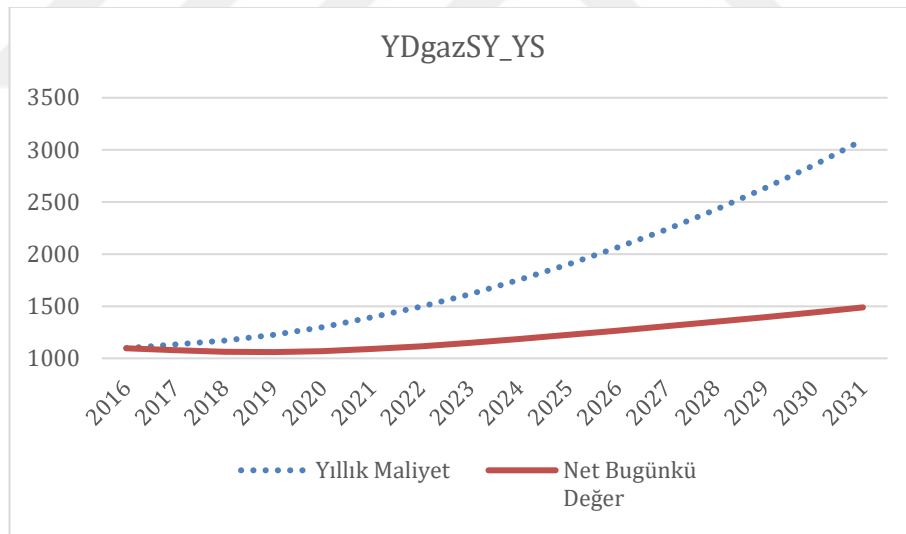


Şekil 6.13. YDgazSY_YS optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

Yeni biyokütle enerji santrali yatırımlarına (KG_BİYOKÜTLE_Y) 2021 yılında başlanmış ve 2023 yılında tüm bölge potansiyeli yeni yatırımlarla devreye

alınmıştır. Mevcut güneş, rüzgar ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşılmıştır.

YDgazSY_YS optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.14’de sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yıla göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.14. YDgazSY_YS optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3’de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” ile on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu,

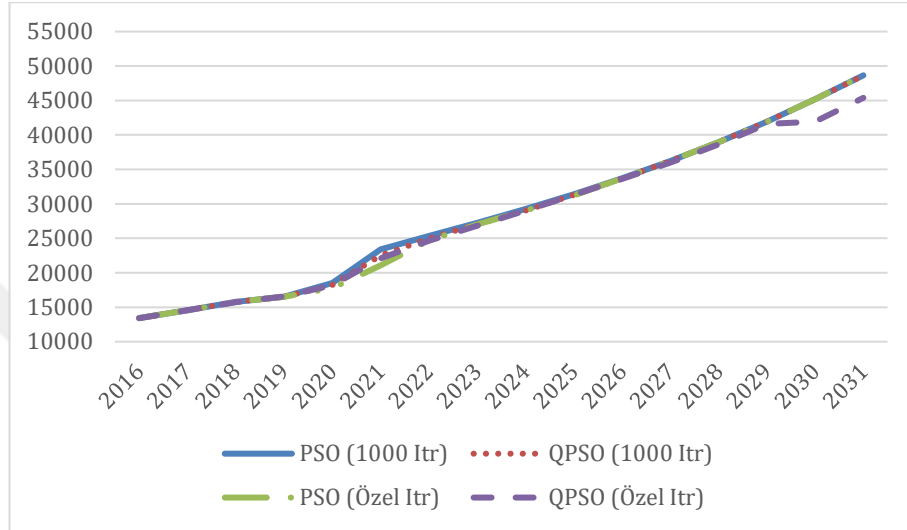
dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

PSO, QPSO’dan daha başarılı gözükmemekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO’ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. “Özel iterasyon” değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.45, B.46, B.47 ve B.48’de sunulmuştur.

Çizelge 6.3. Algoritma sonuçları (mUSD-YDgazSY_YS)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	19386.8528	19411.4835	19391.6308	19730.0331
2	19386.8527	19394.1714	19390.9246	19660.6120
3	19386.8527	19431.1688	19392.2787	19557.7873
4	19386.8527	19414.0682	19390.3848	19514.9371
5	19386.8530	19428.9612	19392.0114	19797.7265
6	19386.8528	19489.8322	19390.0920	19679.4149
7	19386.8528	19407.7625	19389.3480	19703.5042
8	19386.8527	19414.8582	19393.3939	19636.3016
9	19386.8527	19465.1666	19390.1586	19658.2281
10	19386.8528	19454.7026	19392.2404	19627.4678
Ortalama	19386.8528	19431.2175	19391.2463	19656.6013
Medyan	19386.8528	19421.9097	19391.2777	19659.4201
Std	0.0001	29.8488	1.2633	81.0634
TIMES Sonucu	19386.8787	19386.8787	19386.8787	19386.8787
Ortalama Sapma	0.0000	0.0023	0.0002	0.0139

PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.15’de gösterilmiştir. QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarına yakın şekilde gerçekleşmiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.



Şekil 6.15. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

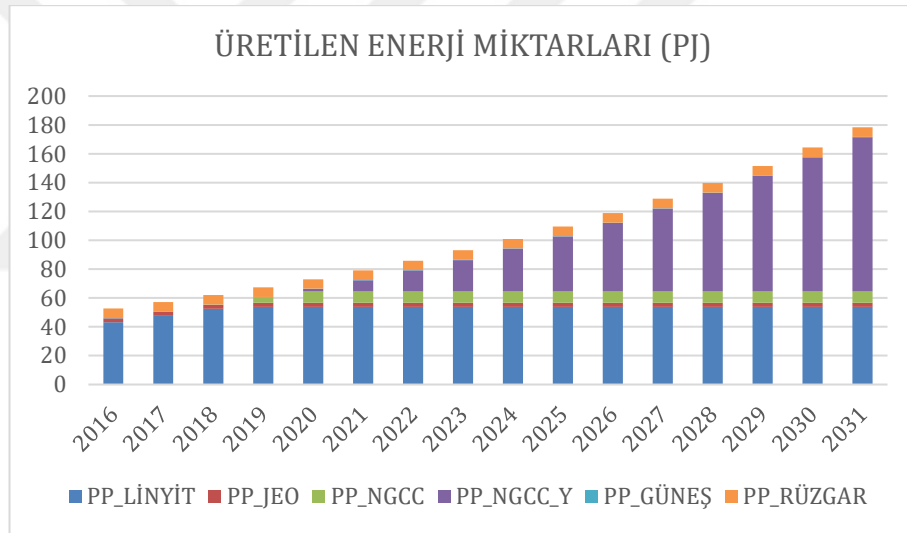
6.4. Yeni Fosil Kaynak Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YFosilKSY_YS) Sonuçları

Plan olurlu sonuç üretememiştir. Bunun anlamı, kendi kendine ve ulusal piyasaya arz güvenliğini sağlayabilir TR33 kimliğinin bu senaryoda muhafaza edilemediğidir. Yeni fosil teknolojilere yatırımlar durdurulacak ise TR33 Bölgesinin kaçınılmaz olarak enerji talebini düşürmek ya da enerji ihracatçısı kimliğinden feragat etmek zorunda kalacağı tespit edilmiştir. Hangi önlem dikkate alınacak olursa olsun, mevcut temel varsayımlar esnetilmeden senaryonun olurlu sonuç üretmesi beklenmemelidir.

6.5. Düşük Azim Karbon Vergisi Senaryosu (Karbon_VS-D) Sonuçları

Karbon vergilendirmesi CO₂ yayımında bulunan teknolojilerin dezavantajlı hale getirilmesi anlayışına dayanan bir senaryodur. 5 USD/tCO₂ tutarında ilave maliyetin Mevcut_DS üzerine uygulanması halinde, referans senaryo sonuçlarının nasıl etkileneceği bu senaryo sonuçlarıyla ortaya konmuştur.

Şekil 6.16'da optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur. Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.13 ve B.15'de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.14 ve B.16'da tablolastırılmıştır.

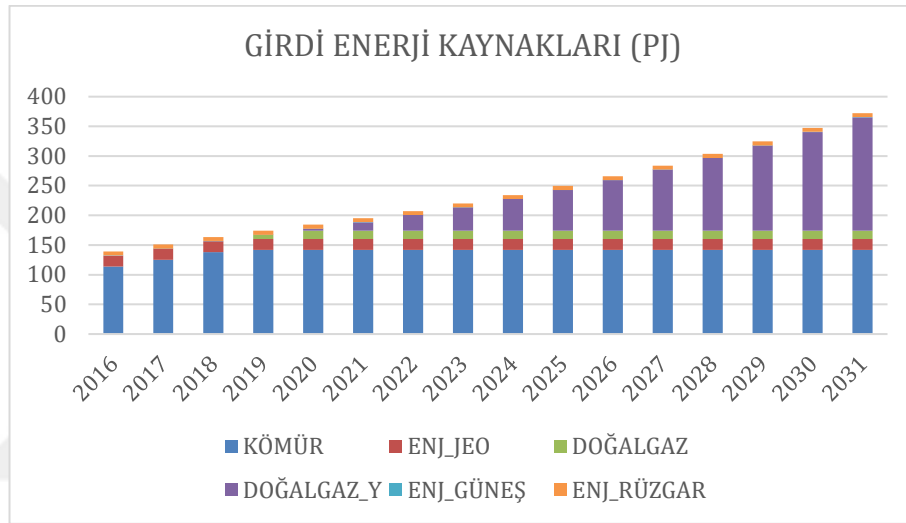


Şekil 6.16. Karbon_VS-D optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

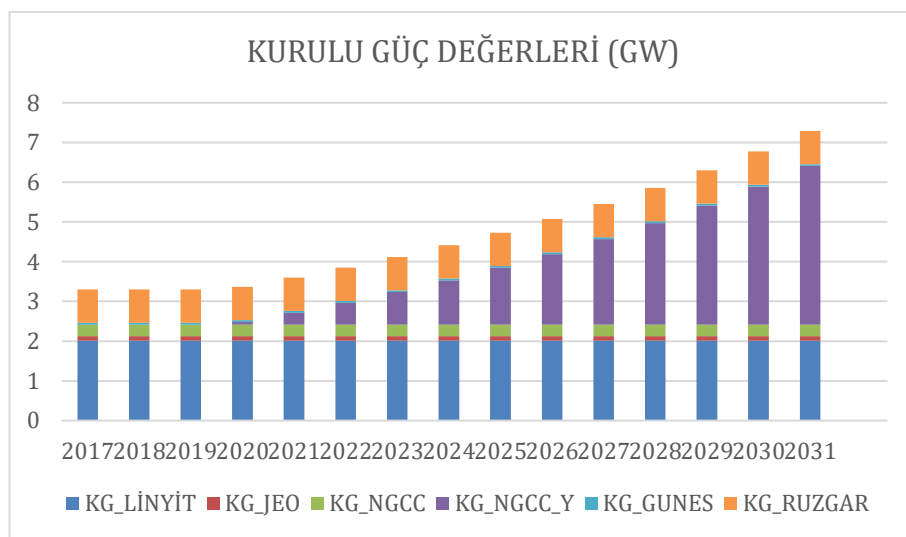
Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Elde edilen enerji miktarı talebi karşılamada yetersiz kalınca mevcut kömür santralleri kullanılmış, ilk yıllardaki enerji talepleri bu şekilde karşılanmıştır. Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2019 yılında talebin karşılanmasında başarılı olunabilmiş, 2019dan itibaren mevcut doğal gaz kombine çevrim santrallerine yatırım yoluna gidilmiştir. 2020 yılında bu mevcut santraller de talebi karşılayamayacak hale geldiğinde yeni doğal gaz kombine çevrim santrallerinin devreye alınması yoluna gidilerek zaman ufku boyunca

enerji talebi karşılanmıştır. Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.17’de verilmiştir.

Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında jeotermal enerjinin aktif santrali devreye alınmıştır. Sonraki adımda ise doğal gaz kombine çevrim santraline girdi olan doğal gazın kullanımı zaman ufku sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.



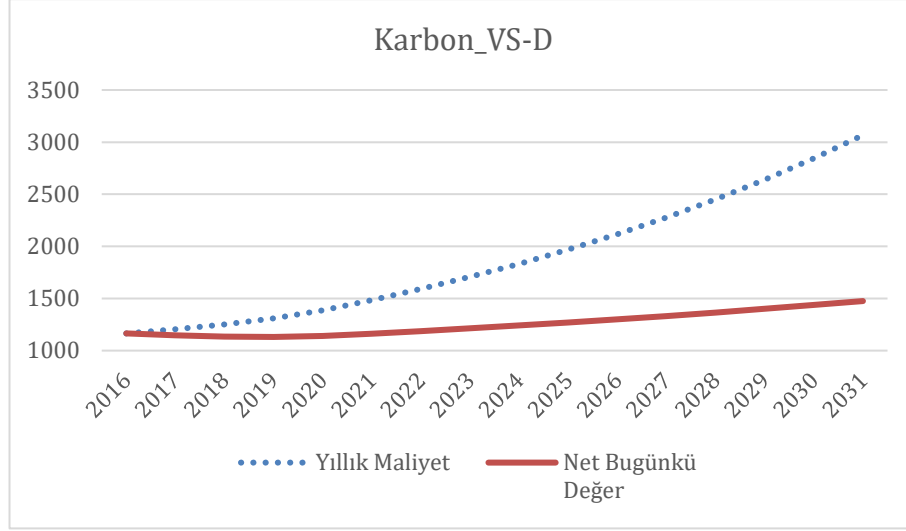
Şekil 6.17. Karbon_VS-D optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)



Şekil 6.18. Karbon_VS-D optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.18'de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet dezavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye karbon vergisi uygulaması neticesinde maliyet avantajını yitirmesi nedeniyle 2031 yılına dek yeni yatırım yapılmamıştır. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Mevcut güneş, rüzgar, jeotermal ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşmıştır. 2020 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir.

Karbon_VS-D optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.19'da sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yılına göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020'ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.19. Karbon_VS-D optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

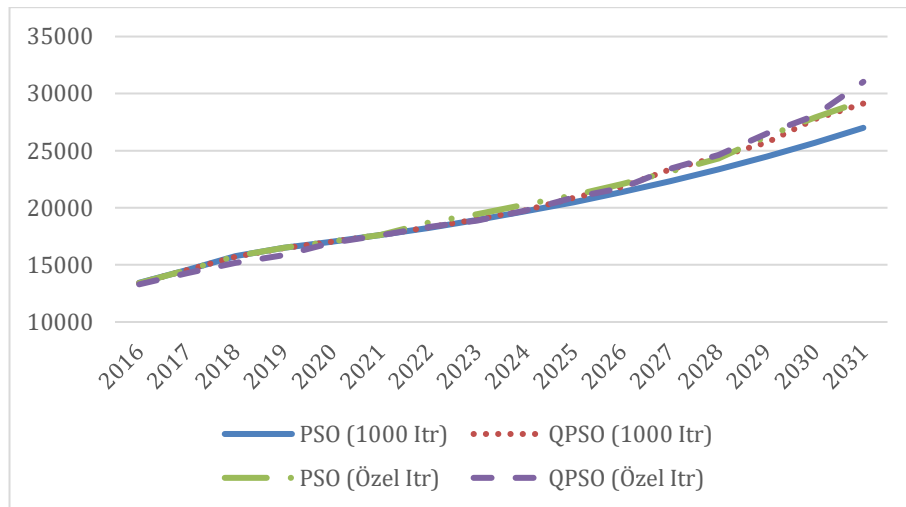
Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4’de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” ile on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

PSO, QPSO’dan daha başarılı gözükmemekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO’ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. “Özel iterasyon” değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.49, B.50, B.51 ve B.52’de sunulmuştur.

Çizelge 6.4. Algoritma sonuçları (mUSD-Karbon_VS-D)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	20101.5751	20184.1058	20129.0073	20,747.9396
2	20101.6793	20196.4205	20134.2485	20,183.2601
3	20101.2384	20206.1865	20207.6915	20,245.0575
4	20100.7257	20159.2587	20143.0609	20,409.7398
5	20101.3711	20211.1145	20127.6073	20,317.0587
6	20100.8666	20193.4964	20133.2785	20,313.9660
7	20101.4150	20156.5632	20134.4599	20,503.1134
8	20100.9197	20133.8318	20287.2850	20,270.5509
9	20103.0918	20232.0932	20157.2018	20,390.4231
10	20103.9456	20141.3212	20122.9806	20,352.0485
Ortalama	20101.6828	20181.4392	20157.6821	20,373.3158
Medyan	20101.3931	20188.8011	20134.3542	20,334.5536
Std Sapma	1.0354	32.3565	51.7759	159.5415
TIMES Sonucu	20100.7284	20100.7284	20100.7284	20,100.7284
Ortalama Sapma	0.0000	0.0040	0.0028	0.0136

PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.20’de gösterilmiştir.

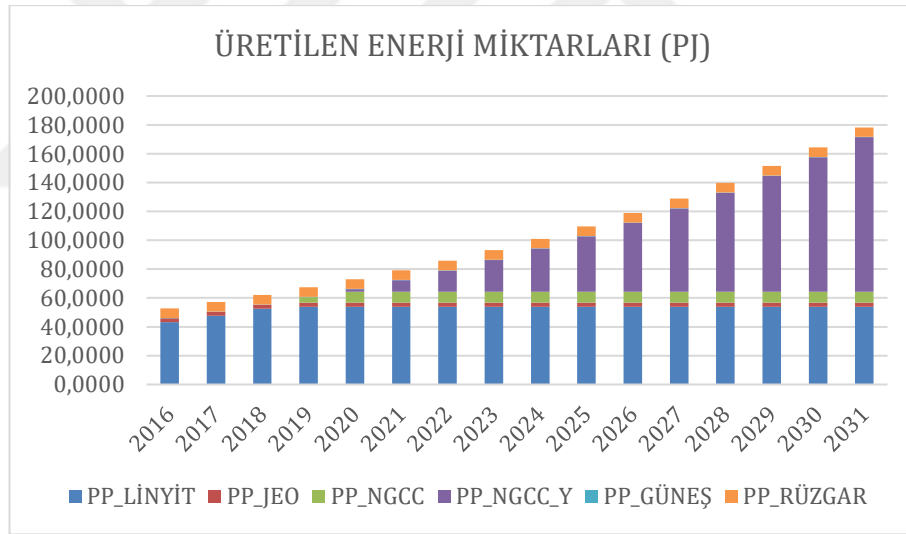


Şekil 6.20. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarına yakın şekilde gerçekleşmiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.

6.6. Orta Azim Karbon Vergisi Senaryosu (Karbon_VS-O) Sonuçları

Karbon vergilendirmesi CO₂ yayımında bulunan teknolojilerin dezavantajlı hale getirilmesi anlayışına dayanan bir senaryodur. 10 USD/tCO₂ tutarında bir ilave maliyetin Mevcut_DS üzerine uygulanması halinde, referans senaryo sonuçlarının nasıl etkileneceği bu senaryo sonuçlarıyla ortaya konmuştur.

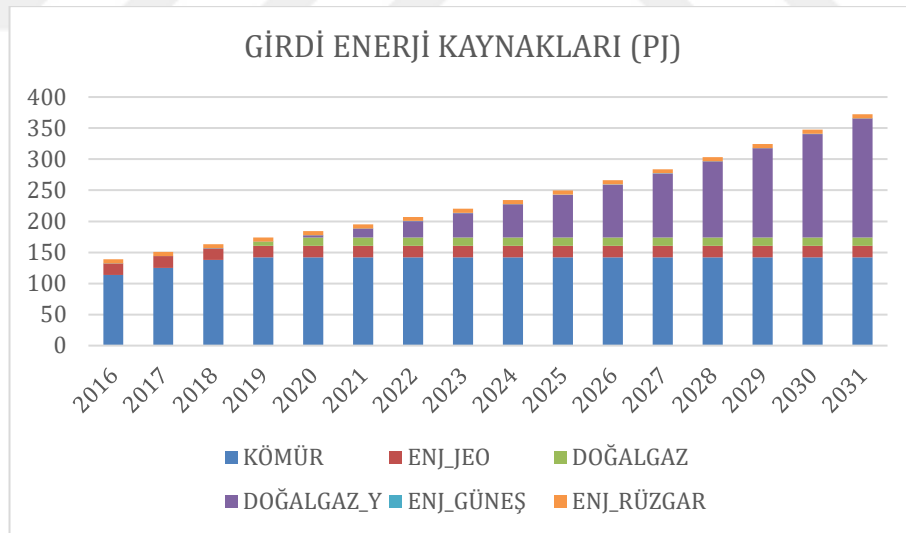


Şekil 6.21. Karbon_VS-O optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

Şekil 6.21’de optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur. Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.17 ve B.19’da gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.18 ve B.20’de tablolastırılmıştır.

Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Çıktı miktarı talebi karşılamaya yetmeyince mevcut kömür santralleri kullanılmış, ilk yıllardaki enerji talepleri bu şekilde cevaplanmıştır. Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2019 yılında talebin karşılanmasında başarılı olunabilmiş, 2019’dan itibaren mevcut doğal gaz kombine çevrim santrallerine başvurulmuştur. 2020 yılında bu mevcut santraller de talebi karşılayamayacak hale geldiğinde yeni doğal gaz kombine çevrim santrallerinin devreye alınması yoluna gidilerek zaman ufku boyunca enerji talebi karşılanmıştır.

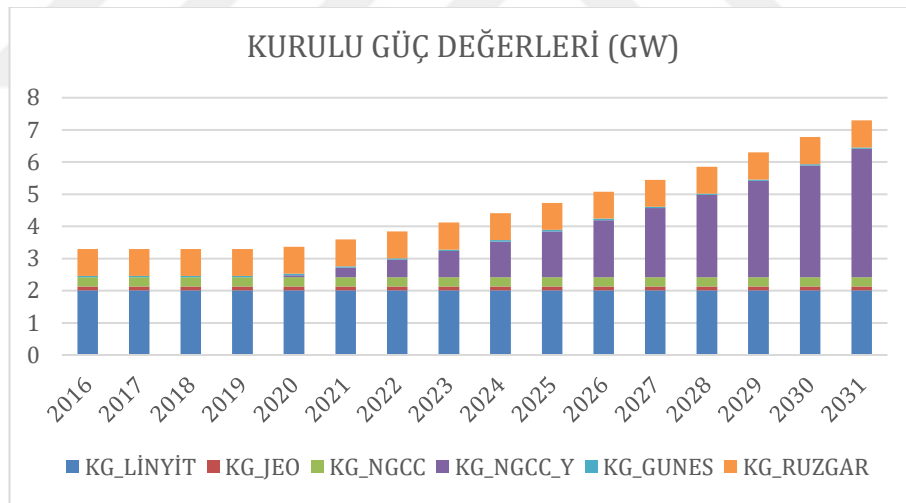
Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.22’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında jeotermal enerjinin aktif santrali devreye alınmıştır. Sonraki adımda ise doğal gaz kombine çevrim santraline girdi olan doğal gazın kullanımı zaman ufku sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.



Şekil 6.22. Karbon_VS-O optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.23’de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına

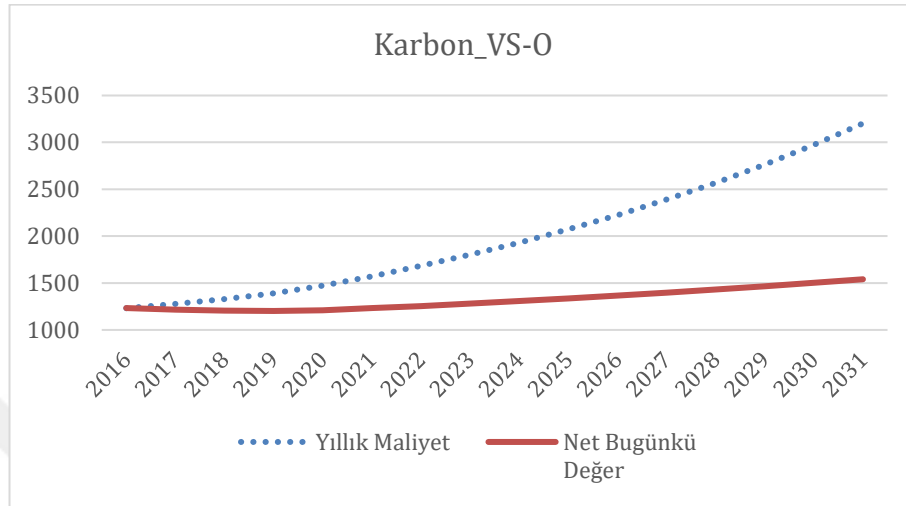
kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet dezavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye karbon vergisi uygulaması neticesinde maliyet avantajını yitirmesi nedeniyle 2031 yılına dek yeni yatırım yapılmamıştır. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Mevcut güneş, rüzgar, jeotermal ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşmıştır. 2020 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir..



Şekil 6.23. Karbon_VS-O optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

Karbon_VS-O optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.24'de sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yılına göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020'ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi

maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.24. Karbon_VS-O optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

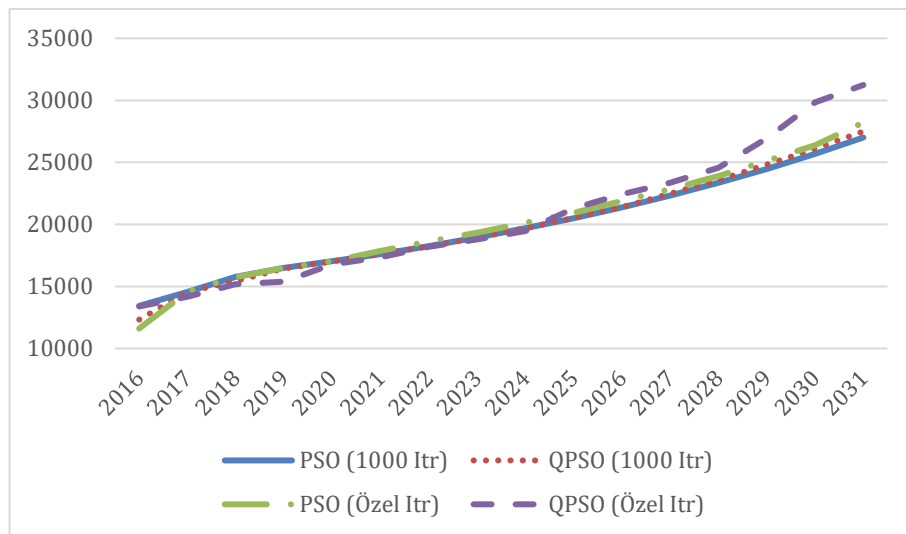
Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5’de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” ile on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

PSO, QPSO’dan daha başarılı gözükmemekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO’ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. Özel iterasyon değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmış, PSO ve QPSO

sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmektedir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.53, B.54, B.55 ve B.56’da sunulmuştur.

