



T.C
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKT-DR-2011-0003

TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ PROJEKSİYONLARINA YÖNELİK AMPİRİK BİR ANALİZ

HAZIRLAYAN
Hakan HOTUNLUOĞLU

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Etem KARAKAYA

AYDIN-2011

T.C
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKT-DR-2011-0003

TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ PROJEKSİYONLARINA
YÖNELİK AMPİRİK BİR ANALİZ

HAZIRLAYAN
Hakan HOTUNLUOĞLU

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Etem KARAKAYA

AYDIN-2011

YAZAR ADI-SOYADI: HAKAN HOTUNLUOĞLU

BAŞLIK: TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ

PROJEKSİYONLARINA YÖNELİK AMPİRİK BİR ANALİZ

ÖZET

Hızlı ekonomik büyüme, nüfus artışı ve şehirleşmenin yaşandığı günümüzde enerji gereksinimi daha da önemli hale gelmiştir. Enerjinin her alanda kullanılması, enerjinin en önemli çeşidi olan elektriğin depolanamaması, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması, hızlı artan nüfus ve şehirleşme ve Türkiye’nin enerji ithalatçısı konumunda olması, gelecekte talep edilecek enerjinin ne şekilde seyir izleyeceğinin tahmin edilmesini zorunlu hale getirmiştir.

Çalışmada Türkiye’nin sektörler ve kaynaklar itibariyle enerji yapısı incelenmektedir. Bunun yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin olarak ifade edilen Türkiye’nin bu potansiyeli değerlendirilmektedir. Enerji talebinin önemli belirleyicileri olan enerji faktörleri ve sosyo-ekonomik faktörler göz önüne alınarak Türkiye’nin resmi enerji talebi tahminleri irdelenmektedir. Bunun yanı sıra literatürdeki enerji talebi modelleri ayrıntılı olarak değerlendirilerek, Türkiye’deki enerji talebi tahminleri incelenmektedir. Tüm bu çalışmalar ışığında Türkiye’nin enerji talebini tahmin edebilmek amacıyla bir yapay zeka uygulaması olan “Yapay Sinir Ağları” yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bu yöntem için üç farklı senaryo yapısı belirlenmiştir. Bunlar; 2030 yılına kadar sabit bir artış göstereceği varsayılan “Durağan Senaryolar”, tahmin edilen süreçte enerji yoğunluğunun azalacağını varsayıldığı “Sürdürülebilirlik Senaryoları” ve 2030 yılına kadar beş periyotta farklı ekonomik büyümenin varsayıldığı “Dönemsel Değişim Senaryoları”dır. Ayrıca Durağan ve Sürdürülebilirlik yapıları yüksek, orta ve düşük büyüme senaryoları olarak üç farklı senaryodan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra “Dönemsel Değişim Senaryoları” da enerji yoğunluğunun azaltıldığı ve sabit olduğu varsayımları altında iki farklı senaryodan oluşmaktadır. Tüm bu senaryolar konut, sanayi, ulaştırma ve tarım olarak tüm sektörler ve petrol, doğal gaz ve kömür olarak tüm enerji kaynaklarına uygulanmıştır.

Gerçekleştirilen bu tahminler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tahminleri ile karşılaştırılarak, bakanlığın tahminlerinin çok yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Enerji Talebi, Enerji Modellemesi, Enerji Talebi Projeksiyonu, Yapay Sinir Ağları.

NAME: HAKAN HOTUNLUOĞLU

**TITLE: AN EMPIRICAL ANALYSIS FOR TURKEY'S
ENERGY DEMAND PROJECTIONS**

ABSTRACT

Energy needs has become increasingly crucial as we experience high economic growth, increases in population together with rapid urbanisation. As energy has been used in every sectors and electricity, which is an important energy type, can not be stored, it is essential to have projections in order to estimate the future of energy demand. Due to the fact that Turkey is an energy importing country, it is more significant to have such energy projections. Having accurate energy demand projections is also important for developing appropriate climate change mitigation policies.

In this study, Turkey's energy structure, in terms of energy sectors and resources, is investigated. The study also tries to analyse the renewable energy resources potential for Turkey. By taking energy and socio-economic factors, which are the main determinants of energy demand, into consideration, Turkey's official energy projections are analysed. Also, by assessing the energy demand forecasting modelling techniques, models focusing on Turkish energy demand are investigated. In order to estimate energy demand for Turkey, we chose to employ artificial neural network technique, a type of artificial neural intelligence application. For this purpose, three different scenarios are developed. These are: 'static scenarios', where economic growth is assumed to be stable, 'sustainability scenarios', where energy intensities are assumed to be decreasing and finally 'periodic-change scenarios', where the economic growth is assumed to change during five different time periods by 2030. Besides, both static and sustainability scenarios are further investigated under high, medium and slow economic growth assumptions. Periodic-change scenarios also consist of two sub-scenarios, where energy intensities are assumed to decrease and stayed the same. All scenarios are also applied to all individual sectors (Housing, industry, agriculture and transportation) and natural resources (Oil, coal and natural gas) The results of the energy demand estimations found by our models are compared with the official estimations of the Ministry of Energy and Natural Resources (MENR). It is concluded that the MENR estimations are significantly higher than what we have found with our models.

KEYWORDS

Energy Demand, Energy Modelling, Energy Demand Forecast, Artificial Neural Networks.

ÖNSÖZ

Türkiye'nin gelecekteki enerji talebinin tahmin edilmeye çalışıldığı bu çalışma, geleceğe yönelik öngörülerde temel alınan varsayımların gerçekçiliği üzerine kuruludur. Eğer gerçekleştiren öngörüde kullanılan varsayımlar gerçeği yansıtmıyor ise hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın doğru sonuçlar vermeyecektir. Doğru bir öngörü yapabilmenin temelinde yatan asıl gerçek bundan ibarettir

Bu tezde Türkiye'nin enerji talebinin belirlenmesinin ne kadar önemli olduğunu vurgulanırken, literatürde gerçekleştirilmiş çalışmalar ışığında tahmin elde edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın bu aşamaya gelmesinde her zaman destek olan eşim Pelin HOTUNLUOĞLU'na ve Tüm Ailem'e ömür boyu minnettar kalacağım.

Ayrıca akademik hayatım boyunca bana destek olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
ÇİZELGELER LİSTESİ	xv
EKLER LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	4
TÜRKİYE’NİN ENERJİ DURUMU.....	4
1.1. TÜRKİYE’NİN ENERJİ SEKTÖRÜ	4
1.2. SEKTÖR BAZINDA ENERJİ YAPISI.....	7
1.2.1. Sanayi Sektörü	7
1.2.2. Ulaştırma Sektörü	9
1.2.3. Tarım Sektörü	11
1.2.4. Konut Sektörü	13
1.3. KAYNAKLAR BAZINDA ENERJİ YAPISI	14
1.3.1. Petrol	15
1.3.2. Kömür	17
1.3.3. Doğal gaz	19
1.3.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	21
1.3.4.1. Rüzgar	22
1.3.4.2. Jeotermal	23
1.3.4.3. Güneş	24
1.3.4.4. Biyokütle	25
1.3.4.5. Hidrolik Enerji	25
1.4. TÜRKİYE’NİN SERA GAZI DURUMU	26
İKİNCİ BÖLÜM.....	30
ENERJİ TALEBİ VE BELİRLEYİCİLERİ	30
2.1 ENERJİ TALEBİ	30
2.2 ENERJİ TALEBİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER.....	32
2.2.1. Enerji Faktörleri	32

2.2.1.1. Birincil Enerji Arzı.....	32
2.2.1.2. Enerji Yoğunluğu	34
2.2.1.3. Enerji Fiyatları	36
2.2.1.4. Dünya Enerji Üretimi.....	37
2.2.2. Sosyo-Ekonomik Faktörler	38
2.2.2.1. Ekonomik Büyüme.....	38
2.2.2.2. Nüfus	38
2.2.2.3. Dış Ticaret.....	39
2.2.2.4. Teknoloji	39
2.3. TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ PROJEKSİYONLARI	40
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	43
ENERJİ TALEBİ MODELLEMELERİ	43
3.1. ENERJİ TALEBİ MODELLEMELERİ	43
3.1.1. Tepeden Aşağı Modeller	45
3.1.1.1. Oyun Teorisi Modelleri.....	45
3.1.1.2. Ekonometrik Modeller	46
3.1.1.3. Girdi-Çıktı Modelleri	47
3.1.1.4. Yapay Zeka Uygulamaları	47
3.1.1.5. Genel Denge Modelleri	48
3.1.1.6. Bütünleşik Değerlendirme Modelleri.....	49
3.1.2. Temelden Yukarı Modeller	50
3.1.2.1. Optimizasyon Modelleri.....	51
3.1.2.2. Similasyon Modelleri	52
3.1.2.3. Hesaplama Modelleri	52
3.1.2.4. Melez Modeller	53
3.2. TÜRKİYE’DEKİ ENERJİ TALEBİ MODELLEMELERİ.....	56
3.2.1. Yapay Zeka Uygulamaları	58
3.2.2. Ekonometrik Modeller	70
3.2.1. Çalışmanın Literatürdeki Analizlerden Farkı	73
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	75
TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ ÖNGÖRÜSÜ	75
4.1. YÖNTEM.....	75
4.1.1. Yapay Sinir Ağları	75
4.1.1.1 Nöron	78

4.1.1.2. Verilerin Ölçeklenmesi	82
4.2. SENARYOLAR	82
4.2.1. Durağan Senaryolar.....	83
4.2.2. Sürdürülebilirlik Senaryoları.....	83
4.2.3. Dönemsel Değişim Senaryoları	84
4.3. OLUŞTURULAN YAPAY SINIR AĞLARI.....	85
4.3.1. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Enerji Talebi Ağı	85
4.3.2 Kömür Talebi Ağı	87
4.3.3 Petrol Talebi Ağı.....	88
4.3.4 Doğal Gaz Talebi Ağı	90
4.3.5 Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı	91
4.3.6 Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı	93
4.3.7 Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı	95
4.3.8 Tarım Sektörü Enerji Talebi Ağı	96
4.3.9 Toplam Enerji Talebi Ağı	98
4.4. 2006, 2007 ve 2008 YILLARI TEST TAHMİNİ	100
4.5. SENARYO UYGULAMALARI	102
4.5.1. Durağan Senaryo Projeksiyonları	102
4.5.1.1. Yüksek Ekonomik Büyüme	102
4.5.1.1.1. Sanayi Sektörü	102
4.5.1.1.2. Konut Sektörü	103
4.5.1.1.3. Ulaştırma Sektörü.....	104
4.5.1.1.4. Tarım Sektörü.....	105
4.5.1.1.5. Kömür	106
4.5.1.1.6. Petrol	107
4.5.1.1.7. Doğal Gaz.....	107
4.5.1.1.8. Toplam Enerji Talebi	108
4.5.1.2. Orta Ekonomik Büyüme	109
4.5.1.2.1. Sanayi Sektörü	109
4.5.1.2.2. Konut Sektörü	110
4.5.1.2.3. Ulaştırma Sektörü.....	110
4.5.1.2.4. Tarım Sektörü.....	111
4.5.1.2.5. Kömür	112
4.5.1.2.6. Petrol	112

4.5.1.2.7. Doğal Gaz.....	113
4.5.1.2.7. Toplam Enerji Talebi	114
4.5.1.3. Düşük Ekonomik Büyüme	115
4.5.1.3.1. Sanayi Sektörü	115
4.5.1.3.2. Konut Sektörü	115
4.5.1.3.3. Ulaştırma Sektörü.....	116
4.5.1.3.4. Tarım Sektörü.....	117
4.5.1.3.5. Kömür	117
4.5.1.3.6. Petrol	118
4.5.1.3.7. Doğal Gaz.....	119
4.5.1.3.8. Toplam Enerji Talebi	120
4.5.2. Sürdürülebilirlik Senaryo Projeksiyonları	120
4.5.2.1 Yüksek Ekonomik Büyüme	121
4.5.2.1.1. Sanayi Sektörü	121
4.5.2.1.2. Konut Sektörü	121
4.5.2.1.3. Ulaştırma Sektörü.....	122
4.5.2.1.4. Tarım Sektörü.....	123
4.5.2.1.5. Kömür	123
4.5.2.1.6. Petrol	124
4.5.2.1.7. Doğal Gaz.....	125
4.5.2.1.8. Toplam Enerji Talebi	125
4.5.2.2. Orta Ekonomik Büyüme	126
4.5.2.2.1. Sanayi Sektörü	126
4.5.2.2.2. Konut Sektörü	127
4.5.2.2.3. Ulaştırma Sektörü.....	128
4.5.2.2.4. Tarım Sektörü.....	128
4.5.2.2.5. Kömür	129
4.5.2.2.6. Petrol	130
4.5.2.2.7. Doğal Gaz.....	130
4.5.2.2.8. Toplam Enerji Talebi	131
4.5.2.3. Düşük Ekonomik Büyüme	132
4.5.2.3.1. Sanayi Sektörü	132
4.5.2.3.2. Konut Sektörü	133
4.5.2.3.3. Ulaştırma Sektörü.....	133

4.5.2.3.4. Tarım Sektörü.....	134
4.5.2.3.5. Kömür	135
4.5.2.3.6. Petrol	135
4.5.2.3.7. Doğal Gaz.....	136
4.5.2.3.8. Toplam Enerji Talebi	137
4.5.3. Dönemsel Değişim Senaryo Projeksiyonları	137
4.5.3.1. Sürdürülebilirlik	138
4.5.3.1.1. Sanayi Sektörü	138
4.5.3.1.2. Konut Sektörü	138
4.5.3.1.3. Ulaştırma Sektörü.....	139
4.5.3.1.4. Tarım Sektörü.....	140
4.5.3.1.5. Kömür	141
4.5.3.1.6. Petrol	141
4.5.3.1.7. Doğal Gaz.....	142
4.5.3.1.8. Toplam Enerji Talebi	143
4.5.3.2. Sabit Enerji Yoğunluğu.....	143
4.5.3.2.1. Sanayi Sektörü	144
4.5.3.2.2. Konut Sektörü	144
4.5.3.2.3. Ulaştırma Sektörü.....	145
4.5.3.2.4. Tarım Sektörü.....	146
4.5.3.2.5. Kömür	146
4.5.3.2.6. Petrol	147
4.5.3.2.7. Doğal Gaz.....	148
4.5.3.2.8. Toplam Enerji Talebi	148
SONUÇ	150
KAYNAKÇA.....	153
EK-I.....	165
EK-II	168

KISALTMALAR LİSTESİ

DPT:	Devlet Planlama Teşkilatı
ENPEP:	Enerji ve Güç Değerlendirme Programı (Energy and Power Evaluation Program)
ETKB:	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GSMH:	Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH:	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWh:	Gigawatt saat
IAEA:	Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu
IEA:	Uluslararası Enerji Ajansı
KWh:	Kilowatt saat
LEAP:	Uzun Vadeli Enerji Alternatifleri Planlama Sistemi (Long-range Energy Alternatives Planning System)
MAED:	Enerji Talebi Modeli (Model for Energy Demand)
MARKAL:	Piyasa Dağıtım Modeli (MARKet Allocation Model)
Mtep:	Petrol Eşdeğeri Milyon Ton
OECD:	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
Tep:	Petrol Eşdeğeri Ton
TWh:	Terawatt saat
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNFCCC:	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Türkiye ve Dünya Toplam Enerji Talebi Değişimi	5
Şekil 1.2: 1970-2007 Sektör Bazında Enerji Talebi	7
Şekil 1.3: 1970-2007 Sanayi Sektörü Enerji Talebi.....	8
Şekil 1.4 : 2008-2020 Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini	9
Şekil 1.5: 1970-2007 Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi.....	10
Şekil 1.6 : 2008-2020 Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini	11
Şekil 1.7 : 1970-2007 Tarım Sektörü Enerji Talebi.....	12
Şekil 1.8 : 2008-2020 Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini	12
Şekil 1.9 : 1970-2007 Konut Sektörü Enerji Talebi.....	13
Şekil 1.10 : 2008-2020 Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	14
Şekil 1.11 : 1970-2006 Kaynaklar Bazında Enerji Talebi	15
Şekil 1.12 : 1970-2006 Petrol Talebi	16
Şekil 1.13 : 2008-2020 Petrol Talebi Tahmini.....	17
Şekil 1.14: 1970-2006 Kömür Talebi	18
Şekil 1.15 : 2008-2020 Kömür Talebi Tahmini.....	19
Şekil 1.16 : 1970-2006 Doğal Gaz Talebi.....	20
Şekil 1.17 : 2008-2020 Doğal Gaz Talebi Tahmini	21
Şekil 1.18: Türkiye'nin 1990-2007 Dönemi Toplam Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Durumu	27
Şekil 1.19: Türkiye ve Dünya 1960-2005 Dönemi Kişi başına CO2 Seviyesi	28
Şekil 1.20: 1990-2005 Sera Gazlarını Etkileyen Faktörler	29
Şekil 2.1: Türkiye'nin 1970-2006 Dönemi Enerji Kaynaklarına Göre Birincil Enerji Arzı (Bin Tep).....	33
Şekil 2.2: Türkiye'nin 1970-2006 Dönemi Kişi Başına Birincil Enerji Arzı	34
Şekil 2.3: Türkiye, Amerika, Avrupa, Güney Kore, Brezilya ve Dünya'nın 1994-2006 Dönemi Enerji Yoğunluğu	35
Şekil 2.4: Enerji Yoğunluğu'nun Gelişimi	36
Şekil 2.5: Dünya'nın 1980-2006 Dönemi Toplam Enerji Üretimi	37
Şekil 2.6: MAED Modeli Şeması	41
Şekil 2.7: Türkiye'nin Enerji Talep Tahminleri (MAED model-Mtep)	42
Şekil 3.1: Enerji-Çevre-Ekonomi Modellerinin Sınıflandırılması	44

Şekil 3.2: Türkiye'nin 2001-2020 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	60
Şekil 3.3: Türkiye'nin 2005-2020 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	61
Şekil 3.4: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talebi Tahmini.....	62
Şekil 3.5: Türkiye'nin Enerji Talep Tahminleri (MAED model-Milyon tep)	63
Şekil 3.6: Türkiye'nin 2001-2020 Dönemi Ulaştırma Enerjisi Talep Tahmini	64
Şekil 3.7: Türkiye'nin 2007-2025 Dönemi Elektrik Enerjisi Talep ve Üretim Tahmini ..	65
Şekil 3.8: Türkiye'nin 2007-2025 Dönemi Elektrik Enerjisi Talep ve Üretim Tahmini	65
Şekil 3.10: Türkiye'nin 2007-2025 Dönemi Elektrik Enerjisi Talep ve Üretim Tahmini	66
Şekil 3.11: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	67
Şekil 3.12: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	67
Şekil 3.13: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	68
Şekil 3.14: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	69
Şekil 3.15: 2006-2025 Enerji Talep Tahminleri	69
Şekil 3.16: 2006-2025 Enerji Talep Tahminleri	70
Şekil 3.17: Türkiye'nin 2005-2020 Dönemi Enerji Talep Tahmini.....	71
Şekil 3.18: Türkiye'nin 2005-2014 Dönemi Elektrik Enerjisi Talebi Tahmini	72
Şekil 4.1: Yapay Sinir Ağı Şeması.....	76
Şekil 4.2: Eğitim, Test ve Doğrulama Ayrımı	78
Şekil 4.3: Örnek Nöron Yapısı.....	79
Şekil 4.4: Log-sigmoid Transfer Fonksiyonu	79
Şekil 4.5: Sert geçişli transfer (aktivasyon) fonksiyonu	80
Şekil 4.6: Yarı Doğrusal Transfer Fonksiyonu	80
Şekil 4.7. Doğrusal Transfer Fonksiyonu	81
Şekil 4.8. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Ağı Eğitimi	86
Şekil 4.9. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Ağı Doğrulaması.....	86
Şekil 4.10. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Ağı Testi	87
Şekil 4.11. Kömür Talebi Ağı Eğitimi	87
Şekil 4.12. Kömür Talebi Ağı Doğrulaması	88
Şekil 4.13. Kömür Talebi Ağı Testi	88
Şekil 4.14. Petrol Talebi Ağı Eğitimi.....	89
Şekil 4.15. Petrol Talebi Ağı Doğrulaması	89
Şekil 4.16. Petrol Talebi Ağı Testi.....	90
Şekil 4.17. Doğal Gaz Talebi Ağı Eğitim	90

Şekil 4.18. Doğal Gaz Talebi Ağı Doğrulaması	91
Şekil 4.19. Doğal Gaz Talebi Ağı Testi	91
Şekil 4.20. Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi	92
Şekil 4.21. Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması	92
Şekil 4.22. Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi	93
Şekil 4.23. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi	93
Şekil 4.24. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması.....	94
Şekil 4.25. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi	94
Şekil 4.26. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi	95
Şekil 4.27. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması.....	95
Şekil 4.28. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi	96
Şekil 4.29. Tarım Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi	97
Şekil 4.30. Tarım Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması.....	97
Şekil 4.31. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi	98
Şekil 4.32. Toplam Enerji Talebi Ağı Eğitimi	98
Şekil 4.33. Toplam Enerji Talebi Ağı Doğrulaması	99
Şekil 4.34. Toplam Enerji Talebi Ağı Testi	99
Şekil 4.35. 2006-2008 Dönemi Tahmini.....	100
Şekil 4.36. Sanayi Sektörü Enerji Talep Tahmini.....	103
Şekil 4.37. Konut Sektörü Enerji Talep Tahmini.....	104
Şekil 4.38. Ulaştırma Sektörü Enerji Talep Tahmini.....	105
Şekil 4.39. Tarım Sektörü Enerji Talep Tahmini.....	105
Şekil 4.40. Kömür Talebi Tahmini	106
Şekil 4.41. Petrol Talebi Tahmini	107
Şekil 4.42. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	108
Şekil 4.43. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	108
Şekil 4.44. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	109
Şekil 4.45. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	110
Şekil 4.46. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	111
Şekil 4.47. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	111
Şekil 4.48. Kömür Talebi Tahmini	112
Şekil 4.49. Petrol Talebi Tahmini	113
Şekil 4.50. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	113
Şekil 4.51. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	114

Şekil 4.52. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	115
Şekil 4.53. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	116
Şekil 4.54. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	116
Şekil 4.55. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	117
Şekil 4.56. Kömür Talebi Tahmini	118
Şekil 4.57. Petrol Talebi Tahmini	119
Şekil 4.58. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	119
Şekil 4.59. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	120
Şekil 4.60. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	121
Şekil 4.61. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	122
Şekil 4.62. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	122
Şekil 4.63. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	123
Şekil 4.64. Kömür Talebi Tahmini	124
Şekil 4.65. Petrol Talebi Tahmini	124
Şekil 4.66. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	125
Şekil 4.67. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	126
Şekil 4.68. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	127
Şekil 4.69. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	127
Şekil 4.70. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	128
Şekil 4.71. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	129
Şekil 4.72. Kömür Talebi Tahmini	129
Şekil 4.73. Petrol Talebi Tahmini	130
Şekil 4.74. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	131
Şekil 4.75. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	132
Şekil 4.76. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	132
Şekil 4.77. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	133
Şekil 4.78. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	134
Şekil 4.79. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	134
Şekil 4.80. Kömür Talebi Tahmini	135
Şekil 4.81. Petrol Talebi Tahmini	136
Şekil 4.82. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	136
Şekil 4.83. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	137
Şekil 4.84. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	138
Şekil 4.85. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	139

Şekil 4.86. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	140
Şekil 4.87. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	140
Şekil 4.88. Kömür Talebi Tahmini	141
Şekil 4.89. Petrol Talebi Tahmini	142
Şekil 4.90. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	142
Şekil 4.91. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	143
Şekil 4.92. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	144
Şekil 4.93. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini	145
Şekil 4.94. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	146
Şekil 4.95. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini.....	146
Şekil 4.96. Kömür Talebi Tahmini	147
Şekil 4.97. Petrol Talebi Tahmini	147
Şekil 4.98. Doğal Gaz Talebi Tahmini.....	148
Şekil 4.99. Toplam Enerji Talebi Tahmini.....	149

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	24
Çizelge 3.1: Temelden Yukarı Model Türleri	55
Çizelge 3.2: Enerji Talep Tahminleri	57
Çizelge 4.1: Yapay Sinir Ağları-Ekonometri	76
Çizelge 4.2: Literatürdeki Senaryo Örnekleri	82
Çizelge 4.3: Dönemsel değişim senaryoları	84

EKLER LİSTESİ

Ek I: İleri Sürümlü Yapay Sinir Ağı	165
Ek I: Grundfeld ve Griliches Kriteri	168
Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	

GİRİŞ

İnsanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için kullanılması zorunlu hale gelen enerji, günümüzde hayatın tüm alanlarında kullanılmaktadır. Günlük yaşamın her alanında ihtiyaç duyulan enerjiyi karşılayabilmek için en önemli unsur, gelecekte enerjinin ne ölçüde tüketileceğinin (talebi) tahmin edilmesidir.

Gelecekteki enerji talebini bugünden tahmin etmek bir çok açıdan önemli hale gelmiştir. Bunlardan ilki enerji kullanımı sonucu ortaya çıkan sera gazı¹ emisyonlarının neden olduğu iklim değişikliğinin önlenmesidir. Ülkenin gelecekte karşılaşacağı sera gazı emisyonlarının belirlenebilmesi için öncelikle enerji talebinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Tahmin edilen enerji talebinden gerçekleşecek olan sera gazı emisyonları miktarsal olarak hesaplanabilmektedir. Ayrıca Türkiye'nin sera gazı azaltımı anlaşmasına (Kyoto) dahil olması nedeniyle sera gazı azaltımının mali boyutunun gerçekçi değerlendirilebilmesi için enerji talebinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda emisyon miktarını belirleyen faktör olan ve genel olarak zorunlu bir mal² olarak nitelendirilen Enerji (Sweeney, 2001) talebinin en doğru şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.

Dünya çapında gerçekleşen nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte, küreselleşme sonucu artan ticaret ve üretim imkanlarına bağlı olarak, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep giderek artmakta ve enerji talebinin tahmin edilmesi gerekli hale gelmektedir. Dolayısıyla enerji kullanımındaki gelişim; ekonomi, nüfus, ihracat ve ithalat tarafından şekillendirilmektedir (Lise ve Van Montfort, 2007; Ünler, 2008).

Dünya Enerji talebi 2006 yılından 2030 yılına kadar % 60'dan fazla ve yıllık ortalama % 1.5 artacağı beklenmektedir (EIAb, 2009). Gelişmekte olan Türkiye'nin enerji talebinin de artacağı öngörülmektedir.. Türkiye dünya nüfusunda %1.2'lik bir paya sahipken enerji tüketiminde % 0.9'lik bir paya sahiptir. Bunun yanında kişi başına dünya ortalamasının % 75'i kadar enerji tüketmektedir (EIAa, 2009). Türkiye'nin

¹ Kyoto Protokolünde kontrol altına alınmaya çalışılan sera gazları şunlardır; Karbon dioksit (CO₂), Metan (CH₄), Diazot monoksit (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFCs), Perflorokarbonlar (PFCs), Kükürt heksaflorid (SF₆).

² Enerji genel olarak zorunlu bir mal olarak nitelendirilmektedir. Çünkü insan bile faaliyetlerini enerjisiz gerçekleştiremez. Bu enerjinin kaynağı olarak da yemek gösterilmektedir (Sweeney, 2001).

gelişmekte olan bir ülke olduğu düşünüldüğünde enerji talebinin gelecekte önemli ölçüde artacağı söylenebilir.

Türkiye'nin gelecekteki enerji talebinin karşılanması ve enerji talebindeki artışa bağlı olarak meydana gelen emisyon hacmindeki büyümenin kontrol edilebilmesi için Türkiye'nin gelecekteki enerji talebinin doğru olarak tahmin edilmesi çok önemli hale gelmektedir. Aynı zamanda Türkiye'nin enerji ithalatçısı konumunda olması ve bu ithalatın ülke ekonomisi için önemli bir maliyet olması nedeniyle de enerji talebinin doğru tahmin edilmesi Türkiye'nin kaynak dağılımı açısından hayati öneme sahiptir. Bütün bu faktörlerin yanı sıra küreselleşme sürecinin devamı, enerji etkinliğinin geliştirilmesi ve sanayi sektöründe yapısal değişikliklerin gerçekleştirilebilmesi açısından enerji talebinin belirlenmesi önem arz etmektedir (Ünler, 2008)

Bu bağlamda çalışmada, Türkiye'nin enerji talebini tahminine yönelik çalışmalar ve resmi kurumların gerçekleştirdiği tahmin sonuçları incelenerek Türkiye'nin enerji talebi en uygun yöntem aracılığıyla belirlenecektir. Bu doğrultuda çalışmanın temel amacı Türkiye'nin gelecekteki enerji talebini tahmin etmektir. Bu tahmin Türkiye'nin 2030 yılına kadar talep edeceği enerji talebini içermektedir. Bu tahmin sanayi, ulaştırma, konut ve tarım olmak üzere sektörel, kömür, petrol ve doğal gaz olarak da kaynaklar bazında tahmin gerçekleştirilecektir. Ayrıca herbir talep için farklı senaryolar oluşturularak ülkenin farklı yapısal değişimler göstermesi durumunda enerji talebinin nasıl şekilleneceği belirlenmeye çalışılacaktır.