Çizelge 6.5. Algoritma sonuçları (mUSD-Karbon_VS-O)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	21180.7200	21268.3835	21199.2916	21499.6525
2	21177.8129	21261.3060	21200.3018	21420.3846
3	21180.2475	21246.9245	21234.6848	21414.6150
4	21177.7039	21232.8099	21269.4480	21353.1931
5	21181.0985	21248.3593	21229.2928	21498.7578
6	21177.6973	21229.0775	21221.7485	21361.1050
7	21178.2343	21253.1908	21218.3629	21440.3521
8	21179.1526	21248.4663	21191.1309	21428.8314
9	21180.7557	21316.3052	21225.4076	21461.9729
10	21180.3727	21268.1770	21234.6221	21618.8240
Ortalama	21179.3795	21257.3000	21222.4291	21449.7689
Medyan	21179.7001	21250.8286	21223.5781	21434.5918
Std	1.4079	24.5348	22.5762	77.0507
TIMES Sonucu	21177.6756	21177.6756	21177.6756	21177.6756
Ortalama Sapma	0.0001	0.0038	0.0021	0.0128



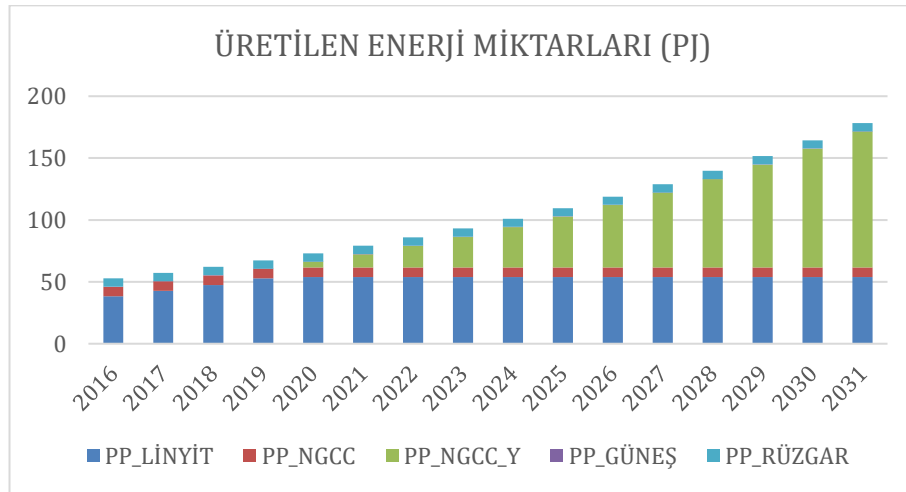
Şekil 6.25. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.25’de gösterilmiştir.

PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından PSO’nun “1000 iterasyon” enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarına yakın şekilde gerçekleşmiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.

6.7. Yüksek Azim Karbon Vergisi Senaryosu (Karbon_VS-Y) Sonuçları

Karbon vergilendirmesi CO₂ yayımında bulunan teknolojilerin dezavantajlı hale getirilmesi anlayışına dayanan bir uygulamadır. 30 USD/tCO₂ tutarında bir ilave maliyetin Mevcut_DS üzerine uygulanması halinde, referans senaryo sonuçlarının nasıl etkileneceği bu senaryo sonuçlarıyla ortaya konmuştur.

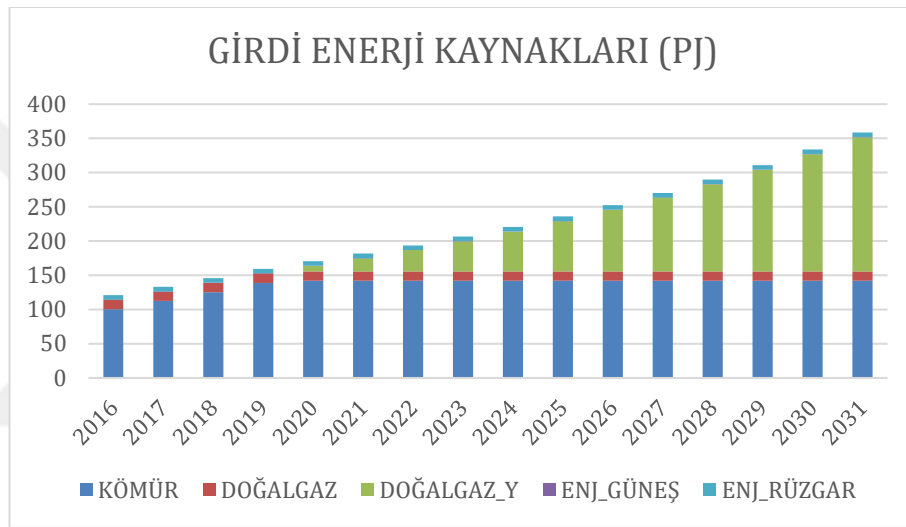


Şekil 6.26. Karbon_VS-Y optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

Şekil 6.26’da optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur.

Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.21 ve B.23’de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.22 ve B.24’de tablolaştırılmıştır.

Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Çıktı miktarı talebi karşılamaya yetmeyince mevcut doğal gaz kombine çevrim santrali aktive edilmiş (diğer iki karbon vergisi senaryosundan farklı olarak), kalan enerji talebi bakiyesi de kömür santralleri ile karşılanmıştır.



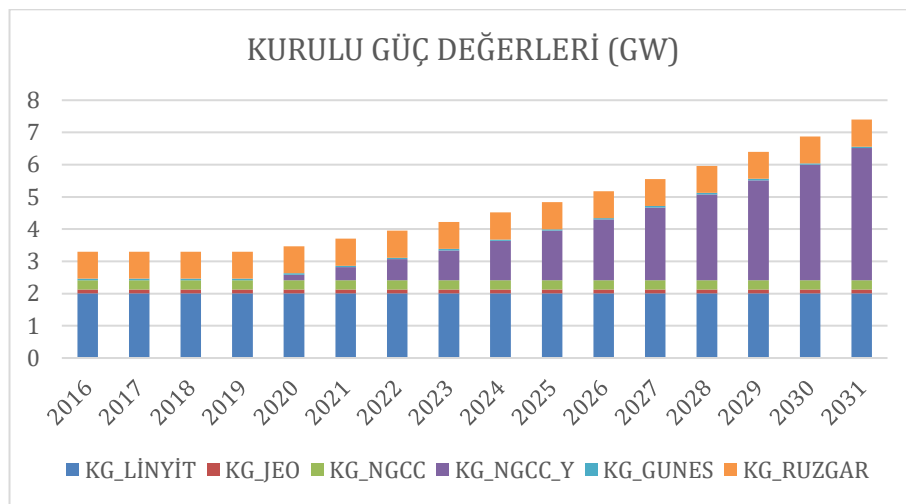
Şekil 6.27. Karbon_VS-Y optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2020 yılına kadar talebin karşılanmasında başarılı olunabilmiş, 2020 yılından itibaren yeni doğal gaz kombine çevrim santrallerinin devreye alınması yoluna gidilerek zaman ufku boyunca enerji talebi karşılanmıştır.

Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.27’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında yüksek karbon salınımları nedeniyle jeotermal enerjinin aktif santrali ya da yeni bir biyokütle santrali devreye alınmamış, doğal gaz kombine çevrim

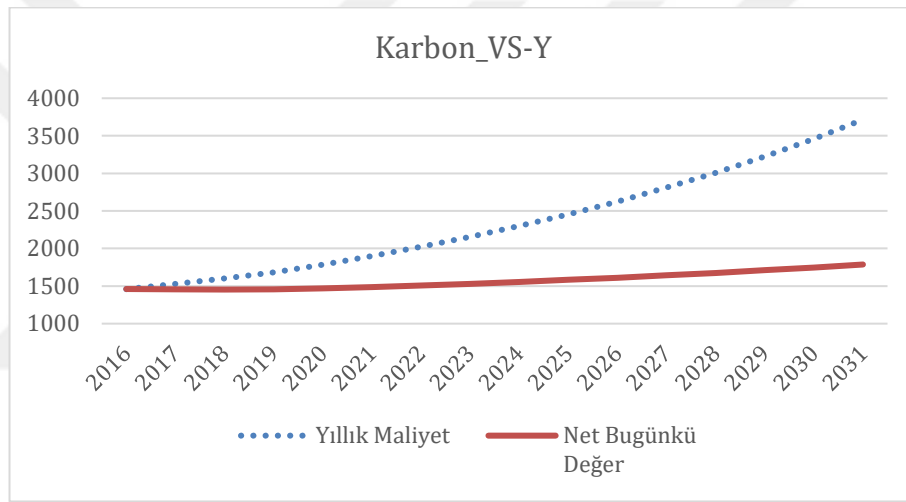
santraline yapılan yatırımlar zaman ufku sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.

Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.28'de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet dezavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) karbon vergisi nedeniyle enerji üretimine başlamamıştır. Bu santral 2031 yılı sonuna kadar atıl durumda bırakılmış ve yeni yatırım yapılmamıştır. Mevcut güneş, ve rüzgar santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2016 yılında tam kapasite ile enerji üretimine başlamıştır. 2020 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir..



Şekil 6.28. Karbon_VS-Y optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

Karbon_VS-Y optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.29’da sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yıla göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.29. Karbon_VS-Y optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.6’da gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” ile on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

PSO, QPSO’dan daha başarılı gözükmekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO’ya yakın olsa

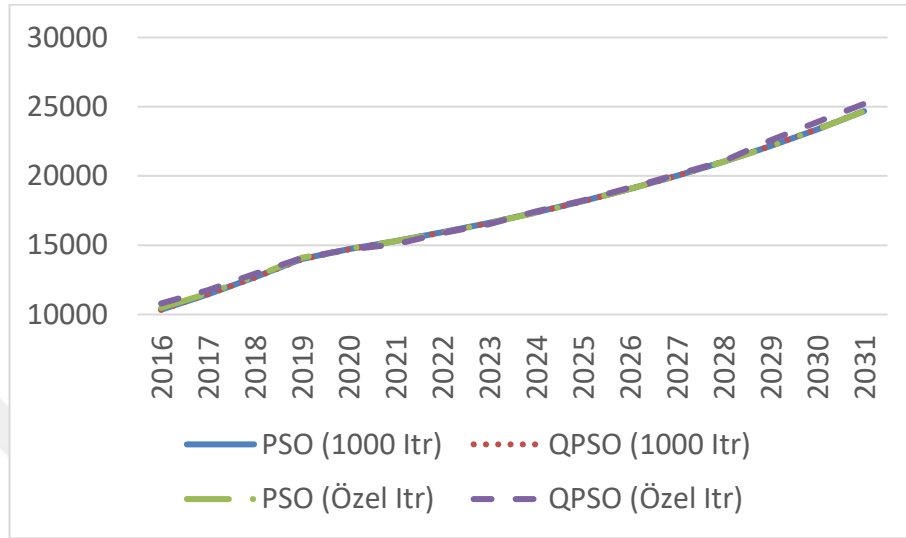
da standart sapması daha yüksektir. “Özel iterasyon” değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.57, B.58, B.59 ve B.60’da sunulmuştur.

Çizelge 6.6. Algoritma sonuçları (mUSD-Karbon_VS-Y)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	25134.1892	25231.9611	25142.7333	25363.8670
2	25134.1724	25167.9561	25147.5482	25200.6522
3	25134.1546	25165.0861	25143.6756	25281.6010
4	25134.1527	25151.3446	25140.7372	25381.2000
5	25134.1537	25211.9208	25136.5377	25274.1793
6	25134.1526	25194.2768	25146.7025	25408.5229
7	25134.1536	25190.5314	25147.9932	25245.0327
8	25134.1538	25167.2833	25138.0741	25340.3624
9	25134.1555	25210.6772	25139.1508	25447.5993
10	25134.1527	25163.3011	25143.3571	25352.2604
Ortalama	25134.1591	25185.4339	25142.6510	25329.5277
Medyan	25134.1538	25179.2438	25143.0000	25346.3114
Std Sapma	0.0121	26.4756	4.0101	77.2969
TIMES Sonucu	25134.1892	25134.1892	25134.1900	25134.1892
Ortalama Sapma	0.0000	0.0020	0.0003	0.0078

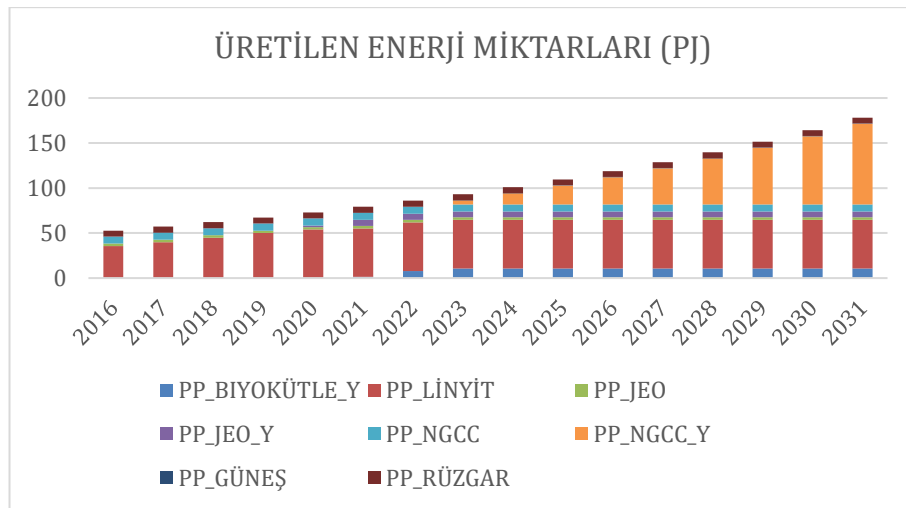
PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.30’da gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından PSO’nun “1000 iterasyon”

enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarına yakın şekilde gerçekleşmiştir.. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.



Şekil 6.30. 1000 iterasyona göre algoritma sonuçları (kt CO₂)

6.8. Harici Maliyet Eklenmiş Mevcut Durum Senaryosu (Mevcut_DS-HM) Sonuçları



Şekil 6.31. Mevcut_DS-HM optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

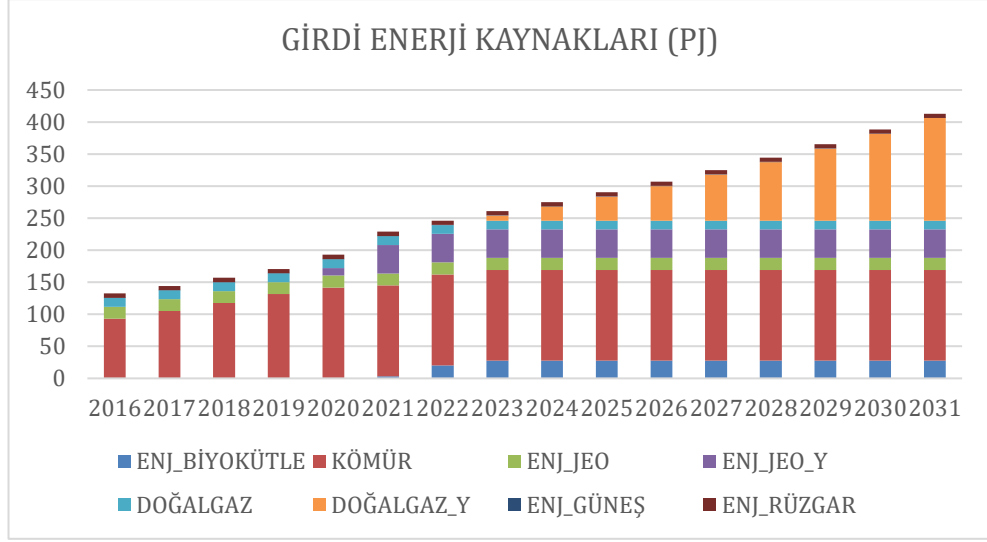
Mevcut_DS'nin harici maliyet payı yüklemiş maliyet parameterleri ile yeniden tasarlanmış halidir. Şekil 6.31'de optimum plan gereği kullanılan teknoloji

kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur.

Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.25 ve B.27’de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.26 ve B.28’de tablolaştırılmıştır.

Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Çıktı miktarı talebi karşılamaya yetmeyince mevcut kombine doğal gaz çevrim santralleri ve kömür santralleri kullanılmış, ilk yıllardaki enerji talepleri bu şekilde cevaplanmıştır. Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2020 yılında talebin karşılanmasında başarılı olunamamış, bunun üzerine ilk yeni santral yatırımı jeotermal santralden yana yapılarak enerji ihtiyacı giderilmiştir. 2021 yılında jeotermal santral yatırımları doğal sınırına ulaşmış ve 2021 talep bakiyesi biyokütle santrallerine yeni yatırımlarla karşılanmıştır. 2023 yılına kadar biyokütle santral yatırımlarının enerji talebini karşılaması mümkün olmuş, 2023 yılında bu teknolojinin üst yatırım sınırına da ulaşılmasıyla sonraki en uygun maliyetli teknoloji olan doğal gaz kombine çevrim santrallerine yeni yatırımlara gidilmiştir. 2023 yılından zaman ufkunun sonuna kadar doğal gaz kombine çevrim santrali yatırımları ile talepteki artışlar cevaplanmıştır.

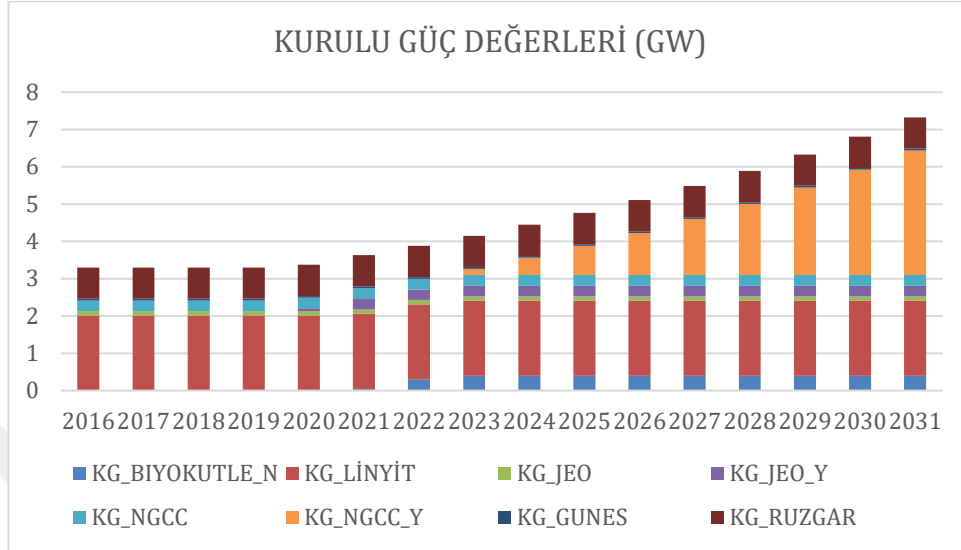
Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.32’de verilmiştir.



Şekil 6.32. Mevcut_DS-HM optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

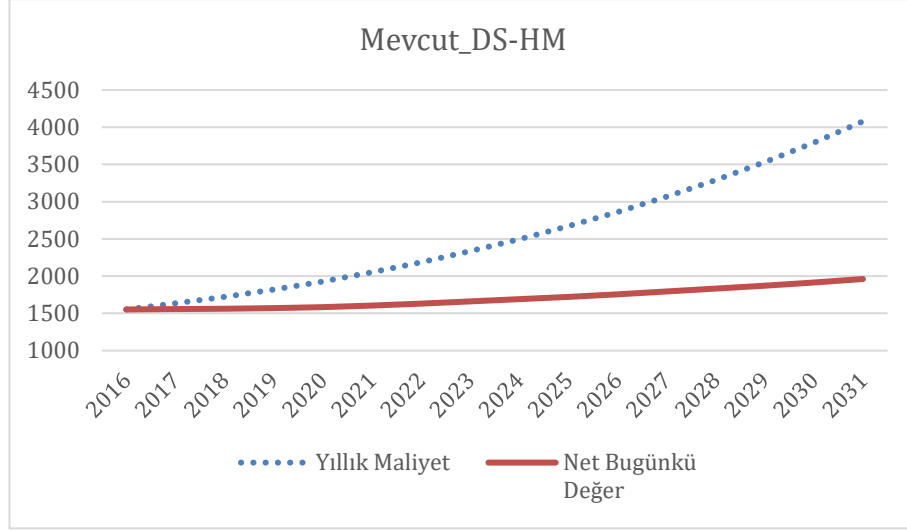
Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında jeotermal enerjinin aktif santrali ve kalan tüm potansiyeli devreye alınmıştır. Sonraki adımda ise biyokütle enerjinin tüm potansiyeli aktive edilmiş ve doğal gaz kombine çevrim santraline girdi olan doğal gazın kullanımı zaman ufku sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir. Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.33’de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet dezavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santal (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye yapılan yeni yatırımlar (KG_JEO_Y) 2020 ve 2021 yılında gerçekleşmiştir. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Yeni biyokütle enerji santrali yatırımlarına (KG_BIYOKUTLE_Y) 2021 yılında başlanmış ve 2023 yılında tüm bölge potansiyeli yeni yatırımlarla devreye alınmıştır. Mevcut güneş, rüzgar ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019

yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşılmıştır. 2023 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir



Şekil 6.33. Mevcut_DS-HM optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

Mevcut_DS-HM optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.34 de sunulmuştur. Karbon_VS-Y optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.29'da sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yıla göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.34. Mevcut_DS-HM optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

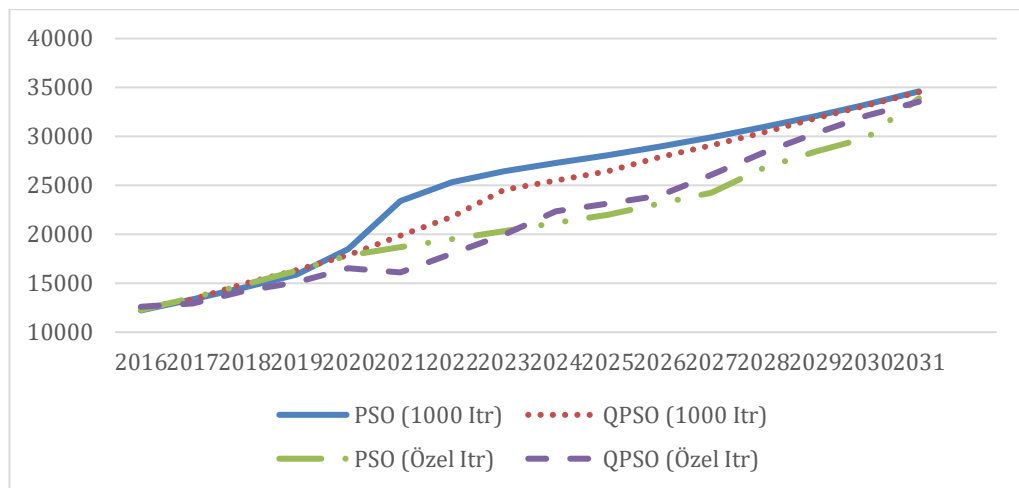
Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.7’de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” uyarınca on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

PSO, QPSO’dan daha başarılı gözükmemekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO’ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. “Özel iterasyon” değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.61, B.62, B.63 ve B.64’de sunulmuştur.

Çizelge 6.7. Algoritma sonuçları (mUSD-Mevcut_DS-HM)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	27273.3192	27356.2717	27327.9508	28040.0262
2	27273.5002	27347.7163	27297.4480	27469.8187
3	27273.7721	27369.8673	27310.8669	27599.1611
4	27273.0736	27341.3715	27312.0728	27681.1433
5	27273.4548	27338.7018	27326.0826	27718.2981
6	27274.5778	27352.0408	27336.9548	27619.3075
7	27274.3894	27342.2211	27300.9147	27551.2196
8	27273.1849	27447.6992	27309.5797	27495.6545
9	27273.7138	27395.3951	27294.0234	27530.3973
10	27273.0295	27419.7287	27294.7319	27645.3009
Ortalama	27273.6015	27371.1014	27311.0625	27635.0327
Medyan	27273.4775	27354.1563	27310.2233	27609.2343
Std Sapma	0.5277	37.5963	15.0179	163.0997
TIMES Sonucu	27272.9666	27272.9666	27272.9666	27272.9666
Ortalama Sapma	0.0000	0.0036	0.0014	0.0133

PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.35’de gösterilmiştir.

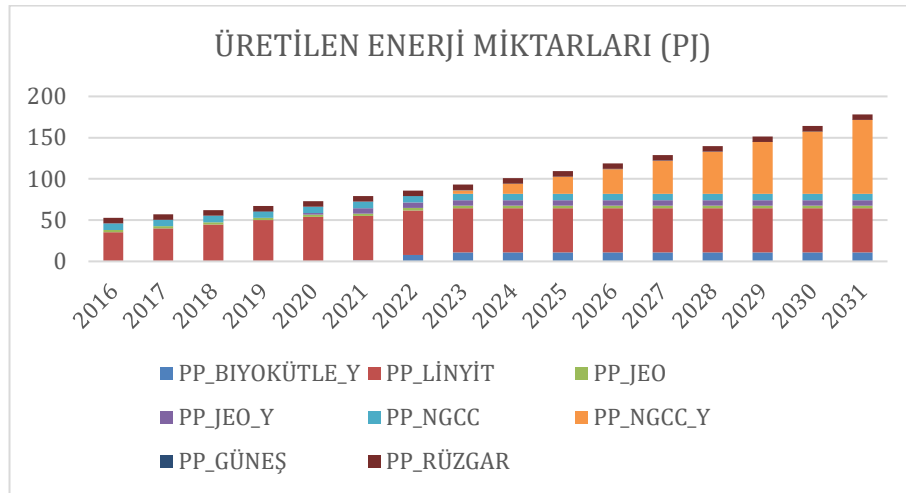


Şekil 6.35. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından PSO’nun “1000 iterasyon” enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarına yakın şekilde gerçekleşmiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.