Türkiye'de enerji talebinin belirlenmesine yönelik çalışmalar çok disiplinli bir niteliğe sahiptir. Temel olarak enerji politikaları ülkenin global politikaları ve hedefleri ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu nedenle söz konusu çalışmalar bugüne kadar Türkiye'nin kalkınma planlarının yapılmasından ve makroekonomik dengelerinden sorumlu olan Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı (DPT) ile koordinasyon içerisinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yürütülmektedir (Orhan, 2007:54)

Türkiye'de enerji talep tahmini için kullanılan teknoloji temelli bir yöntem olan Enerji Talebi Analiz Modeli (Model for Analysis of the Energy Demand-MAED) modeli sonuçlarına getirilen en önemli eleştiri öngörülen yüksek emisyonlara neden olan ve Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji talebini tahmin eden MAED modelinin varsayımlarına yapılmaktadır. Bu modelde geleceğe yönelik kullanılan ekonomik büyüme, nüfus artışı gibi sosyo-ekonomik verileri ifade eden parametreler kalkınma planı hedeflerine göre oluşturulmuştur. Bunun sonucu olarak mevcut gözlemler hedef

olarak konulan bu değerlerin genellikle gerçekleşen değerlerden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla MAED modelinin Türkiye için bulunan sonuçları, geleceğe yönelik enerji talebi projeksiyonu yapan tüm ekonometrik çalışmalardan her zaman yüksek çıkmaktadır (Karakaya, 2008: 357). Yüksek çıkan enerji talebi tahmini nedeniyle karbondioksit emisyonu tahmini de yüksek çıkacaktır. Ancak çalışmada gerçekleştirilecek olan yöntemle bu problemler incelenerek en güvenilir tahminler yapılmaya çalışılacaktır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar esmi tahminlerle karşılaştırılacaktır.

Çalışmanın ilk bölümünde genel olarak Türkiye'nin enerji yapısının sektörler ve kaynaklar bazında analizi yer alacaktır. Ayrıca Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleride değerlendirilecektir. İkinci bölümde enerji talebi ve enerji talebini belirleyen faktörler incelenecektir. Bu kısımda öncelikle enerji talebi teorik çerçevede değerlendirilecek ve enerji talebi belirleyicileri enerji ve sosyo-ekonomik faktörler olarak irdelenecektir. Bunun yanı sıra Türkiye'nin geçmişten günümüze enerji projeksiyonları yer alacaktır. nc bölümde literatürdeki enerji talebi için geliştirilmiş tahmin yöntemlerini ayrıntılı olarak incelenecektir. Bunun devamı olarak Türkiye'nin enerji talebini tahmin etmeye çalışmalar incelenerek kullandıkları yöntemler değerlendirilecektir. Son bölümde Türkiye'nin gelecekteki enerji talebi yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilcektir. Bunun için öncelikle yapay sinir ağları teorisi açıklanacaktır. Seçilen yöntem için farklı yapısal senaryolar oluşturularak kaynaklar ve sektörel bazda ayrı ayrı tahminler gerçekleştirilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ DURUMU

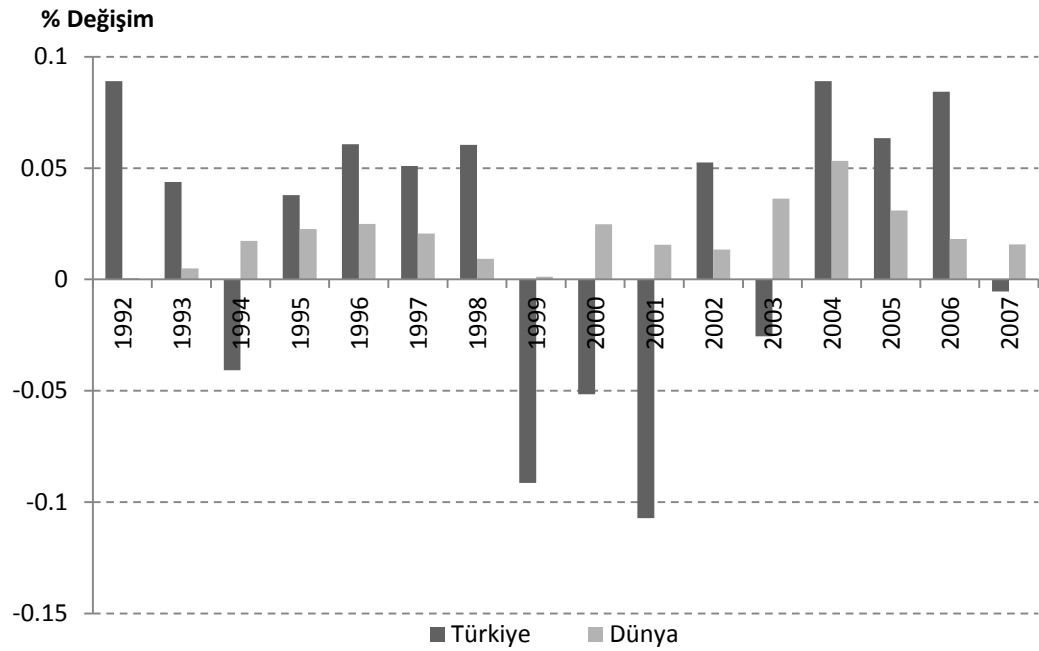
1.1. TÜRKİYE’NİN ENERJİ SEKTÖRÜ

Gelişmekte olan ülkelerin enerji sektörleri için ilk amacı sürdürülebilir, güvenilir, satın alınabilir³ ve mümkünse temiz enerji arzı sağlamaktır. Aynı zamanda sanayileşme ve hayat standartlarını arttırabilmek için, sanayi sektörüne ve kamuya yeterli enerjiyi sağlamaktır (Demirbaş, 2001; Ediger ve Tatlıdil, 2002). Türkiye’nin enerji politikasının da ana hedefi, “Diğer gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, sürdürülebilir kalkınmaya özel bir önem vererek, ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyecek şekilde ve çevre ile ilgili konuları dikkate alarak, rekabet edebilir fiyatlarda, yeterli ve güvenilir enerji arzını sağlamak” olarak belirlenmiştir. Bu hedef, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi çerçevesinde hazırlanan Birinci Ulusal Bildirim’de vurgulanmaktadır (İDBUB, 2007). Bu kapsamda, yerli kaynaklara mümkün olduğu kadar öncelik vermek, sera gazlarının azaltılmasına katkıda bulunacak olan enerji verimliliğini geliştirmek, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak, v.b politikalar yer almaktadır. (DEK-TMK, 2008a; İDBUB, 2007). Ancak hedefte yer alan bu politikaların uygulanmasındaki zorluklar (Ekonomik ve Politik) enerji sektörünün ilk amacı olan sürdürülebilir, güvenilir, satın alınabilir ve temiz bir enerji arzı gerçekleştirmenin önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu nedenle yapılan resmi çalışmalar yeterli düzeye ulaşamamaktadır.

Türkiye, genç ve büyüyen nüfusu, hızlı şehirleşmesi, yüksek ekonomik büyümesi ve düşük kişi başına elektrik tüketimiyle dünyada hızlı büyüyen enerji piyasalarından birine sahiptir (Topçu ve Ülengin, 2004). Şekil 1.1’de 1992-2007 yılları arasında Türkiye’nin ve Dünya’nın toplam enerji talebindeki değişimler⁴ gösterilmektedir. Şekle göre dünya enerji talebindeki değişim sürekli pozitif olarak seyretmektedir. Ancak Türkiye’nin enerji talebi ekonomik duruma göre değişiklik gösterilmektedir. Bunun en önemli göstergesi 1994, 1999, 2000, 2001 ve 2007 yıllarında enerji talebinde düşüş yaşanmasıdır. Diğer yıllarda ise Türkiye’nin enerji talebindeki büyüme dünya enerji talebi artışından gözle görülür düzeyde yüksektir.

³ Satın alınabilir ifadesi tüm bireylerin kullanabileceği kadar ucuz olması gerektiğini belirtmektedir.

⁴ Değişimler yıllık ortalama büyüme oranlarını ifade etmektedir.



Kaynak: EIA, 2009.

Şekil 1.1: Türkiye ve Dünya Toplam Enerji Talebi Değişimi

Türkiye dünyadaki birçok gelişmekte olan ülke gibi kalkınma ve sanayileşme süreci içersindedir. Kalkınmanın ve sanayileşmenin gerçekleşebilmesi için gerekli en önemli ihtiyaç yeterli enerji arzıdır. Hızlı sanayileşme ve ekonomik büyümeyi sağlayabilmek için ülkenin yeterli ve güvenli enerjiye sahip olması çok önemlidir. Özellikle uzun dönemde ülke sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmesi için enerji ihtiyacını karşılamalıdır.

Bu bağlamda Türkiye'nin enerji politikası ETKB tarafından yürütülmektedir. ETKB'nin temel amacı enerjinin, ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde; zamanında, yeterli, güvenilir, rekabet edilebilir fiyatlardan çevresel etkileri de göz önünde tutarak tüketiciye en iyi şekilde sağlanması olarak nitelendirilmektedir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için ETKB'nin enerji politika ve stratejileri belirlemiştir. ETKB'nin belirlemiş olduğu bu politika ve stratejiler aşağıda yer almaktadır (DEK-TMK, 2008b);

- Stratejik petrol ve doğal gaz depolama kapasitesinin artırılması,
- Kaynak ve ülke çeşitlendirilmesi,
- Yerli kaynakların kullanımı ve geliştirilmesine öncelik verilmesi,
- Farklı teknolojilerin kullanımı, geliştirilmesi ve yerli üretimin artırılması,
- Ülkemizin enerji ticaret merkezi olma potansiyelinden en iyi şekilde yararlanılması,

- Talep yönetiminin etkinleştirilmesi ve verimliliğin artırılması,
- Yakıt esnekliğinin arttırılması (üretimde alternatif enerji kaynağı kullanımına olanak sağlanması),
- Orta Doğu ve Hazar petrol ve doğal gazının piyasalara ulaştırılması sürecine her aşamada katılım sağlanması,
- Enerji sektörünün, işleyen bir piyasa olarak şeffaflığı ve rekabeti esas alacak şekilde yapılandırılması,
- Bölgesel işbirliği projelerine katılım ve entegrasyon,
- Her aşamada çevresel etkileri göz önünde bulundurmaktır.

Türkiye'nin enerji politikaları bu ilkeler çerçevesinde şekillenmektedir. Ayrıca enerji politikası, geleceğe yönelik enerji gereksiniminin önemini vurgulamaktadır.

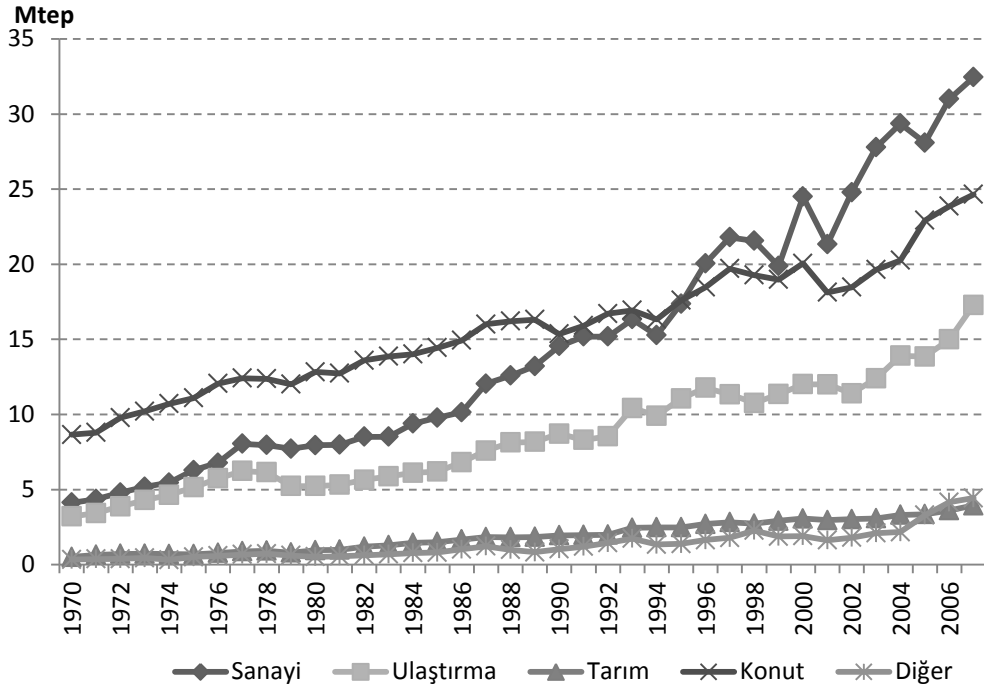
Türkiye coğrafi özellikleri bakımından hemen her çeşit enerji kaynağına sahiptir. Ancak hidroenerji ve kömürden elde edilen enerji dışında, diğer kaynaklardan elde edilen enerji ülke gereksiniminini karşılayacak boyutta değildir. Türkiye'nin sahip olduğu enerji rezervlerinin, dünya rezervleri içerisindeki yeri (Demirbaş, 2002); kömür % 0.6, jeotermal % 0.8 ve hidroenerji %1'dir. Dünya jeotermal enerji rezervinin % 0.8'ine sahip olmasına rağmen yeterli düzeyde enerji üretiminde kullanılmamaktadır. Ayrıca Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir (temiz) enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji üretimi 2007 0.9 Mtep (Milyon Petrol Ton Eşdeğeri) enerji üretimi gerçekleşmiş ve 2000 yılından günümüze üretiminde yaklaşık % 50'lik artış sağlanmıştır. Yine temiz enerji kaynağı olarak nitelendirilen rüzgar enerjisi üretimi 2000 yılından günümüze 10 kat artarak 0.003 Mtep'e ulaşmıştır (DEK- TMK, 2008).

Yeni enerji kaynakları kullanımındaki yaşanan gelişmeler geleceğe dair önemli ipuçları vermektedir. Ancak bu gelişmelerin yeterli seviyeye ulaşabilmesi için uzun dönemde önemli politika uygulamalarına gereksinim vardır. Bu bakımdan Türkiye her çeşit enerji kaynağını üretmesi ve tüketmesine rağmen, enerji ihtiyacının % 60'ını ithal etmektedir. Türkiye'nin 1999 yılındaki 72 Mtep'lik enerji tüketiminin % 57'si petrol ve doğal gazdan karşılanmış ve sadece % 35'i yerli kaynaklardan sağlanmıştır (Ediger ve Tatlıdil, 2002). 2006 yılında tükettiği toplam enerjinin % 61'i petrol ve doğal gazdır. Tüketilen petrolün % 96.3'ü doğal gazın ise tamamına yakını ithal edilmektedir (DEK-TMK, 2008, PİG, 2009). Ayrıca Türkiye'nin OECD enerji üretimi içerisinde 1995 yılında % 2 olan payı 2020 yılında % 7'ye yükselmesi beklenmektedir (Demirtaş, 2002).

1.2. SEKTÖR BAZINDA ENERJİ YAPISI

Türkiye'nin enerji durumu genel olarak değerlendirilmiştir. Bu kısımda sektörler itibariyle Türkiye'nin enerji durumu irdelenecektir.

Türkiye'nin enerji talebindeki artışla birlikte sektörlerin enerji talepleride artış göstermiştir. Şekil 1.2'de 1970-2007 yılları arasındaki sektörlerin enerji talepleri gösterilmektedir.



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.2: 1970-2007 Sektör Bazında Enerji Talebi

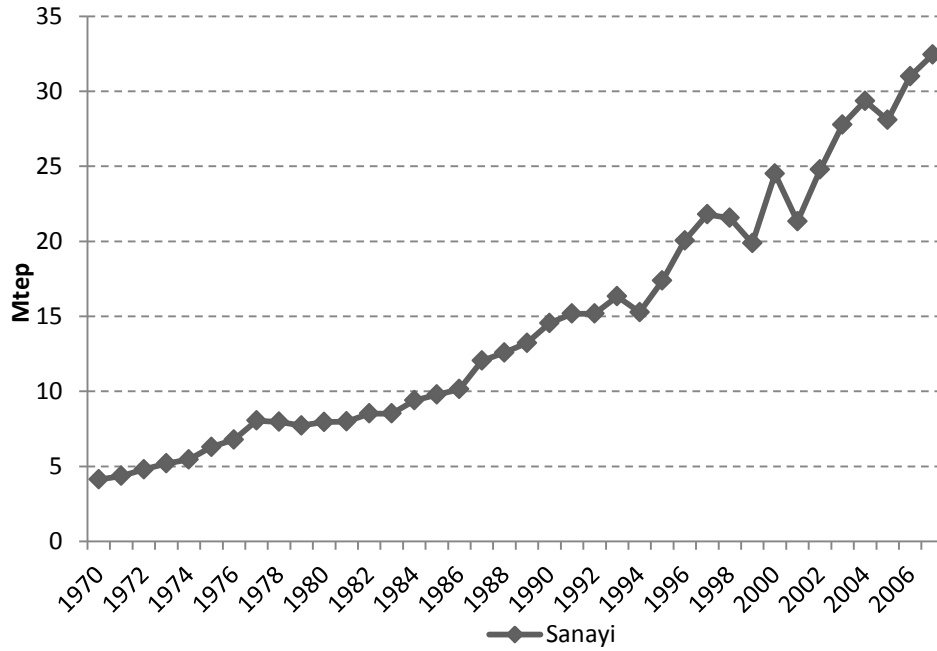
Şekil 1.2'de konut, sanayi ve ulaştırma sektörlerinin geçmişten günümüze önemli ölçüde artış gösterdiği anlaşılmaktadır. 1995 yılına kadar konut sektöründe kullanılan enerji, toplam enerji talebi içerisinde en büyük paya sahiptir. Bu yıldan sonra sanayi sektöründe kullanılan enerji, konut sektöründe kullanılan enerji miktarı geçmiş ve artarak devam etmiştir. Şekilde verilen yıllar itibariyle tarım sektöründeki enerji kullanımı önemli miktarda artmamıştır.

1.2.1. Sanayi Sektörü

Türkiye'nin sanayi sektörü 1980'lerden sonra ihracata dönük ticaret politikasının benimsenmesiyle birlikte önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Sanayi sektöründeki üretimin artmasıyla birlikte de enerji talebi artmıştır.

Toplam nihai enerji tüketimi içindeki sanayi sektörünün 1990'da % 35'den 2004'de % 42'ye 2006 yılında da % 40 olarak gerçekleşmiştir. Sanayi sektörünün enerji

kullanımının artması ülkede sağlanan sanayileşmenin boyutunu yansıtmaktadır. Aynı zamanda Şekil 1.3’de görüldüğü üzere sanayi sektörünün enerji talebindeki yıllar itibariyle artış göstermiş ve bunun sonucu olarak sanayi sektörünün toplam enerji miktarından aldığı payı da arttırmıştır (İDBUB, 2007:47).

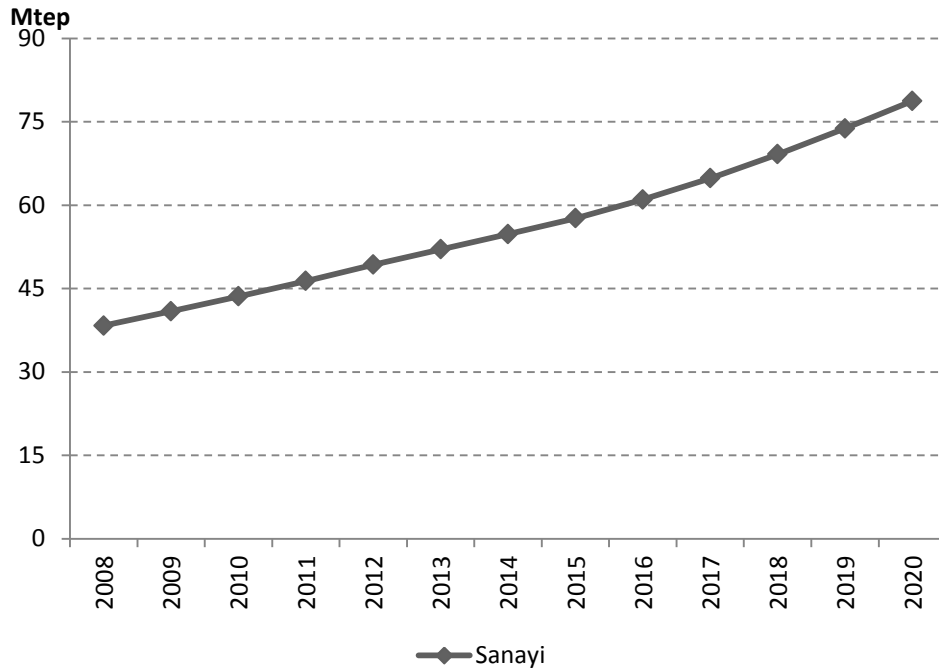


Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.3: 1970-2007 Sanayi Sektörü Enerji Talebi

Ayrıca sanayi sektörü elektrik tüketimi 1990 yılında 29.2 TWh’den 2004 yılında 58 TWh’e yükselmiştir. Bu sektördeki elektrik enerjisi talebinin artış göstermesine rağmen 1990 yılındaki toplam elektrik tüketim içerisindeki payı % 62 iken 2004 yılında % 48’e ve 2008 yılında % 46’ya düşmüştür (İDBUB, 2007:47; TEDAŞ, 2008).

Sanayi sektöründeki geçmişten günümüze olan enerji talebindeki gelişmeler sürekli bir artış trendi içerisinde gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu değerlerin yanında gelecekte de sanayi sektörünün enerji talebinin artarak devam edeceği öngörülmektedir. Şekil 1.4’de sanayi sektörünün 2008-2020 yılları arasındaki enerji talebi tahmini yer almaktadır. Bu tahmin ETKB tarafından gerçekleştirilen en güncel öngörü değerleridir.



Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

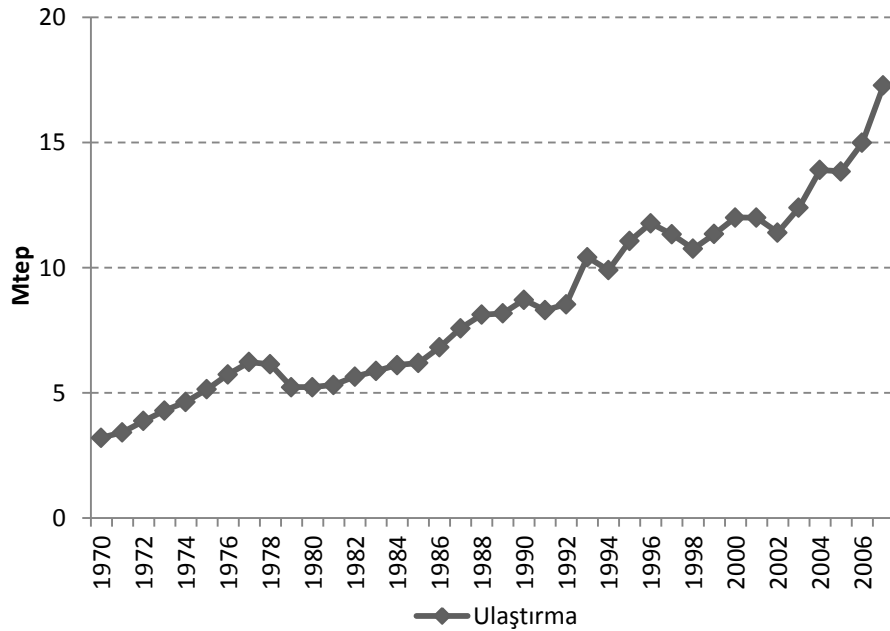
Şekil 1.4 : 2008-2020 Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Bu öngörü değerlerine göre Türkiye'nin sanayi sektöründeki enerji talebi 2020 yılına sürekli bir artış gösterecektir. 2008 yılında yaklaşık 40 Mtep olan sanayi sektörünün enerji talebi 2020 yılında 2 kat artarak 80 Mtep olacaktır.

1.2.2. Ulaştırma Sektörü

Türkiye ulaştırma sektörü gerek yolcu gerekse yük taşımacılığında karayolu ağırlıklı olup, sektörde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü karayolunda kullanılmaktadır (ETKB, 2006: 12). Türkiye'de 1960 yılında kömür ve petrolün Ulaştırma sektöründeki kullanımı birbirine eşitken 2003 yılında ulaştırma sektöründe kullanılan enerjinin %99'u petrol olmuştur (MÜSİAD, 2006: 97). Dolayısıyla ulaştırma sektörünün tek enerji kaynağı petrol ve ürünleri haline gelmiştir. Ayrıca petrolün Ulaştırma sektörünün yegane enerji kaynağı haline gelmesindeki diğer bir faktör üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'de karayolu ulaşımına önem verilmiş ancak denizyolu ve demir yolu ulaşımının gelişmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde sadece karayolu ulaşımının gelişmesi ve gelecekte de bunun devam edeceğinin öngörülmesi sebebiyle de ulaştırma sektörünün temel enerji girdisi petrol olarak kalacaktır. Ancak gelecekte petrolü ikame edebilecek enerji kaynaklarının ulaştırmada kullanılabilir olması, petrolü tek enerji kaynağı olmaktan çıkarabilecektir. Petrolü ikame edebilecek kaynakların yaygın bir şekilde kullanılabilmesi de ancak uzun vadede gerçekleşebilecek bir durumdur.

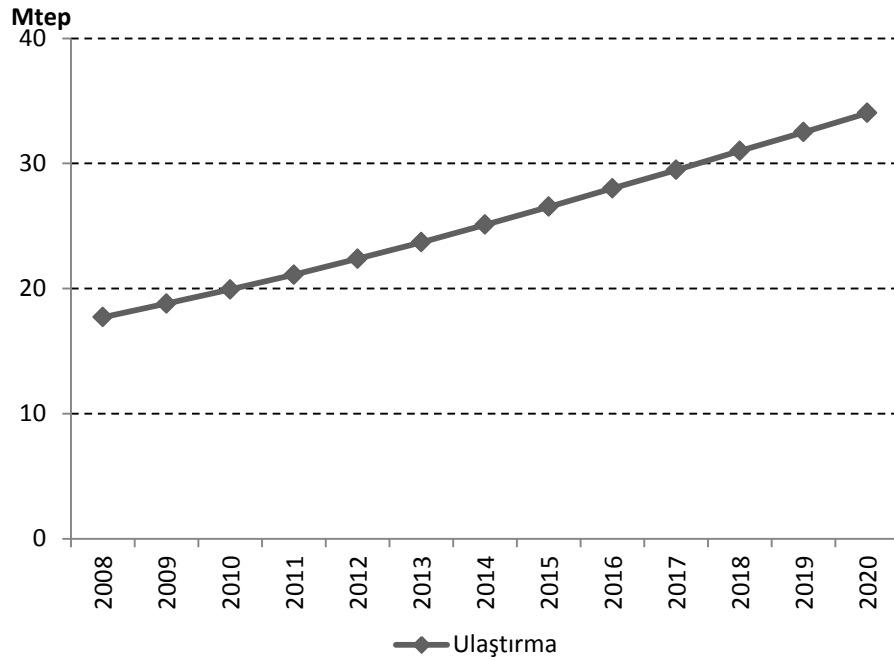
Aşağıdaki şekilde Türkiye'nin ulaştırma sektöründe 1970-2007 yılları arasında kullanılan toplam enerji miktarı gösterilmektedir. Ulaştırma sektöründe enerji kullanımının sürekli olarak arttığı gözlenmektedir. Ancak bu artış 2002 yılından sonra daha büyümektedir. 2002 yılında yaklaşık 12 Mtep olan enerji talebi 5 yıl içerisinde yaklaşık 17 Mtep'e ulaşmıştır. Bu artışa karşın ulaştırma sektörünün toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki payı 1990'da % 21 iken 2006 yılında % 19 olarak gerçekleşmiştir. Dolayısıyla enerji talebindeki artışa karşın toplam enerji miktarından aldığı pay azalmıştır.



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.5: 1970-2007 Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi

Yukarıda 2007 yılına kadar ulaştırma sektörünün enerji talebi gösterilmiştir. 2008 yılından 2020 yılına kadar olan süreçteki ETKB tarafından gerçekleşmesi öngörülen talep miktarları da Şekil 1.6'da gösterilmiştir. Buna göre 2008 yılında Ulaştırma sektörünün enerji talebi yaklaşık olarak 18 Mtep iken 2020 yılında 2 kat artarak yaklaşık 35 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bu süreç içerisinde de enerji talebinin doğrusal bir artış göstereceği ifade edilmektedir.



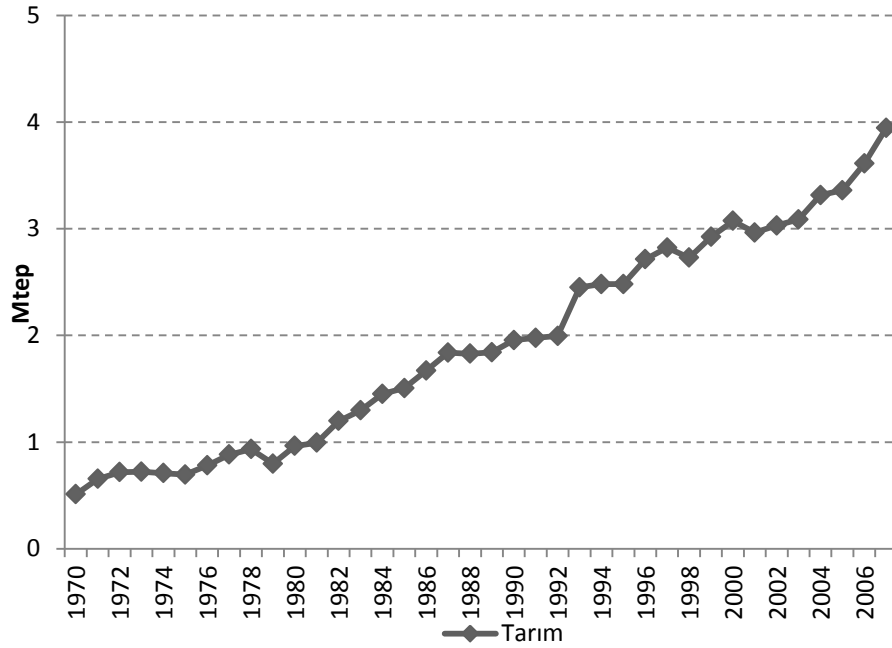
Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

Şekil 1.6 : 2008-2020 Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

1.2.3. Tarım Sektörü

Cumhuriyetin ilk yıllarında ekonomi içerisindeki payı % 40 olan tarım sektörünün payı 1970’li yıllarda % 36, 1980 yılında % 25 seviyelerinde iken, 1990 yılında % 17, 2000 yılında % 13.5 ve 2005 yılında da % 11.4 olarak gerçekleşmiştir (Mirmahmutoğulları, 2007:2). Ancak Türkiye toplam nihai enerji tüketimi içerisinde tarım sektörünün payı 1980 yılında % 3.5 iken 2005 yılında artarak % 5 olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra tarım sektörünün enerji ihtiyacı motorin ve elektrik enerjisi ile karşılanmakta olup, 1980 yılında % 1 olan elektrik enerjisinin payı 2005 yılında %11’e ulaşmıştır (ETKB, 2006:12).

Türkiye’de tarım sektöründe tüketilen enerji miktarının 1970-2007 yılları arasındaki değişimi Şekil 1.7’de gösterilmiştir. 1970 yılından günümüze bu sektörde kullanılan enerji 7 kat artmıştır. Tarım sektöründe tüketilen enerji miktarı yılları itibariyle düzenli bir artış göstermektedir. Ancak toplam enerji tüketimi içerisindeki tarım sektörünün payı 1970’den günümüze % 1.4’den % 2’ye çıkmıştır. Enerji kullanımındaki 7 katlık artışa karşın toplam enerji içerisindeki yeri yaklaşık % 43 artmıştır.



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.7 : 1970-2007 Tarım Sektörü Enerji Talebi

Bunun yanı sıra 2008 yılında tarım sektöründeki enerji talebi 4 Mtep olarak gerçekleşirken, günümüzden 2020 yılına kadar olan tarım sektörü enerji talebi Şekil 1.8’de gösterilmiştir. ETKB tarafından gerçekleştirilen bu tahmin 2008-2020 yıllarını kapsamaktadır. Tarım sektörünün 2020 yılında talep edeceği enerji miktarı yaklaşık 7 Mtep olarak belirlenmiştir.



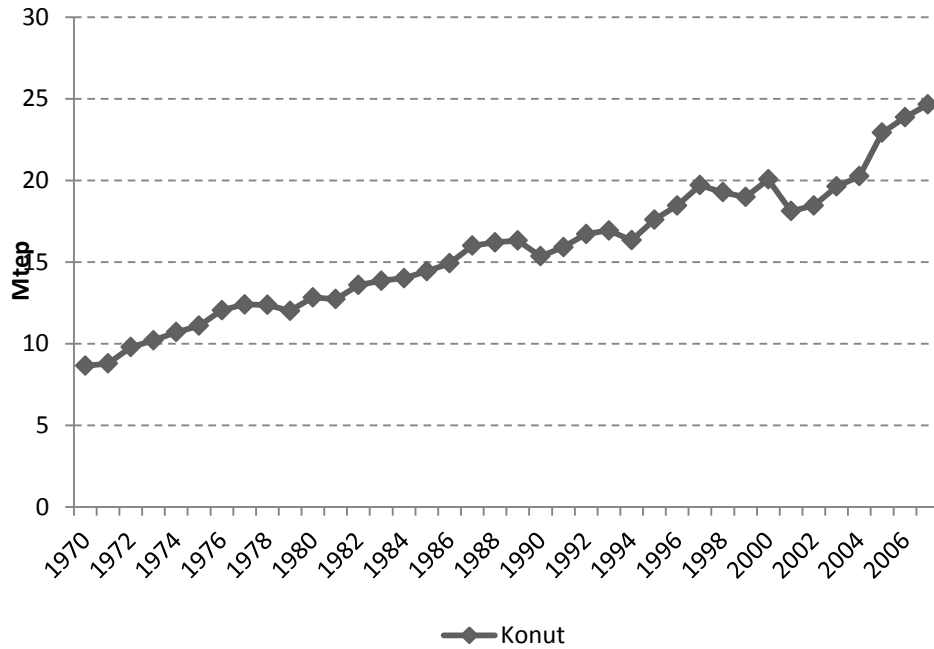
Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

Şekil 1.8 : 2008-2020 Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Ayrıca 2020 yılında tarım sektörünün 30 Mtep'den daha fazla enerji talep edeceği ve yıllar itibariyle düzenli bir artış göstereceği belirtilmiştir.

1.2.4. Konut Sektörü

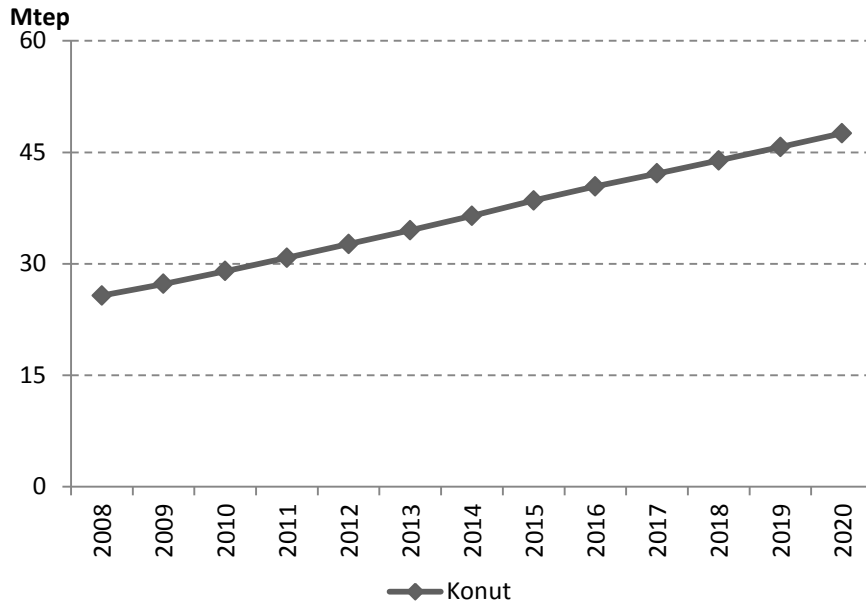
Cumhuriyetin ilk yıllarında enerji, sanayiden çok ısıtma amacıyla konutlarda kullanılmış, aydınlatma içinse gazyağı tüketilmiştir (DTM. 2009). 1970 yılında 9 Mtep olan konutlardaki enerji kullanımı 2007 yılında 25 Mtep'e ulaşmıştır (Şekil 1.9). Bunun yanı sıra 1970 yılında konut sektörünün toplam enerji tüketimi içerisindeki payı % 51 iken 1995'de % 35 (Ertay ve İleri, 1998) ve 2006 yılında % 30 olarak gerçekleşmiştir. Konutlarda tüketilen bu enerjinin % 80'i ısınmaya harcanmaktadır (DEK-TMK, 2008b). Ayrıca bu sektördeki enerji talebindeki artışın temel nedenleri olarak hızlı nüfus artışı, yaşam standartlarının artması ve bina yapımının hızla artması gösterilmektedir (ETKB, 2006:11).



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.9 : 1970-2007 Konut Sektörü Enerji Talebi

Konut sektöründe kullanılan enerjinin artmasıyla birlikte elektrik enerjisi talebi de artış göstermiştir. Aynı zamanda 1990 yılında toplam elektrik tüketimi içerisindeki payı % 36 iken 2004 yılında % 48'e çıkmıştır (TEİAŞ, 2008).



Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

Şekil 1.10 : 2008-2020 Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

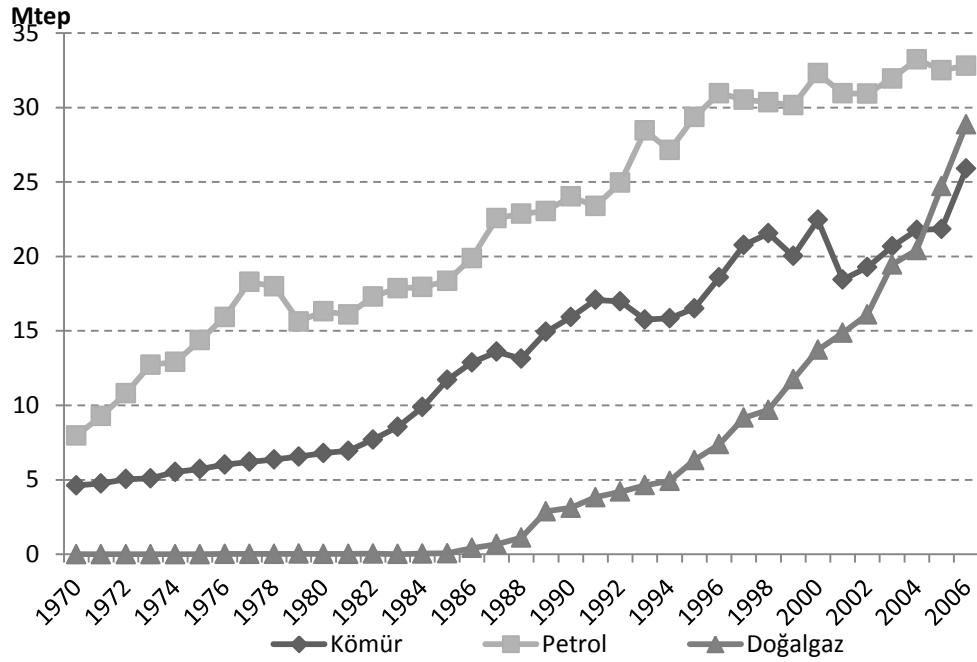
Şekil 1.10'da konut sektörünün 2008-2020 yılları arasındaki öngörülen talep miktarları yer almaktadır. ETKB tarafından gerçekleştirilen bu öngörüye göre 2008 yılında yaklaşık 20 Mtep olan konutlardaki enerji talebi 2020 yılında yaklaşık 48 Mtep olarak gerçekleşeceği beklenmektedir.

1.3. KAYNAKLAR BAZINDA ENERJİ YAPISI

Dünya petrol rezervinin % 73'ü ve gaz rezervinin % 72'si Türkiye'yi çevreleyen ülkelerdedir. Bu nedenle Türkiye Avrupa ile enerji kaynaklarına sahip ülkeler arasında kritik bir köprü durumundadır. Türkiye'nin bu kritik durumu doğu ile batı arasında enerji köprüsü olarak anılmasını sağlamıştır.

Türkiye bir çok doğal kaynağa sahiptir. Bunlar; taş kömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğal gaz, hidro enerji, jeotermal, güneş, rüzgar ve biyokütle kaynaklarıdır. Çok çeşitli enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen özellikle günümüzde en çok kullanılan petrol ve doğal gaz kaynakları sınırlıdır.

Türkiye'nin yıllar itibariyle kullandığı kömür, petrol ve doğal gaz Şekil 1.11'de gösterilmiştir. 1970'ten günümüze petrol talebi yaklaşık 5 kat artarak 35 Mtep seviyesine ulaşmıştır. Bunun yanısıra 2005 yılına kadar kömür kullanımı doğal gaz kullanımından yüksek seyretmiştir. Ancak bu yıldan sonra doğal gaz kullanımı kömür kullanımından fazla gerçekleşmiş ve sonraki yıllarda artarak devam etmiştir.



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.11 : 1970-2006 Kaynaklar Bazında Enerji Talebi

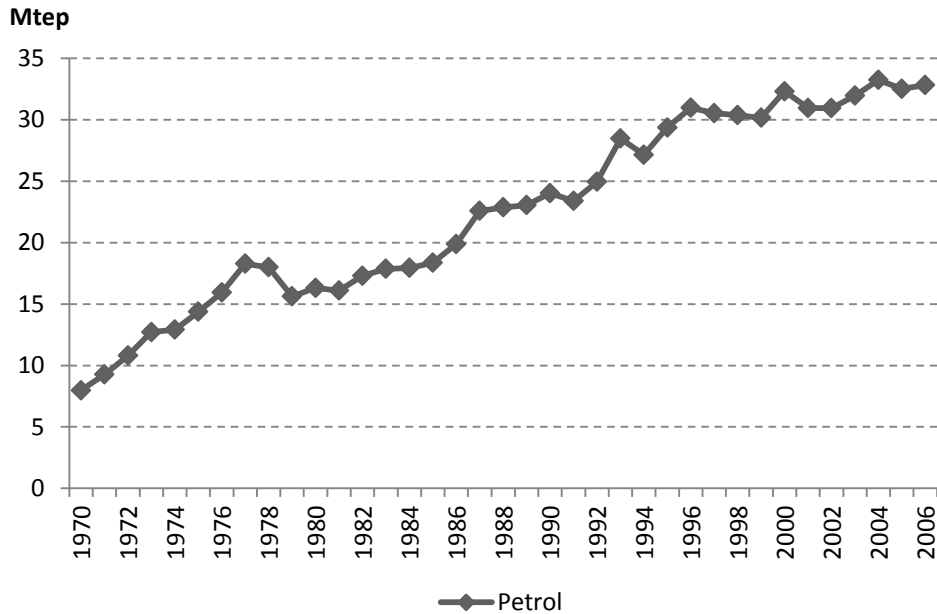
Türkiye enerji ihtiyacının yaklaşık % 90'lık kısmını petrol, kömür ve doğal gazdan sağlamaktadır. Bunun yanı sıra % 0.0006.5'lik bölümü biyokütle olarak isimlendirilen odun, yağlı tohum bitkileri, bitkisel, hayvansal ve endüstriyel atıklarından elde edilen enerji tarafından karşılanmaktadır. Ayrıca % 3.5'lik kısmı ise hidro ve jeotermal enerjiden meydana gelmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin enerji ihtiyacının çok büyük bir bölümü fosil yakıtlar tarafından karşılanmaktadır (ETKB, 2010). Bu bağlamda Türkiye'nin enerji talebinin oluşturan kömür, petrol ve doğal gaz ihtiyacındaki gelişmeler ve yenilenebilir enerji olarak ifade edilen rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, güneş ve biyokütle enerji potansiyelleri aşağıda incelenmiştir.

1.3.1. Petrol

Türkiye, dünyanın petrol ve doğal gaz yönünden en zengin ülkeleriyle çevrili olduğu halde, bugüne kadar gerek Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'nın gerekse yabancı şirketlerin araştırmalarıyla ihtiyacını karşılamaktan çok uzakta olan miktarlarda petrol kaynaklarını değerlendirebilmiştir (Akpınar ve Diğerleri, 2008). Türkiye'nin başlangıçtan 2003 yılına kadar keşfedilen üretilebilir petrol rezervi, yaklaşık 1 milyar varil, (Pamir, 2003) 2006 yılı sonu itibarıyla ise 1.176 milyar varildir (Akpınar ve Diğerleri, 2008). 2009 yılında ise üretilebilir ham petrol rezervi 1.238 milyar varil, kalan petrol rezevi 299 milyon varil olarak gerçekleşmiştir (PIG, 2009).

Türkiye'nin 2006 yılındaki petrol üretimi 2.18 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Üretilen bu miktarın % 66.5'i (1.45 milyon ton) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra üretilen bu miktar Türkiye'nin petrol tüketiminin % 3.7'sini oluşturmaktadır (Akpınar ve Diğerleri, 2008) . Dolayısıyla petrol ihtiyacımızın % 96.3'ü ithalat ile karşılanmaktadır. 2009 Yılı itibariyle üretilen petrol miktarı 2.4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (PİG, 2009).

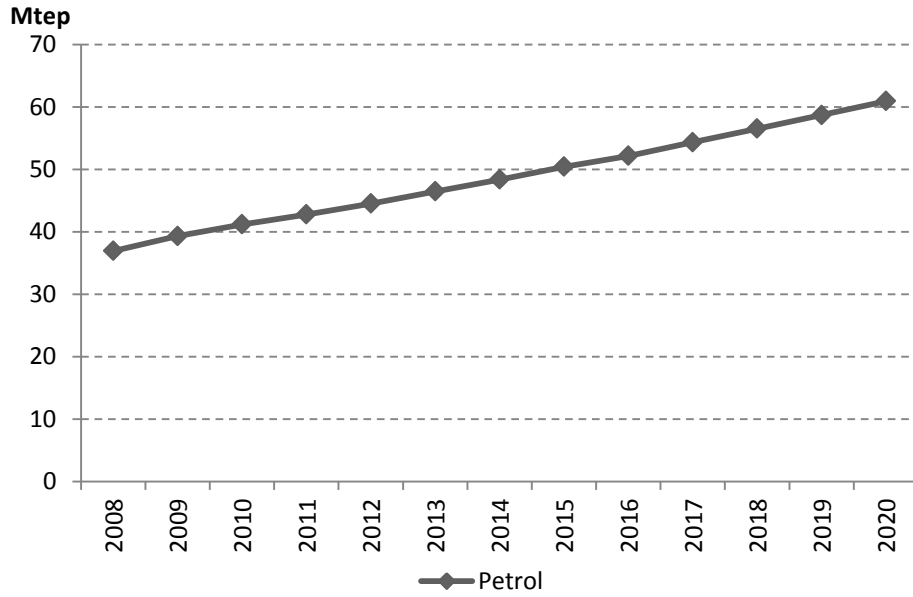
Türkiye'nin artan enerji talebi sebebiyle petrol talebi de yıllar itibari ile artış göstermektedir. Şekil 1.12'de Türkiye'nin 1970-2006 yılları arasındaki petrol talebi gösterilmektedir. 1970 yılında yaklaşık 8 Mtep iken 2006 yılında 33 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Bazı yıllarda bir önceki yıla göre azalış olmasına rağmen yıllar itibari ile sürekli bir artış gözlenmektedir (ETKB, 2010).



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.12 : 1970-2006 Petrol Talebi

Geçmişten günümüze sürekli bir artış gösteren petrol talebi gelecekte de yükselişini sürdürecektir. ETKB tarafından gerçekleştirilen tahminlere (Şekil 1.13) göre 2008 yılında yaklaşık 38 Mtep olan petrol talebi 2015 yılında 50 Mtep ve 2020 yılında 60 Mtep olarak gerçekleşerek 2008 yılına göre % 90'lık artış öngörülmektedir.



Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

Şekil 1.13 : 2008-2020 Petrol Talebi Tahmini

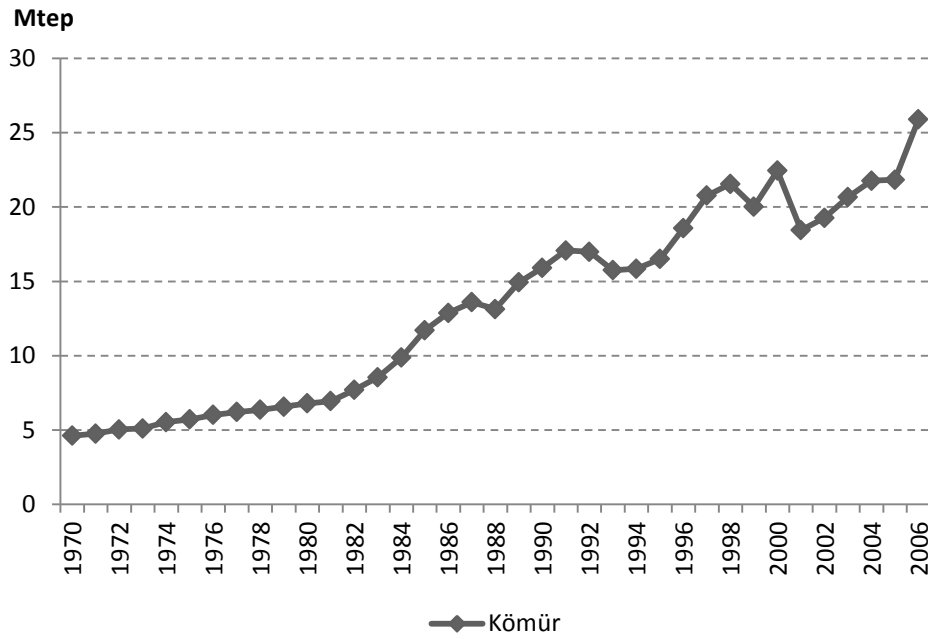
Sürekli artan enerji talebi nedeniyle petrol talebindeki artışlar geçmişte olduğu gibi gelecekte de devam edeceği görülmektedir. Dolayısıyla gelecekte ihtiyaç duyulan enerji talebini karşılamak için enerji planlamasının titizlik ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede ülke içindeki kaynak arama çalışmalarına hız verilmeli ve enerji verimliliği konusunda teknolojik gelişmelerin desteklenmesi gerekmektedir.

1.3.2. Kömür

Kömür Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Türkiye tükettiği kömür miktarının % 51'ini üretmektedir. Üretilen kömür çeşitleri, taşkömürü, linyit ve asfaltitdir. 1990 yılında üretilen taşkömürü miktarı 2.7 milyon ton iken tüketilen taş kömürü miktarı 8.2 milyon tondur. 2007 yılındaki üretilen taşkömürü miktarı 2.46 milyon ton iken tüketilen 25.4 milyon tona ulaşmıştır. Dolayısıyla taşkömürü tüketimi yıllar itibariyle yüksek artış gösterirken üretim seviyesi azalma göstermiştir. Bunun yanı sıra 1990 yılında 44.4 milyon ton ve 2007 yılında 65.2 milyon ton linyit üretimi gerçekleşirken, 1990 yılındaki lin yit tüketimi 45.9, 2007 yılı tüketimi 72.3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2007 yılı asfaltit üretimi yaklaşık 3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (DEK-TMK, 2008b). Ayrıca 2006 yılı toplam enerji tüketiminin % 26.7'si kömür kaynaklı olup eşdeğer enerji bazında kömürün %50'si ithal edilmiştir (Akpınar ve Diğerleri, 2008). Bunun yanı sıra 2009 yılı itibariyle

Türkiye'nin elektrik üretiminin % 28.3'ü termik santraller tarafından karşılanmaktadır (Çetinkaya, 2010).

Türkiye'nin toplam kömür tüketimi 1970-2006 yılları arasında Şekil 1.14'te gösterilmiştir. 1970-1980 yılları arasında kömür tüketimindeki artış düşük seviyelerde kalmıştır. 1980 yılından sonra kömür talebinde hızlı bir artış gerçekleşmiştir. Bazı yıllarda kömür talebinde azalma yaşanmış olmasına rağmen 1990 yılına göre 2006 yılında % 90'lık artış göstermiştir.

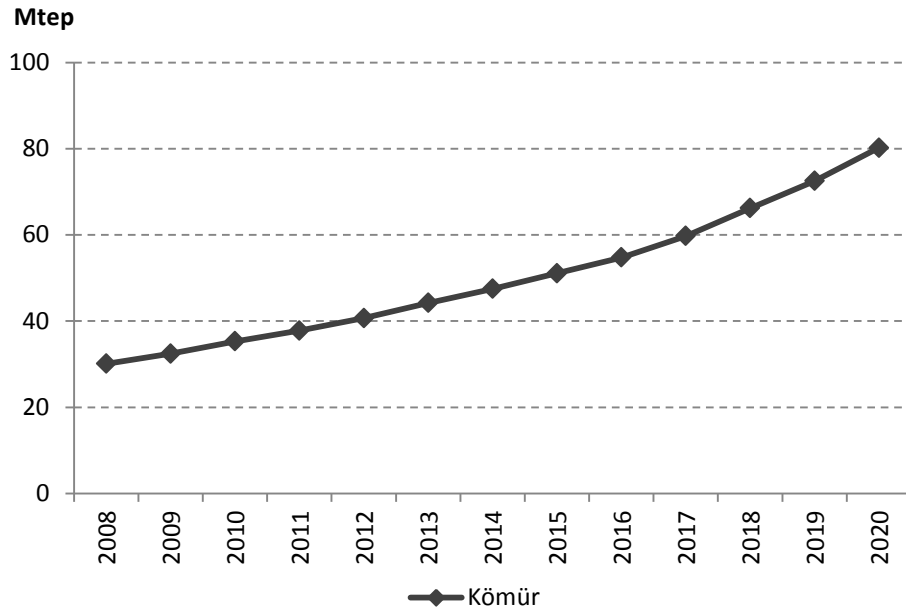


Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.14: 1970-2006 Kömür Talebi

2007 yılında Türkiye'nin enerji talebinin % 90'ı fosil yakıtlardan sağlanmıştır. Bu fosil yakıtların yaklaşık % 30'u kömür tarafından karşılanmıştır. Kullanılan kömür miktarının da % 49'u ithal edilmiştir. Yerli enerji kaynaklarımızdan en fazla kömür kaynağına sahip olduğumuz, ancak bu kaynaklarımızın daha çok, düşük kaliteli linyitlerden oluştuğu dikkate alındığında enerjinin ithale bağlı olduğu anlaşılmaktadır (DEK-TMK, 2008b).

Türkiye'nin sürekli artan enerji ihtiyacı sebebiyle kömür talebindeki artış yıllar itibariyle devam etmiştir. Kömür talebindeki bu artış ETKB tahminleri ile gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir. ETKB tarafından gerçekleştirilen kömür talebi tahmini Şekil 1.15'te gösterilmektedir.



Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

Şekil 1.15 : 2008-2020 Kömür Talebi Tahmini

Şekil 1.15'te gösterilen Türkiye'nin kömür talebi tahmini 2008-2020 yılları arasındaki talebi kapsamaktadır. Buna göre 2008 yılında 30 Mtep olan kömür talebi 2020 yılında yaklaşık 2.7 kat artarak 80 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Diğer bir ifadeyle 1990-2008 yılları arasındaki 18 yıllık sürede yaklaşık % 70'lık artan talebin, 12 yıllık sürede % 270 (2.7) artacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla gerçekleştirilen bu tahminin gerçeği yansıtmadığı anlaşılmaktadır.

1.3.3. Doğal gaz

Türkiye'de 1970 yılında bulunan doğal gaz kaynakları 1976 yılında çıkartılmaya başlanmıştır. Doğal gaz üretiminin başlamasından sonra 1980'li yıllarda yeni doğal gaz rezervleri bulunmuş ve 1986 yılında doğal gaz üretimi artmaya başlamıştır. Ancak bulunan doğal gaz yataklarının çok zengin olmaması nedeniyle doğal gaz üretimi ihtiyacı karşılayacak düzeyde gerçekleşmemiştir.

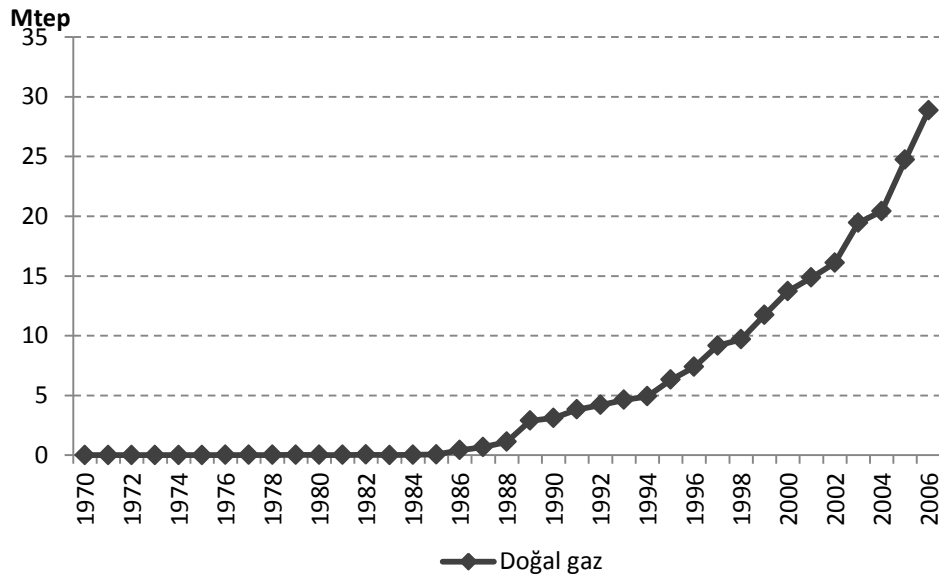
Başlangıçta tüketimin çok az olması nedeniyle üretimin yeterli olduğu görülsede, daha sonraları doğal gaz talebindeki hızlı artış üretimin yetersiz kalmasına neden olmuştur (Akpınar, 2007; Akpınar ve Diğerleri, 2008).

Türkiye'nin, 2001 yılı sonu itibarı ile, kalan mevcut üretilebilir gaz rezervleri 8,8 milyar metre küp, 2009 Ekim sonu itibarı ile de 6,3 milyar metre küptür. 2001 ve 2009 yılı doğal gaz rezerv miktarları karşılaştırıldığında yeni doğal gaz kaynaklarının bulunamadığı anlaşılmaktadır (Pamir, 2003).

Ayrıca elektrik enerjisi üretiminde doğalgaza dayalı kurulu gücümüz 14.576 MW olup bu değer toplam kurulu gücümüzün 32,7'sini karşılamaktadır. Bunun yanı sıra toplam elektrik üretiminin % 48.6'sı doğal gazla dayanmaktadır (Çetinkaya, 2010).