6.9. Harici Maliyet Eklenmiş Yeni Kömür Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YKömürSY_YS-HM) Sonuçları

YKömürSY_YS’nin harici maliyet payı yüklemiş maliyet parametreleri ile yeniden tasarlanmış halidir. Şekil 6.36’da optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur. Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.29 ve B.31’de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.30 ve B.32’de tablolastırılmıştır.

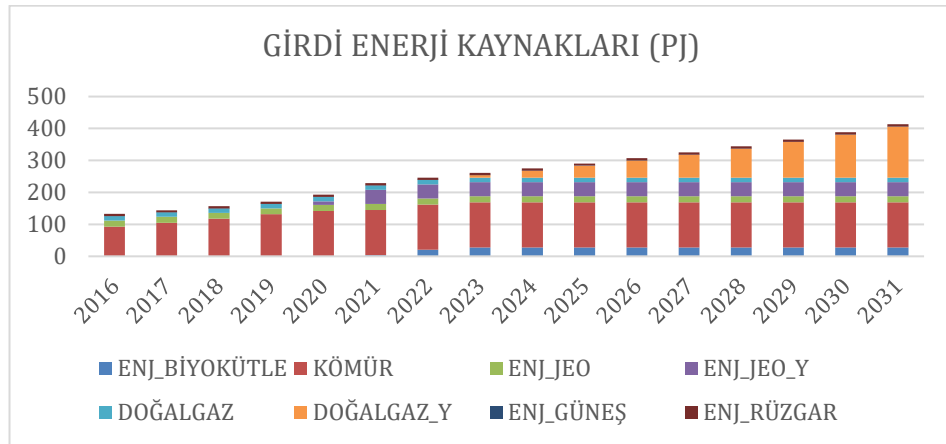


Şekil 6.36. YKömürSY_YS-HM optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Çıktı miktarı talebi karşılamaya yetmeyince mevcut kombine doğal gaz çevrim santralleri ve kömür santralleri kullanılmış, ilk yıllardaki enerji talepleri bu şekilde cevaplanmıştır.

Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2020 yılında talebin karşılanmasında başarılı olunamamış, bunun üzerine ilk yeni santral yatırımı jeotermal santralden yana yapılarak enerji ihtiyacı giderilmiştir. 2021 yılında jeotermal santral yatırımları doğal sınırına ulaşmış ve 2021 talep bakiyesi biyokütle santrallerine yeni yatırımlarla karşılanmıştır. 2023 yılına kadar biyokütle santral yatırımlarının enerji talebini karşılaması mümkün olmuş, 2023 yılında bu teknolojinin üst yatırım sınırına da ulaşılmasıyla sonraki en uygun maliyetli teknoloji olan doğal gaz kombine çevrim santrallerine yeni yatırımlara gidilmiştir. 2023 yılından zaman ufkunun sonuna kadar doğal gaz kombine çevrim santrali yatırımları ile talepteki artışlar cevaplanmıştır.

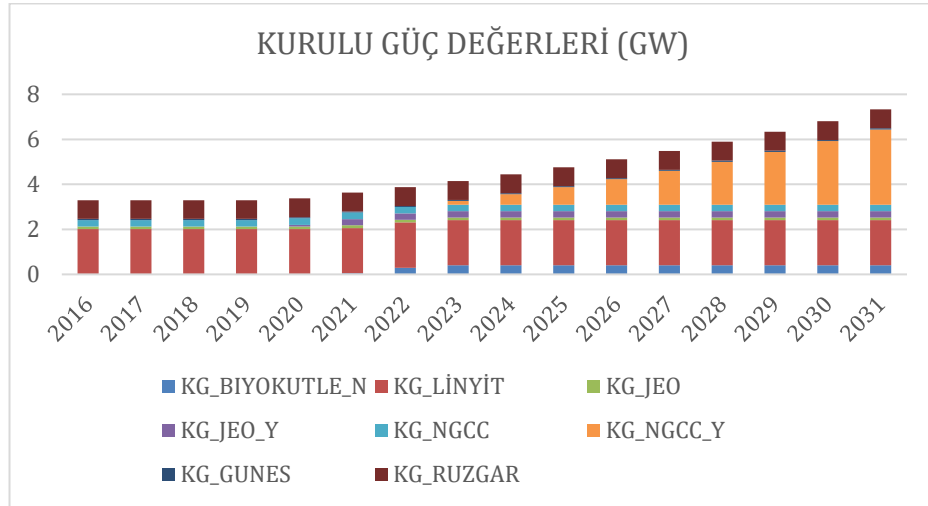
Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü Şekil 6.37’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında jeotermal enerjinin aktif santrali ve kalan tüm potansiyeli devreye alınmıştır. Sonraki adımda ise biyokütle enerjinin tüm potansiyeli aktive edilmiş ve doğal gaz kombine çevrim santraline girdi olan doğal gazın kullanımı zaman ufku sonuna kadar sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.



Şekil 6.37. YKömürSY_YS-HM optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.38’de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden

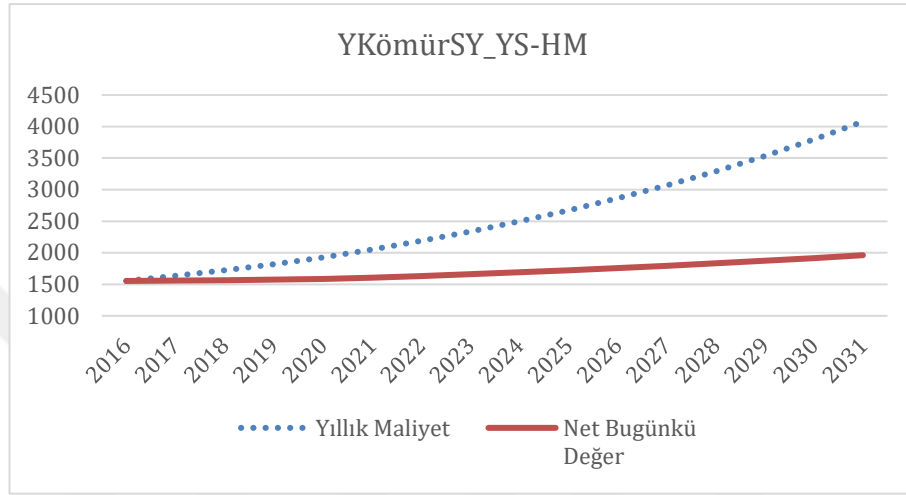
başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmış olup 2031 yılına kadar görece diğer santraller karşısında pahalı olduğu için yeni kömür santrali (KG_LİNYİT_Y-KuruluGuc_LİNYİT_Yeni-) yapılmamıştır. Mevcut güneş ve rüzgar enerjisi santralleri (KG_GUNES, KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet dezavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y, KG_RUZGAR_Y) yapılmamıştır. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye yapılan yeni yatırımlar (KG_JEO_Y) 2020 ve 2021 yılında gerçekleşmiştir. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Yeni biyokütle enerji santrali yatırımlarına (KG_BIYOKUTLE_Y) 2021 yılında başlanmış ve 2023 yılında tüm bölge potansiyeli yeni yatırımlarla devreye alınmıştır. Mevcut güneş, rüzgar ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşılmıştır. 2023 yılından itibaren bu santral tipine yeni yatırımlar yapılmış (KG_NGCC_Y), 2031 yılına kadar bu teknoloji kurulu gücü sürekli artış göstermiştir



Şekil 6.38. YKömürSY_YS-HM optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

YKömürSY_YS-HM optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.39'da sunulmuştur. Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net

bugünkü değer hesabının referans yıla göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020'ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.



Şekil 6.39. YKömürSY_YS-HM optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8'de gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” uyarınca on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

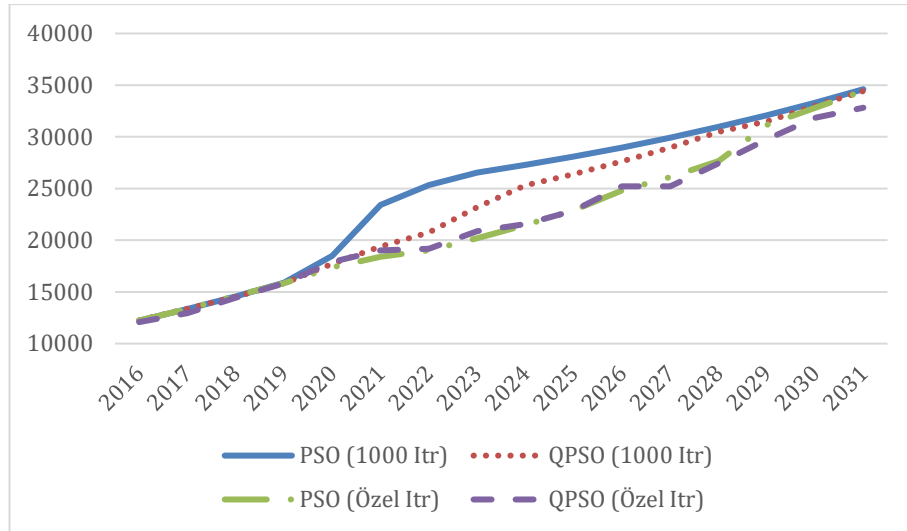
PSO, QPSO'dan daha başarılı gözükmemekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO'ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. “Özel iterasyon” değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir

iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmıştır, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmektedir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.65, B.66, B.67 ve B.68’de sunulmuştur.

Çizelge 6.8. Algoritma sonuçları (mUSD-YKömürSY_YS-HM)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	27272.9584	27323.0464	27294.1701	28154.9801
2	27272.9627	27355.4299	27331.0715	27563.6979
3	27272.9449	27325.7531	27294.9342	27676.6569
4	27273.0217	27322.4692	27318.5076	27654.4410
5	27273.2120	27404.9954	27307.0493	27727.7179
6	27272.9501	27311.4230	27317.6120	27741.1204
7	27273.0060	27316.8927	27301.0233	27678.6698
8	27272.9836	27379.9112	27297.9393	27754.5415
9	27272.9795	27308.1276	27322.0295	27853.0364
10	27272.9474	27312.9477	27351.0467	27717.6714
Ortalama	27272.9966	27336.0996	27313.5384	27752.2533
Medyan	27272.9711	27322.7578	27312.3307	27722.6947
Std Sapma	0.07989	32.9971	18.2300	160.0427
TIMES Sonucu	27272.9666	27272.9666	27272.9666	27272.9666
Ortalama Sapma	1.10109E-06	0.0023	0.0015	0.0176

PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.40’da gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından PSO’nun “1000 iterasyon” enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO “özel iterasyon” sonuçlarına çok yakın şekilde gerçekleşmiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO “1000 iterasyon” sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.

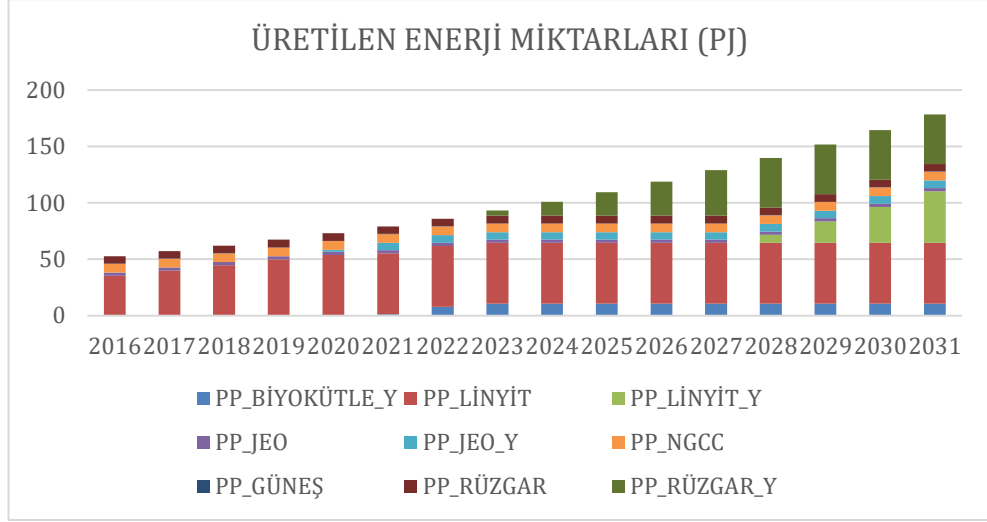


Şekil 6.40. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

6.10. Harici Maliyet Eklenmiş Yeni Doğal Gaz Santrali Yatırımı Yasaklı Senaryo (YDgazSY_YS-HM) Sonuçları

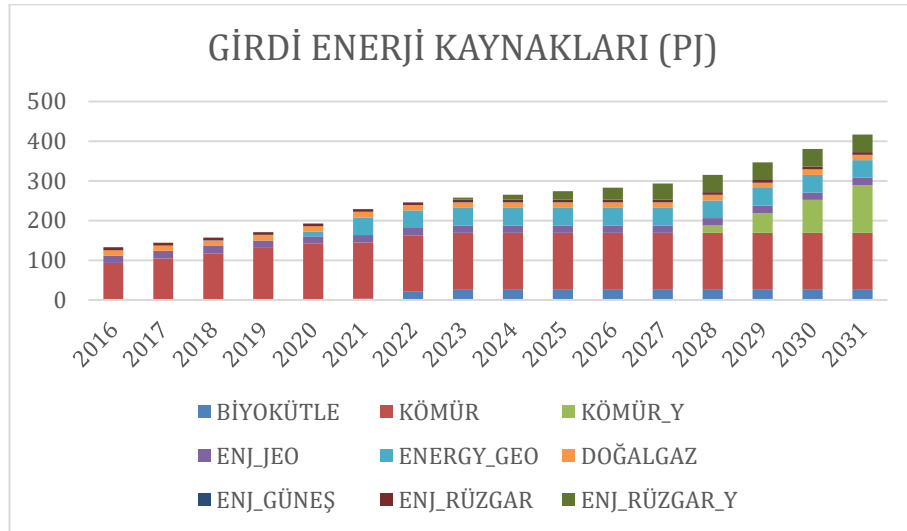
YDgazSY_YS'nin harici maliyet payı yüklemiş maliyet parameterleri ile yeniden tasarlanmış halidir. Şekil 6.36'da optimum plan gereği kullanılan teknoloji kapasiteleri ve bu teknolojilerde üretilen enerji miktarları PJ cinsinden sunulmuştur. Bölgesel ve il bazında senaryolara ait enerji miktarları verileri detaylı olarak Çizelge B.33 ve B.35'de gösterilmiştir. Bu senaryolara ait CO₂ emisyonlarının detaylı verileri Çizelge B.34 ve B.36'da tablolastırılmıştır.

Optimum plana göre enerji talebinin karşılanması için öncelikle mevcut rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi santralleri devreye alınmıştır. Çıktı miktarı talebi karşılamaya yetmeyince mevcut kombine doğal gaz çevrim santralleri ve kömür santralleri kullanılmış, ilk yıllardaki enerji talepleri bu şekilde cevaplanmıştır. Mevcut kömür santrallerinin tam olarak devreye alınması ile 2020 yılında talebin karşılanmasında başarılı olunamamış, bunun üzerine ilk yeni santral yatırımı jeotermal santralden yana yapılarak enerji ihtiyacı giderilmiştir. 2021 yılında jeotermal santral yatırımları doğal sınırına ulaşmış ve 2021 talep bakiyesi biyokütle santrallerine yeni yatırımlarla karşılanmıştır.



Şekil 6.41. YDgazSY_YS-HM optimum planı gereği üretilen enerji miktarı (PJ)

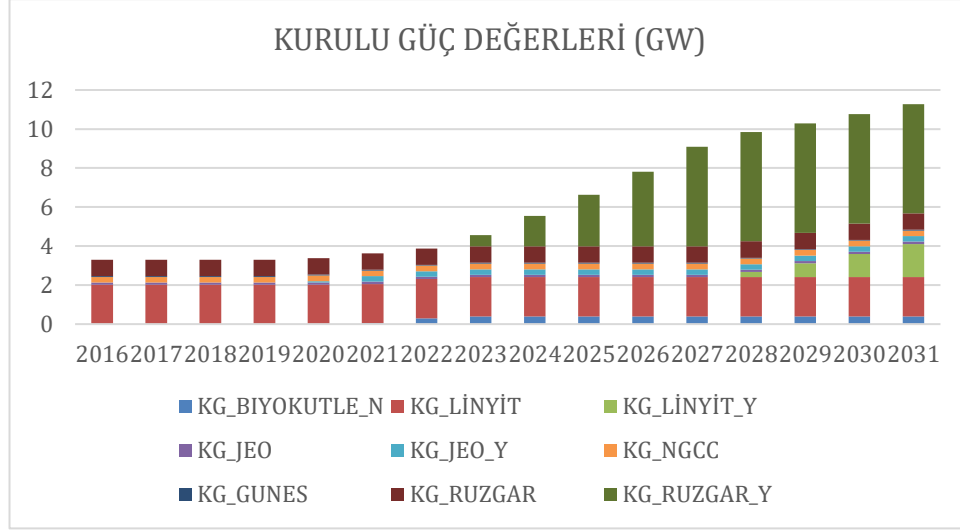
2023 yılına kadar biyokütle santral yatırımlarının enerji talebini karşılaması mümkün olmuş, 2023 yılında bu teknolojinin üst yatırım sınırına da ulaşılmasıyla sonraki en uygun maliyetli teknoloji olan rüzgâr santrallerine yeni yatırımlara gidilmiştir. 2023 yılından 2028 yılına kadar bu teknolojiye yapılan yatırımlar ile rüzgâr santrali kapasite üst sınırına ulaşılmış ve zaman ufkunun sonuna kadar kömür santrallerine yapılan yeni yatırımlar ile talepteki artışlar cevaplanmıştır. Optimum plan gereği enerji teknolojilerin çıktısı olaran enerji miktarlarına ulaşabilmek için girdi olacak enerji kaynaklarının dükümü



Şekil 6.42. YDgazSY_YS-HM optimum planı gereği girdi olarak kullanılan enerji türleri (PJ)

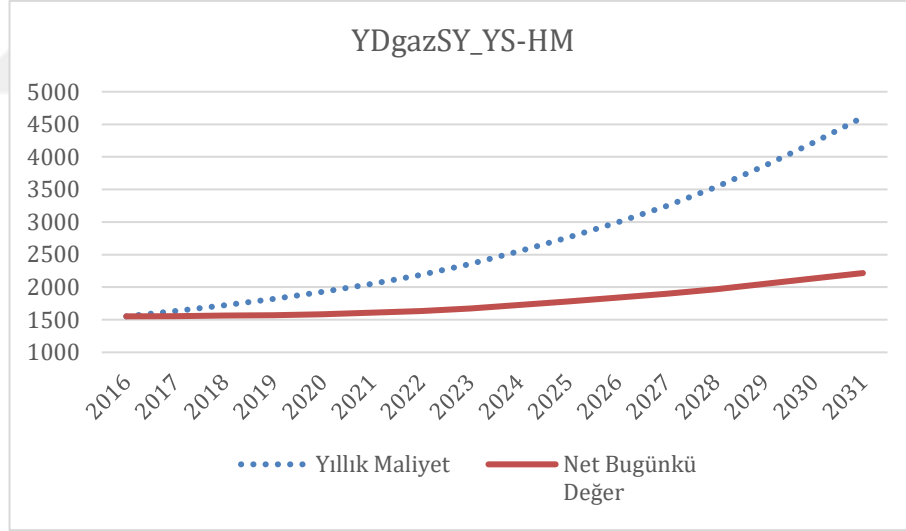
Şekil 6.42’de verilmiştir. Başlangıç yılından itibaren yoğun olarak kömür kullanılmış, sonrasında jeotermal enerjinin aktif santrali ve kalan tüm potansiyeli devreye alınmıştır. Devam eden yıllardaki artan talep için biyokütle enerjisinin tüm potansiyeline yatırım yapılmış bu kapasitenin tüketilmesinin ardından tüm rüzgâr enerjisi potansiyeli aktif hale getirilmiştir. Zaman ufkunun kalanında talebin bakiye kısmı için kömür santralleri devreye alınmış ve girdi olan kömürün kullanımı sürekli olarak artmıştır. Veriler PJ cinsindendir.

Optimum plandaki enerji rakamlarına ulaşılması için sistemde hazır bulunması gereken kurulu güç miktarları GW cinsinden Şekil 6.43’de verilmiştir. 2016 yılından itibaren mevcut kömür santralleri(KG_LİNYİT) eksik kapasiteden başlatılarak yıllar içinde tam kapasite sınırına kadar çalıştırılmıştır. Yeni doğal gaz santrallerine (KG_NGCC_Y) senaryo temel varsayımı gereği izin verilmemesi ve diğer maliyet avantajlı teknolojilerin üst kapasite sınırlarına ulaşılmış olması nedeniyle 2028 yılından itibaren yeni linyit santrallerine (KG_LİNYİT_Y), yatırımlar yönlendirilmiştir. Bu yatırımlar 2031 yılına kadar artarak devam etmiştir. Mevcut güneş enerjisi santralleri (KG_GUNES) 2016 yılından itibaren tam kapasiteyle enerji üretmiş ancak maliyet deavantajları nedeniyle 2031 yılına kadar bu santrallere yeni yatırımlar (KG_GUNES_Y) yapılmamıştır. Mevcut rüzgar enerjisi santralleri (KG_RUZGAR) 2016 yılından itibaren 2031 yılına kadar çalışmaya devam etmiştir. Bu teknoloji tipine 2023 yılı itibarıyla yeni yatırımlara başlanmış ve kapasite üst sınırına 2028 yılında ulaşılmıştır. Bu yıldan sonra yeni rüzgar enerjisi santrali yapmak imkanı mevcut değildir. Mevcut jeotermal santral (KG_JEO) 2016 itibarıyla faaliyete başlamıştır. Bu teknolojiye yapılan yeni yatırımlar (KG_JEO_Y) 2020 ve 2021 yılında gerçekleşmiştir. Mevcut durumda biyokütle enerji santrali kurulu gücü bulunmamaktadır. Yeni biyokütle enerji santrali yatırımlarına (KG_BIYOKUTLE_Y) 2021 yılında başlanmış ve 2023 yılında tüm bölge potansiyeli yeni yatırımlarla devreye alınmıştır. Mevcut güneş, rüzgar ve kömür santrallerinin ardından çalıştırılan ilk santral tipi kombine çevrim doğal gaz santralleri olmuştur (KG_NGCC). Mevcut il kapasiteleri 2019 yılında enerji üretimine başlamış, 2020 yılında ise tam kapasiteye ulaşılmıştır.



Şekil 6.43. YDgazSY_YS-HM optimum planı kurulu güç değerleri (GW)

YDgazSY_YS-HM optimum planında zaman erimi boyunca her yıl karşılanan maliyetlerin miktarı ve 2016 yılına endekslenmiş net bugünkü değerleri Şekil 6.44'de sunulmuştur.



Şekil 6.44. YDgazSY_YS-HM optimum planı maliyet değerleri (mUSD)

Mevcut enerji üretim kapasitesi ile 2020 yılına kadar yeni yatırıma ihtiyaç duyulmamıştır. Yıllık maliyetler yıllar içinde sürekli artsa da, net bugünkü değer hesabının referans yılına göre yapılması, yeni yatırım maliyetinin 2020'ye kadar mevcut olmaması, sadece sabit operasyonel maliyetler ile girdi maliyetlerinin maliyet hesabına bu dönemde katılıyor olması nedeniyle net bugünkü değer

eğrisi 2020 yılına kadar bir azalma göstermektedir. 2020 yılından 2031 yılına kadar yeni yatırımların sürekli hale gelmesi neticesinde net bugünkü değer eğrisi artan bir yapı sergilemiştir.

Algoritma çalışmaları kapsamında PSO ve QPSO algoritmaları ile yaptırılan koşular neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.9'da gösterilmiştir. PSO ve QPSO algoritmaları ile “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” uyarınca on koşudan oluşan çalışmalar yapılmıştır. İkinci kolonda PSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu, üçüncü kolonda PSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu, dördüncü kolonda QPSO ile “1000 iterasyon”dan oluşan on koşu ve beşinci kolonda QPSO algoritması ile “özel iterasyon” kullanılan on koşu sonuçları verilmiştir.

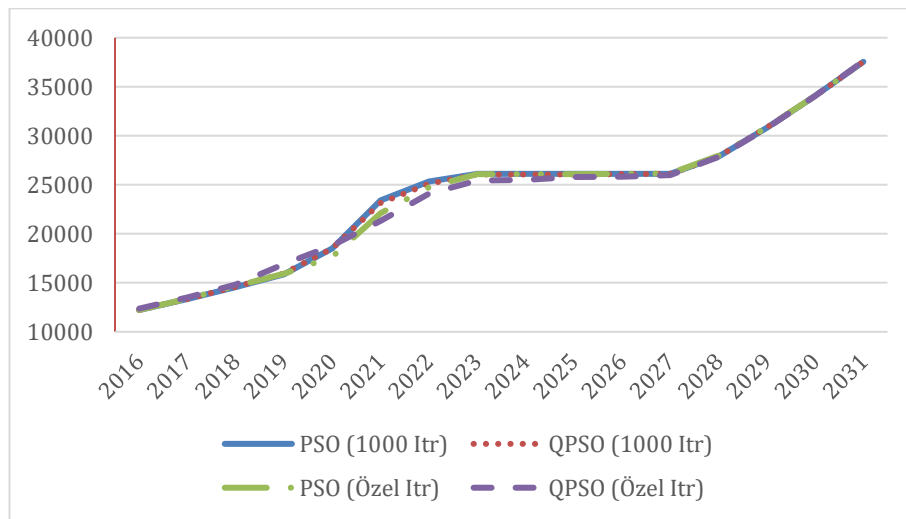
PSO, QPSO'dan daha başarılı gözükmemekte olup (“1000 iterasyon” için) ortak bir toplam maliyet değerine yakınsamaktadır. QPSO performansı PSO'ya yakın olsa da standart sapması daha yüksektir. “Özel iterasyon” değeri söz konusu olduğunda koşuların standart sapması büyümüştür. “Özel iterasyon” son 100 iterasyonda %1 iyileşme kaydedilememesi halinde durdurulacak olup gerçekleşecek bu iterasyon sayısını baz aldığından üçte bir ya da dörtte bir iterasyon sayısına mukabil ulaşılan ortalama sonuçlar birbirine yakındır. Çok daha az iterasyonla optimum sonuca çok yaklaşılması “özel iterasyon”da amaçlanmış, PSO ve QPSO sonuçları, TIMES optimum sonucuna çok yaklaşabilmiştir. “Özel iterasyon” ve “1000 iterasyon” anlayışıyla PSO ve QPSO algoritma sonuçları Çizelge B.69, B.70, B.71 ve B.72'de sunulmuştur.