2009 yılı sonu itibariyle kalan üretilebilir yurtiçi toplam doğal gaz rezervimiz ise 6,2 milyar metre küptür. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi doğal gaz rezervlerimizin 8,53 yıllık bir ömrü bulunmaktadır (TPAO, 2009).

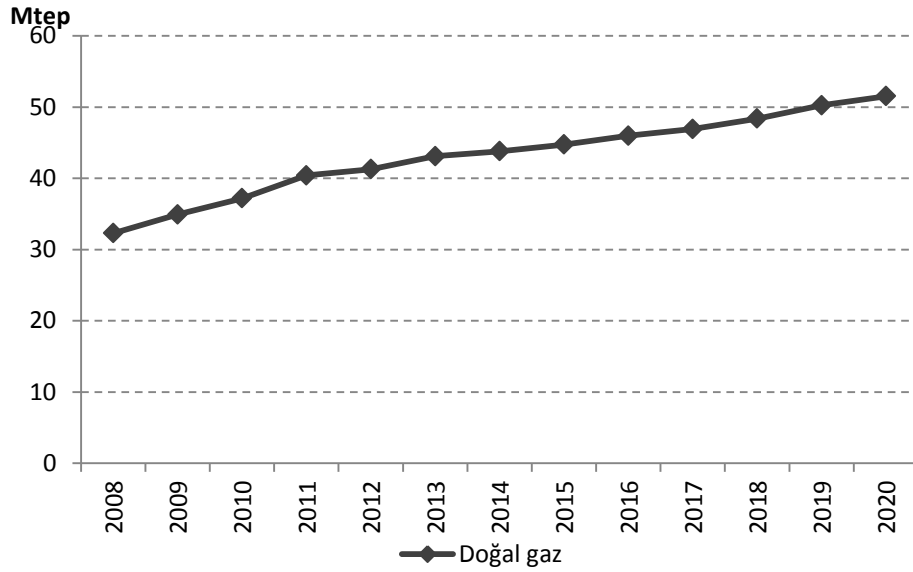
Şekil 1.16'da Türkiye'nin 1970-2006 yılları arasındaki doğal gaz talebi gösterilmektedir. Bu şekle göre 1970-1985 yılları arasında doğal gazın yeni keşfedilmesi ve kullanılmaya başlanması nedeniyle talep düşük seviyelerde seyretmektedir. 1985 yılında yaklaşık 1 Mtep olarak gerçekleşen doğal gaz talebi 1993 yılında 5 Mtep olarak gerçekleşerek 5 kat artış göstermiştir. Doğal gaz talebindeki bu artış daha sonraki yıllarda artarak devam etmiş ve 2006 yılında yaklaşık 29 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Bu artışların temel sebebi de 1987 yılında doğal gaz ithalatına başlanması ve bu enerji türünün teşvik edilmesidir.



Kaynak: ETKB, 2010.

Şekil 1.16 : 1970-2006 Doğal Gaz Talebi

Yıllar itibariyle sürekli artış gösteren doğal gaz talebinin gelecekte de artış göstereceği tahmin edilmektedir. Şekil 1.15'te ETKB tarafından gerçekleştirilen doğal gaz talebi tahmini gösterilmektedir.



Kaynak: DEK-TMK, 2008b.

Şekil 1.17 : 2008-2020 Doğal Gaz Talebi Tahmini

Şekil 1.17’de gösterilen tahmin sonuçlarına göre 2008 yılında yaklaşık 32 Mtep olan doğal gaz talebi 2020 yılında 50 Mtep seviyesine çıkacağı öngörülmektedir.

1.3.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Fosil yakıtlar olarak ifade edilen kömür, petrol ve doğal gazın dünyada belirli bir miktar bulunması diğer bir ifade ile sonlu olması ve fosil yakıtların çevreye ve insana verdiği zararlar küresel iklim değişikliğinin etkilerinin belirgin bir şekilde hissedildiği ve felaket senaryolarının konuşulduğu bu dönemde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlardan enerji üretimi ile havaya salınan sera gazları nedeniyle, iklimlerin değiştiği, ekolojik dengenin bozulmaya başladığı günümüzde, küresel ölçekte önlemlerin alınmaması durumunda dünyamız yaşanılabilir bir dünya olmaktan çıkma tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır.

Fosil yakıtların tükenme tehlikesi ve çevre ve insanlık üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle alternatif enerji kaynaklarının önemi artmaktadır. Bu alternatif enerji kaynakları hem zararlı etkilerinin olmaması hem de devamlılık arz etmesi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir (Yeksem, 2009:9). Ayrıca “yeterli miktardaki kaliteli ve temiz enerjinin, uygun fiyatlarla ve kesintisiz olarak temin edilmesi” şeklinde ifade edilen enerji arz güvenliğinin sağlanması açısından da önem arz etmektedir (SAREM, 2007).

Diğer bir ifade ile yenilenebilir enerji kaynakları doğal çevrede sürekli tekrarlanan enerji akımlarının nicelik ve nitelik özelliklerini bozmayacak şekilde

kullanımı veya doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynaklarıdır. Bunlara örnek olarak güneş, su (hidro), biyokütle, rüzgar, hidrojen, jeotermal ve deniz akıntıları gösterilebilir (Üstün ve Diğerleri, 2009).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile bir yandan ihtiyaç duyulan enerjinin temini ve arzı sağlanırken diğer yandan temiz yöntemlerle enerji üretimi yapılacağından küresel iklim değişikliğinin önlenmesi, en azından yavaşlatılması mümkün olabilecektir. Bu nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanma bir tercih değil, zorunluluk olarak değerlendirilmektedir (Yeksem, 2009:9).

Gelişmiş ülkelerde teknolojinin yoğun kullanıldığı rüzgar, güneş, işlenmiş biyokütle ve organik atıklar başta olmak üzere, yenilenebilir enerjinin genellikle modern veya dönüştürülmüş formları kullanılmaktadır. Az gelişmiş ülkelerde ise, kırsal bölgelerde ısınma ve yemek pişirme amacıyla biyokütle ve hayvansal atıkların doğrudan kullanımı önemli düzeylerde (IEA, 2007; Cansın ve Sohtaoğlu, 2009).

Küresel toplam elektrik enerjisi üretiminin % 18.3'ü yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanmaktadır. Bu oranın % 87'si günümüzde hala en ekonomik elektrik üretim alternatifleri arasında yer alan hidro enerjiden sağlanmaktadır (IEA, 2008; Cansın ve Sohtaoğlu, 2009).

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir ülke olarak ifade edilmektedir. Sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda incelenmektedir.

1.3.4.1. Rüzgar

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli yer tutan rüzgar enerjisi Türkiye'nin önemli enerji kaynaklarından biri olma yolunda ilerlemektedir. 2003 yılı itibarıyla doğal gaz santrallerinde üretilen elektriğin maliyeti 3.9 ile 4.4 cent/kwh, kömür santrallerinde 4.8 ile 5.5 cent/kwh, nükleer santrallerde 11.1 ile 14.5 cent/kwh aralığında oluşurken, rüzgar santrallerinde bu maliyet, 4 ile 6 cent/kwh arasında oluşması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu da, gelişen teknoloji ile rüzgar santrallerinin diğer kaynaklarla rekabet şansının geçmişte arttığını göstermektedir. Çevre dostu özellikleri de rüzgarın önemini arttıran bir diğer olgudur (TMMOB, 2003).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisinin önemi günümüzde artmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de ve özellikle Avrupa'da rüzgar santralleri çevreci ve düşük maliyetli olması nedeniyle artmaya başlamıştır. Rüzgâr enerjisinin Avrupa'daki yükselişi 2000'li yıllarda hız kazanmıştır. İçselleştirilen teknoloji ve hükümet politikaları ve AB tarafından desteklenen temiz enerji politikalarıyla Avrupa

genelinde Rüzgâr enerjisinin kurulu gücünün 80000 MW'a ulaşması beklenmektedir. Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (EWEA)'nin raporuna göre Birlik ülkelerindeki kurulu rüzgâr elektrik santrali gücü 2007 yılında %18 artış göstererek 57.136 MW'a, tüm dünyada ise %27 artış göstererek 94.112 MW'a ulaşmıştır. Bununla ilgili olarak rüzgardan daha çok faydalanmak dolayısıyla daha fazla enerji üretmek için çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Çalışkan, 2007; Güneş, 2009). Bu bağlamda Elektrik İşleri Etüt İdaresi ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından rüzgar enerji sektörünün alt yapısını oluşturmak ve sektörün kısa, orta ve uzun dönemde etkili ve verimli yönde gelişimini sağlamak amacıyla Türkiye'nin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi ve buna göre yatırım çalışmalarında yol gösterici olması nedeniyle "Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası" (REPA) çalışması gerçekleştirilmiştir. Rüzgar enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir (Eniş, 2002; Akpınar ve Diğerleri, 2008). Bölgesel olarak da en büyük rüzgar enerjisi potansiyeli Marmara bölgesinde olduğu ifade edilmektedir (DMİ, 2005). Bu çalışmanın yanı sıra Türkiye'nin ekonomik rüzgar gücü potansiyeli hakkında farklı değerler öne sürülmektedir. Söz konusu rakamlar geçmişte, 10 bin MW'tan 20 bin MW'a kadar değişirken (TMMOB, 2003; Pamir, 2003), günümüzde 50 MW olarak hesaplanmıştır (ETKB, 2010). Son çalışmalara göre bu potansiyelin 48 bin MW olduğu belirtilmektedir. Ayrıca 2009 yılında rüzgar enerjisinde 980 MW elektrik üretimi gerçekleştirilmiş ve toplam 600 MW'lık elektrik üretmesi tahmin edilen santraller de yapım aşamasındadır (Çetinkaya, 2010).

Türkiye'ye rüzgar potansiyeli ile Avrupa ülkeleri içersinde 3. durumdadır. Türkiye rüzgar enerjisi hedefi 2010 yılında elektirik üretiminin % 2'sini rüzgardan elde etmek olarak gösterilmiştir. Ayrıca rüzgar türbinlerinin imalat maliyetlerinin düşürülmesine, yer seçimine dayalı potansiyel belirleme çalışmalarına ve yeni ölçme teknolojilerine yönelik araştırmalara ağırlık verilmiştir (Üstün ve Diğerleri, 2009).

1.3.4.2. Jeotermal

Jeotermal enerji yer sıcaklığı olup yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaların içerdiği enerji olarak adlandırılmaktadır.

Jeotermal enerji de bir diğer önemli potansiyelimizdir. Ülkemizin brüt jeotermal potansiyeli 31 500 MW olarak verilmektedir (TMMOB, 2003). 1995 yılında, jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarında dünyada 11. sırada yer alan Türkiye, 2000 yılında 5.

sıraya yükselmiş ve 2005 yılında beşinciliğini sürdürmüştür. Haziran 2007 itibariyle, jeotermal kaynak potansiyelinin ancak %7'sini değerlendirebilmiştir Ülkemiz 31500 Mwt'lik jeotermal potansiyel ile Dünyada ilk 10 Ülke arasındadır. Türkiye jeotermal kullanımında Dünya'da 5. Avrupa'da 1.'dir (EİEİ, 2009).

Türkiye'nin jeotermal potansiyeli 600 MW olarak tespit edilmiştir. Ayrıca 94 MW jeotermal santrallerden elektrik üretimi gerçekleştirilirken, 20 MW'lık santral de hali hazırda yapım aşamasındadır (Çetinkaya, 2010).

1.3.4.3. Güneş

Türkiye coğrafi konumu itibariyle güneş kuşağı içerisinde yer almakta olup güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, Doğu Karadeniz Bölgesi dışında tüm bölgelerimiz için önemle ele alınması gereken bir büyüklüktedir. Güneş enerjisinden su ısıtma, konut ısıtma, pişirme, kurutma, soğutma gibi ısı amaçlarıyla yararlanılabileceği gibi güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek de olanaklıdır (Dikmen, 2008). Dolayısıyla Türkiye 32 Mtep'lik güneş enerjisi potansiyeli ile İspanya'dan sonra Avrupa'da 2. Sırada olduğu göz önüne alındığında güneş enerjisinin gelecekte yaygın kullanımı olasıdır.

Güneş enerjisi yönünden oldukça zengin olan ülkemizin, bölgelere göre güneşlenme potansiyeli ve yıllık elektrik (güneş enerjisinden) potansiyeli alttaki Çizelge 1.1'de yer almaktadır.

Çizelge 1.1: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bölgelere Göre Güneşlenme Potansiyeli		
Bölge Adı	Toplam Güneş Enerjisi (kwh/m ² -yıl)	Güneş Enerjisi (saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: EİEİ, 2009.

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu bölgesi olup bunu Akdeniz bölgesi izlemektedir.

Türkiye'de kurulu olan güneş kolektörü miktarı yaklaşık 12 milyon m² ve teknik güneş enerjisi potansiyeli 76 Mtep olup, yıllık üretim hacmi 750.000 m²'dir ve bu

üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Bu kullanım miktarı, kişi başına 0,15 m² güneş kolektörü kullanıldığı anlamına gelmektedir. Güneş enerjisinden ısı enerjisi yıllık üretimi 420.000 Tep civarındadır. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır (ETKB, 2010).

Ayrıca ülkemizde çoğu kamu kuruluşlarında olmak üzere küçük ihtiyaçların karşılanması ve araştırma amaçlı kullanılan güneş pili kurulu gücü yüksek maliyeti nedeniyle ancak 1 MW' a ulaşabilmiştir.

1.3.4.4. Biyokütle

Biyokütle enerjisi, uygun bitkilerin yetiştiriciliğine bağlı olduğundan dolayı yenilenebilir, çevre dostu ve yerli kaynak olarak değer kazanan önemli bir enerji kaynağıdır. Biyokütle; fosil olmayan, karbonun enerji içeren formları şeklinde tanımlanabilir. Odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yaşlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçeği, soya vb.), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar enginar vb.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum vb.), protein bitkileri (bezelye, fasulye, buğday vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.), hayvansal atıklar ile kentsel ve endüstriyel atıklar biyokütle enerjisi teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşılmaktadır (Aslan ve Diğerleri, 2006; Karaosmanoğlu, 2008).

Türkiye'nin biyokütle potansiyeli 10 Mtep'tir (Çetinkaya, 2010). Ülkenin biyokütle kaynakları; tarım, orman, hayvan, organik şehir atıkları vb.'den oluşmaktadır. Atık potansiyelimiz yaklaşık 8,6 Milyon Ton Eşdeğer Petrol (TEP) olup bunun 6 milyon TEP'i ısınma amaçlı kullanılmaktadır. 2008 yılında biyokütle kaynaklarından elde edilen toplam enerji miktarı 66 bin TEP'tir (ETKB, 2010).

Türkiye'de son zamanlarda biyokütle enerjisinin kullanılması için kamu ve özel sektör yatırımları artmaya başlamıştır. Öncelikle büyükşehir belediyeleri çöp atıklarının çözümüne yönelik atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır (Dikmen, 2008).

1.3.4.5. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji; yenilenebilir olması, yerli doğal kaynak kullanması, işletme ve bakım giderinin düşük olması, fiziki ömrünün uzun oluşu, en az düzeyde olumsuz çevresel etki yaratması, kırsal kesimlerde ekonomik ve sosyal yapıyı canlandırması gibi nedenlerle diğer enerji kaynaklarına göre üstünlük arz etmektedir. Bu nedenlerle,

hidrolik enerji projelerin bir an evvel geliştirilerek hayata geçirilmesinde yarar görülmektedir (EİEİ, 2009).

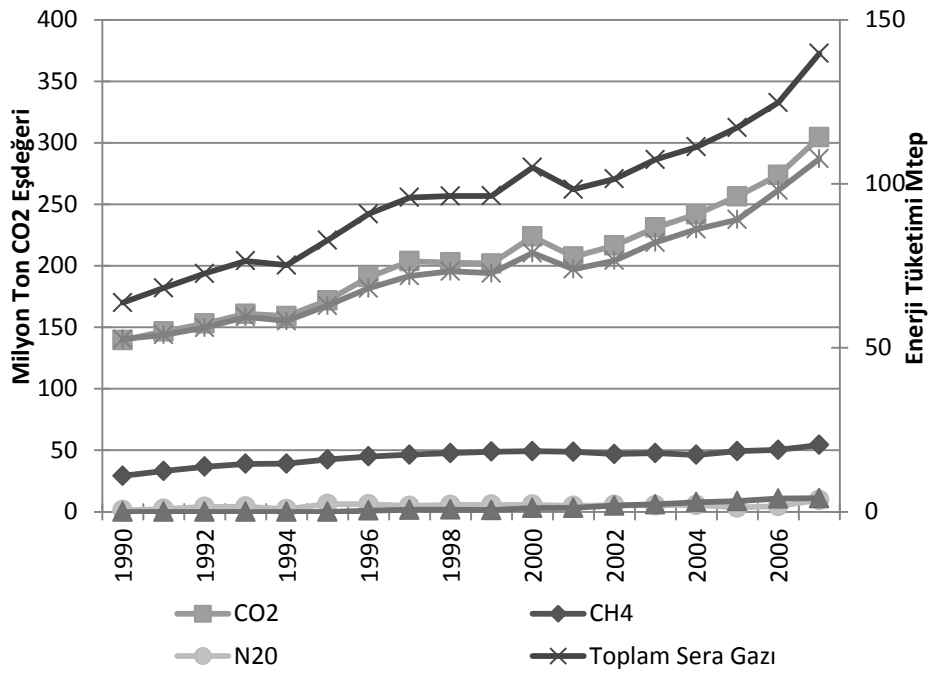
Yenilenebilir enerji kaynakları içersinde hidro enerji hem Türkiye’de hem Dünya’da en çok kullanılanıdır. Hidrolik enerji yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına karşın uzun ömürlü ve işletme maliyetlerinin düşük olması ve çevreye zarar vermemesi açısından tercih edilmektedir. Türkiye’nin sahip olduğu hidrolik enerjinin % 35’i değerlendirilmiş durumdadır (Dikmen, 2008; Üstün ve Diğerleri, 2009; EİEİ, 2009).

2004 yılı itibariyle ülkemizin ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 127,6 Milyar kWh/yıl’dır. Bu potansiyelin % 35’i işletmede, % 8’i inşa halinde ve geri kalan % 57’si ise çeşitli proje seviyelerinden oluşmaktadır.

Son çalışmalarla yılda 170 milyar kWh elektrik üretim kapasitesine sahip olduğu tahmin edilen Türkiye hidroelektrik potansiyelinin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanının 16.11.2009 tarihli açıklamasına göre 51.8 milyar kWh’lik bölümü işletmede, 21 milyar kWh’lik kısmı ise yatırım aşamasındadır. Potansiyelin yaklaşık 97.2 milyar kWh kapasiteye sahip %57.18’lik bölümü ise değerlendirmeyi beklemektedir. Ancak Türkiye elektrik üretimi esas olarak doğal gaz ve kömüre (yerli linyit ve ithal taş kömürü) dayanmasının yanı sıra elektrik üretiminin %18.5’i hidroelektrik santralleri tarafından sağlanmaktadır (Türkyılmaz, 2010; Çetinkaya, 2010).

1.4. TÜRKİYE’NİN SERA GAZI DURUMU

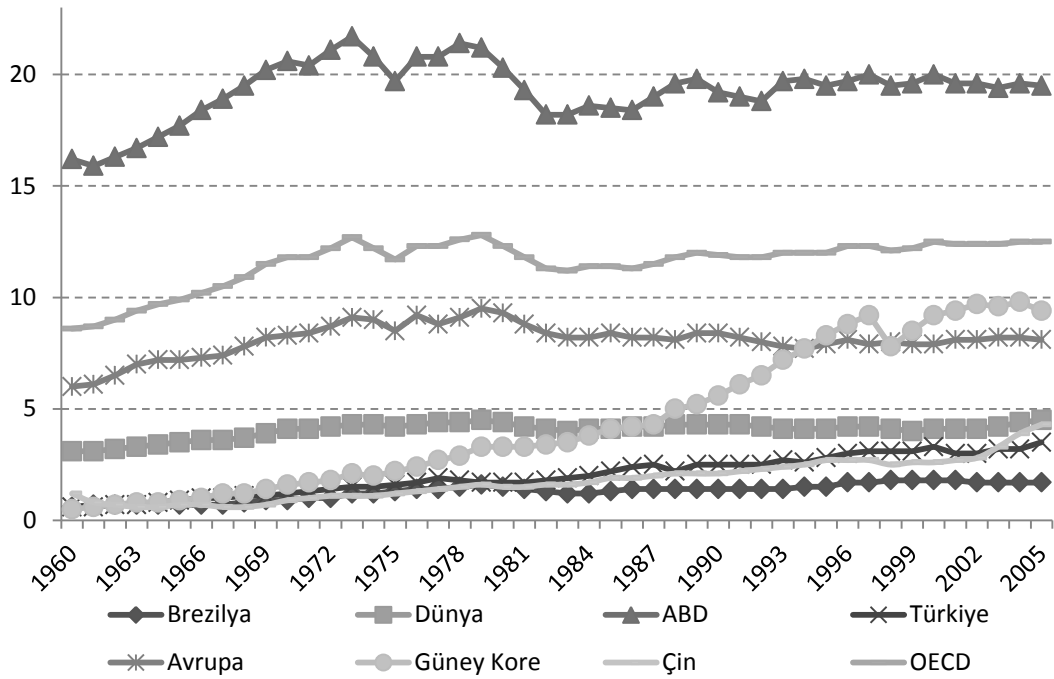
Sera gazları farkı sektörlerdeki ekonomik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Küresel ısınmaya neden olan sera gazları içerisinde en büyük paya sahip olan karbondioksit gazı toplam sera gazlarının %80’ini oluşturmaktadır. Bu gaz fosil yakıtların (Kömür, Petrol ve Doğal gaz) büyük oranda enerji üretiminde kullanılmasıyla açığı çıkmaktadır. Açığa çıkan karbondioksit emisyonunun % 92’si enerji üretiminden kaynaklanmaktadır. Ayrıca 2006 toplam sera gazlarının % 78’i enerjiye yönelik faaliyetler sonucu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla sera gazı emisyonunun ana sorumlusu enerji üretimi olarak gösterilmektedir. Enerji sektörü içersinde ise sera gazı emisyonunun % 37’sinden elektrik üretimi sorumludur (NCESD, 2003; DEK-TMK, 2008b).



Şekil 1.18: Türkiye'nin 1990-2007 Dönemi Toplam Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Durumu

Şekil 1.18'de Türkiye'nin sera gazları gösterilmektedir. 1990-2006 yılları arasındaki sera gazı emisyonunda % 95 artış gerçekleşmiştir. Bu artış Türkiye'nin yer aldığı Birleşmiş milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin Ek-I⁵ listesinde yer alan ülkeler içindeki en yüksek orandır. Şekil 1.19'da Türkiye ve diğer dünya ülkeleri ve dünya ortalamalarıyla kişi başına karbondioksit emisyonu gösterilmektedir. Buna göre Amerika, Avrupa ve OECD ülkelerinin kişi başına karbondioksit gazı emisyonu geçmişten günümüze çok yüksek seviyelerde seyretmektedir. Bu yıllar arasında meydana gelen sera gazı emisyonundaki artış Türkiye'nin refah düzeyindeki gelişmeyi yansıtmaktadır (DEK-TMK, 2008b).

⁵ Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Avusturya, Belçika, Beyaz Rusya, Bulgaristan, Büyük Britanya, Kuzey İrlanda Birleşik Krallığı, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Kanada, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya Federasyonu, Slovakya, Slovenya, Türkiye, Ukrayna, Yeni Zelanda, Yunanistan.



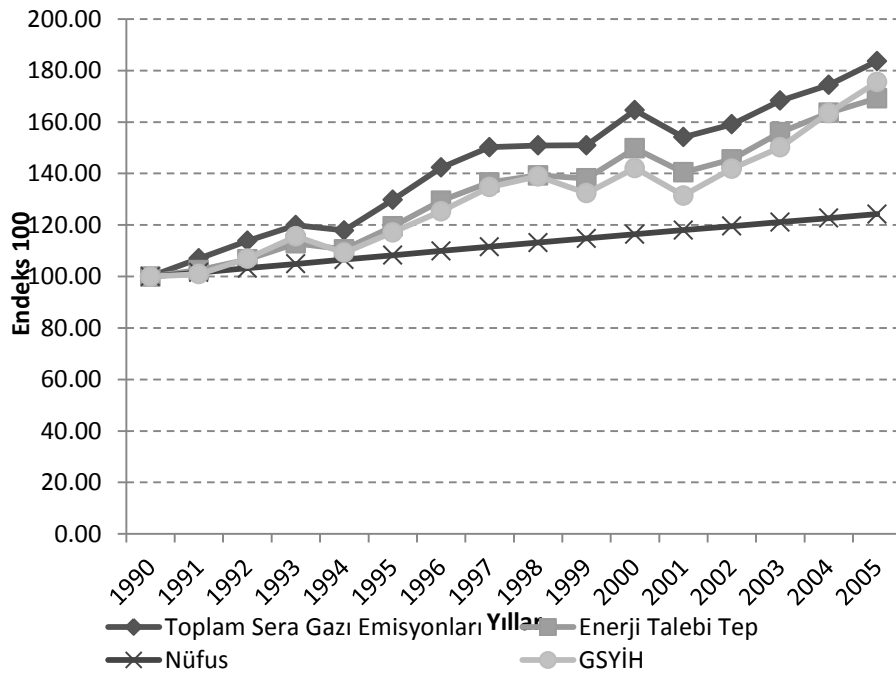
Kaynak: DB, 2009.

Şekil 1.19: Türkiye ve Dünya 1960-2005 Dönemi Kişi başına CO2 Seviyesi

Görüldüğü üzere dünya’da Türkiye gelişmekte olan bir ülke konumundadır. Gerek sosyo-ekonomik gerekse çevresel göstergeleri açısından bu gözle görülebilir bir gerçektir. Gelişmekte olan bir ülke olması nedeniyle enerji tüketimi ve dolayısıyla sera gazı emisyonu hızlı bir artış göstermektedir. Buna rağmen Türkiye OECD ülkeleri arasında fosil yakıt bazlı en düşük kişi başı karbondioksit emisyonlarına sahiptir. 2003 yılında OECD ortalaması 11.1 ton, dünya ortalaması 4 ton ve AB 25 Ortalaması 9 ton ve Türkiye ortalama 3.3 ton’dur (İDBUB, 2007:57).

Enerji ve çevre politikaları açısından gelecekteki enerji talebi ve sera gazı emisyonu seviyelerini şimdiden tahmin etmek çok önemli bir konu haline gelmiştir. Tahmin edilen enerji talebinin yüksek çıkması, iklim değişikliğine neden olan sera gazı tahminlerinin yüksek çıkmasına neden olacaktır. Dolayısıyla Kyoto protokolüne dahil olduğumuz için, yüksek seragazı salımı nedeniyle yüksek miktarda kaynak ayırmamız gerekecektir. İklim Değişikliği Meclis Araştırma Komisyonu’na DPT uzmanları tarafından sunulan rapora göre 2020 yılındaki karbondioksit emisyonunun 615 milyon ton olacağının ve bu miktarın % 10 azaltılması için 40 milyar dolar kaynak ihtiyacı olacağını belirtmişlerdir (Karakaya, 2008). Diğer bir ifade ile yanlış enerji talebi tahmini çok büyük kaynakların israf edilmesine neden olacaktır. Bu bakımdan enerji talebinin tahmini çok önemli hale gelmektedir.

Gelecekteki enerji talebi ve sera gazı emisyonları tahmin edilirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, enerji talebini ve sera gazı emisyonlarını belirleyen ve bunlar üzerinde etki yaratan unsurlardır. Enerji talebini belirleyen unsurlar önceki bölümde detaylı olarak incelenmiştir. Sera gazlarını belirleyen unsurlar da aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu şekilde toplam sera gazı emisyonları, enerji talebi, nüfus ve GSYİH verileri 1990 yılında 100 kabul edilerek, her bir veri için endeks oluşturulmuştur. Bu endeksler aşağıda gösterilmiştir.



Kaynak: TÜİK, 2009; İDBUB, 2007:73.

Şekil 1.20: 1990-2005 Sera Gazlarını Etkileyen Faktörler

Endeks oluşturulmasının temel sebebi bu unsurların birlikte hareket edip etmemesinin belirlenmesidir. Dolayısıyla şekilde görüldüğü üzere sera gazı emisyonlarını tetikleyen temel etkenlerin nüfus, GSYİH ve enerji talebi olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca ekonomik krizin yaşandığı yıllarda görülen ciddi dalgalanmalarla da bu ilişki kanıtlanmaktadır (İDBUB, 2007:73).

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TALEBİ VE BELİRLEYİCİLERİ

2.1 ENERJİ TALEBİ

Enerji sosyal ve ekonomik refahın iyileştirilmesi için hayati bir öneme sahiptir. Sanayileşmiş ülkelerde ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilmesi açısından enerjiye büyük gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle enerji olmaması veya yetersiz olması durumunda ekonomik büyüme sağlanamayacağı ve yaşam standartlarının düşeceği öngörülmektedir. Gelişmekte ve gelişmemiş olan ülkelerin yeterli enerjiye sahip olmamaları düşük ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli nedenlerinden biridir. Bu bağlamda ekonomik ve sosyal kalkınmayı sağlayabilmek için yeterli enerjiyi temin etmek gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmayı gerçekleştirebilmeleri için talep edecekleri enerjiyi en iyi şekilde tahmin etmeleri gerekmektedir. Dolayısıyla ülkelerin enerji talepleri gelecek açısından önem arz etmektedir.

Enerji talebi uzun ve kısa dönemde bir çok faktör tarafından etkilenmektedir. Bunların başında ekonomik gelişmeye bağlı olarak yükselen gelir düzeyi enerji talebini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanı sıra teknolojik gelişmeler, enerji fiyatlarındaki değişimler ve enerjinin verimli kullanılması da enerji talebi üzerinde önemli etkiye sahiptir (Meclock, 2009).

Günümüzde enerji talebinin bileşimi içerisinde en büyük yere fosil (kömür, petrol ve doğal gaz) sahiptir. Dolayısıyla enerji talebi içerisinde fosil yakıtlar egemendir. Yakın gelecekte de fosil yakıtların enerji talebi içerisinde önemli yere sahip olacağı öngörülmektedir. Ancak teknolojik gelişme ve sermaye stokundaki artışla beraber enerji talebinin bileşimi yeniden şekillenecektir.

Ekonomik yapı ve teknoloji, enerji talebinin önemli belirleyicilerindendir. Bir birim üretim yapmak için tüketilen enerji miktarını ifade eden enerji yoğunluğu, ekonomide meydana gelen yapısal değişimler ve teknolojik gelişmelerden olumlu şekilde etkilenmektedir. Daha az enerji tüketen cihazların geliştirilmesi ve ekonomik büyüme ile sağlanan enerji tasarrufu buna örnek teşkil etmektedir.

Değişen ekonomik yapı enerji kullanımı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Genel olarak ekonomik gelişmeden önce ülkeler kırsal alanda tarımsal üretim gerçekleştirmektedirler. Ekonomik gelişme ile birlikte üretimde sanayileşme

sağlanmakta ve şehirleşme olgusu artmaktadır. Değişen yapı ile birlikte insanların enerjiye olan talepleri ihtiyaçlara ve gelir seviyesine göre yeniden şekillenmekte ve artmaktadır. Üretimde ve tüketimde gerçekleşen yapısal değişim sermaye stokunda da değişimle sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu da değişmektedir. Bu değişikliğin nasıl gerçekleştiğini göstermek açısından konut, ulaştırma, sanayi ve tarım sektörlerinden oluşan bir ekonominin enerji talebi ve yoğunluğu aşağıda gösterilmiştir.

$$E = E_K + E_U + E_S + E_T \quad (1)$$

Denklem (1) Konut (E_K), Ulaştırma (E_U), Sanayi (E_S) ve Tarım (E_T) sektörlerindeki enerji tüketiminin toplamını ifade eden toplam enerji (E) talebidir. Toplam enerji talebinin toplam üretim miktarına (Y) oranını ifade eden enerji yoğunluğu Denklem (2)'de gösterilmiştir.

$$\frac{E}{Y} = \frac{E_K + E_U + E_S + E_T}{Y} \quad (2)$$

Tüm sektörlerin enerji taleplerinin toplamının toplam üretim miktarına oranını olarak gösterilen enerji yoğunluğu denklem (3)'de sektörler itibariyle ayrılmıştır.

$$\frac{E}{Y} = \frac{E_K}{Y_K} \cdot \frac{Y_K}{Y} + \frac{E_U}{Y_U} \cdot \frac{Y_U}{Y} + \frac{E_S}{Y_S} \cdot \frac{Y_S}{Y} + \frac{E_T}{Y_T} \cdot \frac{Y_T}{Y} \quad (3)$$

Y_i sektörler itibariyle üretim miktarlarını ifade etmektedir. Her bir sektörün toplam üretim içerisindeki payı ise Y_i / Y olarak gösterilmektedir. Her sektörün toplam üretim içerisindeki payını gösteren Y_i / Y ifadesi yerine θ_i kullanıldığında denklem aşağıdaki gibi yeniden yazılır.

$$\frac{E}{Y} = \frac{E_K}{Y_K} \cdot \theta_U + \frac{E_U}{Y_U} \cdot \theta_K + \frac{E_S}{Y_S} \cdot \theta_S + \frac{E_T}{Y_T} \cdot \theta_T \quad (4)$$

Bu denklemde sektörlerin toplam üretim içindeki payını ifade eden θ_i değerlerinin toplamı 1'e eşittir.

$$1 = \theta_K + \theta_U + \theta_S + \theta_T \quad (5)$$

Enerji yoğunluğunun aşağıdaki gibi sıralandığını varsayarsak, sanayi sektörü tarım sektöründen hızlı büyürse (konut ve ulaştırma sabitken) toplam enerji yoğunluğu artacaktır.

$$\frac{E_S}{Y_S} > \frac{E_K}{Y_K} > \frac{E_U}{Y_U} > \frac{E_T}{Y_T} \quad (6)$$

Enerji yoğunluğunun artışı görebilmek için denklem (4)'ün θ_S 'ya göre türevi alınır.

$$\frac{d(E/Y)}{d\theta_s} = -\left(\frac{E_K}{Y_K} \cdot \frac{d\theta_U}{d\theta_s} + \frac{E_U}{Y_U} \cdot \frac{d\theta_K}{d\theta_s} + \frac{E_T}{Y_T} \cdot \frac{d\theta_T}{d\theta_s}\right) + \frac{E_s}{Y_s} > 0 \quad (6)$$

Türevi alınan denklem aşağıda gibi düzenlenir.

$$\left|\frac{E_K}{Y_K} \cdot \frac{d\theta_U}{d\theta_s} + \frac{E_U}{Y_U} \cdot \frac{d\theta_K}{d\theta_s} + \frac{E_T}{Y_T} \cdot \frac{d\theta_T}{d\theta_s}\right| < \frac{E_s}{Y_s} \quad (7)$$

Sonuç olarak enerji yoğunluğun fazla olduğu sektördeki büyüme enerji yoğunluğu arttırmaktadır. Diğer bir ifade ile birim üretim başına kullanılan enerji miktarının yüksek olduğu sektörlerde meydana gelen büyüme, toplam enerji yoğunluğunu arttırmaktadır. Aksine enerji yoğunluğunun düşük olduğu sektörde meydana gelen büyüme enerji yoğunluğunu düşürmektedir. Ancak gerçekte teknolojide meydana gelen gelişmeler sektörlerin enerji yoğunluklarını değiştirmektedir.

2.2 ENERJİ TALEBİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

Enerji talebini belirleyen faktörler iki kısma ayrılmaktadır. Birincisi doğrudan enerji ile ilgili olan, birincil enerji arzı, enerji yoğunluğu, enerji fiyatları ve dünya enerji üretimidir. Diğer kısım ise ekonomik büyüme, nüfus, dış ticaret ve teknolojiden oluşan sosyo-ekonomik faktörlerdir.

2.2.1. Enerji Faktörleri

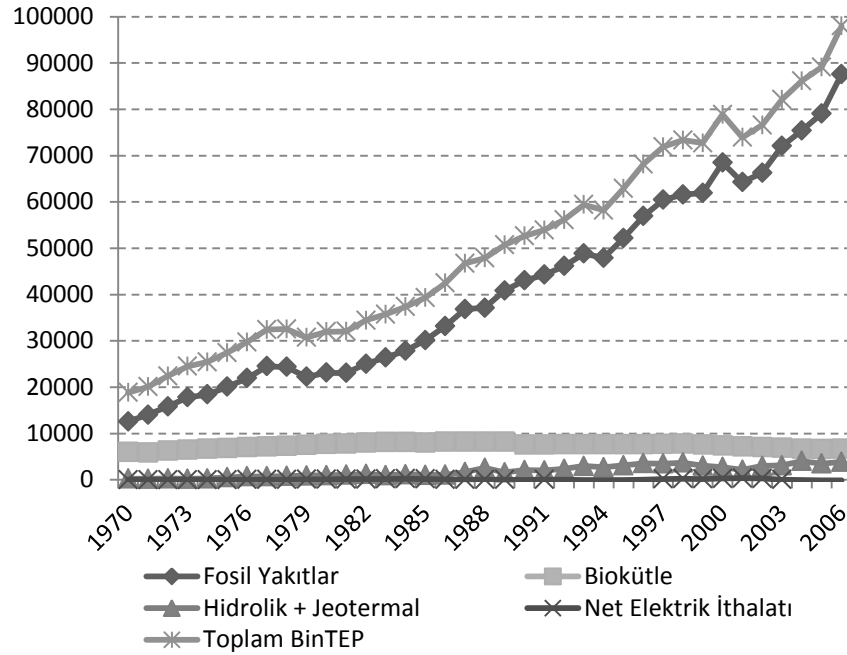
Enerji faktörleri, doğrudan enerji ile bağlantılı olan teknik kavramları ifade etmektedir. Enerji faktörleri bir sonraki bölümde irdenelecek olan Tepeden Aşağı Modellerde kullanılan enerjinin teknik değişkenlerini ifade eder. Bunlardan başlıcaları; birincil enerji arzı, enerji yoğunluğu, enerji fiyatları ve dünya enerji üretimidir (Miskinis, 2008:110).

2.2.1.1. Birincil Enerji Arzı

Enerji talebinin en önemli belirleyicilerinden ilki birincil enerji arzıdır (tüketimi) (Primary Energy Consumption). Birincil enerji arzı ülkedeki bir yıl içerisinde kullanılan tüm enerjinin toplamını ifade etmektedir. Bu toplam bütün enerji kaynaklarından sağlanan enerjiyi kapsamaktadır. Bu enerji kaynakları; Jeotermal ısı, taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, rüzgar, güneş, odun, hayvan ve bitki artıkları, hidroenerji, biyoyakıt ve net elektrik ithalatıdır. Şekil 2.1’de Türkiye’nin 1970-2006 yılları arasındaki toplam birincil enerji arzı, enerji kaynaklarına göre gösterilmiştir. Toplam birincil enerji arzı 1979 yılındaki düşüşten sonra günümüze kadar yüksek bir artış

göstermiştir. Bu artış Petrol ve özellikle 1990’lardan sonra kullanımı artan doğal gazdan kaynaklanmıştır.

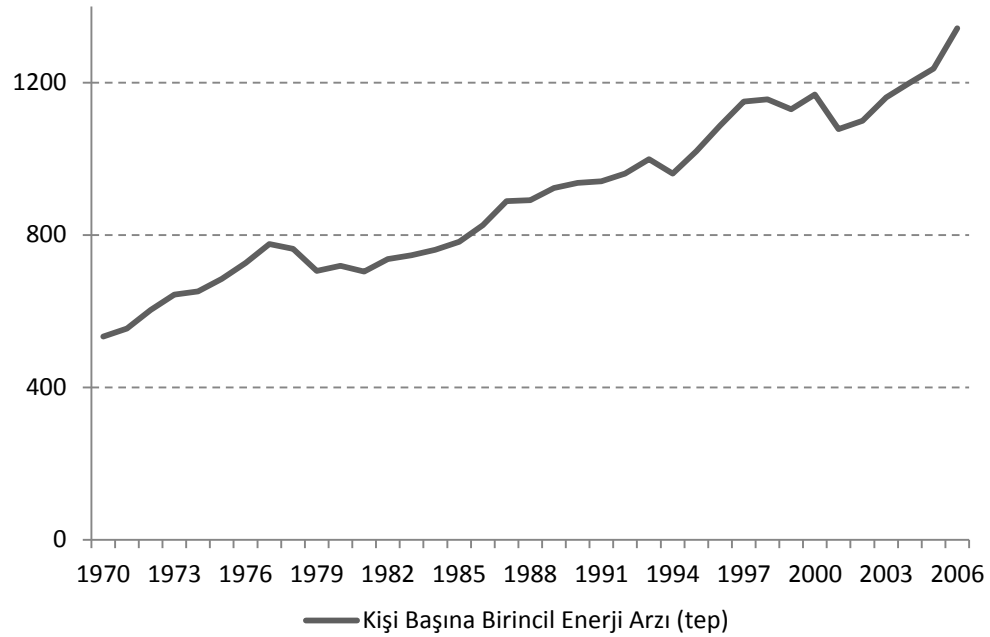
Şekilden görüldüğü üzere ülkemizde kullanılan enerji kaynakların çok çeşitli olmasına rağmen günümüzde enerjimizin % 60’tan fazlasını ithal ettiğimiz petrol ve doğal gazdan sağlamaktayız. Bu durum Türkiye’yi enerji bakımından dışı bağımlı hale getirmiştir.



Kaynak: ETKB

Şekil 2.1: Türkiye’nin 1970-2006 Dönemi Enerji Kaynaklarına Göre Birincil Enerji Arzı (Bin Tep)

Enerji talebi tahmin çalışmalarında toplam birincil enerji arzı yerine, kişi başına birincil enerji arzı da kullanılmaktadır. Çünkü toplam birincil enerji arzındaki artışla beraber ülke nüfusu da artış göstermektedir. Ancak kişi başına enerji arzı ülkenin refah düzeyi açısından bir gösterge olabilir. Dolayısıyla kişi başına birincil enerji arzı, enerji arzındaki değişiklikleri refah seviyesi bağlamında daha gerçekçi yansıtmaktadır. Şekil 2.2’de Türkiye’nin 1970-2006 yılları arasındaki kişi başına birinci enerji arzını göstermektedir. Ayrıca kişi başına enerji tüketiminin sanayileşmiş ülkelerde yüksek olması hayat standartlarının yüksek oluşuyla ilgilidir.

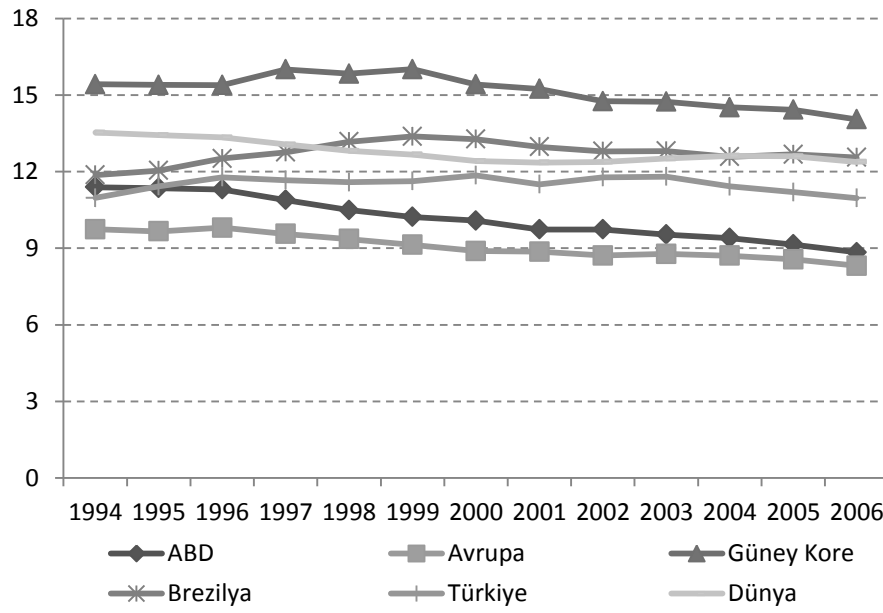


Şekil 2.2: Türkiye'nin 1970-2006 Dönemi Kişi Başına Birincil Enerji Arzı

Şekilde Türkiye'nin yıllar itibariyle kişi başına birincil enerji arzı gösterilmektedir. Bu şekle göre Türkiye'nin kişi başına birincil enerji arzı 1970'den günümüze sürekli artış trendi içerisinde. Ancak 1978 petrol krizinden sonraki birkaç yıllık dönemde enerji arzı düşüş göstermiştir. Bununla temel sebebi enerjinin büyük kısmını petrol ithalatı ile karşılanmasıdır. 2000-2001 döneminde gözlenen düşüş eğilimi ise Türkiye'de meydana gelen ekonomik krizlerden kaynaklanmaktadır.

2.2.1.2. Enerji Yoğunluğu

Enerji talebi analizinin önemli belirleyicilerinden birisi de enerji yoğunluğudur (Energy Intensity). Bu değişken toplam birincil enerji tüketiminin GSYİH'ya oranı şeklinde gösterilmektedir. Şekil 2.3'de Türkiye ve bazı ülkelerin 1994-2006 yılları arasındaki enerji yoğunluğu gösterilmektedir.



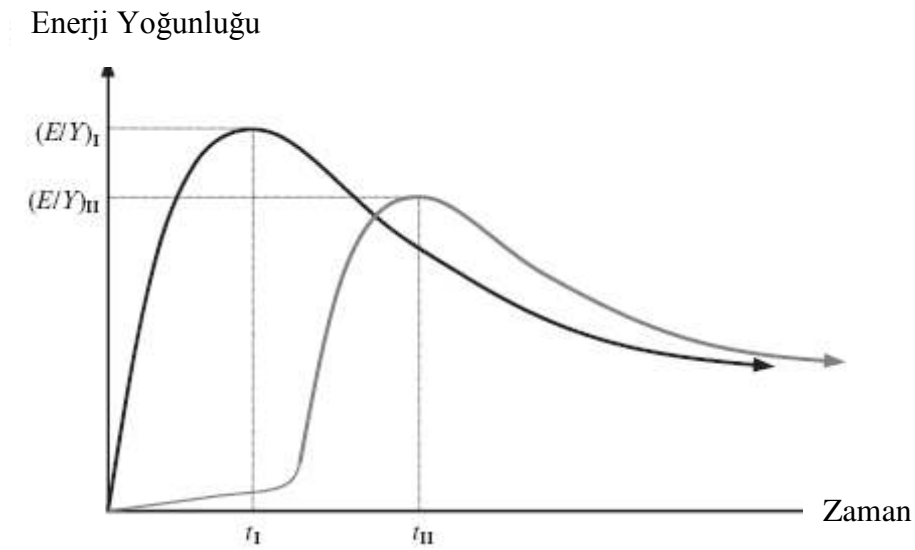
Kaynak: EİAa, 2009.

Şekil 2.3: Türkiye, Amerika, Avrupa, Güney Kore, Brezilya ve Dünya'nın 1994-2006 Dönemi Enerji Yoğunluğu

Şekilde gösterilen enerji yoğunlukları ülkelerin bir birim üretim yapabilmek için kullanmış oldukları enerji miktarlarını ifade etmektedir. Eğer bir ülkenin enerji yoğunluğu düşükse o ülke üretim yapmak için daha az enerji kullandığı, dolayısıyla enerji verimliliği sağlandığını göstermektedir. Şekilde görüldüğü üzere bir birim üretim yapabilmek için Amerika ve Avrupa'dan daha fazla enerjiye ihtiyacımız vardır. Bunun yanı sıra Güney Kore, Brezilya ve Dünya ortalamasından daha az enerjiye ihtiyacımız vardır. Aynı zamanda ülkelerin enerji yoğunlukları, enerji bakımından dışa bağımlılıkları ile ilişkilidir. Ülkeler eğer enerji bakımından dışı bağımlı ise daha az enerji kullanarak daha çok üretim yapmayı amaçlamaktadırlar. Bunun içinde enerjinin verimli kullanılması öne çıkmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin enerji bakımından dışa bağımlı bir ülke olması enerjinin verimli kullanılmasını daha da önemli hale getirmektedir.

Birincil enerji yoğunluğunun belirleyicileri ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Bu birincil enerji arzı yapısındaki farklılıklardan (enerji ulaştırma ve dağıtımını esnasındaki kayıplar gibi) kaynaklanabilir. Uluslararası enerji ajansına göre aynı miktar elektrik üretmek için hidroelektrik santraline, nükleer santralden üç kat az birincil enerji gerekmektedir. Dolayısıyla GSYİH başına birincil enerji arzı elektrik üretim kapasite yapısına ve enerji sektörünün ekonomi içerisindeki yerine bağlıdır (Miskinis, 2008).

Bunun yanı sıra birçok bilim adamı enerji yoğunluğun yıllar itibariyle ters U şeklini alacağını gösteren çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Enerji yoğunluğun ters U şeklini alması, bir birim üretim yapmak için kullanılan enerjinin belirli bir noktaya kadar artması, daha sonra ekonomik kalkınma ve teknolojik gelişme ile birlikte azalmasını ifade etmektedir. Enerji yoğunluğunun maksimum seviyeye ulaştıktan sonra azalması, enerji talebinin azaldığı anlamına gelmemektedir. Bu ekonomik büyümenin enerji talebi büyümesinden daha hızlı olduğu anlamına gelir (Medlock ve Soligo, 2001).



Kaynak: Medlock, 2009:89

Şekil 2.4: Enerji Yoğunluğu'nun Gelişimi

Şekil 2.4'te iki ülkenin enerji yoğunluğu gelişimi gösterilmiştir. Bu şekle göre birinci ülke (I) ikinci ülkeye göre daha hızlı bir büyüme göstermektedir. Bu nedenle birinci ülkenin enerji yoğunluğu en yüksek seviyeye ikinci ülkeden (II) önce ulaşmaktadır. Çünkü birinci ülke hızlı büyümeye sahip, dolayısıyla teknolojik gelişmede hızlı seyretmektedir. Bu nedenle ikinci ülke birinci ülkede geliştirilen teknolojilerden yararlanarak gelişimini sürdürmektedir. Ayrıca ikinci ülke birinci ülkenin geliştirdiği teknolojiden yararlandığı için birinci ülkenin çıkmış olduğu en yüksek enerji yoğunluğu seviyesine çıkmamaktadır.

2.2.1.3. Enerji Fiyatları

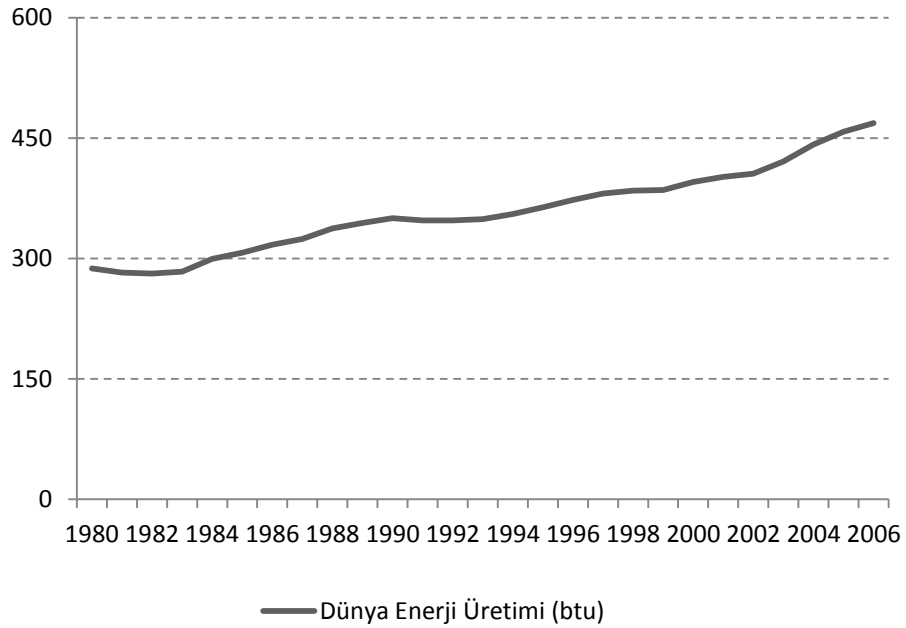
Enerji talebini belirleyen unsurlardan biride enerji fiyatlarıdır. Enerji fiyatlarının enerji talebi üzerindeki uzun ve kısa dönemli etkisini belirlemek çok zordur. Bu enerji fiyatlarında meydana gelecek değişimlerdeki beklentiler ile yakından ilgilidir. Eğer gelecekte enerji fiyatlarının yüksek olacağı beklentisi var ise enerji etkinliğinde artış

meydana gelecek diğer bir ifadeyle daha az enerji ile daha çok üretim yapılacak ve enerji fiyatlarının enerji talebi üzerindeki etkisi küçük olacaktır. Eğer enerji fiyatlarının artmayacağı beklentisi var ise enerji etkinliğine ihtiyaç duyulmayacak yada ek bir maliyet getirmeyecektir. Buda enerji talebini önemli ölçüde arttıracaktır.

Bunun yanı sıra eğer gelecekte enerji fiyatları artmaz ise enerji talebi, GSYİH kadar artacağı öngörülmektedir. Ancak enerji fiyatların artmaması için ülkenin uzun dönemde yeterli enerji kaynağına ihtiyacı vardır. Ülkenin uzun dönemde yeterli kaynağa sahip olmaması durumunda, enerji fiyatları artacak ve enerji talebindeki değişiklik ekonomik büyümeden farklı miktarda gerçekleşecektir (Ediger ve Tatlıdil, 2002).

2.2.1.4. Dünya Enerji Üretimi

Türkiye kullandığı enerjinin büyük bir bölümünü ithal ettiği düşünülürse, Türkiye'nin enerji talebini belirleyebilmek için dünya enerji üretimini de göz önüne almak gerekmektedir.



Şekil 2.5: Dünya'nın 1980-2006 Dönemi Toplam Enerji Üretimi

Şekil 2.5'de dünyanın 1980'den günümüze dek toplam enerji üretimi gösterilmektedir. 1980'lerin başlarında dünya üretiminde çok az da olsa düşüş gözlenmektedir. Bu düşüşün de temel kaynağı 1978 yılındaki petrol krizi olarak gösterilmektedir. Daha sonraki dönemlerde dünya enerji üretimi sürekli olarak artış göstermektedir.

2.2.2. Sosyo-Ekonomik Faktörler

Sosyo-ekonomik faktörler, ekonomik büyüme, nüfus, dış ticaret ve teknoloji olarak değerlendirilmektedir.

2.2.2.1. Ekonomik Büyüme

Ekonomik büyüme ve enerji talebi arasında karşılıklı bir ilişki mevcuttur. Ekonomik büyümenin sağlanabilmesi için ülkenin temel ihtiyacı enerjidir. Eğer ülke yeterli enerji potansiyeline sahipse ekonomik büyüme sağlanabilmektedir. Ancak yeterli enerji kaynağına sahip değilse bu enerjiyi ülke dışından sağlamaya çalışacak, bu durum da ekonomik büyümeyi yavaşlatacaktır. Bunun yanı sıra ekonomik büyüme gerçekleştiğinde toplumun refah seviyesinde meydana gelen yükselme enerjiye olan ihtiyacı arttıracaktır. Dolayısıyla enerji ile ekonomik büyüme bir birinin tamamlayıcısı olarak ifade edilebilir.

Enerji talebi (tüketimi) ve gelir arasındaki ilişki enerji ekonomisi açısından literatürde önemli bir yere sahiptir. Ancak Türkiye’de bu konu ile ilgili çalışma sayısı oldukça azdır. Lise ve Van Montfort (2007) Türkiye’nin GSYİH ve enerji tüketimleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre GSYİH’den enerji tüketimine doğru nedensellik ilişkisi olduğunu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra gelir ve enerji talebi arasındaki bu ilişkiyi tespit etmek için tartışmalar süre dursun, enerji talebi tahminlerinde gelir önemli bir değişken olarak yer almaktadır.

2.2.2.2. Nüfus

Ülkelerin enerji taleplerinin temel belirleyicilerinden bir diğeri ise nüfustur. Bir ülkenin enerji kullanımı nüfusuyla doğru orantılıdır. Ülke nüfusunda meydana gelen artış enerji talebini de arttırmaktadır. Türkiye ve diğer ülkeler için yapılan enerji talebi analizlerinin hemen hepsinde nüfus ana değişken olarak yer almaktadır. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ülkelerin enerji taleplerini önemli ölçüde etkilemektedir. Günümüzde yaklaşık 70 milyon olan ülke nüfusunun 2020 yılında 100 milyona ulaşması beklenmektedir (Demirbaş, 2001). Bu da on yıllık sürede nüfusun % 40’dan fazla artacağı anlamına gelmektedir. Bu büyüklükteki bir nüfus artışı enerji talebi üzerinde önemli etkiler yaratacağı çok açıktır.

2.2.2.3. Dış Ticaret

Enerji talebini doğrudan etkileyen diğer bir faktör dış ticarettir. İhracat ve ithalat olarak iki kalemden oluşan dış ticaret enerji talebinin temel belirleyicilerindendir (Ünler, 2008). İhracatı yapılan ürünlerin üretiminde kullanılan enerji talebini artırıcı etkiye sahiptir. Bunun yanı sıra ülkemizde kullanılan enerjinin büyük kısmının dışarıdan sağlanması, ithal edilmesi de enerji talebini arttıran faktörler arasındadır.

2.2.2.4. Teknoloji

Enerji talebini etkileyen diğer bir faktör teknolojik gelişmelerdir. Teknoloji üretimde kullanılan enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlayarak, daha az enerji kullanarak daha çok çıktı sağlamaktadır. Teknolojinin enerjide verimliliği sağlarken aynı zamanda birim üretim için daha az enerji kullanılmasına olanak vermektedir. Buda enerji yoğunluğunun azaltılması anlamına gelmektedir. Bunun yanı sıra teknolojiye meydana gelen gelişmeler Şekil 1.13’de gösterildiği gibi ülkelerin enerji yoğunluğunun en yüksek düzeyine daha çabuk ulaşmasına ve bu seviyenin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu da demek oluyor ki daha geç sağlanan gelişme daha az enerji ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır (Meclock, 2009).