PSO ve QPSO algoritmalarının “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” hallerinin yıllar boyunca yaydığı CO₂ emisyonları kiloton (kt) cinsinden Şekil 6.45'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.9. Algoritma sonuçları (mUSD-YDgazSY_YS-HM)

Koşu	(1000 İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) PSO Algoritma Sonuçları	(1000 İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları	(Özel İterasyon) QPSO Algoritma Sonuçları
1	28358.4180	28386.9535	28365.0985	28805.0703
2	28358.4190	28368.8654	28366.5737	28395.1858
3	28358.4179	28382.9567	28369.4994	28473.1500
4	28358.4178	28387.8544	28369.6153	28497.3182
5	28358.4180	28375.2679	28363.8853	28477.8573
6	28358.4179	28398.4512	28365.6483	28488.7601
7	28358.4223	28364.4627	28362.5773	28542.3851
8	28358.4179	28384.6575	28362.1406	28506.0756
9	28358.4179	28370.6762	28361.0384	28531.2022
10	28358.4179	28390.8143	28367.6886	28446.2719
Ortalama	28358.4185	28381.0960	28365.3765	28516.3276
Medyan	28358.4179	28383.8071	28365.3734	28493.0391
Std Sapma	0.0014	10.8555	3.0045	109.7606
TİMES Sonucu	28358.4443	28358.4443	28358.4443	28358.4443
Ortalama Sapma	0.0000	0.0008	0.0002	0.0056

PSO ve QPSO algoritmaları “1000 iterasyon” ve “özel iterasyon” için 2020-2026 arasında jeotermal ve biyokütle santrallerin atamasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle emisyon bakımından



Şekil 6.45. 1000 iterasyona göre PSO algoritması sonuçları (kt CO₂)

PSO'nun "1000 iterasyon" enerji atama sonuçları QPSO değerleri ve PSO "özel iterasyon" sonuçlarına yakın şekilde gerçekleşmiştir. İterasyon rakamının artırılması ile QPSO sonuçları PSO "1000 iterasyon" sonuçlarıyla örtüşmektedir. Özel iterasyon sonuçlarının da farklı olma sebebi yeterince iterasyon gerçekleştirilmemiş olmasıdır.

6.11. Harici Maliyet Eklenmiş Yeni Fosil Kaynak Santral Yatırımı Yasaklı Senaryo (YFosilKSY_YS-HM) Sonuçları

6.4 senaryosunun harici maliyetlerle olurlu planındaki değişimlerin gözlenmesine yönelik bu senaryo, 6.4 senaryosu olursuz sonuç vermiş olduğu için olurlu bir çözüm alanı verememektedir. 6.4 başlığında işaret edildiği üzere senaryo varsayımlarının kırılması ve bu durumda senaryonun başka bir hale dönüştürülmesi ile ancak çözüm sunabilir bir hale gelecektir.

Çalışma kapsamında her bir senaryo 10 kez koşturulmuş, 500 bireyden oluşan birey seti kullanılmış ve 1000 iterasyon ile özel iterasyon olarak iki farklı iterasyon yaklaşımı sergilenerek algoritmanın davranışı sınanmıştır. Modellemelerin hepsinde yakınsama gerçekleşmiştir (csv çıktılarında bu durum kayıt altına alınmıştır). Algoritmanın 1000 iterasyon ve özel operasyon varsayımı altında 10 koşuda gerçekleşen sürelerinin, min, maks, ortalama, ortanca ve standart sapma kriterleri Çizelge 6.10'da sunulmuştur.

Çizelge 6.10. İterasyon tipine göre senaryo bazında algoritma süreleri (saniye)

	Min	Maks	Ortalama	Ortanca	Std. Sapma
1000 İterasyon/koşu					
PSO_Mevcut_DS	537.7973	615.4623	575.2318	576.1385	25.5319
PSO_YKömürSY_YS	498.2315	678.9653	527.2506	502.9856	57.6140
PSO_YDgazSY_YS	504.9227	598.5244	560.6366	572.5472	32.3425
PSO_Karbon_VS-D	481.4155	499.8904	494.2968	496.2210	5.5088
PSO_Karbon_VS-O	487.5491	510.2640	503.0505	504.3128	6.1160
PSO_Karbon_VS-Y	494.9991	563.7176	512.7924	499.4326	24.9961
PSO_Mevcut_DS-HM	402.5689	466.4557	420.5005	415.6058	17.1464
PSO_YKömürSY_YS-HM	402.9844	421.0439	413.2867	413.9412	4.7187
PSO_YDgazSY_YS-HM	395.4963	405.9588	399.1128	398.8817	3.3688
QPSO_Mevcut_DS	826.0537	856.8662	837.2468	835.0072	9.7042

QPSO_YKömürSY_YS	803.6994	833.1903	826.0390	827.3336	8.6420
QPSO_YDgazSY_YS	806.2469	4231.7951	1211.9168	877.4844	1063.1557
QPSO_Karbon_VS-D	854.9949	2319.4721	1370.2446	962.3430	659.4265
QPSO_Karbon_VS-O	848.5557	893.3023	860.1964	857.3750	12.3235
QPSO_Karbon_VS-Y	823.5236	4718.1676	1474.4470	866.8635	1329.2531
QPSO_Mevcut_DS-HM	752.7925	841.1514	786.4636	784.4917	26.8574
QPSO_YKömürSY_YS-HM	743.5050	794.0360	757.3028	753.8193	15.2578
QPSO_YDgazSY_YS-HM	735.9105	806.8901	751.9036	745.6581	20.0965
Özel İterasyon/koşu					
PSO_Mevcut_DS	101.3051	104.2596	102.1254	101.8261	0.8659
PSO_YKömürSY_YS	77.3719	86.0842	80.0319	78.7263	3.0489
PSO_YDgazSY_YS	78.4870	87.6752	83.4606	84.9081	3.3577
PSO_Karbon_VS-D	101.0165	123.4235	111.7573	113.1096	6.9762
PSO_Karbon_VS-O	92.6403	120.7675	103.3829	100.1988	10.9580
PSO_Karbon_VS-Y	197.8382	260.0793	226.5180	229.4394	16.7997
PSO_Mevcut_DS-HM	68.2551	85.4166	74.0378	72.9048	5.1998
PSO_YKömürSY_YS-HM	186.3803	207.1847	199.4984	200.4678	6.4663
PSO_YDgazSY_YS-HM	65.2235	193.9519	150.2379	170.5789	45.7322
QPSO_Mevcut_DS	216.2922	392.7933	256.9056	223.8543	61.5148
QPSO_YKömürSY_YS	234.5931	279.8259	254.6287	252.3444	20.1442
QPSO_YDgazSY_YS	203.6556	464.5238	281.3505	242.1271	88.4290
QPSO_Karbon_VS-D	236.5776	272.9280	252.9771	252.2527	8.9312
QPSO_Karbon_VS-O	242.7567	413.7970	296.3721	288.0751	45.7646
QPSO_Karbon_VS-Y	519.5394	718.0008	598.8204	590.2038	50.0499
QPSO_Mevcut_DS-HM	263.0312	841.9288	355.7859	289.1595	178.0468
QPSO_YKömürSY_YS-HM	195.1281	209.6367	202.7044	204.2804	5.8578
QPSO_YDgazSY_YS-HM	104.4484	162.9788	129.6224	138.3984	19.9068

PSO algoritmasının QPSO dan kısa sürede sonuca ulaştığı her iki iterasyon şeklinde de tespit edilmiştir. Bunun sebebinin logaritmik fonksiyonun MATLAB’de meydana getirdiği ağırlaşma olduğu program performansının araştırılmasıyla fark edilmiştir. Birey sayısının 500 ve iterasyonun 1000 olarak alınması ilk grup sürelerinin yüksek çıkmasında asıl etken olup bu değerlerin küçültülmesi ile süreler aşağıya çekilebilecektir. Bunun doğal sonucu ise bulunacak optimum değerin TIMES ile bulunan optimum değerden uzaklaşması olacaktır

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Eklerde verilen çizelgeler ve çıktılar bölümünde sunulan bilgiler ışığında senaryoların mali ve çevresel etkilerini görmek maksadı ile Çizelge 7.1 hazırlanmıştır (TIMES optimum sonuçları). Çizelgede senaryoların toplam maliyetlerinin 2016 yılına endeksli net bugünkü değerleri, Mevcut_DS senaryosuna göre maliyet farkları, 2016-2031 yılları arasındaki toplam CO₂ emisyonları ve Mevcut_DS senaryosuna göre emisyon farkları işlenmiştir. Çizelgedeki pozitif değerler senaryoların Mevcut_DS senaryosuna göre artışlarını, negatif değerler de azalışlarını ifade etmektedir.

Çizelge 7.1. Alternatif senaryoların Mevcut_DS senaryosuyla karşılaştırılması

No	Senaryo	Toplam Maliyet (m USD)	Maliyet Farkı (m USD)	CO ₂ Emisyonu (kt)	Emisyon Farkı (kt CO ₂)
1	Mevcut_DS	18,993.4486	0.0000	399,249.4767	0.0000
2	YKömürSY_YS	18,993.4486	0.0000	399,249.4767	0.0000
3	YDgazSY_YS	19,386.8787	393.4301	459,987.8381	60,738.3614
4	YFosilKSY_YS	-	-	-	-
5	Karbon_VS-D	20,100.7284	1,107.2798	316,480.2382	-82,769.2385
6	Karbon_VS-O	21,177.6756	2,184.2270	316,480.2382	-82,769.2385
7	Karbon_VS-Y	25,134.1892	6,140.7406	276,877.3903	-122,372.0864
8	Mevcut_DS-HM	27,272.9666	8,279.5180	395,014.6616	-4,234.8151
9	YKömürSY_YS-HM	27,272.9666	8,279.5180	395,014.6616	-4,234.8151
10	YDgazSY_YS-HM	28,358.4443	9,364.9957	384,124.8000	-15,124.6767
11	YFosilKSY_YS-HM	-	-	-	-

Mevcut_DS senaryosu baz (referans) senaryodur. YKömürSY_YS senaryosunun Mevcut_DS senaryosu ile özdeş sonuçları verdiği görülmektedir. YKömürSY_YS de kömür santrallerine yeni yatırımlar yasaklı olup Mevcut_DS senaryosunda olası yeni kömür santrallerinin bu senaryoda başka teknolojilerle ikame edilmesi beklenmelidir. Ancak Mevcut_DS de yeni kömür santrali yatırımı mevcut olmadığından YKömürSY_YS senaryosu ile sonuçlarının özdeş çıkması

gerekecektir. Bu özdeşlik gerek TIMES'da gerek algoritma sonuçlarında sağlanabilmiştir.

Mevcut_DS senaryosundan farklı olarak YDgazSY_YS senaryosunda 2023 yılından itibaren yeni kömür santrallerine yatırımlar yapılmış ve zaman ufku boyunca da bakiye enerji talepleri bu yatırımlar yoluyla cevaplanmıştır. Buradaki yatırım yapılan teknoloji farkı nedeniyle hem maliyet hem de emisyonda Mevcut_DS senaryo sonuçlarından farklar oluşmuştur. Bu farkla her iki yönlü artış olarak gerçekleşmiştir.

Mevcut_DS-HM senaryosu Mevcut_DS senaryosuna harici maliyetlerin yükünü de yüklemesi nedeniyle optimum planda değişikliğe neden olmuştur. Optimum plandaki teknolojilerin enerji talebini karşılaması için devreye alınma zamanlarında değişiklikler meydana gelmiş ve sonuç olarak daha yüksek maliyetlerin optimum planda ortaya çıkması gerekmiştir. Öte yandan CO₂ emisyonunda küçük bir azalma yaşanmıştır. Bu azalmanın yaşanmasının temel sebebi harici maliyetli olarak kömür santralinden elektrik üretmenin doğal gaz kombine çevrim santralinde üretmekten daha pahalı olması nedeniyle mevcut doğal gaz santrallerinin Mevcut_DS senaryosunun aksine 2016'dan itibaren derhal aktive edilmesi ve bu kapasitenin kullanılmasının ardından kömür santralinden elektrik üretilmeye geçilmesidir.

YKömürSY_YS-HM senaryosu harici maliyetlerin YKömürSY_YS üzerine yüklenmesinin sonuçlarını incelemektedir. Bu senaryoda yeni kömür santralleri yasaklı olduğundan, Mevcut_DS-HM senaryosunda ise yeni kömür santraline yatırım yapmanın optimum planda ekonomik olarak tercih edilmemiş olması nedeniyle Mevcut_DS-HM senaryosu ve YKömürSY_YS-HM senaryoları özdeş sonuçlar vermiştir. YKömürSY_YS-HM senaryosunun ekonomik ve emisyon yönlü olarak Mevcut_DS senaryosundan farklı sonuçlar vermesinin sebepleri Mevcut_DS-HM senaryosunda gösterilmiştir.

YDgazSY_YS-HM senaryosunda yeni doğal gaz yatırımları yasaklandığı için ilave enerji taleplerinde kullanılmak üzere TR33 Bölgesinde ilk olarak rüzgâr

kapasitesi devreye alınmış, sonrasında ise yeni kömür santrali yatırımına gidilmiştir. Rüzgâr enerjisi kapasitesinin tamamının kullanılması nedeniyle toplam CO₂ emisyonunda azalma meydana gelirken ekonomik olarak Mevcut_DS senaryosundan oldukça dezavantajlı bir noktaya ulaşılmıştır (9.3 milyar USD).

Karbon_VS-D, Mevcut_DS senaryosunun düşük ölçekte karbon vergisi uygulanmasından sonraki optimum halidir. Bu halde teknolojiler yaydıkları CO₂ emisyonu ölçüsünde vergiye çarptırılmışlardır. Neticede jeotermal ve biyokütle santralleri yaydıkları yoğun CO₂ emisyonu nedeniyle yeni yatırımlardan mahrum bırakılmışlar, sadece jeotermal enerjinin mevcut 0.118 GW lık kurulu gücü optimum planda yer alabilmiştir. Ekonomik olarak da bu senaryonun 1.1 milyar USD lik ek yük getirdiği Çizelge 7.1’de görülmektedir. Ek maliyet görünümünün aksine, jeotermal ve biyokütle santrallerin yeni yatırımlardan mahrum bırakılması çevresel olarak olumlu sonuçlara neden olmuştur. 82.7 milyon ton CO₂ in bu senaryo neticesinde doğaya yayımına engel olunmuştur. Bu senaryoda maliyet artışı ve çevresel fayda ilginç şekilde karşı karşıya gelmektedir.

Karbon_VS-O, Karbon_VS-D ile özdeş optimum plan teknolojileri sunmaktadır. Buna mukabil uygulanan karbon vergisinin bu senaryoda iki katına çıkmış olması nedeniyle CO₂ yayan tüm teknolojilerin elektrik üretme maliyeti değişmiştir. Senaryonun daha yüksek maliyetli karbon vergisi uygulaması ile Mevcut_DS senaryosuna göre dezavantaj miktarı 2.1 milyar USD ye çıkmış, çevresel etki ise Karbon_VS-D ile aynı şekilde gerçekleşmiştir.

Karbon_VS-Y önceki iki karbon vergisi senaryosundan daha farklı bir görünüm arz etmektedir. Hem çok yüksek bir karbon vergisinin uygulanması nedeniyle CO₂ yayımında bulunan santrallerin maliyeti yükselmiştir, hem de optimum plandaki elektrik üretim teknolojileri bileşimi değişmiştir. Bu senaryoda doğal gaz kombine çevrim santrallerinin devreye girmesi 2016 yılına çekilmiş ve 0.118 GW lık mevcut jeotermal enerji kapasitesi elektrik enerjisi üretmeyecek şekilde atıl bırakılmıştır. Çünkü bu tesisin enerji üretmesi neticesinde neden olacağı maliyet, başka bir tesisin elektrik üretmesi ve sonraki yıllarda başka bir teknolojiye (doğal gaz kombine çevrim santrali) yatırım yapılmasından net

bugünkü değer olarak daha pahalıya mal olmaktadır. Bu senaryo neticesinde çevresel olarak Mevcut_DS senaryosuna kıyasla 122.37 milyon ton CO₂ yayılmamaktaysa da katlanması gereken ilave maliyetin net bugünkü değeri 6 milyar doları geçmektedir.

Tüm senaryolar içinde çevresel olarak en uygun senaryonun Karbon_VS-Y olduğu, sonraki en uygun senaryoların ise Karbon_VS-O ve Karbon_VS-D olduğu görölmektedir. Finansal açıdan en olurlu senaryo Mevcut_DS ve YKömürSY_YS olup bunları YDgazSY_YS ve Karbon_VS-D takip etmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma neticesinde TR33 Bölgesi bazında:

- Bir karar destek aracına sahip olunmuştur.
- Muhtelif senaryolar ilgili veriler ışığında optimize edilmiş ve senaryoların finansal görünüşleri tüm zaman erimini kapsayacak şekilde elde edilmiştir (Finansal Boyut).
- Senaryoların hangi bileşimle optimum maliyeti oluşturacağı tespit edilmiş olup senaryolar bazında ortaya çıkmış farklı teknoloji bileşimleri kurulu güç bazında elde edilmiştir (Teknik Boyut).
- Senaryoların optimum maliyetle neticelenecek CO₂ yayım seviyeleri her yıl bazında sunulmuş olup senaryolar arasında bu anlamda anlamlı karşılaştırmalar yapılabilmesinin ve verilecek kararların çevresel olarak hangi sonuca ne kadar maliyetle ulaşılabilceği gösterilmiştir (Çevresel Boyut).

Teknoloji bileşimleri olarak verilmiş yedi teknolojinin istenildiği şekilde artırılabilceği, enerji taleplerinin ve zaman ufkunun genişletilebileceği açıktır. Bu senaryolar farklı illere, bölgelere, ulusal seviyeye hatta ölkeler üstü seviyeye de uygulanabilir. Yapılabilcek bu çalışmalar çok daha farklı ilave kısıtlar ve alternatif maliyetlendirme uygulamalarını da içerir halde kurgulanabilir. TIMES ortamı bu çalışmaların hepsini koşturabilecek esnekliğe sahip olup kullanıcı bazındaki asıl kısıt sistem bileşimi ve istenilecek zaman çözünürlüğüne bağlı olarak koşturma zamanıdır.

Algoritma çalışmasında yedi teknoloji ile bölgesel modelleme uygulanmış ve sonuçlar Çizelgede verildiği zaman sürecinde alınmıştır. PSO uygulamasının kullanıcı açısından zorlayıcı yanı, alternatif teknolojilerin ve zaman eriminin artmasının koşturma zamanında meydana getireceği büyüme olacaktır. Bu kapsamda algoritma süresinin kısaltılması için daha ileri düzey çalışmaların yapılması ihtiyacı daha büyük çalışmaların talep edilmesi ile ortaya çıkacaktır. Mutlak 1000 iterasyon yerine çalışmada gösterildiği üzere özel iterasyon sayılarının tercih edilmesi zaman bazında tasarruf sağlayacaktır.

Bu çalışma ulusal ve bölgesel bazda sektörel olarak senaryo havuzunun genişletilmesi noktasında fayda sağlarken TIMES platformuna alternatif olarak sezgisel algoritmaların da kullanılabileceğini ve sonuçların oldukça yakın olacağını göstermektedir. Bu tür çalışmaların gerek tüm diğer bölgelerimiz gerekse il bazında yapılması ile milli senaryo havuzumuzun genişlemesi sağlanabilecektir. Enerji sektöründe çalışılabilecek sayısız senaryo mevcuttur ve uluslararası platformların (COPS vb) ülkemizi çok detaylı çalışmaların yapılmasını zorunlu kılacak yeni anlaşmalar ve uzlaşmalara davet ettiği günümüz dünyasında, üniversiteler ve kamunun birlikte çalışmasını zorunlu kılacak çok sayıda proje ve senaryo imkânı bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Almulla, Y., Ramos, E., Gardumi, F., Taliotis, C., Lipponen, A., Howells, M., 2018. The role of Energy-Water nexus to motivate transboundary cooperation:: An indicative analysis of the Drina River Basin. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 18, 3-28.
- Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) Websitesi. Erişim Tarihi 10.07.2021. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/statisticalonaryemissions_3_2016.pdf.
- Amorim, F., Pina, A., Gerbelová, H., da Silva, P. P., Vasconcelos, J., Martins, V., 2014. Electricity decarbonisation pathways for 2050 in Portugal: A TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) based approach in closed versus open systems modelling. *Energy*, 69, 104-112.
- Anjo, J., Neves, D., Silva, C., Shivakumar, A., Howells, M., 2018. Modeling the long-term impact of demand response in energy planning: The Portuguese electric system case study. *Energy*, 165, 456-468.
- Argonne National Laboratory (ANL), Erişim Tarihi: 12.01.2022. <http://ceeesa.es.anl.gov/projects/Enpepwin.html>.
- Ates, S. A., 2015. Energy efficiency and CO₂ mitigation potential of the Turkish iron and steel industry using the LEAP (long-range energy alternatives planning) system. *Energy*, 90, 417-428.
- Brook, B. W., Bradshaw, C.J., 2015. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 29(3), 702-712.
- Büeler B.P., 1997. Computing economic equilibria and its application to international trade of CO₂ permits: an agent-based approach, ETH Zurich, Doktora Tezi, İsviçre.
- Centre for Climate and Energy Analyses. The model for European energy system analysis MEESA. Erişim Tarihi:10.07.2021. https://climatecake.ios.edu.pl/wp-content/uploads/2020/05/CAKE_MEESA_energy-model_documentation.pdf.
- Chang, M., Thellufsen, J. Z., Zakeri, B., Pickering, B., Pfenninger, S., Lund, H., Østergaard, P. A., 2021. Trends in tools and approaches for modelling the energy transition. *Applied Energy*, 290, 116731.
- Comodi, G., Cioccolanti L., Gargiulo, M., 2012. Municipal scale scenario: Analysis of an Italian seaside town with Markal-TIMES. *Energy Policy*, 41, 303-315.
- Contaldi, M., Gracceva, F., Tosato, G., 2007. Evaluation of green-certificates policies using the MARKAL-MACRO-Italy model. *Energy Policy*, 35(2), 797-808.

- Cost Assesment for Sustainable Energy Systems, CASES Consortium, 2006. Erişim Tarihi: 10.02.2019. <http://www.feem-project.net/cases/>.
- Dal, E., 2017. Türkiye’de Elektrik retiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Teknolojik, Politik ve evresel Kısıtlamalar ile Analizi. Hacettepe Üniversitesi, Lisans Tezi, Türkiye.
- Dal, E., Koksall, M. A., 2017. Modeling the use of renewable energy sources for electricity generation based on technological, political, and environmental constraints. *Energy Procedia*, 142, 3129-3134.
- De Moura, G.N.P., Legey, L.F.L., Howells, M., 2018. A Brazilian perspective of power systems integration using OSeMOSYS SAMBA–South America Model Base–and the bargaining power of neighbouring countries: A cooperative games approach. *Energy Policy*, 115, 470-485.
- Dhakouani, A., Gardumi, F., Znouda, E., Bouden, C., Howells, M., 2017. Long-term optimisation model of the Tunisian power system. *Energy*, 141, 550-562.
- Dreier, D. ve Howells, M., 2019. OSeMOSYS-PuLP: A Stochastic Modeling Framework for Long-Term Energy Systems Modeling. *Energies*, 12(7), 1382.
- Elektrik Piyasası Dzenleme Kurumu (EPDK) websitesi. Erişim Tarihi: 01.06.2019. http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%20FEUAS-Sektor_Raporu2016.pdf.
- Emodi, N.V., Chaiechi, T., Beg, A.R.A., 2019. Are emission reduction policies effective under climate change conditions? A backcasting and exploratory scenario approach using the LEAP-OSeMOSYS Model. *Applied Energy*, 236, 1183-1217.
- Enerji Atlası resmi websitesi, 2016. Erişim Tarihi: 12.11.2019. <https://www.enerjiatlası.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye>.
- ETSAP websitesi. The Energy Technology Systems Analysis Program, 2010, Erişim Tarihi: 12.01.2021. <https://iea-etsap.org/>.
- ETSAP resmi sitesi, 2017. Erişim Tarihi:10.01.2022. <https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/data-handling-shells/answer>.
- EIA resmi sitesi, 2019. Erişim Tarihi: 12.01.2022. [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581\(2018\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581(2018).pdf)
- EIA resmi sitesi, 2019. Erişim Tarihi: 12.01.2022. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>.