Teknolojinin enerji yoğunlu üzerindeki etkisini incelemek için denklem (4) ‘e teknoloji değişkenini dahil ettiğimizde denklem aşağıdaki gibi yeniden yazılır.

$$\frac{E}{Y} = \frac{(u_K / \varepsilon_K) K_K}{Y_K} \cdot \theta_U + \frac{(u_K / \varepsilon_K) K_U}{Y_U} \cdot \theta_K + \frac{(u_K / \varepsilon_K) K_S}{Y_S} \cdot \theta_S + \frac{(u_K / \varepsilon_K) K_T}{Y_T} \cdot \theta_T \quad (8)$$

Her bir sektördeki enerji kullanımının o sektördeki kapasite kullanım oranı (u), enerji etkinliği oranına (ε) ve kullanılan sermaye miktarına bağlı olduğunu varsaydığımızda denklem (8) haline dönüşür. Teknolojide meydana gelen değişimin enerji yoğunluğu üzerindeki etkisini araştırmak için denklemin teknolojiye göre türevi alınır.

$$\frac{d(E/Y)}{d\varepsilon_S} = -\frac{(u/\varepsilon_S^2) K_S}{Y_S} \cdot \theta_S < 0 \quad (9)$$

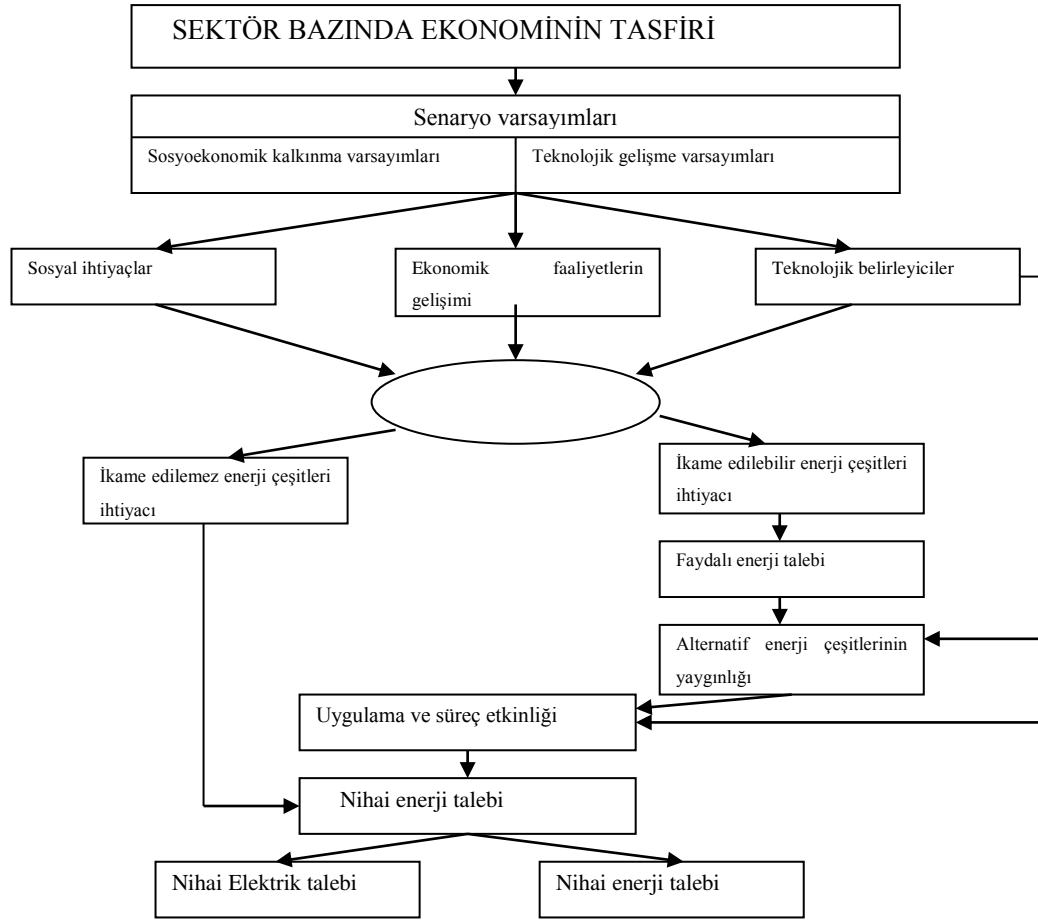
Dolayısıyla herhangi bir sektörde meydana gelen teknolojik gelişim enerji yoğunluğunu azaltmaktadır. Bunun yanı sıra teknolojik gelişmenin olduğu sektör toplam üretim içersinde çok büyük bir yere sahip ise teknolojiye meydana gelen değişim toplam enerji yoğunluğu üzerinde büyük etkiye sahip olacaktır.

Bunun yanında kullanılan diğer değişkenlerden bazıları da nihai enerji arzı oranı, elektrik paylaşımı ve elektrik tüketimidir.

2.3. TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ PROJEKSİYONLARI

Türkiye’nin enerji sistemini tahmin etmek için matematiksel modellemeler 1970’lerde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak yetkili kurumlar tarafından bu çalışmalar 1984’ten sonra enerji planlamasında ve ulusal politikalarda kullanılmaya başlanmıştır. 1984’ten önce 1966, 1967, 1972, 1977, 1979’da Devlet Planlama Teşkilatı ve 1973, 1975, 1977, 1978 de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan tahminler En Uygun Eğriler (Best Fit Curves) metoduna dayanan basit öngörülerdi. Bu tahminlerden genellikle gerçekleşen tüketimden çok fazla değerler elde ediliyordu (Ediger ve Tatlıdil, 2002). Bunun yanı sıra geleneksel ekonometrik modellerde genellikle temel makro ekonomik belirleyiciler, ekonominin bazı dallarındaki gelişmeler ve enerji ve yakıt fiyatlarındaki değişiklikler yer almaktadır. Bu tarz modellerde enerji talebi sadece fiyat ve gelir esnekliğiyle ilgili olmakta ve diğer sosyoekonomik faktörler göz ardı edilmektedir (Miskinis, 2008).

1984 yılında Dünya Bankası Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına modern ekonometrik yöntemler olan MAED (Model For Analysis Of Energy Demand) ve WASP III (Wien Automatic System Planning) modelini önermiştir. Bu teknikler Argonne Ulusal Laboratuvarı ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) tarafından geliştirilmiştir. MAED modeli orta ve uzun dönemli enerji talebini, birçok sosyal, ekonomik ve teknolojik değişkenleri kullanarak tahmin etmektedir. WASP modeli de MAED modelin sonuçlarını analiz ederek en uygun üretim ve yatırım planlarını geliştirmektedir (Ediger ve Tatlıdil, 2002). Aşağıdaki şekilde MAED modelin şeması yer almaktadır. Bu şemada enerji talebi belirlenirken ekonominin nasıl tasvir edildiği gösterilmektedir. Dolayısıyla enerji talebini belirleyen bu değişkenler dışında birçok değişken mevcuttur. Örneğin; teknolojik gelişme, hayat standardındaki değişimler, büyüme vb. faktörlerdir. Sonuç olarak MAED modelde nihai enerji talebi sosyal, ekonomik ve teknolojik değişkenlere göre belirlenmektedir (Miskinis, 2008).



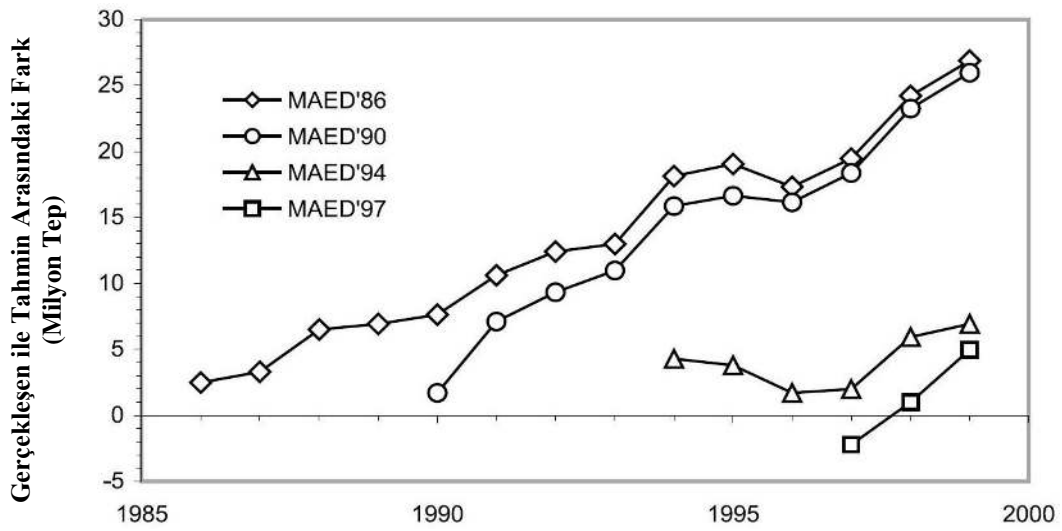
Kaynak: Miskinis, 2008;115

Şekil 2.6: MAED Modeli Şeması

Ayrıca standart ekonometrik modellerden farklı olarak MAED modellerde kullanılan değişkenlerden bazıları şunlardır; GSYİH'nın büyüme oranı, GSYİH'nın yapısındaki değişimler, nüfus artışı ve dağılımı, hayat standardındaki değişimler, nüfus hareketliliğinin artması, yük ve yolcu taşımacılığı, iklimsel değişiklikler, işsizlik, teknolojik gelişmeler ve benzeri faktörlerdir (Yüksek, 2008; Yüksek ve Diğerleri, 2006).

Enerji talebinde kullanılan sosyo-ekonomik değişken tahminleri Devlet Planlama Teşkilatı tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu tahminler genellikle hükümetin hedefleri çerçevesinde belirlenmektedir. Örneğin, 1985-1990, 1990-1995 ve 1995-2000 dönemlerinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının enerji talep tahmini için kullandığı MAED modelinde yer alan GSYİH'daki büyüme sırasıyla, 1986 yılı için; % 6-7, % 7-8 ve % 7-7.5, 1990 yılı için; % 6.4, % 6.8 ve % 6.2, 1994 yılı için; % 5.7, % 4.8 ve % 6'dır. Ancak bu dönemlerde gerçekleşen büyüme hızı sırasıyla, % 4, % 3 ve % 4'tür (Ediger ve Akar, 2007:1703). Aşağıdaki şekilde Türkiye'nin 1986, 1990, 1994 ve

1997 yıllarındaki MAED model ile tahmin edilmiş enerji talebi gösterilmektedir. Buna göre her tahmin diğerinden farklı sonuçlar vermektedir. Bu problemin temel sebebi de MAED modelde gelecekteki enerji talebini tahmin edebilmek için gelecekte meydana gelecek sosyal, ekonomik ve teknolojik değişimlerin doğru öngörülememesidir. Eğer bu sosyo-ekonomik değişimler doğru tahmin edilemez ise enerji talep tahmini de başarılı bir şekilde gerçekleştirilememiş olmaktadır (Ediger ve Tatlıdil, 2002). Sonuç olarak enerji talebinin belirleyicileri olan değişkenler daha çok hükümet hedefleri olduğu ve dolayısıyla gerçekleştirmeleri belirli koşulların varlığına bağlı olduğu için enerji talebi tahmini başarılı bir şekilde gerçekleştirilememektedir.



Kaynak: Ediger ve Tatlıdil, 2002:477.

Şekil 2.7: Türkiye'nin Enerji Talep Tahminleri (MAED model-Mtep)

Bunun yanı sıra genellikle geleceğe yönelik bütün tahminler kısa dönem için benzer sonuçlar vermektedir. Ancak uzun dönem tahminlerinde sonuçlar farklılık arz etmektedir.

Uzun dönemde meydana gelen beklenmedik değişiklikler, örneğin petrol fiyat şokları gibi, uzun dönem tahminlerini önemli şekilde etkilemektedir (Ediger ve Tatlıdil, 2002).

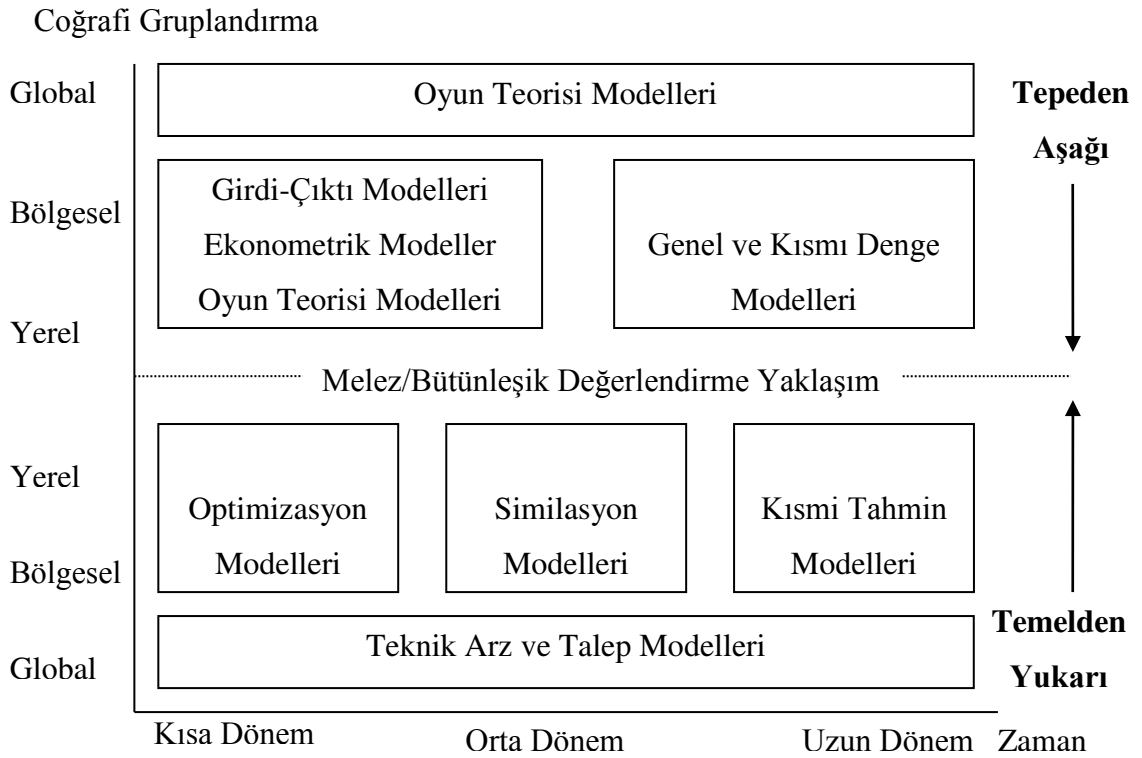
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ TALEBİ MODELLEMELERİ

3.1. ENERJİ TALEBİ MODELLEMELERİ

Enerji talebi ve sera gazı ile ilgili analizler birçok farklı model yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu modeller çok çeşitli sosyo-ekonomik, teknolojik ve çevresel faktörleri dikkate almaktadır. Ancak her ne kadar çok fazla faktör incelse de gerçek hayattaki tüm değişimleri değerlendirememektedir. Bu nedenle modellerde çeşitli kısıtlamalara gidilmektedir. Bu kısıtlamalar modellerde kullanılacak değişkenlerin sınırlandırılması şeklinde veya ekonomik yapının değişmeyeceği ya da belirli bir şekilde değişeceği varsayımına dayanmaktadır (Löschel, 2002; Karakaya, 2008).

Enerji-çevre ve ekonomiyi kapsayan bu modeller Tepeden Aşağı (Top-down) ve Temelden Yukarı (Bottom-up) şeklinde iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır. Tepeden-aşağı modeller genel olarak ekonomik ilişkilere dayanmaktadır. Bu tür modeller ekonomik faktörler yardımı ile enerji sektörü ve diğer sektörler arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Temelden-yukarı modeller ise enerji sistem ve teknolojilerini, teknik, yapısal ve sektörel davranışları hakkındaki birçok detayı kullanarak enerji-çevre ve ekonomiyi modeller (Kemfert, 2003). Aynı zamanda tepeden aşağı modeller iklim değişikliğini önleyici politikaların yüksek maliyetli, temelden yukarı modeller de düşük maliyetli olduğunu tahmin etmektedir (Rivers ve Jaccard, 2005). Bu modeller aşağıdaki şekilde ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Kaynak: Kemfert, 2003:7; Karakaya, 2008:336.

Şekil 3.1: Enerji-Çevre-Ekonomi Modellerinin Sınıflandırılması

Bu modeller uygulandıkları coğrafi bölge ve zaman olarak Şekil 3.1’de gruplandırılmıştır. Tepeden aşağı model olan oyun teorisi modelleri her ölçekte ve her zaman dilimi için uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra girdi-çıktı ve ekonometrik modeller bölgesel ve yerel ölçekte, kısa ve orta uzunluktaki dönemler için uygulanmaktadır. Ayrıca genel ve kısmi denge modelleri yerel çapta ve uzun dönemli olarak uygulanmaktadır. Tepeden aşağı ve temelden yukarı modellerin karışımı olan Melez ve Bütünleşik Değerlendirme yaklaşım modelleri bütün dönemler ve ölçeklere göre uygulanabilmektedir.

Temelden yukarı modeller içerisinde yer alan enerji sistemi optimizasyon modelleri kısa dönemde yerel ve bölgesel ölçekte uygulanmaktadır. Enerji sistemi similasyon modelleri orta dönemli zaman dilimi için bölgesel ve yerel düzeyde uygulanmaktadır. Ayrıca kısmi tahmin modelleri de uzun dönemde bölgesel ve yerel ölçekte uygulanmaktadır. Son olarak teknik arz ve talep modelleri global çapta tüm dönemler için uygulanmaktadır.

Enerji-çevre ve ekonomi modellerinin yukarıdaki gibi sınıflandırılması bu alanlarda gerçekleştirilen çalışmaları oldukça sınırlandırmaktadır. Her bir alanda bu konuyla ilgili çok sayıda akademik ve resmi çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar bölgesel ve zaman boyutu açısından birbirlerinden farklılık göstermektedir. Ayrıca aynı

yöntemlerin kullanıldığı çalışmalarda da farklı varsayımlar ve parametreler yer almaktadır. Bu bağlamda enerji-çevre ve ekonomi içerikli modelleme çalışmaları devam eden bölümde Tepeden aşağı ve temelden yukarı şeklinde iki ana grupta incelenecektir.

3.1.1. Tepeden Aşağı Modeller

Tepeden aşağı modeller enerji-çevre ve ekonomik yapıları mikro yapıdan uzak daha çok makro faktörlerle oluşturmaktadır. İç içe geçmiş olan bu sektörlerin her birinin detaylı sistematik analizi yapılmamaktadır. Tepeden aşağı modellerin ortak noktası sektörel yapıların küçük örneklerini oluşturmaktadır. Oluşturulan örnek yapılar ile GSYİH ve nüfus gibi temel değişkenler kullanılarak günümüze ve geleceğe yönelik tahminler gerçekleştirilir ve politikalar oluşturulur (Karakaya, 2008).

Tepeden aşağı modeller bir politikanın tüm ekonomik etkilerini tahmin edebilmek için, birleştirilmiş piyasa verilerini (GSYİH vb.) kullanır. Bu modeller basit belirleyici modeller ile sektörler arası ilişkileri inceleyen karmaşık genel denge modellerine kadar birçok farklı türlere sahiptir. Bunun yanı sıra tepeden aşağı modellerde teknoloji dışsal bir faktör olarak yer almaktadır. Teknoloji odaklı politikaların uygulanması ve spesifik teknolojilerin adapte edilmesi imkan vermemesi tepeden aşağı modelleri kısıtlanmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda tepeden aşağı modeller makro büyüklükler ile ilgilendiğinden iklim değişikliğini önleyici politikaların maliyetlerini temelden yukarı modellere göre daha yüksek tahmin etmektedir (Rivers ve Jaccard, 2005).

Tepeden aşağı modeller, enerji sistemlerindeki değişikliklerin diğer sektörler arasındaki etkilerini hesaplayabilmektedir. Böylece iklim değişikliği politikalarının ekonomik etkileri hakkında da bilgi vermektedir (Lösche, 2002).

Tepeden aşağı modeller zaman ve coğrafi boyutu ile genel olarak Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Bu modeller; Oyun teorisi modelleri, ekonometrik modeller, girdi-çıktı modelleri ve genel denge modelleridir. Bunun yanı sıra bütünleşik değerlendirme modelleri de tepeden aşağı modeller içerisinde incelenecektir.

3.1.1.1. Oyun Teorisi Modelleri

Genel olarak oyun teorisi modelleri aynı hedefe ulaşmaya çalışan birçok rekabetçi bireyin karar verme süreçlerini inceler. Bu süreçteki farklı ve ortak çözüm yolları üzerine odaklanır. Oyun teorisi faydanın bireyler arasında uygun, adil ve optimal dağılımının belirlenmesi sağlayabilmek için çeşitli stratejik davranışlar, koalisyon formları ve bireyler ve koalisyonların piyasa güçlerini araştırır (Kemfert, 2003). Enerji

ve ekonomi bağlamında ise oyun teorisi modelleri iklim değişikliği müzakereleri sonucu alınacak emisyon azaltım hedeflerini ve politika uygulamalarını, işbirliğine gidilen yada gidilmeyen rekabetçi oyun kuralları çerçevesinden incelemektedir (Karakaya, 2008).

Enerji-çevre ve ekonomi açısından oyun teorisi, doğa ile ekonomik birimler arasında olabileceği gibi ekonomik birimlerin kendi arasında da olabilmektedir. Bu bağlamda oyun teorisi modelleri enerji ve iklim değişikliği alanında işbirliği içinde olan ülkeler için global düzeyli maliyet analizi yapabildiği gibi, ulusal düzeyde enerji yoğun sektörlerdeki etkileri de analiz edebilmektedir (Karakaya, 2008).

Doğa ile oyun (Game with Nature) teorisi olarak ifade edilen bu modeller aynı zamanda enerji sistemleri için en iyi (optimal) politikaları seçerken, farklı politika bileşimlerini de inceler. Böylece enerji sistemlerinde en iyi gelişme sağlanabilir (Ramazanov ve Diğerleri, 2007).

3.1.1.2. Ekonometrik Modeller

Enerji-çevre ve ekonomik ilişkilerin modellenmesinde kullanılan ekonometrik yöntemler tepeden aşağı modellerin tümünde olduğu gibi makro büyüklükler ile ilgilenmektedir. Enerji-çevre ve ekonomik ilişkiler için uygulanan makroekonometrik modeller Neo-Keynesyen⁶ teori temellidir. Çünkü makroekonometrik modelleme yaklaşımı ulusal girdi-çıkıtları veri setlerine ve ekonometrik olarak tahmin edilen denklem sistemlerine bağlıdır. Aynı zamanda bu modeller ulusal kısa dönemli ekonomik tahminlerde kullanılırlar. Makroekonometrik modeller pür ekonomik modellerden geliştirilmişlerdir. Bu modellerde enerji geleneksel bir üretim faktörü olarak kullanılmaktadır. Makroekonometrik modeller genel ekonomik ilişkileri tahmin ederken uzun dönemli zaman serisi verilerini kullanmaktadır (Kemfert, 2003).

Ekonometrik modeller uygulandıkları sektörler ile ilgili birçok ayrıntıyı kullanmaktadır. Ancak diğer sektörlerinin yapılarını ilişkin fazla bilgi içermemekte ve uzun dönemli davranış kalıplarıyla ilgilenmemektedir. Bu özellikleri nedeniyle ekonometrik modeller ulusal düzeyde enerji ve iklim değişikliği politikalarının kısa ve orta dönemli ekonomik etkilerini incelemektedirler (Nakata, 2004; Karakaya, 2008)

⁶Ekonomide İşsizlik, üretim kapasitesi eksikliği ve ya cari hesap dengesizliği gibi dengeden geçici uzaklaşmalar olabilmektedir (Karakaya, 2008: 337).

3.1.1.3. Girdi-Çıktı Modelleri

Girdi-Çıktı modelleri genel olarak talep yönlü politikaların dolaylı ve dolaysız ekonomik ve sektörel etkilerini araştırmak için uygulanmaktadır. Bu modeller statik ve dinamik şekillerde olabilmektedir. Statik modeller belirli bir dönem için ve durağan etkileri araştırmaktadır. Ancak dinamik girdi-çıktı modelleri ulusal girdi çıktı tablolarını baz alarak yatırımlardaki değişimin dönemler arası ve dinamik etkilerini belirleyebilmektedir. Bunun yanında esnek döviz kuru oranları kullanılarak uluslararası ticaret ilişkileri simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir (Kemfert, 2003).

Tepeden aşağı modellerden biri olan girdi-çıktı modelleri ulusal girdi-çıktı verilerini kullanarak sektörler arası ilişkileri belirlemeye çalışır. Sektörler arası ilişkileri belirlerken de sabit katsayıları olan denklemler oluşturulur. Böylece bu denklemler yardımıyla uygulanan politikaların ya da herhangi bir değişikliğin sektörler arasında nasıl bir etki yaratacağı araştırılır. Ancak bu denklemlerdeki katsayıların sabit olması üretim faktörleri arasında ikame ya da teknolojik değişim gibi önemli unsurların etkileri göz ardı edilmektedir (Nakata, 2004; Karakaya, 2008). Ancak bu modellerin en önemli kısıtı ulusal düzeyde kullanılabilmesidir. Bu nedenle genellikle farklı politik stratejilerin direk ve dolaylı sektörel etkilerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Kemfert, 2003).

3.1.1.4. Yapay Zeka Uygulamaları

Son yıllarda yapay zeka uygulamalarındaki gelişmelerle birlikte yapay zeka yöntemleri enerji, çevre ve ekonomik analizlerde uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntem beyin fonksiyonlarından esinlenerek geliştirilmiştir. En önemli özelliği öğrenebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Ayrıca öğrendiği ilişkilerden genelleme yapabilecek sonuçlar çıkarmasıdır.

Tepeden aşağı modeller içerisinde değerlendirilebilecek olan bu yaklaşım güneş enerjisi üretiminin, ısınmada kullanılan enerjinin modellenmesi ve enerji talebi tahminleri için literatürde kullanılmaktadır (Kalogirou, 2000).

Öğrenme yeteneğine sahip olan yapay zeka uygulamalarının enerji, çevre ve ekonomik analizde kullanılan modellerinden biri Yapay sinir ağlarıdır. Bu yöntemde oluşturulan yapay sinir ağına enerji, çevre ve ekonomik değişkenler zaman boyutu ile girdi olarak verilmekte, tahmin edilecek büyüklüğün gerçekleşen değerleri de çıktı olarak verilmektedir. Yapay sinir ağları sisteme verilen bilgiler ile, bunların arasındaki ilişkileri öğrenip tahminleri gerçekleştirmektedir (Geem ve Roper, 2009; Neto ve

Fiorelli, 2008; Fadare, 2008; Murat ve Ceylan, 2006; Görücü ve Diğerleri, 2004). Bunun yanı sıra yapay zeka uygulamaların hızla gelişen diğer bir uygulaması Genetik Algoritma yöntemidir. Bu yöntemde son yıllarda enerji, çevre ve analizlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Ooka ve Komamura, 2008; Ceylan ve Diğerleri, 2005; Haldenbilen ve Ceylan, 2005; Ceylan ve Öztürk, 2004; Canyurt ve Diğerleri, 2004). Ayrıca yapay zeka uygulamaları alanında yarı deneysel ahenk araştırması algoritması (Ceylan ve Diğerleri, 2008), Karınca Kolonisi Optimizasyonu (Toksarı, 2007 ve 2008), Sürü Zekası (Swarm Intelligence) (Ünler, 2008) ve Dönme Mekanizması (Rolling Mechanism) (Akay ve Atak, 2007) yöntemleri yeni geliştirilen yöntemler olarak enerji-çevre ve ekonomi alanında kullanılmaya başlanmıştır.

3.1.1.5. Genel Denge Modelleri

Genel denge modelleri piyasada arz ve talep dengesinin olduğunu varsayan Neo Klasik Teoriye dayanmaktadır. Genel denge modelleri kar maksimizasyonu altında sıfır karın olduğu tam rekabet piyasasının varlığını ve gelir ve kaynakların optimal dağıldığını varsayar. Genel denge modelinin dinamiklerini sermaye birikimi ve üretim faktörlerinin içsel büyümesi ve üretkenliği belirlemektedir. Bu bağlamda genel denge modelleri ekonomik birimlerin davranışlarını dikkate alarak tüm piyasaların yer aldığı genel bir denge oluşturur (Kemfert, 2003). Genel denge modelleri mikro ekonominin temel varsayımlarını esas alarak, örnek tüketicilerin fayda maksimizasyonu ile örnek üreticilerin kar maksimizasyonunu sağlayacak şekilde ilgili ekonomik birimlerin davranış kalıplarını hesaba katarak dizayn edilir. Bu bağlamda ekonomideki mal ve faktör piyasalarının arz ve talep yapılarının tanımlandığı denklem sistemlerini kullanarak ekonominin temsili örneğini oluşturmaya çalışır (Karakaya, 2008)

Genel denge modelleri 1960'larda ortaya atılmış ve 1980'lerden itibaren Dünya Bankası ve Avrupa Komisyonu gibi organizasyonlar tarafından ekonomi ve söktörel düzeydeki politikaların analizi için kullanılmaya başlanmasıyla dünyada geniş çapta uygulama alanı bulmuştur (Böhriger ve Diğerleri, 2003). Bugün ise genel denge modelleri mali, ticari, tarımsal ve çevresel politikaların uygulanmasında standart bir araç haline gelmiştir (Böhriger ve Diğerleri, 2003; Brown ve Diğerleri, 2001; Berg ve Reinert, 1995).

Genel denge modelleri iklim değişikliğini önlemek için emisyon azaltımı politikalarının kaynak dağılımı ve gelir dağılımı üzerindeki etkilerini belirlemek için de kullanılan klasik bir araç haline gelmiştir (Grubb ve Diğerleri, 1993). Bu bağlamda

genel denge modelleri tepeden aşağı modeller içerisinde sera gazı azaltımına yönelik önleyici politikaların analizinde en fazla kullanılan model olarak önemli bir yere sahiptir (Karakaya, 2008).