- 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.
- Føyn, T.H.Y., Karlsson, K., Balyk, O., Grohnheit, P.E., 2011. A global renewable energy system: A modelling exercise in ETSAP/TIAM. *Applied energy*, 88(2), 526-534.
- Fukuyama, Y.. 2007. Fundamentals of particle swarm optimization techniques. In *Modern heuristic optimization techniques: theory and applications to power systems*. John Wiley & Sons, Inc.
- Gardumi, F., Almulla, Y., Shivakumar, A., Taliotis, C., Howells, M., 2017. Advancements in OSeMOSYS-the Open Source energy MOdelling SYStem. *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p. 18574).
- Gardumi, F., Shivakumar, A., Morrison, R., Taliotis, C., Broad, O., Beltramo, A., ..., Alfstad, T., 2018. From the development of an open-source energy modelling tool to its application and the creation of communities of practice: The example of OSeMOSYS. *Energy Strategy Reviews*, 20, 209-228.
- Groissböck, M., Pickl, M.J., 2016. An analysis of the power market in Saudi Arabia: Retrospective cost and environmental optimization. *Applied Energy*, 165, 548-558.
- Hamilton, B. P., Cirillo, R. R., Buehring, W. A., 1992. ENPEP: An integrated approach to energy planning (No. ANL/CP-77467; CONF-9209160-16). Argonne National Lab., IL, United States.
- Heaps C., An introduction to LEAP. Stockholm Environment Institute, 1-16, 2008. <http://www.energycommunity.org/documents/leapintro.pdf>
- Higashi, N., Iba, H., 2003. Particle swarm optimization with Gaussian mutation, In *Proceedings of the 2003 IEEE Swarm Intelligence Symposium*, Indianapolis, 72-79.
- Howells, M., Rogner, H., Strachan, N., Heaps, C., Huntington, H., Kypreos, S., ..., Roehrl, A., 2011. OSeMOSYS: the open source energy modeling system: an introduction to its ethos, structure and development. *Energy Policy*, 39(10), 5850-5870, 2011.
- International Energy Agency. Resmi Sitesi. Erişim Tarihi: 02.01.2022. <https://www.iea.org/reports/greenhouse-gas-emissions-from-energy-overview/emissions-by-sector>.
- International Energy Agency. Documentation for the MARKAL Family of Models. Erişim Tarihi: 08.01.2021. https://www.iea-etsap.org/MrklDoc-I_StdMARKAL.pdf.

- International Energy Agency. Documentation for the times model part i. Erişim Tarihi: 08.01.2021. https://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf.
- International Energy Agency. Documentation for the times model part iv. Erişim Tarihi: 08.01.2021. http://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-IV_October-2016.pdf.
- İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı websitesi, 2015. Erişim Tarihi: 01.02.2021. <https://www.oecd-neo.org/>.
- Jiminez I., 1989. Electric power system planning in the framework of the overall energy system, 24th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Washington-A.B.D., 2943-2948.
- Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü, 2016. Erişim Tarihi: 12.03.2021. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/tr33-bolgesi-bolge-plani-2014-2023.pdf>
- Kannan R. ve Turton, H., 2013. A long-term electricity dispatch model with the TIMES framework,. Environmental Modeling & Assessment, 18(3), 325-343.
- Kannan R., 2011. The development and application of a temporal MARKAL energy system model using flexible time slicing, Applied Energy, 88(6), 2261-2272.
- Kanudia, A., Labriet, M., Loulou, R., Vaillancourt, K., Waaub, J. P., 2005. The World-MARKAL model and its application to cost-effectiveness, permit sharing, and cost-benefit analyses. In Energy and environment, Springer, Boston, MA.
- Kılıç, M., ve Özdemir, E., 2018. Long-term Energy Demand and Supply Projections and Evaluations for Turkey. In Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions. Academic Press.
- Koellner, T., 2001. Land Use in product Life Cycles and its Consequences for Ecosystem Quality Zurich, Switzerland.
- Koksal, M. A., Valasai, G. D., 2015. Modelling and Analysis Power Generation Opti.
- Kovancılar B., 2001. Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği. Yönetim ve Ekonomi. Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(2), 7-20.
- KTH Royal Institute of Technology. Model Management Infrastructure (MoManI) Training Manual. Erişim Tarihi:07.02.2019. http://www.osemosys.org/uploads/1/8/5/0/18504136/momani_training_manual_rev170612.pdf.

- Kuik, O., Brander, L., Nikitina, N., Navrud, S., Magnussen, K., ve Fall, E. H., 2007. Energy-related external costs due to land use changes, acidification and eutrophication, visual intrusion and climate change. European Commission, 8-23.
- Kydes, A. S., 1980. The Brookhaven Energy System Optimization Model: Its Variants and Uses. In *Energy Policy Modeling: United States and Canadian Experiences* (pp. 110-136). Springer, Dordrecht.
- Krewitt, W., 2002. External costs of energy—do the answers match the questions?: Looking back at 10 years of ExternE. *Energy Policy*, 30(10), 839-848.
- Labriet, M., Loulou, R., Kanudia, A., 2005. Global energy and CO₂ emission scenarios: analysis with a 15-region World MARKAL model. In *The Coupling of Climate and Economic Dynamics* (pp. 205-235). Springer, Dordrecht.
- Labriet, M., Cabal, H., Lechón, Y., Giannakidis, G., Kanudia, A., 2010. The implementation of the EU renewable directive in Spain. Strategies and challenges. *Energy Policy*, 38(5), 2272-2281.
- Loulou, R., Goldstein, G., Noble, K., 2004. Documentation for the MARKAL Family of Models. *Energy Technology Systems Analysis Programme*, 65-73.
- Loulou, R., Labriet, M., 2008. ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model Part I: Model structure. *Computational Management Science*, 5(1), 7-40.
- Lovins L.H., 2015. The Triumph of Solar in the Energy Race, *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, 5(187), 2.
- Löffler, K., Hainsch K., Burandt, T., Oei, P.Y., Kemfert, C., Von Hirschhausen, C., 2017. Designing a model for the global energy system—GENeSYS-MOD: an application of the open-source energy modeling system (OSeMOSYS). *Energies*, 10(10), 1468.
- Lund H., Münster E., Tambjerg L.H., 2004. *EnergyPlan: computer model for energy system analysis: version 6*. Technology, Environment and Society, Department of Development and Planning, Aalborg University.
- Lund, H., Arler, F., Østergaard, P. A., Hvelplund, F., Connolly, D., Mathiesen, B. V., Karnøe, P., 2017. Simulation versus optimisation: theoretical positions in energy system modelling. *Energies*, 10(7), 840.
- Lund, H., Thellufsen, J. Z., Østergaard, P. A., Sorknæs, P., Skov, I. R., Mathiesen, B. V., 2021. *EnergyPLAN–Advanced analysis of smart energy systems*. *Smart Energy*, 1, 100007.

- Ma, X., Chai, M., Luo, L., Luo, Y., He, W., Li, G., 2015. An assessment on Shanghai's energy and environment impacts of using MARKAL model. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 7(1), 013105.
- Maizi, N. ve Assoumou, E., 2014. Future prospects for nuclear power in France. *Applied Energy*, 136, 849-859.
- Makine Mühendisleri Odası Resmi Sitesi, 2014. Erişim Tarihi:12.01.2021.https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/14c4511b3c98f14_ek.pdf.
- NEMO GitHub websitesi, 2019. Erişim Tarihi: 05.05.2021. <https://github.com/sei-international/NemoMod.jl>.
- Olsson, J.M. ve Gardumi, F., 2021. Modelling least cost electricity system scenarios for Bangladesh using OSeMOSYS. *Energy Strategy Reviews*, 38, 100705.
- OSEMOSYS GitHub websitesi, 2016. Erişim Tarihi: 03.05.2021. <https://github.com/OSeMOSYS/OSeMOSYS>.
- Palz W., 2018. *The Triumph of the Sun: The Energy of the New Century*, CRC Press, Florida, A.B.D..
- Pant, R. Thangaraj, A. Abraham., 2008. Particle swarm optimization using adaptive mutation. In *Proceedings of the 19th International Workshop on Database and Expert Systems Application*, Turin, Italy.
- Pigou, A., 1920. *The Economics of Welfare*, MacMillan, London.
- Rafaj, P., Kypreos, S., 2007. Internalisation of external cost in the power generation sector: Analysis with Global Multi-regional MARKAL Model. *Energy Policy*, 35(2), 828-843.
- Riva, F., Gardumi, F., Tognollo, A., Colombo, E., 2019. Soft-linking energy demand and optimisation models for local long-term electricity planning: An application to rural India. *Energy*, 166, 32-46.
- Sabancı Üniversitesi. Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (PMR) Türkiye Projesi. Erişim Tarihi 01.02.2021. https://cdpturkey.sabanciuniv.edu/sites/cdpturkey.sabanciuniv.edu/files/Tuba%20Seyyah%20CDP%20sunumu_20190416%20%281%29.pdf.
- Sağlam, M., 2010. *Establishing Mitigation Strategies for Energy Related Emission for Turkey Using the Markal Family of Models*. Marmara Üniversitesi, Doktora Tezi, Türkiye.
- Salvia, M., Pietrapertosa, F., Cosmi, C., Cuomo, V., Macchiato, M., 2004. Approaching the Kyoto targets: a case study for Basilicata region (Italy). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(1), 73-90.

- Stacey, A., Jancic, M., Grundy, I., 2003. Particle swarm optimization with mutation. In Proceedings of the 2003 Congress on Evolutionary Computation, Canberra, ACT, Australia, vol. 2, 1425–1430.
- Sulukan, E., 2010. Establishing energy efficient utilization and cost-effective energy technologies selection strategies for Turkey using MARKAL family of models. Marmara Universitesi, Doktora Tezi, Türkiye.
- S. E. Institute, User guide for LEAP, 2015. Erişim Tarihi: 10.07.2017. http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/mitigation/Module_5/Module_5_1/b_tools/LEAP/Manuals/Leap_Use_Guide_English.pdf.
- Wu, X. J., Sun, J., ve Lai, C. H., 2012. Particle Swarm Optimisation: Classical and Quantum Perspectives, Chapman & Hall/CRC Numerical Analysis and Scientific Computing, CRC Press.
- T.C. Enerji Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi, 2021. Son erişim tarihi:15.08.2019. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>.
- T.C. Enerji Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi, 2021. Erişim Tarihi:15.08.2019. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı websitesi. Erişim Tarihi 01.02.2019. <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2F%C4%B0GM%20Ana%20Rapor%2FT%3%BCrkiye%20Elektrik%20Enerjisi%20Talep%20Projeksiyonu%20Raporu.pdf>.
- Tekin, A. ve Vural, İ.Y., 2004. Global Kamusal Malların Finansman Aracı Olarak Global Vergi Önerileri. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12, 323-337.
- Tomei, J., Cronin, J., Arias, H.D.A., Machado, S.C., Palacios, M.F.M., Ortiz, Y.M.T., ..., Anandarajah, G., 2020. Forgotten spaces: How reliability, affordability and engagement shape the outcomes of last-mile electrification in Chocó, Colombia. Energy Research & Social Science, 59, 101302.
- Tsai, M.S., Chang, S.L., 2015. Taiwan's 2050 low carbon development roadmap: An evaluation with the MARKAL model. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 178-191.
- Unger, T., Ahlgren, E. O., 2005. Impacts of a common green certificate market on electricity and CO₂-emission markets in the Nordic countries. Energy policy, 33(16), 2152-2163.
- Uyar, T. S., Beşikci, D., Sulukan, E. 2020. An urban techno-economic hydrogen penetration scenario analysis for Burdur, Turkey. International Journal of Hydrogen Energy, 45(50), 26545-26558.

- Vaillancourt, K., Alcocer, Y., Bahn O., Fertel, C., Frenette, E., Garbouj, H., ..., Waaub, J.P., 2014. A Canadian 2050 energy outlook: Analysis with the multi-regional model TIMES-Canada. *Applied Energy*, 132, 56-65.
- Van der Voort, E., 1982. The EFOM 12C energy supply model within the EC modelling system. *Omega*, 10(5), 507-523.
- Xie, H., Yu, Y., Wang, W., Liu, Y., 2017. The substitutability of non-fossil energy, potential carbon emission reduction and energy shadow prices in China. *Energy Policy*, 107, 63-71.
- Zorlu Enerji websitesi, 2016. Erişim Tarihi: 15.07.2021. <https://www.zorluenerji.com.tr/fileuploads/kizildere/teknik-olmayan-ozet-tr.pdf>.
- 2016 Yılı Elektrik üretim sektör raporu EÜAŞ, 2017, Son erişim tarihi:15.08.2019. http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FEUAS-Sektor_Raporu_2016.pdf
- 2017 Yılı Elektrik üretim sektör raporu EÜAŞ, 2018. Son erişim tarihi:15.08.2019. <http://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=baMXxaZ/ZLs=>
- 2018 Yılı Elektrik üretim sektör raporu EÜAŞ, 2019. Son erişim tarihi:15.08.2019. <http://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=X/fUh6+7kaM=>

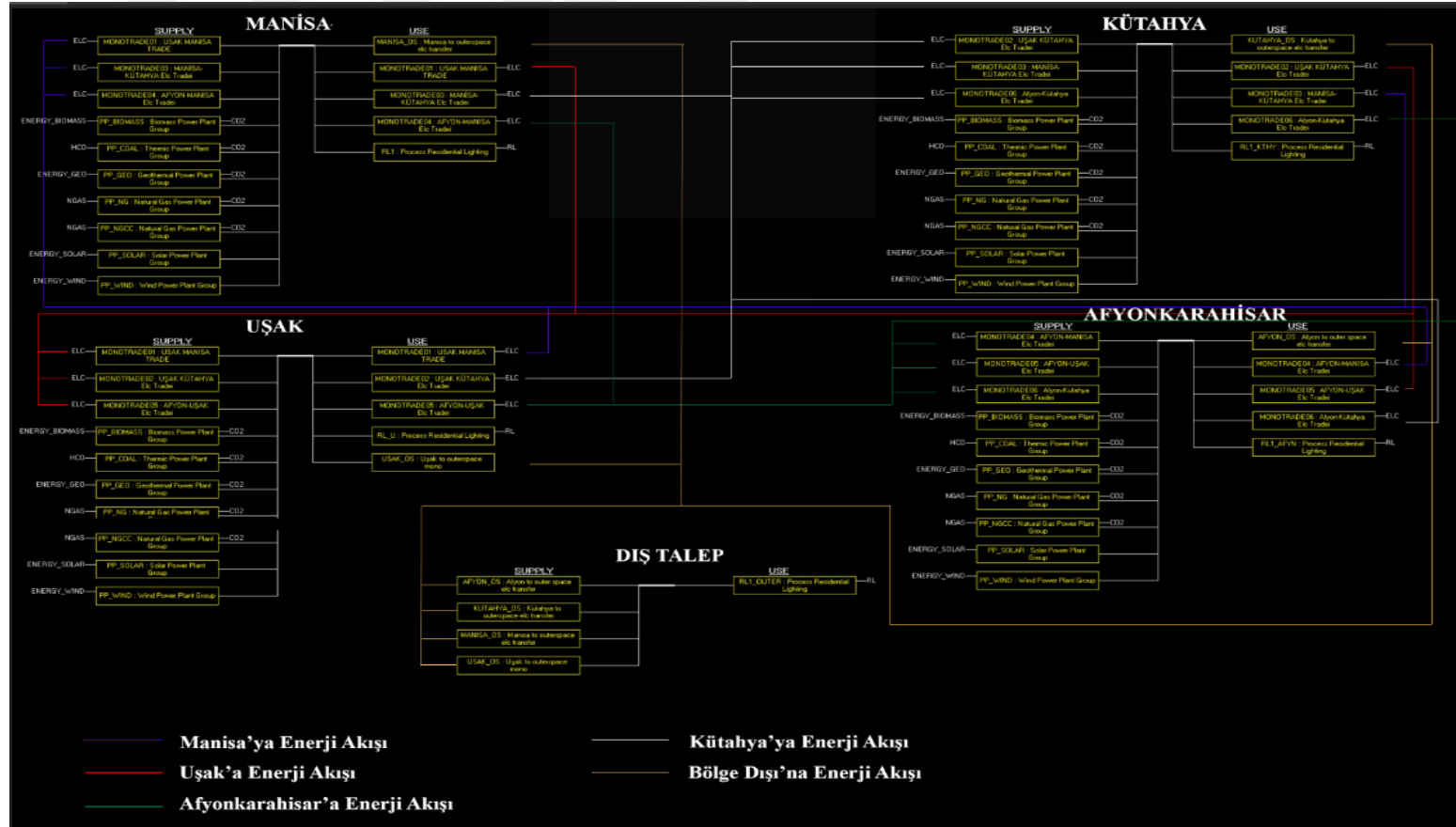
EKLER

EK A. RES Modelleri

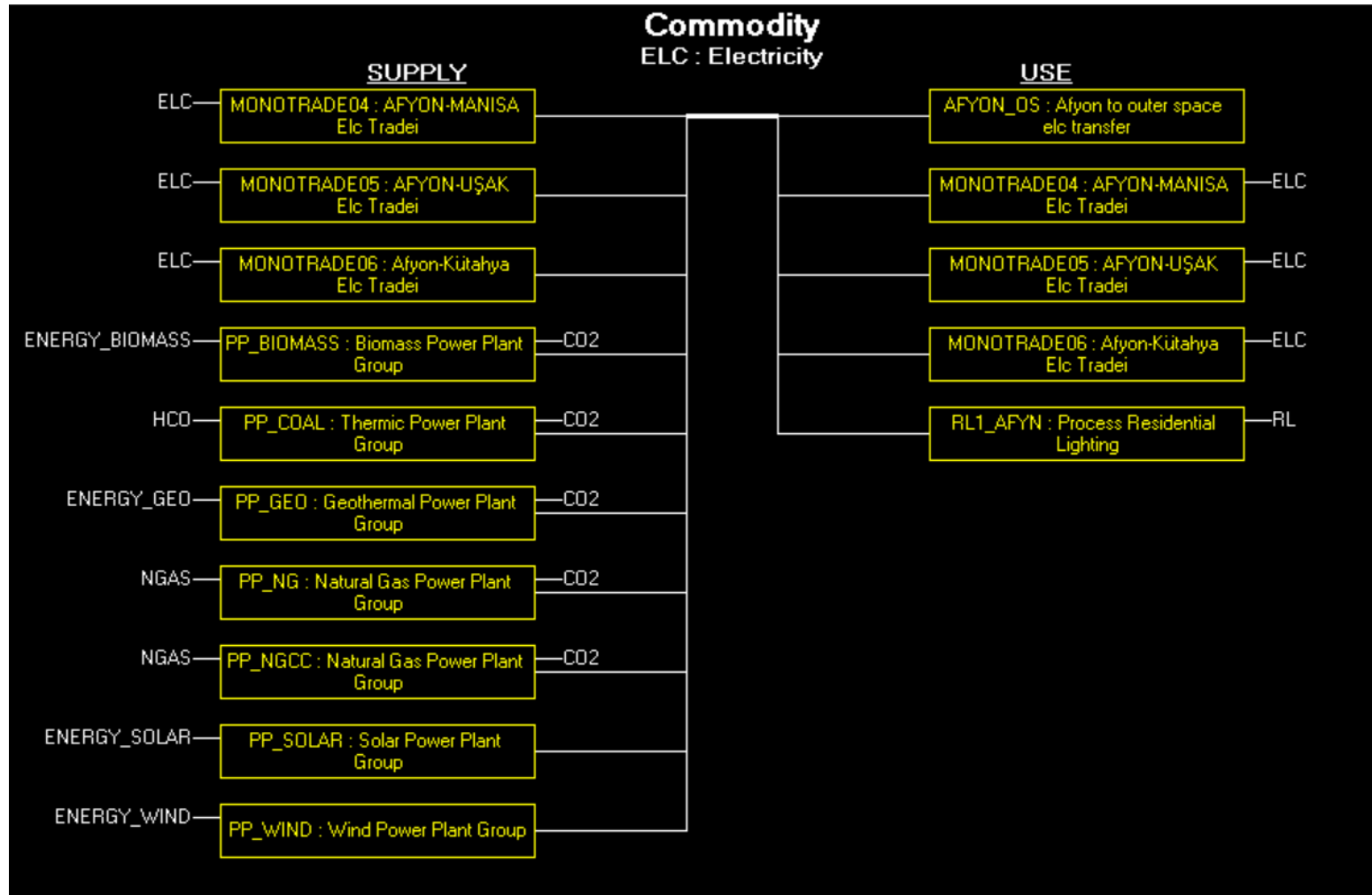
EK B. Senaryo Çizelgeleri

EK A. RES Modelleri

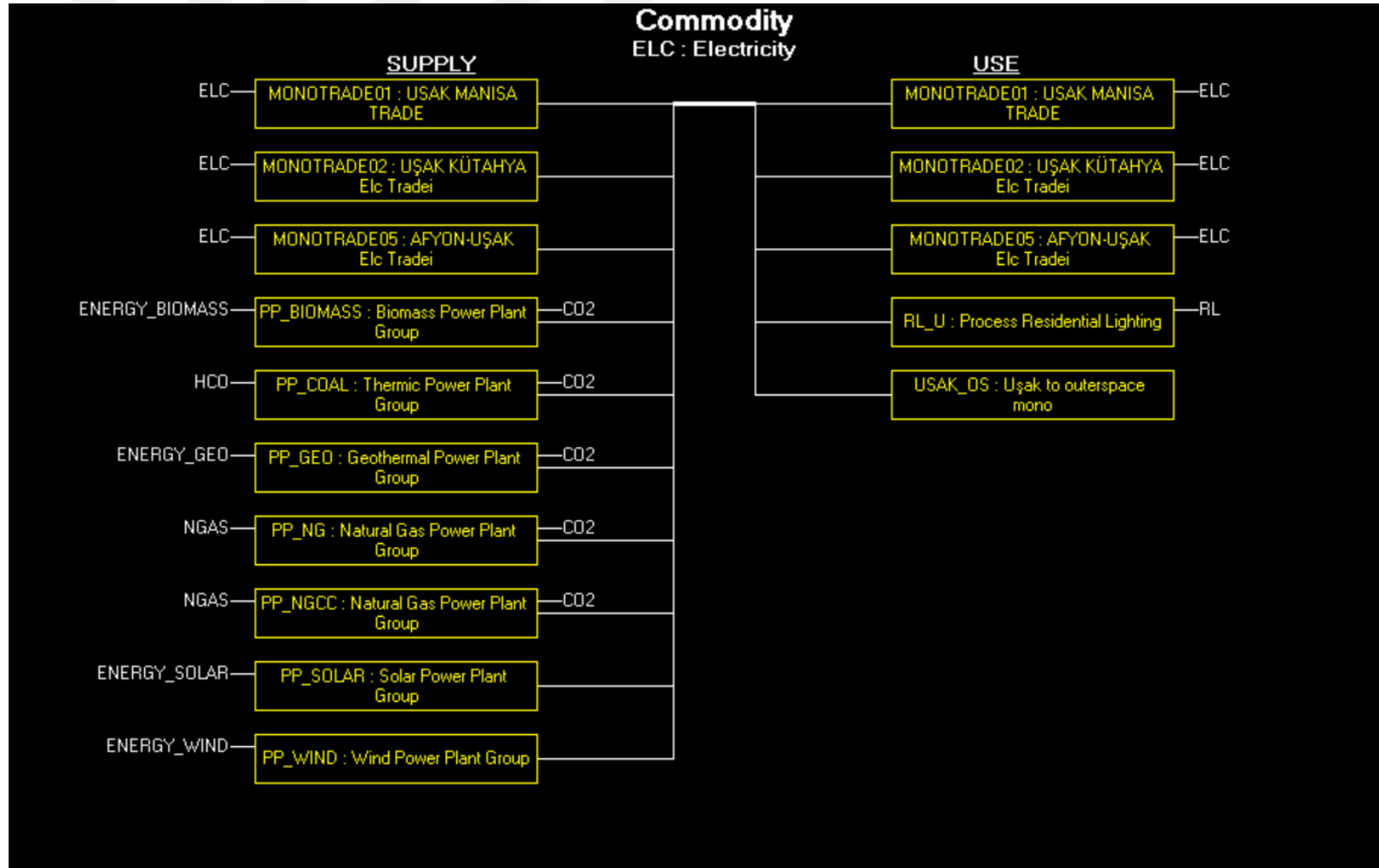
Şekil A.1. Çok bölgeli 4 il modeli için RES modeli



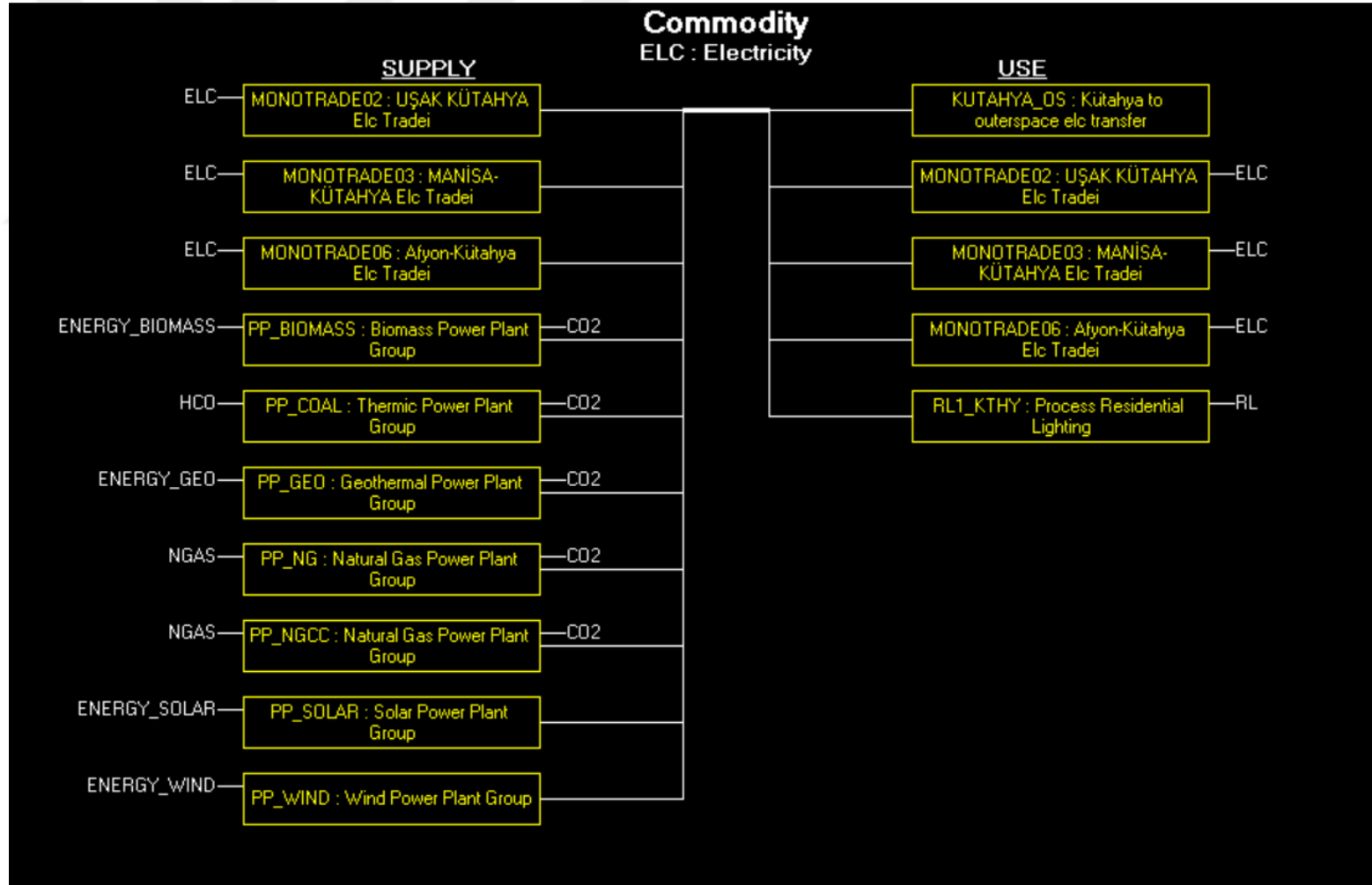
Şekil A.2. Dört il modeli için Afyonkarahisar bazında RES modeli