Genel denge modelleri ekonominin temel yapısal özelliklerini yansıtan yapısı ile ulusal ve bölgesel düzeyde uygulanacak politikaların etkilerini analiz etmede, farklı politika uygulamalarının karşılaştırılmasında, ekonomik öngörü ve tahminlerde kullanılan güçlü bir analitik araçtır (Karakaya, 2008). Tepeden aşağı modellerdeki temel eksiklik olan teknolojinin geliştirilen modellere adapte edilememesi genel denge modelleri içinde söz konusudur. Bu bağlamda genel denge modelleri enerji-çevre ve ekonomik alanda oluşturulan modeller içerisinde geniş uygulama alanına sahip yöntemdir. Ancak teknolojinin genel denge modellerinde yeterince dikkate alınmaması bu yöntemin zayıf noktasıdır.

3.1.1.6. Bütünleşik Değerlendirme Modelleri

Ekonomik modelleme yaklaşımlarında sadece ekonomik etkiler ve belirleyiciler yer almaktadır. Dolayısıyla çevresel faktörler göz ardı edilmektedir. Bu nedenle ekonomik modelleme yaklaşımlarında çevresel, enerji ve iklimsel faktörleri de göz önüne almak için, bu yaklaşımları ekolojik, ekosistemsel ve iklimsel modelleme yaklaşımları ile birleştirmek gerekmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin ekonomik olarak değerlendirebilmek için geliştirilen ekonomik modellere iklimsel ilişkiler ve alt modeller eklenmesiyle bütünleşik değerlendirme modelleri (Integrated Assessment Models) oluşturulmuştur. Bu bağlamda iklim değişikliğinin maliyet ve faydaları, iklim değişikliğinin fiziksel etkileri ve olumsuz etkilerinin ekonomik yönleri bütünleşik değerlendirme modeli tarafından araştırılmaktadır. Bu nedenle bütünleşik değerlendirme modelleri disiplinler arası bir niteliğe sahiptir (Kemfert, 2003).

Bütünleşik değerlendirme modelleri politika optimizasyonu ve politika değerlendirme modelleri şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Politika optimizasyon modelleri iklim değişikliği için oluşturulan politikaların hedeflere ulaşmak için en düşük maliyetli olanının dolayısıyla en etkin politikayı, optimizasyon yöntemiyle araştırır. Politika değerlendirme modeli ise politikaların sosyal, ekonomik, ekolojik ve fiziksel etkilerini inceler (Karakaya, 2008; Weyant, 2003; Weyant, 1996).

Bütünleşik değerlendirme modelleri global ve bölgesel ölçekte birçok farklı şekillerde oluşturulmuştur. Bu modeller iklim değişikliği, enerji ve ekonomik alanda önemli faktörleri, etkileri ve disiplinler arası bağlantıyı detaylı olarak birleştirmektedir.

Bu nedenle politikaların sosyal, ekonomik, çevresel etkilerini değerlendirmede önemli katkılar sağladığı belirtilmektedir (Karakaya, 2008; Kemfert, 2003)

3.1.2. Temelden Yukarı Modeller

Temelden yukarı modeller bir ekonominin sektörel hareketleri, yapısal etkileri ve teknolojik durumuyla ilgili bilgiler içermektedir. Bu modeller temelden başlayarak enerji-çevre ve ekonomik ilişkileri modeller. Bu modellemeyi yaparken teknolojiyi temel almaktadır. Özellikle yeşil teknolojilerin kullanılmasını öngörür (Kemfert, 2003). Bu nedenle enerji sektörü üzerine yoğunlaşır ve bu sektörü etkileyecek tüm teknolojik değişkenleri değerlendirir (Karakaya, 2008; Jaccard ve Diğerleri, 2003a, Löschel, 2002).

Temelden yukarı modeller finansal maliyeti ve farklı teknoloji uygulamaları karşılaştırarak, emisyon azaltmanın maliyeti belirler. Bu modeller Jaffe ve Stavins (1994) tarafından enerji etkinliği sorunu olarak adlandırılan emisyon azaltmada maliyet-etkin politikaları belirler. Ancak temelden yukarı modeller aşağıda yer alan faktörleri göz ardı etmektedir (Jaccard ve Diğerleri, 2003a:51-52; Rivers ve Jaccard, 2005: 84);

- Tüketiciler ve firmalar yeni teknolojiler uygulandığında tahmin edilemeyen riskler ile karşılaşacaklardır. Çünkü model olarak alınan tüketici ve firma örnekleri tüm toplumu temsil edemeyecektir (Sutherland, 1991).
- Tüketici ve firmalar yeni teknoloji yatırımlarını yapmadan önce daha fazla bilgi edinebilmek için beklemeyi tercih edebileceklerdir. Ekonomik ajanların bu seçeneği temelden yukarı modeller tarafından öngörülememektedir (Dixit ve Pindyck, 1994).
- Tüm bireyler ve firmalar birbirinden farklı tercihlere sahip ve karşılaştıkları teknoloji adaptasyon maliyetleri farklıdır. Bu nedenle herhangi bir teknoloji ortalama olarak maliyet-etkin olsa bile bazı kesimler için maliyet-etkin olmayabilir (Jaffe ve Stavins, 1994b).
- Tüketiciler ve firmalar aynı görevi yerine getiren benzer teknolojiler bulabilirler (Jaccard ve Diğerleri, 2003a).
- Tüketiciler ve firmalar piyasadaki tüm farklı teknolojiler hakkında tam bilgiye sahip değildir. Bu yüzden teknoloji ile ilgili bilgi toplamaları ve uygulama çalışmaları maliyetli olabilir (Sutherland, 1991).

Tüm bu nedenler enerji kaynaklı emisyonun düşük maliyetle azaltılması için gerçekleştirilen tahminlerde temelden yukarı modellerin aşırı iyimser olduğunu ortaya koymaktadır.

Temelden yukarı modeller üç ana başlık altında sınıflandırılmaktadır (UNFCCC, 2006). Bunlar Optimizasyon (Optimization), Similasyon (Similation) ve Hesaplama (Accounting Framework) modelleridir. Bunun yanı sıra melez modeller de temelden yukarı yaklaşım altında değerlendirilmektedir. Bu modeller devam eden bölümde açıklanacaktır.

3.1.2.1. Optimizasyon Modelleri

Optimizasyon modelleri kullanılan enerjinin toplam maliyetini minimize etmek için matematiksel programlama kullanmaktadır. En düşük maliyetli olan teknolojiler arasından seçim yapar (Nakata, 2004). Bu yöntem genellikle piyasaları tam rekabette olduğunu varsayar ve teknoloji tercihinde sadece maliyetin dikkate alındığını öngörür. Ayrıca maliyetlerin analiz edilmesi çok karmaşık olan durumlarda daha kullanışlıdır (UNFCCC, 2006).

Optimizasyon modelleri sera gazları azaltım maliyetini minimize etmek için kullanılan güçlü araçlardır. Aynı zamanda makroekonomik talepler ve uluslararası ticaretin yer aldığı enerji arz ve talebi gibi kompleks denge sistemlerinde uygulanmaktadır (Jaccard ve Diğerleri, 2003b). Bu modeller politikacılara uygulanacak ideal teknoloji türlerini gösterirler. Ancak Optimizasyon modelleri gerçek anlamda ne olacağını tahmin etmekten ziyade belirli varsayımlar altında olabilecekleri göstermeye çalışmaktadır (Karakaya, 2008).

Dünyada birçok ülkede kullanılan Optimizasyon yöntemlerinden en önemlisi Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından geliştirilen MARKAL⁷ (MARKet ALlocation Model) modelidir. Bu yöntem ile ülkenin tüm enerji sistemi, doğal kaynakların çıkarılmasından nihai kullanıma kadar modellenir ve enerji fiyatları tahminleri, farklı teknolojilerin sera gazı emisyonuna etkileri ve Kyoto Protokolü hedeflerine uyum maliyetlerine kadar çok çeşitli bilgiler sağlanır (Karakaya, 2008; UNFCCC, 2006).

⁷ Ayrıntılı bilgi için www.etsap.org.

3.1.2.2. Similasyon Modelleri

Similasyon modelleri piyasaları teknik olarak geliştirmek için uygulanacak teknoloji odaklı politikaların etkilerini tespit etmede güçlü yöntemlerdir. Bu modeller varsayılan firma ve tüketici kalıplarına göre ekonominin gerçekte nasıl hareket edeceğini tahmin etmeye diğeri bir ifadeyle similasyonunu yapmaya çalışır (Jaccard ve Diğeri, 2003b).

Similasyon modelleri çeşitli varsayımlar altında (Fiyat, gelir düzeyi gibi.) enerji üretici ve tüketicilerin davranışlarını belirlemeye çalışır. Bunun yanı sıra fiyatlandırılmayan faktörleri (Non-price factors) analize dahil edebilir. Aynı zamanda piyasayı temizleyen fiyat düzeyini belirleyerek arz ve talebi dengeleyebilmektedir (UNFCCC, 2006).

Sonuç olarak Similasyon modelleri nihai sektör, çevrim ve üretim aşamalarına yönelik tüm teknolojileri içerecek şekilde enerji arz ve talebini detaylı bir şekilde modelleyerek tüm enerji sisteminin profilini çıkartmaya çalışmaktadır (Karakaya, 2008). Yerel, ulusal, bölgesel ve global ölçekte uygulanan Similasyon modellerinden en önemlisi Argonne Ulusal Laboratuvarı ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) tarafından geliştirilen ENPEP⁸ (Energy and Power Evaluation Program) modelidir. Bu model 10 modülden oluşan enerji, çevre ve ekonomik analiz programıdır. Ayrıca Türkiye'nin enerji, çevre ve ekonomi modellemesinde 1984'den beri kullanılan MAED modeli, ENPEP modelinin on modülünden biridir.

3.1.2.3. Hesaplama Modelleri

Hesaplama modelleri (Accounting Framework) mühendislik ilişkilerine dayanarak bir sistem içersindeki enerji dolaşımını modeller. Enerji üretici ve tüketicilerinin davranışlarının similasyonunu çıkarmak yerine, üretici ve tüketici davranışlarının sonuçlarını değerlendirir. Ayrıca çok karmaşık yapıya sahip olmayan bu modeller diğeri yöntemlere göre daha saydam ve sezgiseldir. Bu modeller fiziksel çıktıları yeterli düzeyde sağlarken ekonomik çıktıları yeterli düzeyde sağlayamamaktadır (UNFCCC, 2006).

Hesaplama modelleri yaklaşımı temel olarak farklı birimlerin çevreye saldıkları sera gazı emisyonlarının, fosil yakıtların bir ürünü olarak değerlendirir. Bu modelde enerji tüketimi, hane halkı sayısı, kişi başına ortalama Ulaştırma miktarı (km), bir

⁸ Ayrıntılı bilgi için www.dis.anl.gov/ceeesa/programs/enpepwin.html.

sektörün katma değeri gibi enerji kullanılan aktiviteler bir ürün olarak değerlendirilerek hesaplanır (Heaps, 2009).

Hesaplama modelleri yaklaşımının en önemli uygulaması Stokholm Çevre Enstitüsü tarafından geliştirilen LEAP⁹ (Long-range Energy Alternatives Planning System) modelidir. Bu yöntem enerji ve çevreyi bütünsel olarak modelleyerek, oluşturulan senaryo tahminleri gerçekleştirir.

3.1.2.4. Melez Modeller

Literatürde geliştirilen ve kullanılan enerji, çevre ve ekonomiyi birlikte analiz eden tüm modeller yukarıda değerlendirilmiştir. Temel olarak tepeden aşağı ve temelden yukarı olarak ikiye ayrılan bu modeller birbirlerinden belirli sebeplerle farklılaşmaktadır. Tepeden aşağı modellerde teknolojik detayların yer almaması, temelden yukarı modellerde de ekonomik yapının değerlendirilememesi bu modellerin temel zayıflıkları olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla her iki yaklaşımda uygulanacak olan politikaların etkilerini tam olarak analiz edememektedir (Jaccard, 2005; Jaccard ve Diğerleri, 2003a).

Son yıllarda bu iki yaklaşımı birleştiren, hem teknolojik detayları hem de ekonomik detayları bir araya getiren Melez (Hibrid) modeller oluşturulmaya başlanmıştır. Bu modeller enerji sisteminin makroekonomik etkilerini araştırmaktadır. Diğer bir ifadeyle enerji sistemindeki değişikliklerin makroekonomik büyümeyi ve ekonomik kalkınmayı nasıl etkilediğini incelemektedir (UNFCCC, 2006). Melez modeller temelden yukarı modelleme araçlarının, tepeden aşağı modellerle birleştirilmesiyle zayıf bağlantı (Soft Link) modelleri oluşturulduğu gibi, bu iki yöntemi tamamen birleştiren bütünsel güçlü bağlantı (Hard Link) modellerde oluşturulmaktadır (Karakaya, 2008; Kemfert, 2003; Jaccard, 2005, Jaccard ve Diğerleri, 2003a). Bunun yanı sıra üçüncü olarak temelden yukarı ve ya tepeden aşağı modellerin indirgenmiş türlerinin birbirleri içerisinde kullanılması da diğer bir melez model örneğidir (Strachan ve Kanan, 2008, Messner ve Schrattenholzer, 2000).

Enerji, çevre ve ekonomik analiz için Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından geliştirilen MARKAL-Makro modeli üçüncü tür melez modelidir. Bu model teknoloji ve sektörel yapıları inceleyen temelden yukarı optimizasyon modeli ile tek sektörlü neo

⁹ Ayrıntılı bilgi için www.energycommunity.org.

klasik büyüme modelinin GSYİH ve enerji talebi etkilerinin bir araya getirilmiş halidir (Strachan ve Kanan, 2008).

Temelden yukarı yaklaşım altında yer alan optimizasyon, similasyon, hesaplama ve melez model uygulamaları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Bu çizelgede her bir tür için geliştirilmiş ve literatürde en geniş uygulama alanı bulunan modeller yer almaktadır. Ayrıca modellerin coğrafi uygulama alanları, ihtiyaç duydukları veriler, tahmin edilebilecek zaman boyutu ve raporlama özellikleri yer almaktadır.

Temelden yukarı yaklaşım içinde yer alan MARKAL, ENPEP ve LEAP modelleri enerji talebi ve sera gazı projeksiyonları yapmaktadır. Ancak temelden yukarı yaklaşımın temel eksikliği olan ekonominin modele dahil edilmemesi bu modeller için geçerlidir.

Melez model olan MARKAL-Makro modeli ise temelden yukarı yaklaşıma ekonomik teorinin de dahil edilmesiyle oluşturulmuştur. Bu model enerji, ekonomi ve sera gazı tahminleri gerçekleştirmektedir. Bunun yanı sıra MARKAL, ENPEP ve MARKAL-Makro modelleri orta ve uzun vadeli tahminler yaparken, LEAP modeli kısa ve orta vadeli tahminler yapmaktadır.

Çizelge 3.1: Temelden Yukarı Model Türleri

ÖZELLİKLERİ	MARKAL	ENPEP	LEAP	MARKAL-MAKRO
Geliştiren Kurum	Uluslararası Enerji Ajansı	Argonne Ulusal Laboratuvarı ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurum	Stokholm Çevre Enstitüsü	Uluslararası Enerji Ajansı
Kapsamı	Bütünleşik Enerji ve Sera Gazı Senaryoları	Bütünleşik Enerji ve Sera Gazı Senaryoları	Bütünleşik Enerji ve Sera Gazı Senaryoları	Bütünleşik Enerji-Ekonomi ve Sera Gazı Senaryoları
Model Tipi	Optimizasyon Modeli	Similasyon Modeli	Hesaplama modeli	Hibrid (Melez) Model
Coğrafi Uygulanabilirlik	Yerel, Ulusal, Bölgesel ve Global	Yerel, Ulusal, Bölgesel ve Global	Yerel, Ulusal, Bölgesel ve Global	Yerel, Ulusal, Bölgesel ve Global
Veri İhtiyacı	Orta-Uzun Dönemli	Orta-Uzun Dönemli	Kısa-Orta Dönemli	Orta-Uzun Dönemli
Tahmin Ettiği Zaman Boyutu	İstenilen tüm yıllar için tahmin gerçekleştirilebilir.	75 yıla kadar tahmin yapılabilir.	İstenilen tüm yıllar için tahmin gerçekleştirilebilir.	İstenilen tüm yıllar için tahmin gerçekleştirilebilir.
Raporlama Yeteneği	Temel	Temel	Yüksek	Temel

Kaynak: UNFCCC, 2006:24.

3.2. TÜRKİYE'DEKİ ENERJİ TALEBİ MODELLEMELERİ

Türkiye'nin gelecekteki enerji talebini belirlemeye yönelik çalışmalar hem bilim adamları hem de resmi kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. ETKB tarafından gerçekleştirilen tahminlerde önceki bölümde açıklandığı üzere Temelden yukarı yaklaşım içerisinde yer alan ENPEP modelinin MAED modülü kullanılmaktadır. Temelden yukarı yaklaşımların içerisinde yer alan diğer model türleri ile ilgili ne resmi kurumlar ne de bilim adamları tarafından herhangi bir uygulama gerçekleştirilmemektedir. Bunun yanı sıra literatürde çok sayıda olmamakla birlikte Tepeden aşağı yaklaşımı altında değerlendirilen farklı yöntemlerle bilim adamları Türkiye'nin gelecekteki enerji talebini belirlemeye çalışmaktadırlar. Çizelge 2.2'de Türkiye için yapılmış enerji projeksiyon çalışmaları yer almaktadır.

Çizelge 3.2'de Türkiye'nin gelecekteki enerji talebi ile ilgili literatürde yapılmış tüm çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalar Tepeden aşağı yaklaşım altında yapay zeka uygulamaları ve ekonometrik çalışmalar olarak iki ana başlıkta toplanmaktadır. Bunun yanı sıra tepeden aşağı yaklaşım içerisindeki diğer modelleme türleriyle ilgili herhangi bir çalışma mevcut değildir.

Çizelge 3.2: Enerji Talep Tahminleri

Tepeden Aşağı Yaklaşım		
Yapay Zeka Uygulamaları	Haldenbilen ve Ceylan (2005)	Genetik Algoritma (GA)
	Öztürk ve Diğerleri (2005)	
	Ceylan ve Diğerleri, (2005)	
	Ceylan ve Öztürk (2004)	
	Canyurt ve Diğerleri (2004)	
	Kavaklıoğlu ve Diğerleri (2009)	Yapay Sinir Ağları (YSA)
	Sözen ve Arcaklıoğlu (2007)	
	Murat ve Ceylan (2006)	
	Sözen ve Diğerleri (2006)	
	Görücü ve Diğerleri (2004)	
	Hamzaçebi ve Kutay (2004)	
	Toksarı (2009)	Karıncı Kolonisi Optimizasyonu (KKO)
	Toksarı (2007)	
	Ünler (2008)	Sürü Zekası (Swarm Intelligence)
	Akay ve Atak (2007)	Kapalı Tahmin Dönme Mekanizması (Grey Prediction with Rolling Mechanism)
	Ceylan ve Diğerleri (2008)	Yarı Deneysel Ahenk Araştırma Algoritması (Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm)
	Güngör ve Diğerleri (2000)	Bulanık Mantık (Fuzzy Outranking Method)
Ekonometrik Modeller	Ediger ve Akar (2007)	(ARIMA) (SARIMA)
	Erdoğan (2007)	Eşbütünleşme ve ARIMA
	Tunç ve Diğerleri (2006)	Eğri Uydurma ve Optimizasyon (Curve Fitting ve Optimization)
	Say ve Yücel (2006)	Doğrusal Regresyon
	Yumurtacı ve Asmaz (2004)	Doğrusal Regresyon (LR)
	Görücü ve Gümrah (2004)	Çoklu değişken regresyon (Multivariable)
	Aras ve Aras (2004)	Autoregresif (Autoregressive) zaman serisi
	Ediger ve Tatlıdil (2002)	Döngü Analizi (Cycle Analysis)

Kaynak: Ediger ve Akar, 2007; Ünler, 2008

Yukarıdaki çizelgede yer alan çalışmalar devam eden bölümde ayrıntılı olarak incelenerek Türkiye'nin enerji talep tahminini gerçekleştirmek için uygun yöntem seçilecek ve geleceğe yönelik tahminler yapılacaktır.

3.2.1. Yapay Zeka Uygulamaları

Mühendislik alanında geniş uygulama alanı bulunan yapay zeka uygulamaları günümüzde enerji, çevre ve ekonomiye alanlarına uygulanma başlanmıştır. Öğrenme yeteneğine sahip bu yöntemler geleneksel yöntemlerden daha iyi sonuç verdiği literatürdeki çalışmalarda vurgulanmakta ve giderek daha fazla çalışma gerçekleştirilmektedir.

Yapay zeka uygulamaları alanında geliştirilen ve Türkiye'nin enerji talebi tahmini için kullanılan yöntemlerden ilki yapay sinir ağlarıdır. Bu yöntem ile gerçekleştirilen çalışmalar çok sayıda olmamakla birlikte gelişme aşamasındadır. Bu doğrultuda Hamzaçebi ve Kutay (2004) elektrik enerjisinin depolanamaması ve talep tahminindeki doğruluk derecesinin önemini vurgulamışlardır. Bu yazarlar yapmış oldukları çalışmada sadece elektrik tüketimi ve nüfus verilerini kullanarak geleneksel ekonometrik modellerle yapay sinir ağlarını karşılaştırmışlardır. Yapay sinir ağlarının enerji talep tahmininde bir tahmin aracı olarak kullanılabilir olduğunu ve oldukça iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca Sözen ve Diğerleri (2006) yaptıkları çalışmada Türkiye'nin gelecekteki net enerji tüketimini tahmin edebilmek için yapay sinir ağları yöntemiyle, enerji tüketiminin denklemini oluşturmaya çalışmışlardır. Bu çalışmada da temel amaç gelecekteki net enerji tüketimini belirleyebilmek için yapay sinir ağlarıyla kabul edilebilir bir model oluşturmak ve gelecekte yapılacak yeni çalışmalara yol gösterici olmaktır. Hazırlanan modelde nüfus, toplam üretim, kurulu kapasite değişkenleri kullanılmıştır. Modelin kabul edilebilir olduğunun göstergesi olan R^2 güvenirlik katsayısı 0.99 bulunmuştur.

Kavaklıoğlu ve Diğerleri (2009) da Türkiye'nin 2025 yılına kadar elektrik enerjisi talebini yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin etmeye çalışmışlardır. Ekonomik büyüme, nüfus, ihracat ve ithalatın temel değişkenler olarak kullanıldığı çalışmada 2025 yılındaki elektrik enerjisi talebinin yaklaşık 300 milyon kWh olacağını tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan değişkenler zamanın bir fonksiyonu olarak modellenerek kendi geçmiş verilerine göre tahmin edilmiştir. Ayrıca enerji talebinin bir bölümünü oluşturan elektrik talebi tahmininde enerji yoğunluğu dikkate alınmamıştır.

Sözen ve Arcaklıoğlu (2007) Türkiye'nin enerji talebini üç farklı model kullanarak yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Bu çalışmanın temel amacı enerji talebi tahmininde, enerji belirleyicilerinin (kurulu kapasite, enerji üretimi, enerji ithalat ve ihracatı) ve ekonomik faktörlerin (GSYİH ve GSMH) etkisini ayrı ayrı incelemektir. Dolayısıyla birinci modelde enerji talebi belirleyicileri olarak kurulu

kapasite, enerji üretimi, enerji ithalatı ve ihracatı göz önüne alınmıştır. İkinci modelde GSMH, üçüncü modelde de GSYİH değişken olarak alınmıştır. Bu üç model ile 1968-2005 verileri kullanılarak enerji talebini tahmin edilmiş, tahmin sonuçları 1968-2005 yılları arasında gerçekleşen enerji talebi miktarıyla karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda ekonomik değişkenlerin enerji talebindeki değişimleri daha iyi açıkladığı sonucuna varılmıştır. Enerji talebinin tahmin edildiği bu çalışmada enerji talebinin önemli belirleyicilerinden olan ihracat, ithalat ve enerji yoğunluğu verileri göz önüne alınmamıştır.

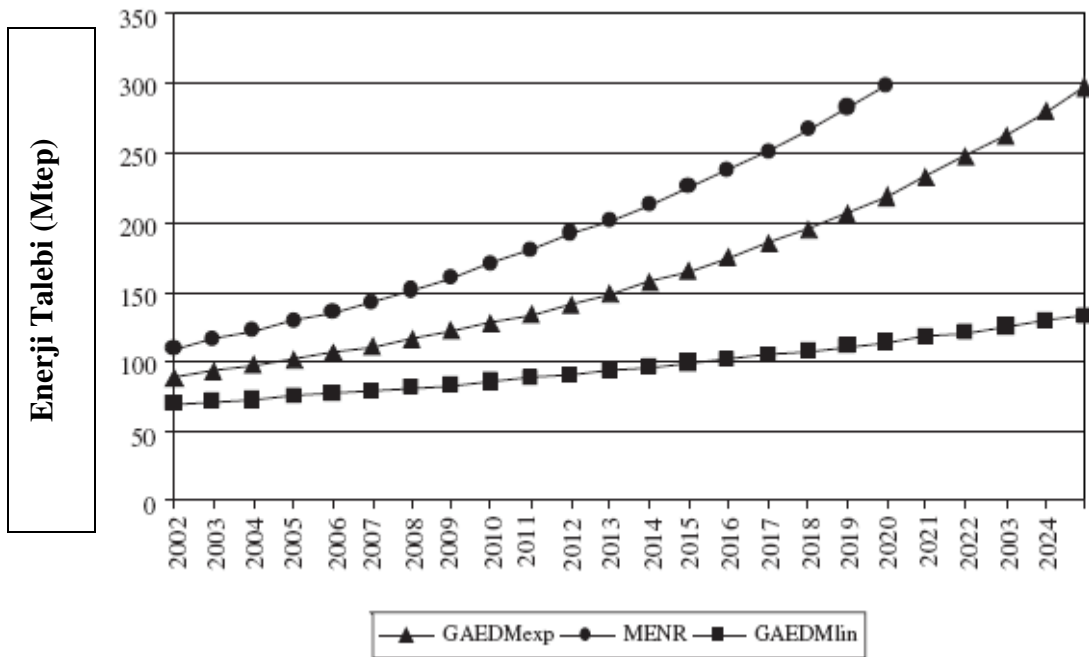
Murat ve Ceylan (2006) Gayri safi yurtiçi hasıla, nüfus ve ülkedeki tüm araçların katettiği toplam mesafeyi (km) kullanarak yapay sinir ağları yöntemiyle Türkiye'nin Ulaştırma (transport) enerjisi talebini tahmin etmişlerdir. Elde edilen tahmin sonuçları Devlet Planlama Teşkilatı tarafından gerçekleştirilen tahmin sonuçları ile çok yakındır. Ancak 2002-2010 dönemindeki enerji talep tahmini Devlet Planlama Teşkilatı tahminlerinden düşüktür. Tüm gerçekleştirdikleri tahminlere göre 2020 yılında Ulaştırma enerjisi talebinin 33-40 Mtep arasında olacağını belirtmişlerdir.

Görücü ve Diğerleri (2004) Başkent Ankara'nın doğal gaz tüketimini yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada 1991-2001 dönemi verileri günlük olarak kullanılarak, 2002-2005 dönemi tahmin edilmiştir. Ankara'nın gaz tüketimi tahmin edilirken iki senaryo kullanılmıştır. Bunlardan ilki ekonominin durağan bir seyir izlediği iyimser (optimistic) senaryo, ikincisi bir ekonomik krizin olacağı varsayılan kötümser (pessimistic) senaryodur. Bu iki senaryo, sıcaklık, gaz fiyatları, tüketici sayısı ve döviz kuru olmak üzere dört değişken kullanılmıştır. Ankara'daki gaz tüketiminin %93'ünün ısıtmada kullanılması nedeniyle tahminde mevsimsel dalgalanmalar görülmektedir. Ayrıca tahmin edilen 2002-2005 dönemine ait gerçek verilerle tahmin değerlerinin birbirine çok yakın ve benzer şekilde hareket ettiği gözlenmektedir. Görücü ve Gümrah (2004) aynı çalışmayı çok değişkenli regresyon analizi yöntemiyle de gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ise ikinci senaryonu sonuçlarının birinci senaryo sonuçlarından yüksek olduğunu ve gaz gaz tüketiminin ekonomik değişimlere göre hareket ettiğini tespit etmişlerdir.

Yapay zeka uygulamalarından bir diğeri de genetik algoritma yöntemidir. Bu yöntem de Türkiye'deki enerji talebi çalışmalarında kullanılmaya başlanan yeni yöntemler arasında yer almaktadır. Genetik algoritma yönteminin enerji talebi tahmininde kullanılabilir olduğu Ceylan ve Diğerleri (2005) tarafından belirtilmiştir.

Ceylan ve Diğerleri (2005) yaptıkları çalışmada Türkiye'nin enerji ve ekserji¹⁰ üretim ve tüketimini tahmin edebilmek için model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada yöntem olarak genetik algoritma kullanılmıştır. Bunun yanı sıra enerji üretim ve tüketim belirleyicileri olarak GSYİH, nüfus ve ihracatın ithalata oranını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda 3 adet genetik algoritma yaklaşımıyla Türkiye için model geliştirmişlerdir ve temel amaçları olan genetik algoritma yönteminin Türkiye'nin enerji üretim ve tüketim tahmininde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Ceylan ve Öztürk (2004) Genetik Algoritma yöntemiyle Türkiye'nin 2002-2025 yılları arasındaki enerji talebini 1970-2001 yılları verilerini kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada enerji talebi belirleyicileri olarak GSYİH, nüfus, ihracat ve ithalat kullanılmıştır. Yazarlar enerji talebini belirleyebilmek için üç temel senaryo oluşturmuşlardır. Birinci senaryoda gysih'nin yıllık ortalama % 5, nüfusun % 0.12, ihracat ve ithalatın % 5 büyüyeceği varsayılmıştır. Bu senaryoya göre gerçekleştirilen tahmin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tahminleriyle Şekil 3.2'de karşılaştırılmıştır.