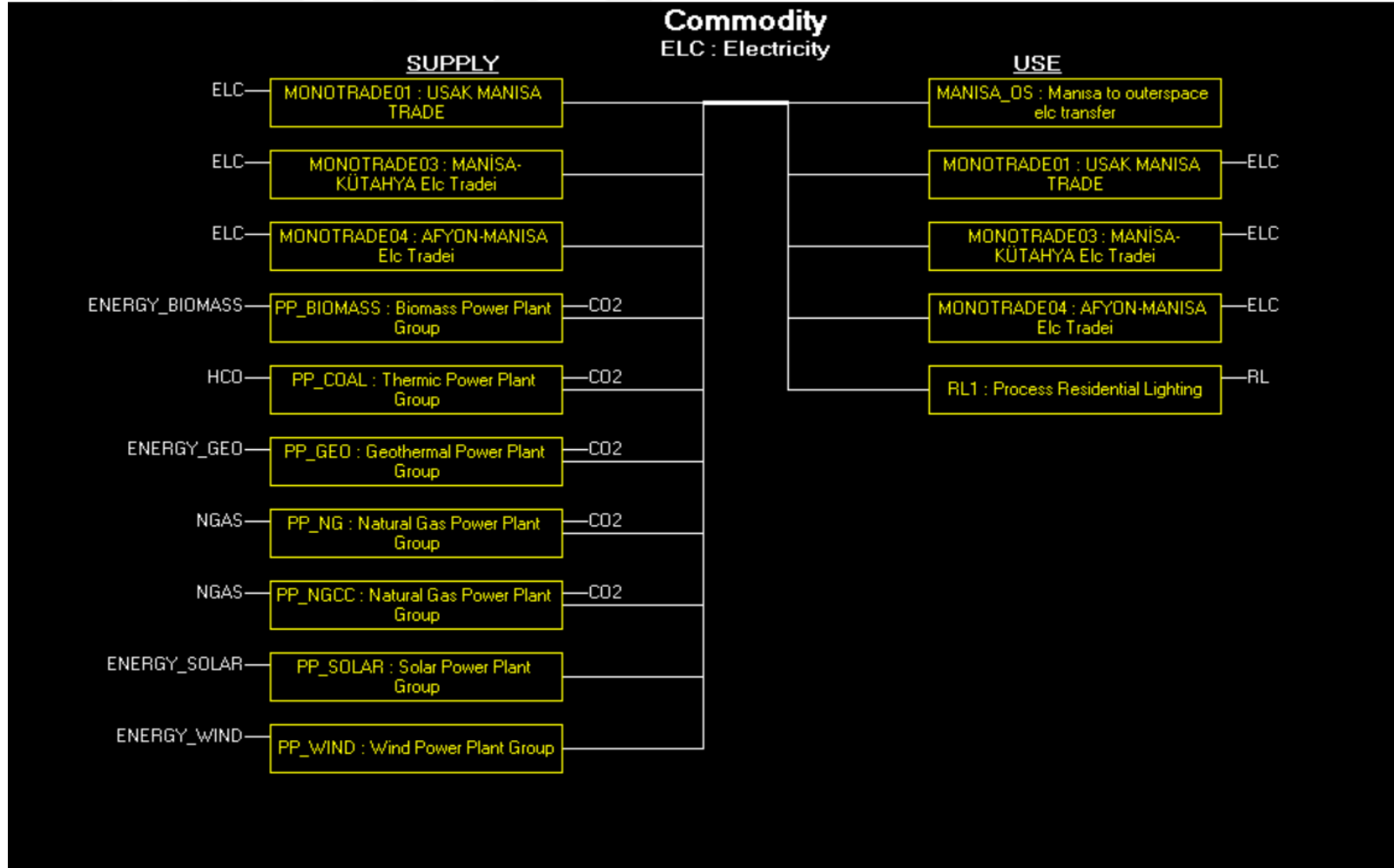
Şekil A.3. Dört il modeli için Uşak bazında RES modeli



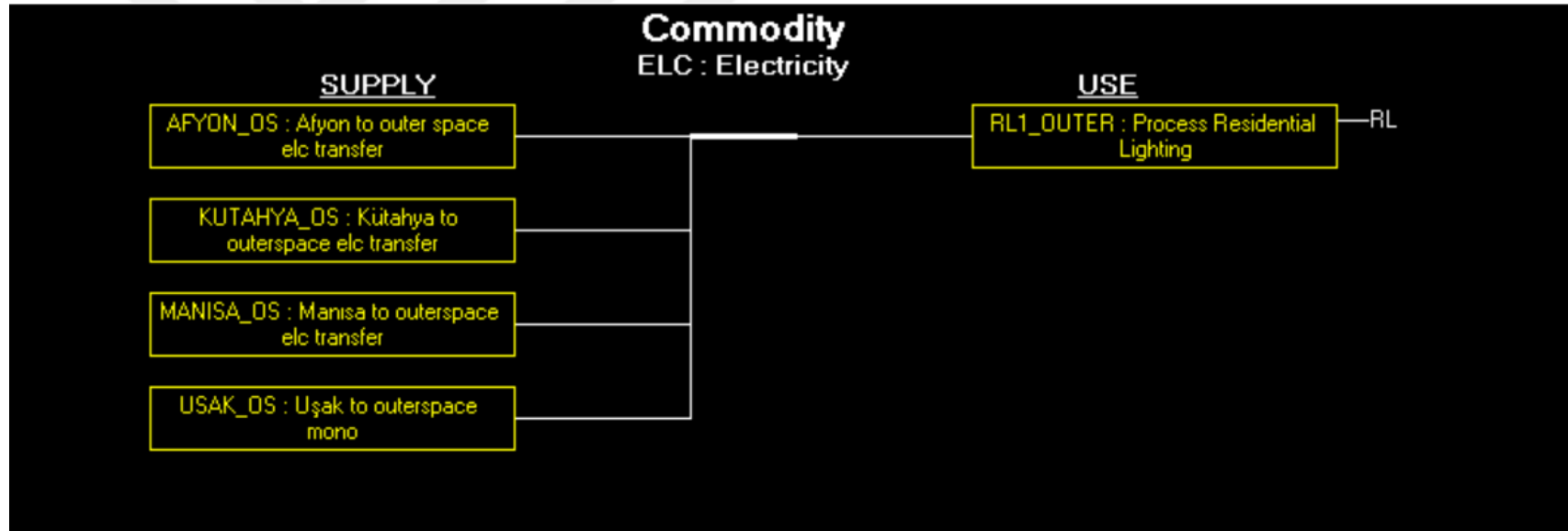
Şekil A.4. Dört il modeli için Kütahya bazında RES modeli



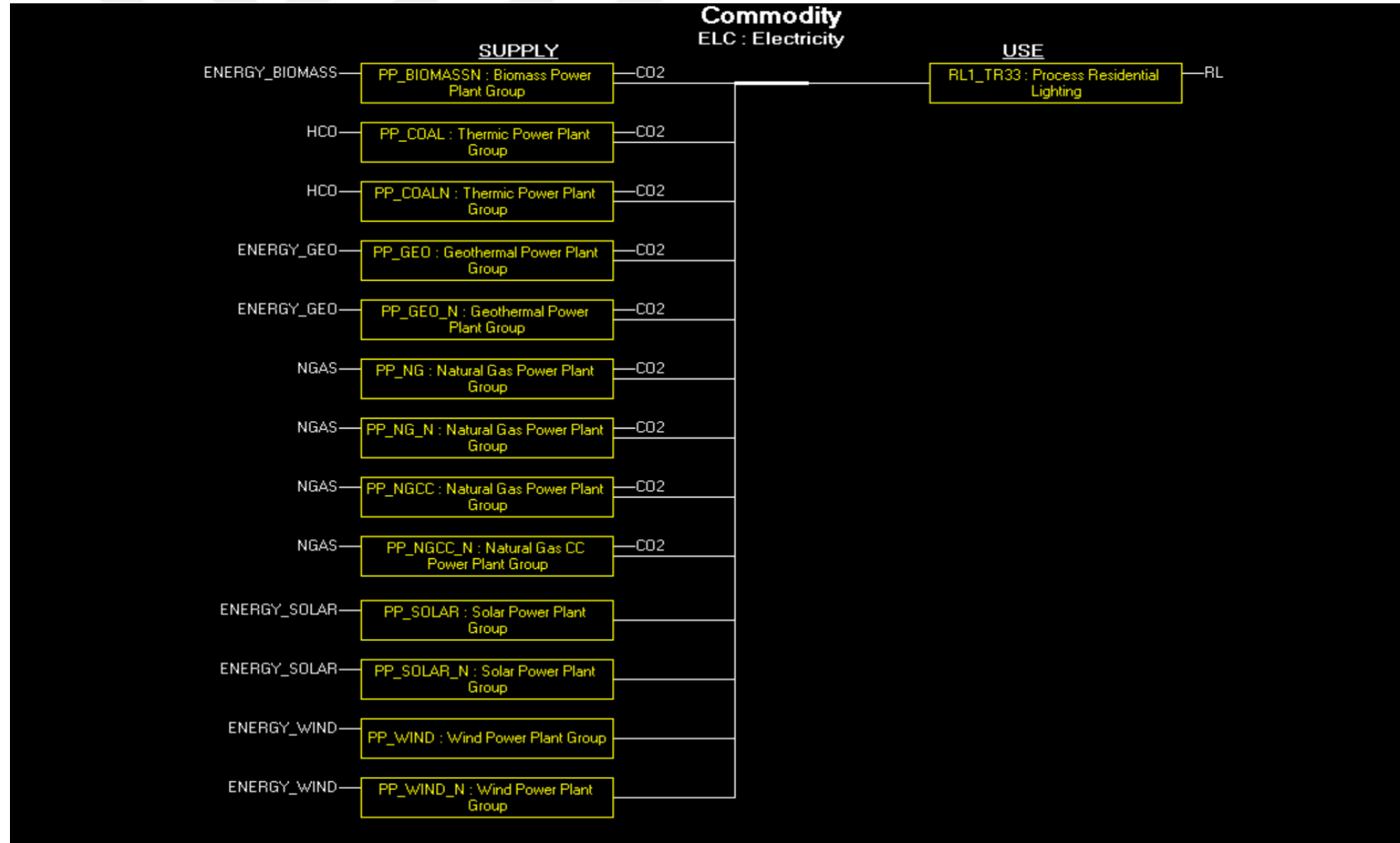
Şekil A.5. Dört il modeli için Manisa bazında RES modeli



Şekil A.6. Dört il modeli için bölge dışına transfer bazında RES modeli



Şekil A.7. Bölgesel model için RES modeli



EK B. Senaryo Çizelgeleri

Çizelge B.1. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0	0	0	0.0000	1.2946	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	0.0000	0	0	0	0.5918	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	0	0	0	0	0	0	0	4.5223
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0	0	0	0	0	0	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	21.0826	25.9026	27.357	27.3570	27.357	27.357	27.357
KTHY	PP_JEO	ELC	0.0000	0	0	0	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0	0	0	0	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0	0	0	0.0000	0	3.9637	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	15.8032	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	0.0000	0	0	3.8056	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0	0	0	0.0000	0	0	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	0	0	0	0	0	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.0000	0	0	0	0.2340	0.234	0.234	0.234
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.357	27.357	27.357	27.3570	27.357	27.357	27.357
KTHY	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.234	0.234	0.234	0.2340	0.234	0.234	0.234
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.2. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Mevcut_DS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	371.2454	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	548.0071	2,190.02	2,190.02	2,190.02
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	428.4916
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.68	5,299.50	6,511.10	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	0	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	1,136.68	1,537.40
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	3,972.41	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	360.5815	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	0	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	0	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	1,174.17	1,983.34	2,861.67	3,813.91	4,845.74	5,964.73	7,178.48	8,494.56
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511

KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727

Çizelge B.3. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEKBOLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	7.9846	10.7222
TEKBOLGE	PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEKBOLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEKBOLGE	PP_JEO_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7744	6.6699	6.6699	6.6699
TEKBOLGE	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEKBOLGE	PP_NGCC_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5223
TEKBOLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEKBOLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEKBOLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222
TEKBOLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEKBOLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEKBOLGE	PP_JEO_Y	ELC	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699
TEKBOLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEKBOLGE	PP_NGCC_Y	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
TEKBOLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEKBOLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.4. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Mevcut_DS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEKBOLGE	PP_BİYOKÜTLEN	CO ₂	0	0	0	0	0	371.2454	2,289.73	3,074.81
TEKBOLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	10,849.10	11,970.20	13,181.80	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38
TEKBOLGE	PP_JEO	CO ₂	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22
TEKBOLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	0	0	0	0	1,643.02	6,175.85	6,175.85	6,175.85
TEKBOLGE	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	360.5815	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEKBOLGE	PP_NGCC_Y	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	428.4916
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEKBOLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	CO ₂	3,074.81	3,074.81	3,074.81	3,074.81	3,074.81	3,074.81	3,074.81	3,074.81
TEKBOLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38
TEKBOLGE	PP_JEO	CO ₂	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22
TEKBOLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	6,175.85	6,175.85	6,175.85	6,175.85	6,175.85	6,175.85	6,175.85	6,175.85
TEKBOLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEKBOLGE	PP_NGCC_Y	CO ₂	1,174.17	1,983.34	2,861.67	3,813.91	4,845.74	5,964.73	7,178.48	8,494.56

Çizelge B.5. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5223
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3400	1.3400
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	16.6226	21.0826	25.9026	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1800	1.1800	1.1800
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.9637	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.5654	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.6. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YKömürSY_YS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2190.0200	2190.0200	2190.0200
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	428.4900
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	4178.4000	5299.5000	6511.1000	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800
KTHY	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1095.0100	1095.0100	1095.0100
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1136.6800	1537.4000
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	4227.2400	4380.0400	4380.0400	4380.0400
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	384.3500
USAK	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1095.0100	1095.0100	1095.0100
USAK	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.1700	22.1700	22.1700	22.1700
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	1,174.17	1,983.34	2,861.67	3,813.91	4,845.74	5,964.73	7,178.48	8,494.56
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511

KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727

Çizelge B.7. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEKBOLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0	0	0	0	0	1.2946	7.9846	10.7222
TEKBOLGE	PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEKBOLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEKBOLGE	PP_JEO_Y	ELC	0	0	0	0	1.7744	6.6699	6.6699	6.6699
TEKBOLGE	PP_NGCC	ELC	0	0	0	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEKBOLGE	PP_NGCC_Y	ELC	0	0	0	0	0	0	0	4.5223
TEKBOLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEKBOLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEKBOLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222
TEKBOLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEKBOLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEKBOLGE	PP_JEO_Y	ELC	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699
TEKBOLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEKBOLGE	PP_NGCC_Y	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
TEKBOLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEKBOLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.8. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YKömürSY_YS sonuçları

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_BİYOKÜTLE_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	2289.7300	3074.8100
PP_LİNYİT	CO ₂	10849.1000	11970.2000	13181.8000	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800
PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200
PP_JEO_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1643.0200	6175.8500	6175.8500	6175.8500
PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
PP_NGCC_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	428.4916
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_BİYOKÜTLE_Y	CO ₂	3074.8100	3074.8100	3074.8100	3074.8100	3074.8100	3074.8100	3074.8100	3074.8100
PP_LİNYİT	CO ₂	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800
PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200
PP_JEO_Y	CO ₂	6175.8500	6175.8500	6175.8500	6175.8500	6175.8500	6175.8500	6175.8500	6175.8500
PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
PP_NGCC_Y	CO ₂	1174.1700	1983.3400	2861.6700	3813.9100	4845.7400	5964.7300	7178.4800	8494.5600

Çizelge B.9. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	2.6806	2.6806
AFYN	PP_LİNYİT	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5223
AFYN	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7744	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	16.6226	21.0826	25.9026	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.9637	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.1891	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806
AFYN	PP_LİNYİT	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
AFYN	PP_JEO	ELC	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.10. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YDgazSY_YS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	371.2454	768.7021	768.7021
AFYN	PP_LİNYİT	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	1,136.77
AFYN	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	1,643.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	4,178.40	5,299.50	6,511.10	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	0	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	1,136.68	1,537.40
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	302.1654	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	0	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	0	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021
AFYN	PP_LİNYİT	CO ₂	3,115.04	5,261.73	7,591.91	10,118.17	12,855.57	15,824.23	19,044.26	22,535.77
AFYN	PP_JEO	CO ₂	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511

KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727

Çizelge B.11. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	7.9846	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5223
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7744	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT_Y	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.12. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂ cinsinden) – YDgazSY_YS sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOK ÜTLE_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	2289.730 0	3074.810 0
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	10849.10	11970.20	13181.80	13547.38	13547.38	13547.38	13547.38	13547.38
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1136.770
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1643.020	6175.850	6175.850	6175.850
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOK ÜTLE_Y	CO ₂	3074.810 0	3074.810 0	3074.810 0	3074.810 0	3074.810 0	3074.810 0	3074.810 0	3074.810 0
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	13547.38 00	13547.38 00	13547.38 00	13547.38 00	13547.38 00	13547.38 00	13547.38 00	13547.38 00
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	3115.040	5261.730	7591.910	10118.17	12855.57	15824.23	19044.26	22535.77
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	6175.850	6175.850	6175.850	6175.850	6175.850	6175.850	6175.850	6175.850
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331

Çizelge B.13. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-D sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.6900	13.9500
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	16.6226	21.0826	25.9026	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6165	6.8065	6.8065	6.8065
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
MANISA	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_NGCC	ELC	21.8200	30.3600	39.6300	49.6800	60.5700	72.3800	85.1900	99.0800
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570

KTHY	PP_NGCC	ELC	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_NGCC	ELC	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.14. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Karbon_VS-D sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	633.8775	1321.7600
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	4178.4000	5299.5000	6511.1000	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	58.4161	644.9186	644.9186	644.9186
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	2067.4500	2876.6100	3754.9400	4707.1800	5739.0100	6858.0100	8071.7500	9387.8300
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_NGCC	CO ₂	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012

Çizelge B.15. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-D sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7744	7.9644	14.6544	21.9144
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	29.7844	38.3244	47.5944	57.6444	68.5344	80.3444	93.1544	107.0444
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.16. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Karbon_VS-D sonuçları

Bölge	Teknoloj	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_LİNYİ	CO ₂	10,849.10	11,970.20	13,181.80	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38
	PP_JEO	CO ₂	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220
	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	168.1285	754.6310	1,388.510	2,076.390
Bölge	Teknoloj	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_LİNYİ	CO ₂	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38
	PP_JEO	CO ₂	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220
	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
	PP_NGCC	CO ₂	2,822.080	3,631.240	4,509.570	5,461.810	6,493.640	7,612.640	8,826.380	10,142.46

Çizelge B.17. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-O sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_NGCC	ELC	0	0	0	0	0	0	6.69	13.95
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	16.6226	21.0826	25.9026	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357
KTHY	PP_NGCC	ELC	0	0	0	0	0.6165	6.8065	6.8065	6.8065
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
MANISA	PP_NGCC	ELC	0	0	0	3.8056	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_NGCC	ELC	0	0	0	0	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_NGCC	ELC	21.82	30.36	39.63	49.68	60.57	72.38	85.19	99.08
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357
KTHY	PP_NGCC	ELC	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909

MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_NGCC	ELC	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085	2.0085
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.18. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Karbon_VS-O sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	633.8775	1,321.7600
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	4178.4000	5299.5000	6511.1000	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6,876.6800
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	58.4161	644.9186	644.9186	644.9186
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6,670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2,584.2200
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	2,067.4500	2,876.6100	3,754.9400	4,707.1800	5,739.0100	6,858.0100	8,071.7500	9,387.8300
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_NGCC	CO ₂	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012	190.3012

Çizelge B.19. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-O sonuçları

Bölge	Teknoloji	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK	PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK	PP_NGCC_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7744	7.9644	14.6544	21.9144
TEK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Teknoloji	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK	PP_NGCC_Y	ELC	29.7844	38.3244	47.5944	57.6444	68.5344	80.3444	93.1544	107.0444
TEK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.20. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Karbon_VS-O sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	10,849.1000	11,970.2000	13,181.8000	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	360.5815	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEK BÖLGE	PP_NGCC Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	168.1285	754.6310	1,388.5100	2,076.3900
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEK BÖLGE	PP_NGCC Y	CO ₂	2,822.0800	3,631.2400	4,509.5700	5,461.8100	6,493.6400	7,612.6400	8,826.3800	10,142.4600

Çizelge B.21. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-Y sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.2600
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	11.7024	16.1624	20.9824	26.2424	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	6.8065	6.8065	6.8065
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	11.4260	11.4260	18.1160	18.1160
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_NGCC	ELC	15.1300	23.6700	32.9400	42.9900	53.8800	65.6900	78.5000	92.3900
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_NGCC	ELC	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065	6.8065
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_NGCC	ELC	18.1160	18.1160	18.1160	18.1160	18.1160	18.1160	18.1160	18.1160
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613

MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.22. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Karbon_VS-Y sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	687.8850
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	2941.6100	4062.7100	5274.3100	6596.5000	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	644.9186	644.9186	644.9186
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	1082.6100	1082.6100	1716.4900	1716.4900
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	1,433.5700	2,242.7300	3,121.0700	4,073.3000	5,105.1300	6,224.1300	7,437.8800	8,753.9500
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800	6,876.6800
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186	644.9186
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000	6,670.7000
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	1,716.4900	1,716.4900	1,716.4900	1,716.4900	1,716.4900	1,716.4900	1,716.4900	1,716.4900
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727

Çizelge B.23. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Karbon_VS-Y sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	38.2399	42.6999	47.5199	52.7799	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	0	0	0	0	4.5654	10.7554	17.4454	24.7054
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	32.5754	41.1154	50.3854	60.4354	71.3254	83.1354	95.9454	109.8354
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.24. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Karbon_VS-Y sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	9,612.310 0	10,733.41 00	11,945.01 00	13,267.20 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	432.5697	1,019.070 0	1,652.950 0	2,340.840 0
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38 00	13,547.38
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	CO ₂	3,086.520 0	3,895.680 0	4,774.020 0	5,726.250 0	6,758.080 0	7,877.080 0	9,090.820 0	10,406.90

Çizelge B.25. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5918	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5223
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	1.3400	1.3400
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	8.9114	13.3714	18.1914	23.4514	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.9637	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0300	0.0300	0.0300
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.26. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Mevcut_DS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	548.0071	2,190.02	2,190.02	2,190.02
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	428.49
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	371.2454	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	2,240.05	3,361.16	4,572.75	5,894.95	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	1,136.68	1,537.40
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	2,584.22	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	384.35
USAK	PP_JEO	CO ₂	0	0	0	0	0	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.17	22.17	22.17	22.17
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02	2,190.02
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	1,174.17	1,983.34	2,861.67	3,813.91	4,845.74	5,964.73	7,178.48	8,494.56
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68	6,876.68
KTHY	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40	1,537.40

MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70	6,670.70
MANISA	PP_JEO	CO ₂	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04	4,380.04
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.35	384.35	384.35	384.35	384.35	384.35	384.35	384.35
USAK	PP_JEO	CO ₂	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01	1,095.01
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.17	22.17	22.17	22.17	22.17	22.17	22.17	22.17

Çizelge B.27. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – Mevcut_DS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0	0	0	0	0	1.2946	7.9846	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	35.449	39.909	44.729	49.989	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	0	0	0	0	1.7744	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	0	0	0	0	0	0	0	4.5223
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.28. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – Mevcut_DS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTL E Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	2289.7300	3074.8100
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	8910.7500	10031.8600	11243.4500	12565.6500	13547.3800	13547.3800	13547.3800	13547.3800
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1643.0200	6175.8500	6175.8500	6175.8500
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	428.4916
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTL E Y	CO ₂	3,074.8100	3,074.8100	3,074.8100	3,074.8100	3,074.8100	3,074.8100	3,074.8100	3,074.8100
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800	13,547.3800
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200	2,584.2200
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	6,175.8500	6,175.8500	6,175.8500	6,175.8500	6,175.8500	6,175.8500	6,175.8500	6,175.8500
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	CO ₂	1,174.1700	1,983.3400	2,861.6700	3,813.9100	4,845.7400	5,964.7300	7,178.4800	8,494.5600

Çizelge B.29. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.6806	2.6806
AFYN	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5918	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5223
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	8.9114	13.3714	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.6692	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	17.3720	22.6320	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	1.2946	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806

AFYN	PP_JEO	ELC	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_NGCC	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570	27.3570
KTHY	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340	0.2340
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Çizelge B.30. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YKömürSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	548.0071	2190.020	2190.020	2190.020
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	428.4916
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	2240.050	3361.160	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680
KTHY	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANIS	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	765.4330	1537.400
MANIS	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.700	6670.700	4366.770	5688.970	6670.700	6670.700	6670.700	6670.700
MANIS	PP_JEO	CO ₂	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	4380.040	4380.040	4380.040
MANIS	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	371.2454	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1095.010	1095.010	1095.010
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021
AFYN	PP_JEO	CO ₂	2190.020	2190.020	2190.020	2190.020	2190.020	2190.020	2190.020	2190.020
AFYN	PP_NGCC	CO ₂	1174.170	1983.340	2861.670	3813.910	4845.740	5964.730	7178.480	8494.560
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511

KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680	6876.680
KTHY	PP_JEO	CO ₂	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANIS	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	1537.400	1537.400	1537.400	1537.400	1537.400	1537.400	1537.400	1537.400
MANIS	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.700	6670.700	6670.700	6670.700	6670.700	6670.700	6670.700	6670.700
MANIS	PP_JEO	CO ₂	4380.040	4380.040	4380.040	4380.040	4380.040	4380.040	4380.040	4380.040
MANIS	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010	1095.010
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727

Çizelge B.31. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YKömürSY_YS-HM sonuçları

	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0	0	0	0	0	1.2946	7.9846	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	35.449	39.909	44.729	49.989	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	0	0	0	0	1.7744	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	0	0	0	0	0	0	0	4.5223
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_NGCC_Y	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	51.1423	62.9523	75.7623	89.6523
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022

Çizelge B.32. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YKömürSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıkt	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	2289.7300	3074.8100
	PP_LİNYİT	CO ₂	8910.7500	10031.860	11243.450	12565.650	13547.380	13547.380	13547.380	13547.380
	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200
	PP_JEO_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1643.0200	6175.8500	6175.8500	6175.8500
	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
	PP_NGCC_Y	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	428.4916
Bölge	Santral	Çıkt	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810
	PP_LİNYİT	CO ₂	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38
	PP_JEO	CO ₂	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220
	PP_JEO_Y	CO ₂	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850
	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331
	PP_NGCC_Y	CO ₂	1,174.170	1,983.340	2,861.670	3,813.910	4,845.740	5,964.730	7,178.480	8,494.560

Çizelge B.33. Dört ilde üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0	0	0	0	0	1.2946	2.6806	2.6806
AFYN	PP_LİNYİT	ELC	0	0	0	0	0	0	0	0
AFYN	PP_JEO	ELC	0	0	0	0	0.5918	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	1.6448	6.1671
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0	0	0	0	0	0	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	8.9114	13.3714	18.1914	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357
KTHY	PP_JEO	ELC	0	0	0	0	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
KTHY	PP_RÜZGAR	ELC	0	0	0	0	0	0	0	0
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0	0	0	0	0	0	3.9637	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	22.632	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317	4.5317
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	0	0	0	0	0	0	0	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	0	0	0	0	0	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257

Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	ELC	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806	2.6806
AFYN	PP_LİNYİT	ELC	0	0	0	0	7.216	19.026	31.836	45.726
AFYN	PP_JEO	ELC	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652	2.3652
AFYN	PP_GÜNEŞ	ELC	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211	0.1211
AFYN	PP_RÜZGAR	ELC	6.7802	6.7802	6.7802	6.7802	6.7802	6.7802	6.7802	6.7802
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
KTHY	PP_LİNYİT	ELC	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357	27.357
KTHY	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
KTHY	PP_NGCC	ELC	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165	0.6165
KTHY	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
KTHY	PP_RÜZGAR	ELC	1.498	1.498	1.498	1.498	1.498	1.498	1.498	1.498
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	ELC	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611	5.3611
MANISA	PP_LİNYİT	ELC	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375	26.5375
MANISA	PP_JEO	ELC	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304	4.7304
MANISA	PP_NGCC	ELC	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606	6.8606
MANISA	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613
MANISA	PP_RÜZGAR	ELC	10.2906	18.8306	28.1006	38.1506	41.801	41.801	41.801	41.801
USAK	PP_BİYOKÜTLE	ELC	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403	1.3403
USAK	PP_JEO	ELC	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826	1.1826
USAK	PP_NGCC	ELC	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234
USAK	PP_GÜNEŞ	ELC	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251	0.0251
USAK	PP_RÜZGAR	ELC	0.4257	0.4257	0.4257	0.4257	0.4494	0.4494	0.4494	0.4494

Çizelge B.34. İl bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YDgazSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	371.2454	768.7021	768.7021
AFYN	PP_LİNYİT	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
AFYN	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	548.0071	2190.0200	2190.0200	2190.0200
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	2240.0500	3361.1600	4572.7500	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800
KTHY	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1136.6800	1537.4000
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	5688.9700	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	2584.2200	4380.0400	4380.0400	4380.0400
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1095.0100	1095.0100	1095.0100
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AFYN	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021	768.7021
AFYN	PP_LİNYİT	CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1813.8800	4782.5400	8002.5700	11494.0700
AFYN	PP_JEO	CO ₂	2190.0200	2190.0200	2190.0200	2190.0200	2190.0200	2190.0200	2190.0200	2190.0200
KTHY	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
KTHY	PP_LİNYİT	CO ₂	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800	6876.6800

KTHY	PP_JEO	CO ₂	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100
KTHY	PP_NGCC	CO ₂	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161	58.4161
MANISA	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	1537.4000	1537.4000	1537.4000	1537.4000	1537.4000	1537.4000	1537.4000	1537.4000
MANISA	PP_LİNYİT	CO ₂	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000	6670.7000
MANISA	PP_JEO	CO ₂	4380.0400	4380.0400	4380.0400	4380.0400	4380.0400	4380.0400	4380.0400	4380.0400
MANISA	PP_NGCC	CO ₂	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442	650.0442
USAK	PP_BİYOKÜTLE	CO ₂	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511	384.3511
USAK	PP_JEO	CO ₂	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100	1095.0100
USAK	PP_NGCC	CO ₂	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727	22.1727

Çizelge B.35. Bölge toplamında üretilen elektrik enerjisi sonuçları (PJ) – YDgazSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0	0	0	0	0	1.2946	7.9846	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	35.449	39.909	44.729	49.989	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT_Y	ELC	0	0	0	0	0	0	0	0
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	0	0	0	0	1.7744	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR_Y	ELC	0	0	0	0	0	0	0	4.5223
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222	10.7222
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT_Y	ELC	0	0	0	0	7.216	19.026	31.836	45.726
TEK BÖLGE	PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	ELC	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699	6.6699
TEK BÖLGE	PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112
TEK BÖLGE	PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
TEK BÖLGE	PP_RÜZGAR_Y	ELC	12.3923	20.9323	30.2023	40.2523	43.9263	43.9263	43.9263	43.9263

Çizelge B.36. Bölge bazında üretilen CO₂ emisyon miktarı (kt CO₂) – YDgazSY_YS-HM sonuçları

Bölge	Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTL	CO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	371.245	2289.730	0.000
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	8910.750	10031.860	11243.450	12565.650	13547.380	13547.380	13547.380	8910.750
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT_Y	CO ₂	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2584.220	2584.220	2584.2200	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220	2584.220
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	0.000	0.000	0.0000	0.000	1643.020	6175.850	6175.850	0.000
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.633	730.633	730.6331	730.633	730.633	730.633	730.633	730.633
Bölge	Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TEK BÖLGE	PP_BİYOKÜTL	CO ₂	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810	3,074.810
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT	CO ₂	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38	13,547.38
TEK BÖLGE	PP_LİNYİT_Y	CO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	1,813.880	4,782.540	8,002.570	0.000
TEK BÖLGE	PP_JEO	CO ₂	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220	2,584.220
TEK BÖLGE	PP_JEO_Y	CO ₂	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850	6,175.850
TEK BÖLGE	PP_NGCC	CO ₂	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331	730.6331

Çizelge B.37. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	1.4101	8.0585	10.6063
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7910	4.5652	9.3450	9.3865	9.3870
PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7115	7.7116	12.4232
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.6089	10.6318	10.6319	10.6327	10.7157	10.7157	10.7220	10.7220
PP_JEO	ELC	9.3872	9.4603	9.4603	9.4605	9.4606	9.4606	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8947	53.8947	53.8946	53.8947	53.8952
PP_NGCC	ELC	20.2905	28.7344	38.0043	48.0532	58.8601	70.6701	83.4736	97.3631
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.38. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6020	6.6015	6.5924	6.5986	6.5873	6.6019	6.6013	6.6032
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1693	0.2152	0.0074	0.2150	0.2162	0.2151	0.2160	0.2163
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0440	1.0314	1.3950	1.6493	1.6623
PP_JEO	ELC	2.7908	2.7839	2.7928	2.8840	3.0698	3.2626	3.3590	3.8408
PP_LİNYİT	ELC	43.1930	47.6238	52.6574	53.8474	53.8383	53.8951	53.9195	53.9164
PP_NGCC	ELC	0.0138	0.0056	0.0000	3.7067	8.2284	13.8024	20.1225	26.8851
PP_NG	ELC	0.0010	0.0000	0.0000	0.0144	0.0187	0.0078	0.0023	0.0060
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6019	6.6049	6.6122	6.6158	6.6172	6.6065	6.6190	6.6241
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1907	0.2159	0.0294	0.0295	0.2135	0.2120	0.2137	0.2108
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	3.0898	4.5165	5.3149	5.3953	6.0898	8.4824	8.6000	9.3228
PP_JEO	ELC	4.4019	4.6063	4.6217	5.0507	5.1565	6.8231	9.4464	9.4591
PP_LİNYİT	ELC	53.9072	53.9285	53.9822	54.2514	54.4007	54.4037	54.7268	54.7334
PP_NGCC	ELC	32.8067	39.6678	48.2122	57.4797	67.2723	74.9959	84.7532	97.8310
PP_NG	ELC	0.0019	0.0001	0.0375	0.0376	0.0000	0.0363	0.0108	0.0788

Çizelge B.39. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6013	6.6022	6.6020	6.6021	6.6022	6.6015	6.6021
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2152	0.2155	0.2165	0.2163	0.2164	0.2153	0.2166	0.2166
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0007	0.0027	0.0532	1.7509	2.2013	3.5373	4.8423
PP_JEO	ELC	2.7905	2.7907	2.7912	2.7927	2.8939	3.6179	3.6742	5.2973
PP_LİNYİT	ELC	43.1621	47.5151	52.4354	53.8942	53.8921	53.8944	53.8943	53.8945
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.1066	0.0019	3.7510	7.6345	12.6484	17.9460	22.2769
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0001	0.0005	0.0001	0.0005	0.0000	0.0003
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6020	6.6022	6.6019	6.6020	6.6020	6.6022	6.6023	6.6023
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2166	0.2161	0.2165	0.2166	0.2167	0.2167	0.2165	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	5.1034	5.6651	5.6949	5.9138	6.4398	6.8249	9.4395	10.7097
PP_JEO	ELC	5.3093	5.4520	5.6492	5.9547	6.3750	6.7817	9.2674	9.4541
PP_LİNYİT	ELC	53.8966	53.8987	53.8990	53.9067	53.9091	53.9192	53.9343	54.0360
PP_NGCC	ELC	29.8714	37.7052	46.7473	56.2653	66.2057	77.2147	84.9091	97.2391
PP_NG	ELC	0.0008	0.0007	0.0013	0.0009	0.0016	0.0007	0.0010	0.0021

Çizelge B.40. Mevcut_DS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.4865	6.4430	6.5658	6.5592	6.5840	6.5841	6.5821	6.5920
PP_GÜNEŞ	ELC	0.0713	0.1827	0.1692	0.1997	0.2105	0.2020	0.2021	0.2003
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0169	0.0325	0.0462	0.2296	0.9583	1.0169	1.2400	1.3311
PP_JEO	ELC	2.7513	2.7439	2.7766	2.7710	2.7873	2.7710	2.7835	2.8706
PP_LİNYİT	ELC	43.0890	47.8179	52.1383	53.6883	53.8576	53.8887	53.8258	53.8802
PP_NGCC	ELC	0.3503	0.0075	0.3312	3.8277	8.4620	14.5796	20.9995	28.2134
PP_NG	ELC	0.0047	0.0026	0.0227	0.0346	0.1303	0.1376	0.2371	0.0425
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.5883	6.6012	6.5975	6.6714	6.7211	6.7338	6.9945	7.1025
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1984	0.1879	0.2172	0.1960	0.2165	0.2078	0.2035	0.2179
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	3.1564	5.1767	5.2707	6.0483	6.6480	7.2634	7.4159	9.2093
PP_JEO	ELC	3.6618	4.9152	5.3301	7.5626	8.3206	8.2993	8.3270	9.3284
PP_LİNYİT	ELC	53.8645	54.0007	53.9936	54.0319	54.0306	54.2468	54.7126	58.2014
PP_NGCC	ELC	33.5123	38.4135	46.8470	54.1767	63.5184	72.5853	86.5450	89.3384
PP_NG	ELC	0.0184	0.2448	0.5538	0.1730	0.2948	2.2237	0.1716	4.8620

Çizelge B.41. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2948	7.9848	10.7218
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.5654	9.4606	9.4606	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	12.2340
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7218	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220
PP_JEO	ELC	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	20.1040	28.6438	37.9138	47.9638	58.8538	70.6638	83.4738	97.3638
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.42. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.5999	6.5977	6.6020	6.6024	6.6027	6.6023	6.6042
PP_GÜNEŞ	ELC	0.0739	0.0295	0.2084	0.2160	0.2165	0.2167	0.2162	0.2160
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0001	0.0000	0.0000	0.0038	0.0109	3.1786	4.3185	4.4135
PP_JEO	ELC	2.7922	2.7928	2.7924	2.7942	4.5365	7.4144	7.6559	7.8042
PP_LİNYİT	ELC	43.3012	47.8078	52.4508	53.8945	53.8945	53.8924	53.8945	53.8918
PP_NGCC	ELC	0.0005	0.0000	0.0007	3.7995	7.7292	7.8751	13.1807	20.2002
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0019	0.0001
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6037	6.6062	6.6058	6.6075	6.6205	6.6210	6.6219	6.6215
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2160	0.2166	0.2148	0.2167	0.2166	0.2154	0.2167	0.2169
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	4.4439	4.5936	4.7982	5.7848	9.3549	9.5499	9.9508	10.7001
PP_JEO	ELC	7.8048	8.2344	8.5758	8.5818	8.5877	8.7636	9.1917	9.3436
PP_LİNYİT	ELC	53.8939	53.8943	53.8945	53.8945	53.8939	53.8928	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	28.0350	35.9948	44.7209	53.7651	61.0714	72.5172	84.4938	97.4834
PP_NG	ELC	0.0026	0.0001	0.0000	0.0096	0.0050	0.0001	0.0006	0.0000

Çizelge B.43. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (P] cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6017	6.5998	6.6018	6.6020	6.6021	6.6016	6.6020	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2133	0.2157	0.2164	0.2166	0.2163	0.2163	0.2159	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0001	0.0001	0.0003	0.0041	1.0680	1.8044	2.0293	4.6765
PP_JEO	ELC	2.7898	2.7895	2.7899	2.7912	2.9257	5.3860	5.9774	5.9985
PP_LİNYİT	ELC	43.1638	47.6246	52.4407	53.8940	53.8943	53.8941	53.8945	53.8936
PP_NGCC	ELC	0.0013	0.0004	0.0006	3.8016	8.2830	11.2749	17.1488	21.7354
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004	0.0007	0.0028	0.0020	0.0073
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6020	6.6022	6.6022	6.6013	6.6026	6.6044	6.6091	6.6093
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2165	0.2165	0.2159	0.2160	0.2166	0.2165	0.2164	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	5.8512	6.0229	9.3522	10.3751	10.6627	10.6892	10.7041	10.7218
PP_JEO	ELC	7.0255	8.6791	8.8382	9.0530	9.2539	9.4308	9.4485	9.4555
PP_LİNYİT	ELC	53.8939	53.8937	53.8937	53.8924	53.8942	53.8940	53.8943	53.8941
PP_NGCC	ELC	27.4044	34.1143	39.8852	48.7179	59.1040	70.6995	83.4608	97.3270
PP_NG	ELC	0.0065	0.0113	0.0226	0.0043	0.0160	0.0256	0.0369	0.0357

Çizelge B.44. YKömürSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5842	6.5728	6.5873	6.5989	6.5885	6.5989	6.5932	6.6025
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1966	0.2050	0.2075	0.1995	0.2101	0.1693	0.1969	0.2151
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0028	0.0046	0.0045	0.0757	0.3569	1.7101	4.6848	5.2882
PP_JEO	ELC	2.6529	2.7438	2.7887	2.7834	2.8287	3.0467	3.1824	3.6034
PP_LİNYİT	ELC	43.3231	47.6959	52.4597	53.6143	53.8661	53.8801	53.7840	53.8858
PP_NGCC	ELC	0.0095	0.0076	0.0020	4.0345	9.1360	13.7251	17.3920	23.5281
PP_NG	ELC	0.0009	0.0003	0.0002	0.0038	0.0036	0.0498	0.0367	0.0068
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.5902	6.5895	6.6035	6.6020	6.6011	6.6125	6.6768	6.6780
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1993	0.2041	0.2154	0.2138	0.2026	0.2081	0.2167	0.2114
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	5.4458	5.4487	5.7028	6.4561	6.6772	6.7256	6.9635	10.6866
PP_JEO	ELC	3.6780	3.8226	6.3979	6.7712	7.6234	8.0554	8.7634	9.4240
PP_LİNYİT	ELC	53.8706	53.8852	53.8907	53.8939	53.8685	53.7838	53.8658	53.8935
PP_NGCC	ELC	31.1667	39.5440	45.9420	54.8601	63.8705	75.6640	87.7229	96.4044
PP_NG	ELC	0.0494	0.0459	0.0577	0.0629	0.9067	0.5105	0.1609	0.9621

Çizelge B.45. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	7.9846	10.7220
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.5654	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	58.4166
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	7.7112	7.7112	7.7112	7.7117
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220
PP_JEO	ELC	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	66.2866	74.8266	84.0966	94.1466	105.0366	116.8466	129.6566	143.5466
PP_NGCC	ELC	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.46. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5996	6.5982	6.5953	6.5958	6.5978	6.6033	6.6012	6.6033
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2164	0.2114	0.1384	0.2155	0.2117	0.2096	0.2162	0.2139
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0002	0.0000	0.1649	1.1044	4.9337	8.5537	10.5104
PP_JEO	ELC	2.7851	2.7914	2.7902	2.7937	3.4362	5.8106	8.4224	9.1216
PP_LİNYİT	ELC	43.1628	47.6226	52.5261	53.8945	53.9295	53.9337	54.5552	58.9856
PP_NGCC	ELC	0.0060	0.0063	0.0000	3.6456	7.7105	7.6890	7.5214	7.6951
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6007	6.6129	6.6080	6.6135	6.6149	6.6135	6.6153	6.6146
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2163	0.2165	0.2167	0.2165	0.2157	0.2153	0.2159	0.2166
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7203	10.7218	10.7220	10.7220	10.7031	10.7220	10.7220	10.7219
PP_JEO	ELC	9.1399	9.2183	9.4608	9.4608	9.4607	9.4608	9.4608	9.4600
PP_LİNYİT	ELC	66.6111	75.0588	84.0908	94.1355	105.0439	116.8366	129.6635	143.5369
PP_NGCC	ELC	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.6925	7.7099
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.47. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6015	6.6021	6.6017	6.6021	6.6022	6.6022	6.6021	6.6023
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2161	0.2144	0.2142	0.2166	0.2164	0.2165	0.2167	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0001	0.0006	0.0009	0.0064	0.4091	2.6889	8.4621	10.6434
PP_JEO	ELC	2.7906	2.7910	2.7912	2.8078	4.1563	8.0182	8.9320	9.1484
PP_LİNYİT	ELC	43.1617	47.5446	52.4402	53.8943	53.8956	53.9450	53.9468	58.8084
PP_NGCC	ELC	0.0001	0.0774	0.0017	3.7829	7.7104	7.7092	7.7103	7.7111
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6024	6.6027	6.6031	6.6035	6.6040	6.6049	6.7012
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2166	0.2166	0.2166	0.2167	0.2164	0.2164
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.6505	10.6964	10.6987	10.7058	10.7192	10.7214	10.7219	10.7219
PP_JEO	ELC	9.1511	9.3103	9.4051	9.4382	9.4533	9.4584	9.4600	9.4607
PP_LİNYİT	ELC	66.6708	75.0035	84.1768	94.1854	105.0462	116.8487	129.6566	143.4503
PP_NGCC	ELC	7.7088	7.7108	7.7102	7.7110	7.7111	7.7108	7.7102	7.7095
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.48. YDgazSY_YS algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5065	6.5951	6.5917	6.5931	6.6009	6.5634	6.5984	6.6005
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1725	0.1575	0.1400	0.2122	0.2079	0.2145	0.2078	0.2169
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0136	0.0406	0.0572	0.2435	0.4764	2.8924	5.9414	9.9007
PP_JEO	ELC	2.6949	2.7810	2.7263	2.7974	4.0532	7.3659	8.4980	8.8448
PP_LİNYİT	ELC	43.3774	47.6273	52.5238	53.8850	53.9640	54.4673	57.0104	59.8761
PP_NGCC	ELC	0.0050	0.0285	0.0111	3.5788	7.6876	7.6766	7.6140	7.6911
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6186	6.7185	6.9073	7.4965	7.9469	7.9722	19.4923	19.5975
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2138	0.2139	0.2134	0.2201	0.2102	0.2171	0.2130	0.2201
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.4825	10.5487	10.5601	10.6977	10.7162	10.6951	10.7177	10.7196
PP_JEO	ELC	9.1759	9.3902	9.4368	9.4501	9.4501	9.4584	9.4507	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	66.8263	74.9657	84.0590	93.2915	103.7332	115.5110	116.7872	130.5621
PP_NGCC	ELC	7.6829	7.7032	7.6335	7.7042	7.6934	7.7062	7.7092	7.7000
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.49. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0010
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4402	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	9.4856	15.6756	22.3646	29.6246
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0011	0.0041	0.0041	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
PP_JEO	ELC	2.7913	2.7913	2.7913	2.7913	2.7922	2.7922	2.7922	2.7922
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8946	53.8946	53.8946	53.8946	53.8947
PP_NGCC	ELC	37.4942	46.0311	55.3011	65.3504	76.2395	88.0495	100.8595	114.7493
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.50. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6012	6.5999	6.6014	6.5993	6.6025	6.5949	6.6105	6.6104
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2166	0.2046	0.1884	0.2129	0.1927	0.2040	0.2155	0.1988
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0001	0.0061	0.0761	0.1896	0.1908	2.3526	2.6894
PP_JEO	ELC	2.7545	2.7923	2.7821	2.7825	2.7938	2.7645	2.7979	2.7905
PP_LİNYİT	ELC	43.1921	47.6021	52.4716	53.8645	53.8952	53.8947	53.8855	53.8976
PP_NGCC	ELC	0.0040	0.0310	0.0004	3.7699	9.3145	15.5043	19.9512	26.9323
PP_NG	ELC	0.0017	0.0000	0.0000	0.0048	0.0018	0.0267	0.0567	0.0109
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6102	6.6071	6.6089	6.6152	6.6107	6.6159	6.6494	6.6378
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2121	0.2163	0.2158	0.2166	0.2089	0.2098	0.1898	0.2057
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	3.0401	3.1265	3.5031	4.1802	4.7688	8.8370	10.0383	10.4335
PP_JEO	ELC	2.8028	2.8070	2.8229	2.8549	2.8440	2.8797	3.1295	3.1640
PP_LİNYİT	ELC	53.8978	53.8979	53.9218	53.9158	53.9250	53.9335	53.9599	54.2298
PP_NGCC	ELC	34.3837	42.8635	51.7263	61.0232	71.3340	79.0456	90.3200	103.5870
PP_NG	ELC	0.0533	0.0217	0.0112	0.0541	0.0587	0.0385	0.0831	0.0022

Çizelge B.51. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6007	6.6009	6.6021	6.6013	6.6021	6.6016	6.6020	6.6001
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2166	0.2163	0.2157	0.2155	0.2162	0.2154	0.2161	0.2161
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0009	0.0008	0.0005	0.0009	0.0022	0.0666	0.2694	0.3682
PP_JEO	ELC	2.7531	2.7900	2.7347	2.7813	2.7905	2.7864	2.7905	2.7894
PP_LİNYİT	ELC	43.1984	47.6207	52.4963	53.8810	53.8934	53.8891	53.8927	53.8837
PP_NGCC	ELC	0.0002	0.0012	0.0005	3.8296	9.4856	15.6202	22.0985	29.2695
PP_NG	ELC	0.0000	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0007	0.0008	0.0030
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6023	6.6011	6.6021	6.6023	6.6015	6.6016	6.6022	6.6025
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2162	0.2148	0.2158	0.2165	0.2158	0.2164	0.2165	0.2151
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.5570	1.9506	2.3669	5.4386	5.7197	6.2767	10.2185	10.4119
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7889	2.7916	2.7877	2.7929	2.8278	2.8427	2.8461
PP_LİNYİT	ELC	53.8801	53.8732	53.8902	53.8977	53.9105	53.9162	54.3849	54.4159
PP_NGCC	ELC	36.9503	44.1030	52.9311	59.8975	70.5088	81.7145	90.0908	103.7505
PP_NG	ELC	0.0033	0.0084	0.0123	0.0197	0.0007	0.0069	0.0144	0.0179

Çizelge B.52. Karbon_VS-D algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5826	6.5816	6.5368	6.5948	6.5773	6.5823	6.5904	6.5836
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1697	0.1833	0.1291	0.1763	0.1807	0.1890	0.1986	0.2118
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0083	0.0228	0.0542	0.1064	0.1332	0.3799	0.3766	0.4948
PP_JEO	ELC	2.5715	2.4143	2.6813	2.7528	2.7383	2.6668	2.7906	2.7435
PP_LİNYİT	ELC	43.4174	47.7971	49.2043	49.8979	53.4125	53.8214	53.8384	53.1829
PP_NGCC	ELC	0.0202	0.2280	3.4244	7.7784	9.9408	15.5219	22.0754	29.7144
PP_NG	ELC	0.0004	0.0029	0.0199	0.0035	0.0073	0.0188	0.0000	0.1989
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.5925	6.5796	6.5606	6.5947	6.5930	6.5959	6.6240	6.6372
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2155	0.2117	0.2035	0.2000	0.2139	0.2014	0.2072	0.2113
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.6242	2.1116	2.4810	5.4871	6.3254	9.9095	10.3640	10.6884
PP_JEO	ELC	2.7648	2.7835	2.6641	2.8379	2.8509	2.9334	3.0972	4.2903
PP_LİNYİT	ELC	53.7683	53.8848	53.8094	53.8461	53.9241	53.9103	54.7719	58.5127
PP_NGCC	ELC	37.0090	43.8141	53.0125	59.8292	69.6978	77.6605	88.9921	97.6076
PP_NG	ELC	0.0257	0.1547	0.0788	0.0651	0.1449	0.3490	0.3136	0.3126

Çizelge B.53. Karbon_VS-0 algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
PP_LİNYİT	ELC	43.1601	47.6201	52.4401	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	3.8056	9.4856	15.6756	22.3656	29.6256
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0091	0.0091	0.0091	0.0094	0.0102	0.0102
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	37.4956	46.0356	55.2966	65.3465	76.2365	88.0463	100.8555	114.7455
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.54. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6021	6.6015	6.6016	6.6012	6.6018	6.6017	6.6045	6.6019
PP_GÜNEŞ	ELC	0.0000	0.0029	0.2140	0.2161	0.2167	0.2159	0.2128	0.2113
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0133	1.4551	1.9664	1.9880
PP_JEO	ELC	0.0000	2.7731	2.7706	2.7904	2.7909	2.7403	2.7908	2.7906
PP_LİNYİT	ELC	46.1679	47.8525	52.4629	53.8725	53.8681	53.8949	53.8427	53.8962
PP_NGCC	ELC	0.0000	0.0000	0.0010	3.8168	9.4966	14.0822	20.2549	27.5828
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0026	0.1900	0.1978	0.0592
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6237	6.6293	6.6319	6.6345	6.6349	6.6545	6.6517	6.6557
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2012	0.2157	0.2060	0.2102	0.2142	0.2148	0.2100	0.2240
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	2.3687	2.3926	2.6773	2.6935	2.7718	2.8497	3.0080	5.6863
PP_JEO	ELC	2.7740	2.7857	2.7899	2.7896	2.7912	2.9056	2.9104	2.9105
PP_LİNYİT	ELC	53.8955	53.8772	53.9139	53.9234	53.9259	53.9276	53.9186	53.9953
PP_NGCC	ELC	34.9435	43.6384	52.4644	62.6055	73.3677	84.6760	97.4549	108.5556
PP_NG	ELC	0.1935	0.0011	0.1265	0.0033	0.0444	0.3319	0.2164	0.2324

Çizelge B.55. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6019	6.6020	6.6006	6.6010	6.5998	6.6021	6.6021	6.6021
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2163	0.2161	0.2164	0.2162	0.2155	0.2148	0.2141	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0008	0.0009	0.0009	0.0005	0.0011	0.0016	0.0044	0.0053
PP_JEO	ELC	1.1444	2.7888	2.3237	2.7857	2.7820	2.7892	2.7672	2.7829
PP_LİNYİT	ELC	44.8049	47.6190	52.8951	53.6119	53.8736	53.8837	53.8811	53.7502
PP_NGCC	ELC	0.0014	0.0024	0.0127	4.0947	9.5175	15.6883	22.4003	29.7722
PP_NG	ELC	0.0003	0.0007	0.0006	0.0001	0.0006	0.0003	0.0009	0.0007
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6014	6.6010	6.5998	6.6022	6.6022	6.6023	6.6027	6.6256
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2161	0.2164	0.2148	0.2164	0.2165	0.2167	0.2162	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0653	0.1194	0.1535	0.8939	1.0899	1.8234	2.0764	2.3316
PP_JEO	ELC	2.7906	2.7905	2.7902	2.7887	2.7915	2.7900	2.7908	2.7941
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8781	53.8925	53.8935	53.8962	53.8991	53.9004	54.1877
PP_NGCC	ELC	37.4319	45.9341	55.1556	64.4635	75.1522	86.1700	98.7671	112.0978
PP_NG	ELC	0.0002	0.0005	0.0037	0.0018	0.0015	0.0584	0.0164	0.0067

Çizelge B.56. Karbon_VS-O algoritma sonuçları- (P] cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5921	6.5364	6.5646	6.5437	6.5938	6.5887	6.5874	6.5954
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2040	0.1370	0.2032	0.1983	0.2069	0.2028	0.1653	0.1991
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0070	0.0031	0.0183	0.0622	0.0769	0.1993	0.3036	0.3449
PP_JEO	ELC	2.7163	2.1703	1.8947	1.6295	2.6537	2.7163	2.6716	2.7137
PP_LİNYİT	ELC	43.2211	48.2941	53.3495	52.8570	52.9181	52.3224	53.8204	52.9588
PP_NGCC	ELC	0.0277	0.0615	0.0107	5.9784	10.5367	17.1334	22.3176	30.3065
PP_NG	ELC	0.0018	0.0278	0.0089	0.0408	0.0039	0.0170	0.0041	0.0118
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6087	6.6584	6.6701	6.6667	6.8410	6.9116	7.0880	7.3676
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1919	0.2050	0.2047	0.1897	0.1892	0.2157	0.2075	0.1992
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.4690	4.2893	5.7931	5.8851	6.6367	9.7086	10.3852	10.6169
PP_JEO	ELC	2.5945	2.7568	2.7456	2.7133	2.7626	2.7639	2.8009	2.8816
PP_LİNYİT	ELC	52.9678	53.8627	53.7802	53.6183	53.8627	57.9327	67.2240	67.4037
PP_NGCC	ELC	38.0931	41.6708	49.2155	59.4997	69.4445	73.4256	73.8944	87.9896
PP_NG	ELC	0.0750	0.0971	0.4008	0.2872	0.0134	0.6018	2.7699	1.8012

Çizelge B.57. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PP_LİNYİT	ELC	38.2399	42.6999	47.5199	52.7799	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	12.2766	18.4666	25.1566	32.4166
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	40.2866	48.8266	58.0966	68.1466	79.0366	90.8466	103.6566	117.5466
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.58. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6048	6.6025	6.6026	6.6038	6.6074	6.6343	6.6769	6.6728
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2082	0.0008	0.0014	0.0111	0.2124	0.2136	0.2165	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0007	0.0000
PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0222	0.0000	0.0000	0.0001
PP_LİNYİT	ELC	39.0771	42.9178	47.7104	53.2321	53.8918	53.8694	53.8908	53.7929
PP_NGCC	ELC	6.8779	7.7088	7.7332	7.4629	12.2529	18.4627	25.0850	32.4475
PP_NG	ELC	0.0019	0.0000	0.0023	0.0000	0.0032	0.0000	0.0001	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6753	6.6624	6.6746	6.6945	6.7449	6.7451	6.7654	6.7793
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2171	0.2167	0.1807	0.2163	0.2186	0.2191	0.2240	0.2342
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0047	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0128
PP_JEO	ELC	0.0000	0.0000	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PP_LİNYİT	ELC	53.8997	53.8640	53.8839	53.9002	53.8854	53.8524	53.9066	53.9165
PP_NGCC	ELC	40.2059	48.7945	58.0511	68.0490	78.8956	90.7434	103.4639	117.3172
PP_NG	ELC	0.0020	0.0024	0.0046	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.59. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6017	6.6022	6.6021	6.6022	6.6022	6.6022	6.6023	6.6023
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2166	0.2166	0.2163	0.2166	0.2165	0.2166	0.2165	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0002	0.0003	0.0005	0.0004	0.0006	0.0010	0.0008	0.0019
PP_JEO	ELC	0.0001	0.0001	0.0009	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002
PP_LİNYİT	ELC	38.1993	42.6485	47.4366	52.6987	53.8015	53.8380	53.8811	53.8934
PP_NGCC	ELC	7.7520	7.7616	7.7934	7.7921	12.3690	18.5219	25.1690	32.4134
PP_NG	ELC	0.0001	0.0007	0.0002	0.0000	0.0002	0.0001	0.0004	0.0022
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6023	6.5992	6.6027	6.6038	6.6048	6.6057	6.6060	6.6068
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2166	0.2167	0.2165	0.2164	0.2166	0.2166	0.2166	0.2166
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0033	0.0000	0.0178	0.0243	0.0252	0.0804	0.0807	0.0807
PP_JEO	ELC	0.0003	0.0007	0.0005	0.0001	0.0001	0.0005	0.0004	0.0001
PP_LİNYİT	ELC	53.8930	53.8801	53.8945	53.8944	53.8942	53.8934	53.8940	53.8947
PP_NGCC	ELC	40.2823	48.8433	58.0764	68.1209	79.0066	90.7615	103.5590	117.4594
PP_NG	ELC	0.0021	0.0000	0.0016	0.0001	0.0025	0.0020	0.0133	0.0016

Çizelge B.60. Karbon_VS-Y algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5466	6.5688	6.6013	6.5328	6.5938	6.5765	6.6034	6.6030
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1926	0.1929	0.0910	0.2030	0.2006	0.1665	0.2025	0.2122
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0015	0.0028	0.0137	0.0214	0.0451	0.0200	0.0305	0.0861
PP_JEO	ELC	0.0036	0.0004	0.0014	0.0025	0.0099	0.0079	0.0000	0.0015
PP_LİNYİT	ELC	41.0527	44.5239	49.1101	53.1927	53.7225	52.2232	53.5370	53.1326
PP_NGCC	ELC	4.9673	5.9329	6.2280	7.3442	12.3844	20.1639	25.4667	33.0227
PP_NG	ELC	0.0057	0.0083	0.0045	0.0134	0.0337	0.0220	0.0298	0.0719
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.5936	6.6231	6.6322	6.7697	6.8407	6.8676	6.9225	6.9391
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2130	0.1947	0.2015	0.2130	0.2071	0.2158	0.2146	0.2290
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.1641	0.1800	0.3785	0.4233	0.3789	2.2376	2.4922	2.5097
PP_JEO	ELC	0.0290	0.0320	0.0215	0.0171	0.0057	0.0011	0.0304	0.0388
PP_LİNYİT	ELC	53.9042	53.9159	53.8804	53.9141	53.8384	53.9309	53.9942	53.9675
PP_NGCC	ELC	39.7830	48.5113	57.4144	67.4004	78.4391	88.0211	99.7565	113.8174
PP_NG	ELC	0.3130	0.0829	0.2814	0.1224	0.0401	0.2859	0.9594	0.7584

Çizelge B.61. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2166	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	1.3209	7.9943	10.2970
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7910	2.7918	4.5652	9.4307	9.4519	9.4551
PP_LİNYİT	ELC	35.4491	39.9090	44.7289	49.9881	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	7.7110	7.7111	7.7112	7.7112	7.7113	7.7150	7.7104	12.6644
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6023	6.6023	6.6025	6.6025	6.6025	6.6026	6.6025	6.6027
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7218	10.7219	10.7219	10.7219	10.7219	10.7219	10.7220	10.7220
PP_JEO	ELC	9.4559	9.4559	9.4561	9.4562	9.4564	9.4568	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8944	53.8945	53.8945	53.8945	53.8944	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	20.1088	28.6489	37.9184	47.9682	58.8580	70.6676	83.4735	97.3632
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.62. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5942	6.6037	6.6050	6.6511	6.6637	6.6676	6.6719	6.8617
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1687	0.2051	0.2135	0.2053	0.0000	0.1829	0.2002	0.1547
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0012	0.0043	2.2408	2.3419	2.8860	3.1662	3.2626	3.2897
PP_JEO	ELC	2.8129	2.8442	3.1500	3.2707	3.3648	3.7255	3.6810	3.7213
PP_LİNYİT	ELC	35.5991	40.7280	42.0649	47.1786	52.3782	51.8763	53.2431	53.8220
PP_NGCC	ELC	7.5938	6.8447	7.7080	7.6622	7.6973	13.5613	18.7588	25.2642
PP_NG	ELC	0.0001	0.0000	0.0679	0.0003	0.0000	0.0003	0.0524	0.0164
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.9102	7.0039	7.1867	7.1782	7.1897	7.4514	7.4515	7.4845
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1691	0.2160	0.2166	0.1755	0.1199	0.2090	0.2148	0.1943
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	3.3269	3.4196	3.4189	3.5335	5.7215	5.8314	5.9873	9.6264
PP_JEO	ELC	3.8530	3.8652	4.2123	4.3776	5.6596	6.4125	6.5535	8.9972
PP_LİNYİT	ELC	53.8887	53.8923	53.8870	53.8675	53.7798	53.3009	53.8847	53.6818
PP_NGCC	ELC	32.8521	41.1428	49.8824	59.7089	67.2795	78.1838	90.1235	98.2703
PP_NG	ELC	0.0000	0.0002	0.0061	0.0188	0.0000	0.1710	0.1545	0.0055

Çizelge B.63. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6017	6.6020	6.6145	6.6151	6.6227	6.6309	6.6315	6.6321
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2164	0.2154	0.2164	0.2141	0.2164	0.2164	0.2153	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0287	0.0348	0.4779	1.1700	2.3513	5.0057	5.9954	7.2224
PP_JEO	ELC	2.8074	2.8122	3.3568	3.4025	3.5152	4.3651	5.6930	7.8628
PP_LİNYİT	ELC	36.9779	39.8637	43.6718	48.2400	52.5599	53.8319	53.8297	53.8930
PP_NGCC	ELC	6.1379	7.7016	7.7120	7.6675	7.7240	9.1290	13.5034	17.3029
PP_NG	ELC	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0005	0.0010	0.0017	0.0003
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6839	6.6971	6.7473	6.7616	6.8372	6.8493	6.8670	6.8752
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2155	0.2165	0.2157	0.2145	0.2156	0.2148	0.2167	0.2170
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	7.3954	7.6882	7.7681	8.9641	9.0191	10.0482	10.4217	10.4675
PP_JEO	ELC	8.0864	8.1959	8.8342	8.8992	9.2086	9.3774	9.4286	9.4594
PP_LİNYİT	ELC	53.8833	53.8900	53.8884	53.7958	53.8450	53.8900	53.8944	53.8895
PP_NGCC	ELC	24.7307	32.8519	41.3512	50.2248	60.6215	71.1635	83.5336	97.3510
PP_NG	ELC	0.0049	0.0003	0.0052	0.0001	0.0030	0.0169	0.0080	0.0004

Çizelge B.64. Mevcut_DS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5824	6.5920	6.6000	6.6171	6.6258	6.7430	6.8015	6.8025
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1649	0.2077	0.1967	0.1422	0.1976	0.2077	0.1518	0.1828
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.9447	1.5598	1.8196	2.2819	2.3931	2.5064	2.9897	3.5254
PP_JEO	ELC	2.7376	2.8049	2.9444	3.0091	3.0136	3.1249	4.1742	4.4138
PP_LİNYİT	ELC	36.9180	35.2344	39.5124	40.9518	46.5162	39.5318	41.7066	47.6413
PP_NGCC	ELC	5.4077	10.8196	10.9345	14.2730	14.2435	27.0417	30.0439	30.5516
PP_NG	ELC	0.0148	0.0116	0.0423	0.0349	0.0002	0.0245	0.0023	0.0127
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.8777	6.9008	6.9076	7.0602	9.1440	9.6798	10.8961	16.7404
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1334	0.2064	0.1832	0.1475	0.1788	0.2143	0.1852	0.2087
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	3.7217	3.9497	4.4162	8.4173	9.2760	9.9270	10.3611	10.6439
PP_JEO	ELC	5.2505	5.2896	5.2662	6.4036	6.9487	7.9160	8.6387	9.3825
PP_LİNYİT	ELC	53.5387	52.8862	52.0325	48.5718	53.7576	53.5901	53.8135	53.6700
PP_NGCC	ELC	31.4671	40.2848	49.9407	58.2043	60.4328	70.1112	80.2405	87.2804
PP_NG	ELC	0.0108	0.0226	0.0635	0.0554	0.0120	0.1216	0.2350	0.3342

Çizelge B.65. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	1.2972	7.9871	10.7210
PP_JEO	ELC	2.7910	2.7910	2.7910	2.7910	4.5653	9.4580	9.4580	9.4591
PP_LİNYİT	ELC	35.4490	39.9090	44.7289	49.9889	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7111	7.7112	7.7111	7.7112	7.7114	7.7114	12.2365
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7211	10.7212	10.7213	10.7215	10.7218	10.7220	10.7220	10.7220
PP_JEO	ELC	9.4591	9.4591	9.4607	9.4607	9.4607	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	20.1064	28.6462	37.9146	47.9643	58.8540	70.6638	83.4738	97.3638
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.66. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (P) cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6094	6.6075	6.6041	6.6265	6.6363	6.6418	6.6659	6.6833
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2140	0.1993	0.0326	0.2150	0.2131	0.2165	0.2099	0.2109
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0250	0.0240	0.2734	0.7022	1.0053	2.5389	2.5348	2.6653
PP_JEO	ELC	2.8014	2.8074	2.8101	2.8112	2.9905	3.1693	3.1858	3.6926
PP_LİNYİT	ELC	35.4167	39.9167	44.6144	48.7950	53.8737	53.8944	53.6725	53.8945
PP_NGCC	ELC	7.7036	7.6750	7.7153	8.1589	8.2707	12.7185	19.6010	25.9835
PP_NG	ELC	0.0000	0.0001	0.0000	0.0013	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6844	6.6912	6.6951	7.0114	7.0541	7.0593	7.1032	8.3120
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2094	0.1618	0.2169	0.1873	0.1990	0.2164	0.2162	0.2072
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	4.7888	4.8641	5.2440	6.1560	7.3168	9.5948	10.6165	10.7003
PP_JEO	ELC	3.8663	4.5443	5.8201	5.9633	6.3278	8.6699	8.9706	9.4601
PP_LİNYİT	ELC	53.8302	53.8945	53.3050	53.8908	53.8419	53.8945	53.8037	53.8945
PP_NGCC	ELC	31.6187	39.3837	47.5285	55.6508	65.0105	72.1211	83.6594	95.6561
PP_NG	ELC	0.0022	0.0003	0.0003	0.0003	0.0000	0.0039	0.0004	0.0298

Çizelge B.67. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6019	6.6020	6.6022	6.6008	6.6010	6.6024	6.6038	6.6087
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2141	0.2155	0.2134	0.2146	0.2113	0.2135	0.2146	0.2161
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0197	0.0251	0.0305	0.0315	0.0870	0.1670	0.3233	1.4529
PP_JEO	ELC	2.8008	2.8037	2.8041	2.8393	3.6031	4.8819	5.7421	7.5795
PP_LİNYİT	ELC	35.5403	40.0776	44.4140	49.3237	53.8820	53.8740	53.8879	53.8595
PP_NGCC	ELC	7.5928	7.5058	7.9842	8.2963	8.6015	13.4404	19.0941	23.4086
PP_NG	ELC	0.0002	0.0005	0.0016	0.0038	0.0041	0.0008	0.0042	0.0047
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	6.6088	6.6258	6.6613	6.6628	6.6838	7.6300	7.8702	7.9105
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2151	0.2123	0.2147	0.2151	0.2143	0.2106	0.2113	0.2077
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	3.9609	4.7627	6.3276	7.7992	9.0007	9.0103	9.8714	10.5097
PP_JEO	ELC	8.6585	8.7896	8.8856	8.9969	9.2829	9.2977	9.4364	9.4500
PP_LİNYİT	ELC	53.8735	53.7922	53.8666	53.8677	53.8902	53.8176	53.8919	53.8658
PP_NGCC	ELC	27.6817	35.3559	42.8534	51.3177	60.6764	71.5925	83.0805	96.3164
PP_NG	ELC	0.0014	0.0015	0.0008	0.0007	0.0018	0.0013	0.0083	0.0000

Çizelge B.68. YKömürSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6171	6.5585	6.5685	6.6781	6.6036	6.8068	6.8897	7.2514
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1234	0.2040	0.1324	0.1824	0.1843	0.1737	0.1579	0.1553
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	1.1514	1.2991	1.3780	1.7220	2.0728	4.0947	4.4653	4.5014
PP_JEO	ELC	2.8350	2.8611	2.8514	3.4561	4.3495	4.4842	4.8821	4.8975
PP_LİNYİT	ELC	32.6115	35.0695	41.8628	43.9566	48.7343	48.7378	43.1138	49.8263
PP_NGCC	ELC	8.6377	10.2454	9.2399	11.2970	11.0443	13.8378	25.3990	26.2715
PP_NG	ELC	0.7938	0.9924	0.0170	0.0178	0.0011	1.0450	0.9622	0.2267
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	7.2894	7.2779	7.3432	7.3214	8.5481	8.9173	13.2624	13.5427
PP_GÜNEŞ	ELC	0.0889	0.1501	0.1791	0.2119	0.2076	0.1765	0.1886	0.1871
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	4.7852	5.5084	6.3183	8.1845	9.1623	9.8132	10.2790	10.5036
PP_JEO	ELC	5.6033	6.2616	6.3747	7.4612	7.7548	8.4517	8.8097	9.0530
PP_LİNYİT	ELC	45.4813	44.1372	52.1216	37.7220	43.5740	46.9728	52.5619	49.0095
PP_NGCC	ELC	37.6730	46.1264	46.3947	66.7692	70.3247	77.0169	78.7359	95.6772
PP_NG	ELC	0.0790	0.0784	0.0784	1.1898	0.1785	0.2116	0.5324	0.2870

Çizelge B.69. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	6.6022	11.1243
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2946	7.9846	10.7220
PP_JEO	ELC	2.7909	2.7909	2.7909	2.7909	4.5654	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	35.4490	39.9090	44.7290	49.9890	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945
PP_NGCC	ELC	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7112	7.7117
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	18.9943	27.5343	36.8043	46.8543	50.7650	50.7650	50.7650	50.7650
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167	0.2167
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220	10.7220
PP_JEO	ELC	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	53.8945	53.8945	53.8945	53.8945	60.8738	72.6838	85.4938	99.3838
PP_NGCC	ELC	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117	7.7117
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.70. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden PSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6021	6.5996	6.6033	6.6042	6.6045	6.5981	6.6340	11.1831
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2139	0.2146	0.2149	0.2124	0.2161	0.2150	0.2128	0.2168
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0000	0.0954	0.1005	0.1763	1.4544	3.3653	8.8433	10.6774
PP_JEO	ELC	2.7905	2.8174	2.8739	2.8595	3.2435	7.4296	8.5842	9.4335
PP_LİNYİT	ELC	35.4721	39.8092	44.7775	49.7462	53.7609	53.8624	53.8962	53.9076
PP_NGCC	ELC	7.6913	7.6938	7.4800	7.7115	7.7106	7.7096	7.6996	7.7116
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	18.9935	27.5393	36.7822	46.7136	50.3037	50.7170	50.7186	50.7650
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2162	0.2110	0.2165	0.2159	0.2149	0.2142	0.2164	0.2144
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.6807	10.6815	10.6769	10.7217	10.7220	10.7220	10.7201	10.7220
PP_JEO	ELC	9.4343	9.4335	9.4608	9.4608	9.4590	9.4608	9.4608	9.4608
PP_LİNYİT	ELC	53.9636	53.9630	53.9620	54.0363	61.3386	72.7355	85.5425	99.3861
PP_NGCC	ELC	7.7117	7.7117	7.7116	7.7117	7.7117	7.7105	7.7116	7.7117
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.71. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (P) cinsinden QPSO 1000 iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.6021	6.6023	6.6032	6.6037	6.6044	6.6049	6.6097	11.2635
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2153	0.2165	0.2166	0.2166	0.2166	0.2165	0.2163	0.2162
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.0019	0.0017	0.0055	0.0127	0.0193	1.7186	8.3316	10.6426
PP_JEO	ELC	2.8049	2.8135	2.8595	2.9029	4.5779	9.0391	9.1115	9.4030
PP_LİNYİT	ELC	35.4397	39.8915	44.6542	49.8644	53.8621	53.8897	53.8907	53.8942
PP_NGCC	ELC	7.7060	7.7044	7.7110	7.7097	7.7098	7.7112	7.7102	7.7104
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	19.1294	27.6286	36.8286	46.8337	50.6583	50.6839	50.7565	50.7604
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2163	0.2167	0.2167	0.2165	0.2165	0.2167	0.2166	0.2165
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.6470	10.6659	10.7048	10.7069	10.7107	10.7190	10.7206	10.7216
PP_JEO	ELC	9.4035	9.4234	9.4524	9.4542	9.4567	9.4591	9.4604	9.4600
PP_LİNYİT	ELC	53.8943	53.8952	53.8967	53.9395	60.9980	72.7702	85.5055	99.3909
PP_NGCC	ELC	7.7094	7.7103	7.7110	7.7092	7.7098	7.7111	7.7103	7.7106
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge B.72. YDgazSY_YS-HM algoritma sonuçları- (PJ cinsinden QPSO özel iterasyon)

Santral	Çıktı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PP_RÜZGAR	ELC	6.5964	6.6036	6.6439	6.6470	6.7656	6.7763	6.8491	12.3952
PP_GÜNEŞ	ELC	0.1554	0.2087	0.2162	0.2025	0.2066	0.2141	0.2073	0.2159
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	0.1519	0.1691	0.2496	0.8485	1.0105	4.5456	9.6293	10.0346
PP_JEO	ELC	2.8254	2.8519	2.9322	4.2634	4.9950	6.2307	7.6264	8.9556
PP_COAL	ELC	35.9436	40.4969	45.2742	47.6742	52.3570	53.7377	53.8666	53.8496
PP_NGCC	ELC	7.0973	6.8997	6.7339	7.6744	7.6553	7.6757	7.6912	7.6791
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Santral	Çıktı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PP_RÜZGAR	ELC	20.0785	28.1263	37.4283	47.0959	50.7088	50.7143	50.7414	50.7275
PP_GÜNEŞ	ELC	0.2098	0.2000	0.2117	0.2077	0.1966	0.1778	0.1815	0.2151
PP_BİYOKÜTLE_Y	ELC	10.2404	10.4205	10.5518	10.6357	10.6351	10.6374	10.6469	10.6566
PP_JEO	ELC	8.9777	9.2238	9.2440	9.3730	9.3900	9.3760	9.4231	9.4596
PP_COAL	ELC	53.8070	53.8605	53.7403	53.8413	61.1124	72.9504	85.7914	99.8176
PP_NGCC	ELC	7.6866	7.7089	7.6340	7.7065	7.7071	7.7041	7.5858	7.3836
PP_NG	ELC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000