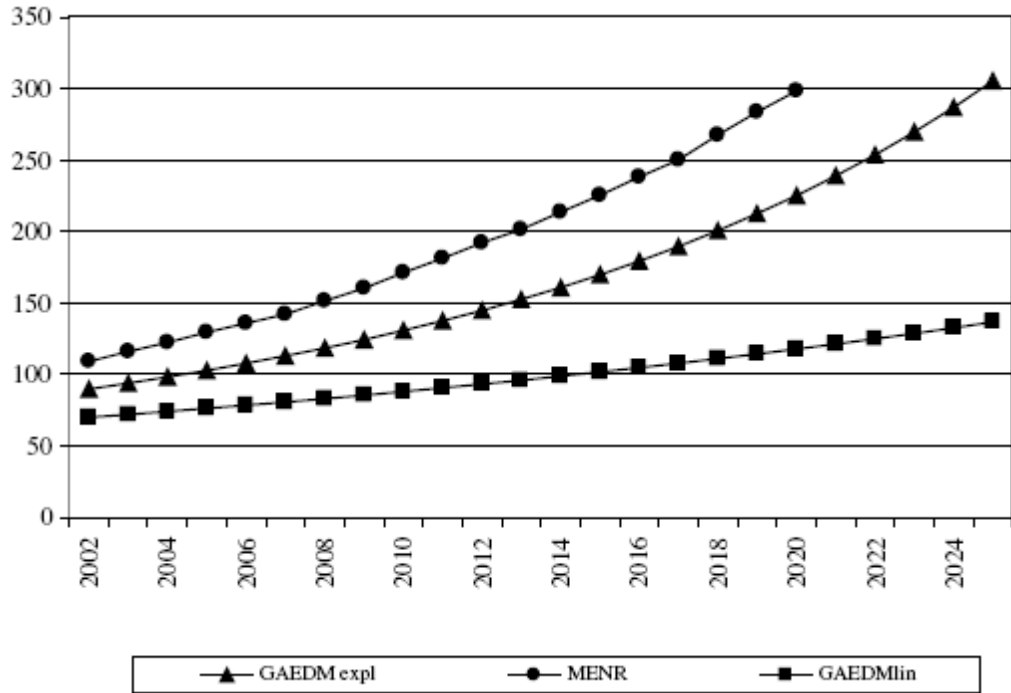


Kaynak: Ceylan ve Öztürk, 2004: 2534.

Şekil 3.2: Türkiye'nin 2001-2020 Dönemi Enerji Talep Tahmini

¹⁰ Enerjinin tamamen diğer enerji şekillerine dönüşebilen kısmıdır (Dinçer ve Rosen, 2007; Szargut, 1980).

Bu şekilde $GAEDM_{lin}$ genetik algoritma yöntemiyle doğrusal (Linear) denklem tahminini, $GAEDM_{exp}$ genetik algoritma yöntemiyle üssel (Exponential) denklem tahminini ve MENR (Ministry of Energy and Natural Resource) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tahminin ifade etmektedir. İkinci senaryoda gysih'nın yıllık ortalama % 4, nüfusun % 0.18, ihracat ve ithalatın % 5 büyüyeceği varsayılmıştır. Bu senaryoya göre gerçekleştirilen tahmin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tahminleriyle yine aşağıdaki Şekil 3.3'de karşılaştırılmıştır.



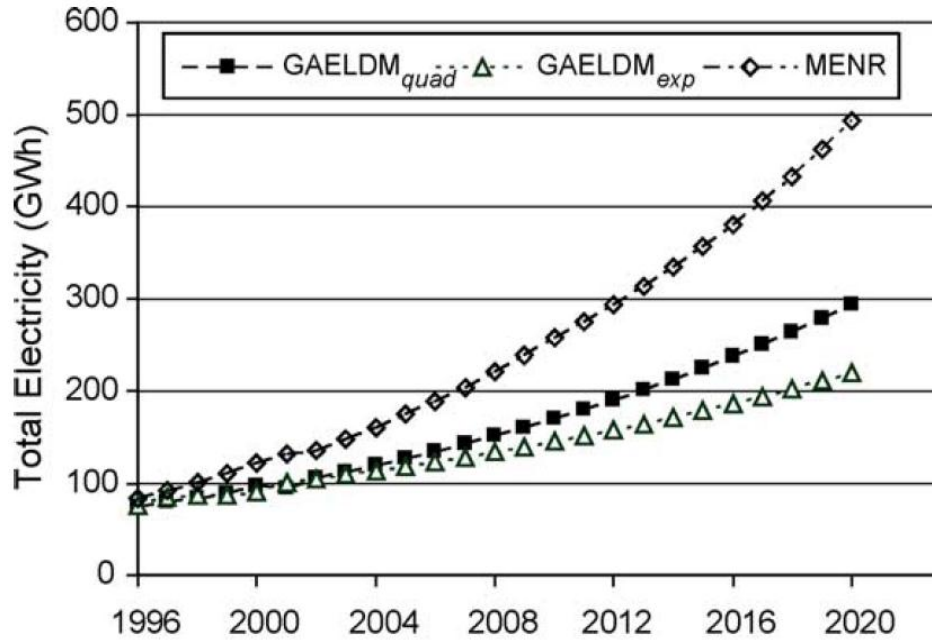
Kaynak: Ceylan ve Öztürk, 2004: 2534.

Şekil 3.3: Türkiye'nin 2005-2020 Dönemi Enerji Talep Tahmini

Bu şekilde göre de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının tahminleriyle genetik algoritma yöntemi tahminleri arasındaki fark önem arz etmektedir. Bu iki senaryonun yanı sıra çalışmada üçüncü olarak enerji talebi zaman serisi trend çizgisi (Time Series Trend Line) yöntemiyle tahmin edilmiş ve ETKB tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre 2020 yılında ETKB'ya göre enerji talebi 300 milyon tep olarak tahmin edilirken, zaman serisi modeli ile 2020 yılında yaklaşık 150 milyon tep olarak tahmin edilmiştir.

Öztürk ve Diğerleri (2005) Türkiye'nin 2002-2025 yılları arasındaki elektrik enerjisi talebini genetik algoritma yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Çalışmalarında temel belirleyiciler olan GSYİH, nüfus, ihracat ve ithalat kullanılmıştır. Şekilde karesel ve üssel denklemler ile genetik algoritma yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin sonuçları gösterilmektedir. Ayrıca ETKB'nın tahmin sonuçları şekilde gösterilmektedir. Buna göre genetik algoritma sonuçları elektrik enerjisi talebinin 200-300 GWh olacağını

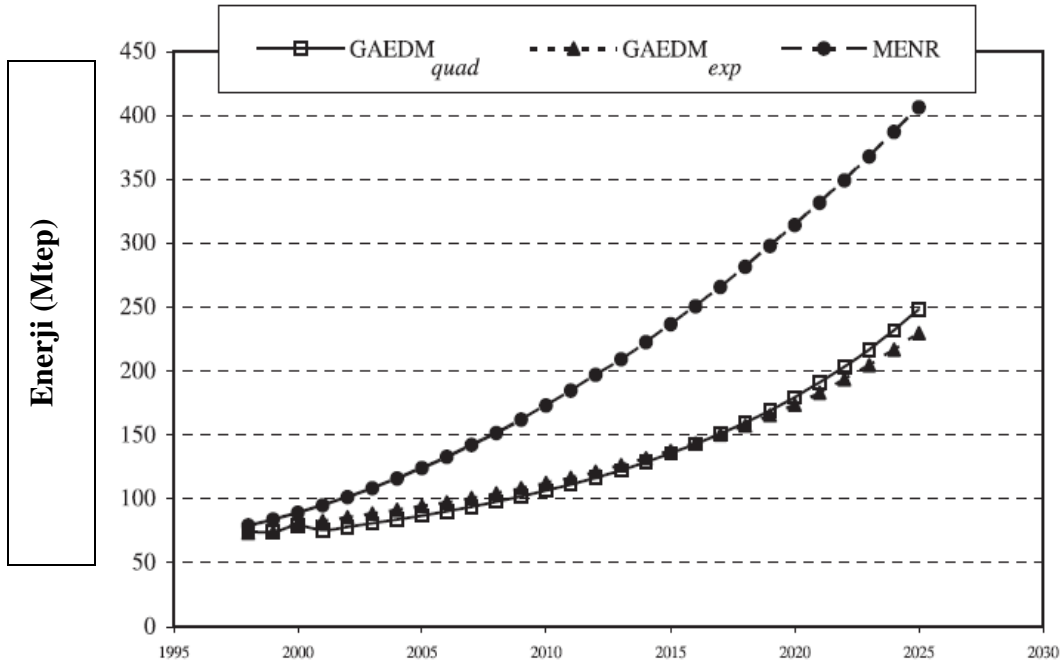
belirtirken, ETKB tahminlerine göre talebin 500 GWh olarak gerçekleşeceği anlaşılmaktadır.



Kaynak: Öztürk ve Diğerleri, 2005: 1010.

Şekil 3.4: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talebi Tahmini

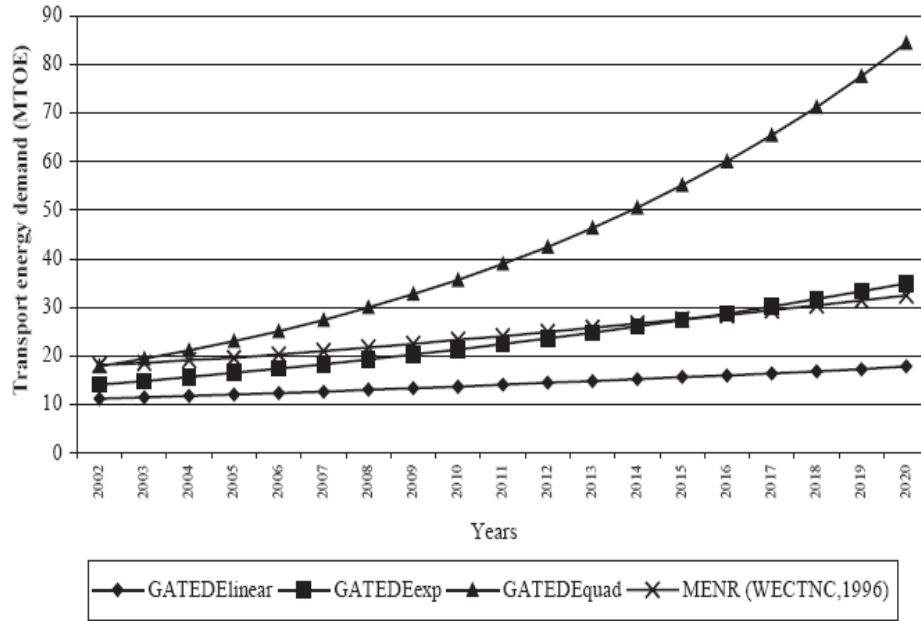
Canyurt ve Diğerleri (2004) zenginliğin ve ekonomik kalkınmanın temel parçası olarak niteledikleri enerji talebini Türkiye için tahmin etmişlerdir. Enerji talebinin temel belirleyicileri ekonomik değişkenler olduğu ve bu değişkenlerin doğrusal olmayan özelliklere sahip oldukları için Genetik algoritma yöntemini kullanmışlardır. 1970-2001 dönemine ait enerji talebi (tep), GSYİH, nüfus, ihracat ve ithalat verilerini kullanarak 2002-2025 dönemini ait enerji talebini tahmin etmişlerdir. Yaptıkları projeksiyonda 2002-2025 döneminde ekonomik büyümenin ortalama % 5, nüfus büyümesinin %0,12, ihracat ve ithalatın % 5 büyüyeceğinin varsaymışlardır. Buna göre 2025 yılında enerji talebinin 250 Mtep olacağını bulmuşlardır. Ayrıca gerçekleştirdikleri projeksiyon ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının tahminlerini Şekil 3.5'te karşılaştırmışlar ve 2025 yılındaki enerji talep tahmininin Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığının tahmininden 150 Mtep daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Bu şekilde GAEDM_{quad} genetik algoritma yöntemiyle karasel (Quadratic) denklem tahminini, GAEDM_{exp} genetik algoritma yöntemiyle üssel (Exponential) denklem tahminini ve MENR (Ministry of Energy and Natural Resource) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tahminin ifade etmektedir. Bu tahminlere göre uzun dönemdeki tahmin farkı açıkça görülmektedir.



Kaynak: Canyurt ve Diğerleri, 2004;1319.

Şekil 3.5: Türkiye'nin Enerji Talep Tahminleri (MAED model-Milyon tep)

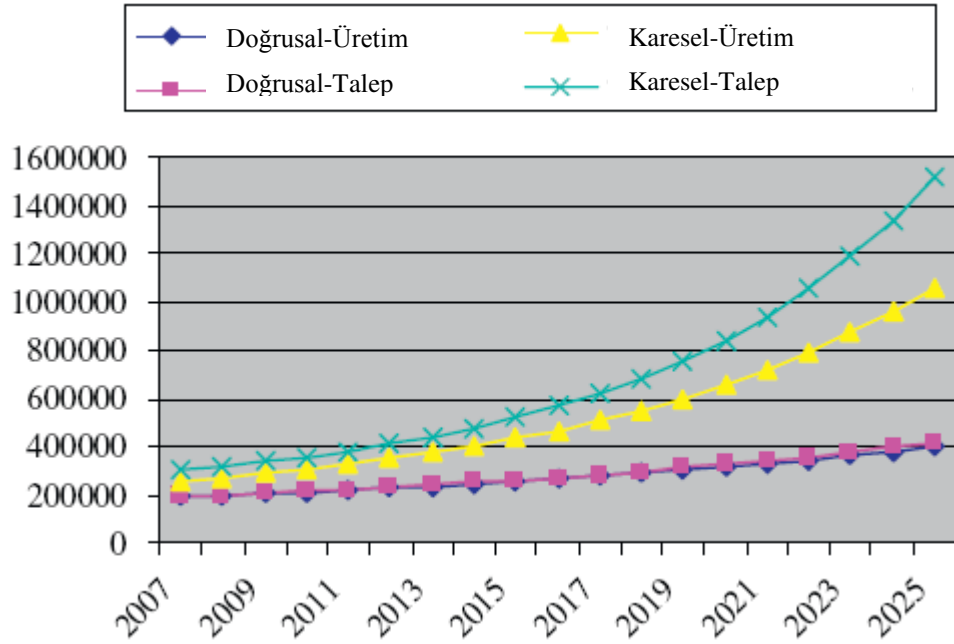
Haldenbilen ve Ceylan (2005) Türkiye'nin Ulaştırma enerjisini 2020 yılına kadar genetik algoritma yöntemiyle tahmin etmişlerdir. Ulaştırma enerjisi belirleyicileri olarak nüfus, GSYİH ve katedilen ortalama yol miktarını göz önüne almışlardır. Bu bağlamda doğrusal, karesel ve üssel denklemler kullanılarak genetik algoritma ile tahmin gerçekleştirilmiş ve şekilde gösterilmiştir. Ayrıca tahmin sonuçları ile ETKB'nin tahmin sonuçları şekilde karşılaştırılmıştır. Buna göre karesel denklem sonuçları 2020 yılındaki Ulaştırma enerjisi talebinin 80-90 Mtep olacağını gösterirken, üssel denklem ve ETKB'nin sonuçları 30-40 Mtep olacağı yönündedir. Son olarak doğrusal denklem tahmini de yaklaşık 20 Mtep olacağını göstermektedir.



Kaynak: Haldenbilen ve Ceylan, 2005; 96.

Şekil 3.6: Türkiye'nin 2001-2020 Dönemi Ulaştırma Enerjisi Talep Tahmini

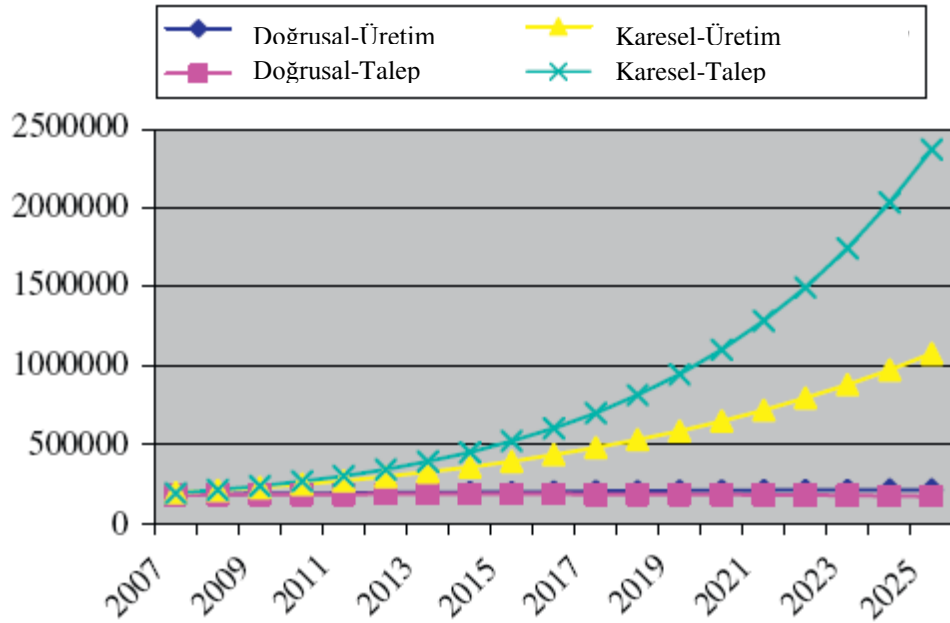
Yapay zeka alanında geliştirilen yeni uygulamalardan olan Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Sürü Zekası, Yarı Deneysel Ahenk Araştırma Algoritması ve Kapalı Tahmin Dönme Mekanizması yöntemleri uygulamaları da enerji talebi alanında uygulama alanı bulmuştur. Bu bağlamda Toksarı (2009) Türkiye'nin 2007-2025 yılları arasındaki elektrik enerjisi talebini ve üretimini Karınca Kolonisi Optimizasyonu yöntemiyle tahmin etmiştir. Elektrik üretiminin ve talebinin temel belirleyicileri olarak GSYİH, nüfus, ithalat ve ihracatın yer aldığı çalışmada üç ayrı senaryo belirlenerek doğrusal ve karesel denklem tahminleri gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryoda GSYİH'nin % 3.5, nüfusun % 0.1, ithalatın % 7 yıllık ortalama büyüyeceği ve tahmin edilen zaman boyunca ihracatın ithalatı karşılama oranının % 50 olacağı varsayılmıştır. Bu senaryoya göre yapılan tahmin sonuçları şekilde yer almaktadır. Doğrusal üretim ve talep tahminlerinin yıllar itibariyle birbirlerine çok yakın seyrettikleri, ancak karesel denklem tahminlerindeki üretim ve talep değerlerinin yıllar itibariyle sürekli olarak birbirlerinden uzaklaştıkları görülmektedir. Ayrıca doğrusal denklem tahminlerine göre üretim ve talep miktarı 2025 yılında yaklaşık 400 bin GWh'a yükselirken, karesel denklem tahminlerine göre üretim 1 milyon GWh, talep 1.5 milyon GWh olacaktır.



Kaynak: Toksarı, 2009: 1186.

Şekil 3.7: Türkiye'nin 2007-2025 Dönemi Elektrik Enerjisi Talep ve Üretim Tahmini

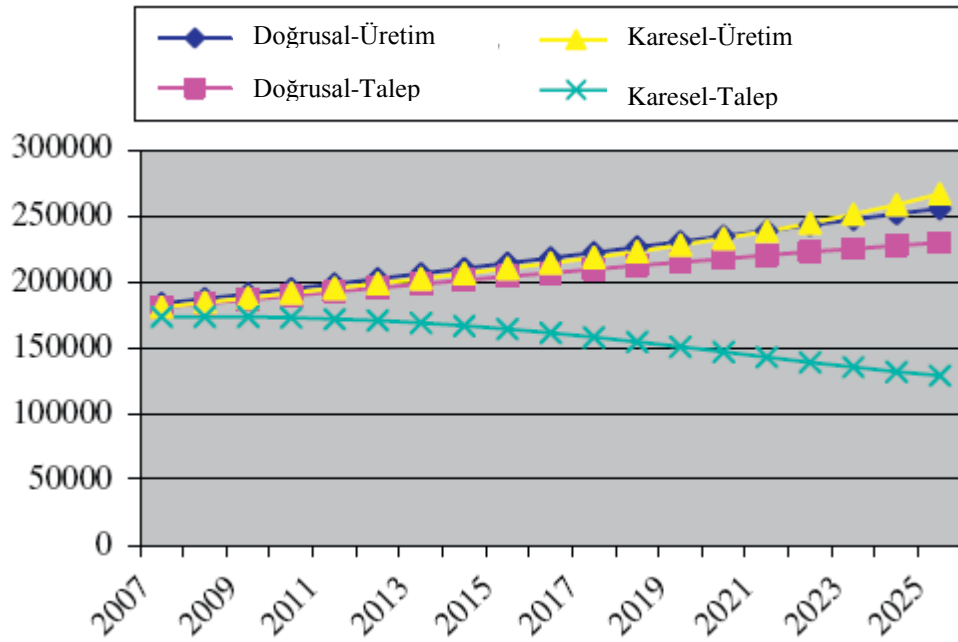
Toksarı (2009)'nın oluşturduğu ikinci senaryoda GSYİH'nın % 7, nüfusun % 0.12, ithalatın % 3.5 ve ihracatın % 2.5 yıllık ortalama büyüyeceği vurgulanmıştır. Bu senaryoya göre gerçekleştirilen tahminler şekilde yer almaktadır. Yine birinci senaryoda olduğu gibi doğrusal denklem tahminleri birlikte hareket etmektedir. Ancak karesel denklem tahminlerinde üretim ve talep arasındaki fark yaklaşık 1.5 milyon GWh olarak tahmin edilmiştir.



Kaynak: Toksarı, 2009: 1186.

Şekil 3.8: Türkiye'nin 2007-2025 Dönemi Elektrik Enerjisi Talep ve Üretim Tahmini

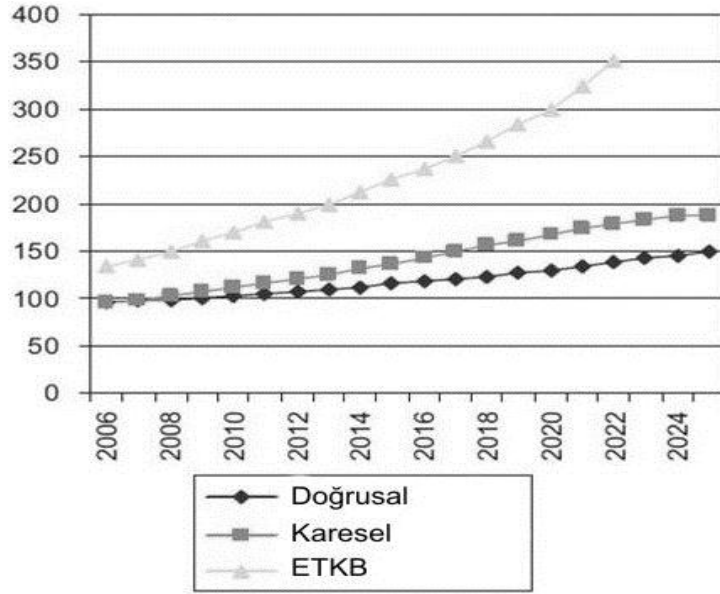
Üçüncü senaryoda ise GSYİH'nın % 5, nüfusun % 0.08, ithalatın % 3.5 ve ihracatın % 4 büyüyeceği varsayılmıştır. Bu tahmin sonuçları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Diğer senaryo tahminlerinde sonuçlar yıllar itibariyle yüksek artış gösterirken bu senaryoda karesel denklem ile tahmin edilen talep miktarı düşmektedir. Yine doğrusal denklem tahminleri birlikte hareket ederken, her iki denklem tahmininde de üretim fazlası olacağı öngörülmüştür.



Kaynak: Toksarı, 2009: 1186.

Şekil 3.10: Türkiye'nin 2007-2025 Dönemi Elektrik Enerjisi Talep ve Üretim Tahmini

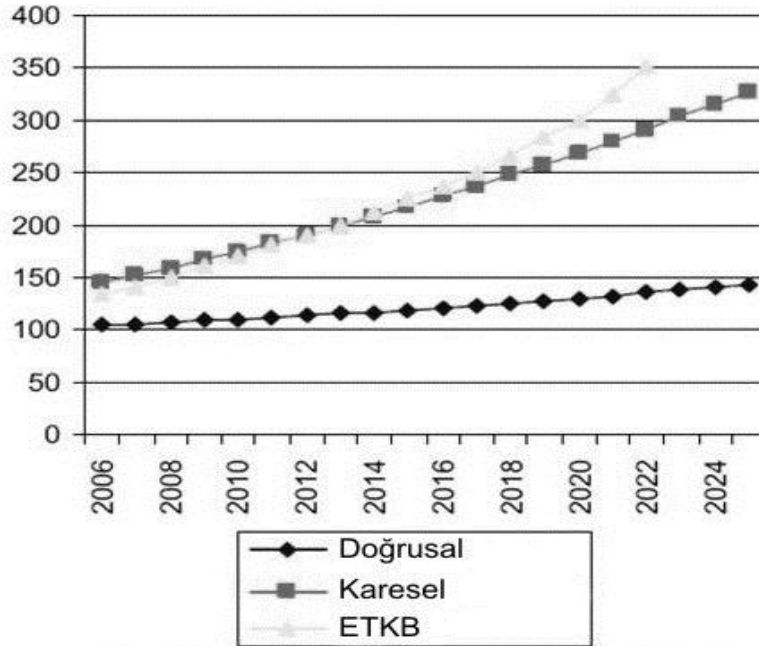
Toksarı (2007) Karınca Kolonisi Optimizasyonu (Ant Colony Optimization) yöntemiyle Türkiye'nin 2025 yılına kadar ki enerji talebini tahmin etmeye çalışmıştır. Bu çalışmada enerji talebi belirleyicileri olarak, nüfus, GSYİH, ihracat ve ithalat kullanılmıştır. Çalışmada Türkiye'nin enerji talebi tahmin edilirken üç senaryo oluşturulmuştur. Birinci senaryoda Türkiye'nin büyüme oranının % 6, nüfusun % 0.17, ithalatın % 4.5 ve ihracatın % 2 yıllık ortalama büyüyeceği varsayılmıştır. Bu varsayımlara göre gerçekleştirilen tahmin sonuçları Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Karınca kolonisi optimizasyon yöntemi kullanılarak enerji talebi doğrusal ve karesel denklem olarak tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları aynı zamanda ETKB tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Birinci senaryoda Türkiye'nin enerji talebi 2025 yılında doğrusal denklem tahminine göre yaklaşık 200 Mtep, karesel denklem tahminine göre 150 Mtep olacaktır.



Kaynak: Toksari, 2007: 3989

Şekil 3.11: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini

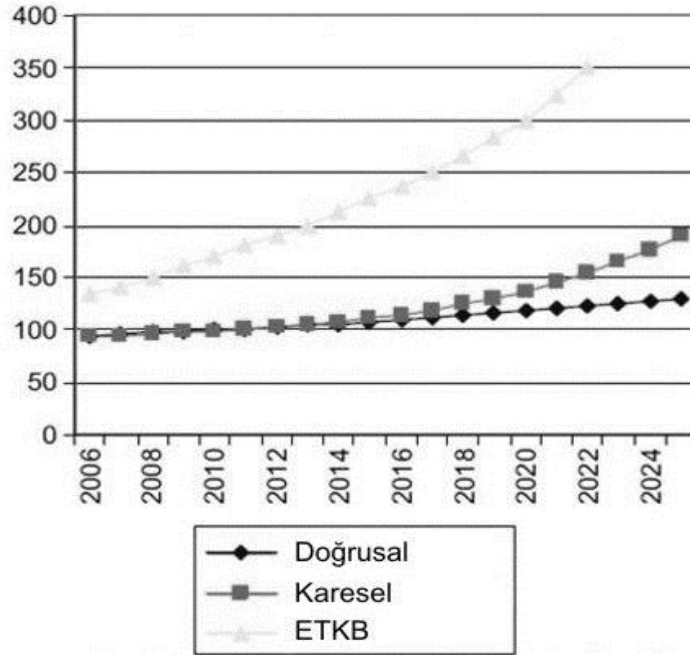
İkinci senaryo varsayılan için ekonomik büyümenin, nüfusun ve ithalatın ortama büyüme oranları sırasıyla, % 5, % 0.15, % 5'dir. Ayrıca tahmin edilen periyot boyunca ihracatın ithalatı karşılama oranının % 45 olacağı varsayılmıştır. Bu varsayımlar altında gerçekleştirilen tahminin sonuçları Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Doğrusal denklem tahminine göre 2025 yılındaki enerji talebinin yaklaşık 150 Mtep, karesel denklem tahminine göre ise 325 Mtep olacağı sonucuna varılmıştır.



Kaynak: Toksari, 2007: 3989

Şekil 3.12: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini

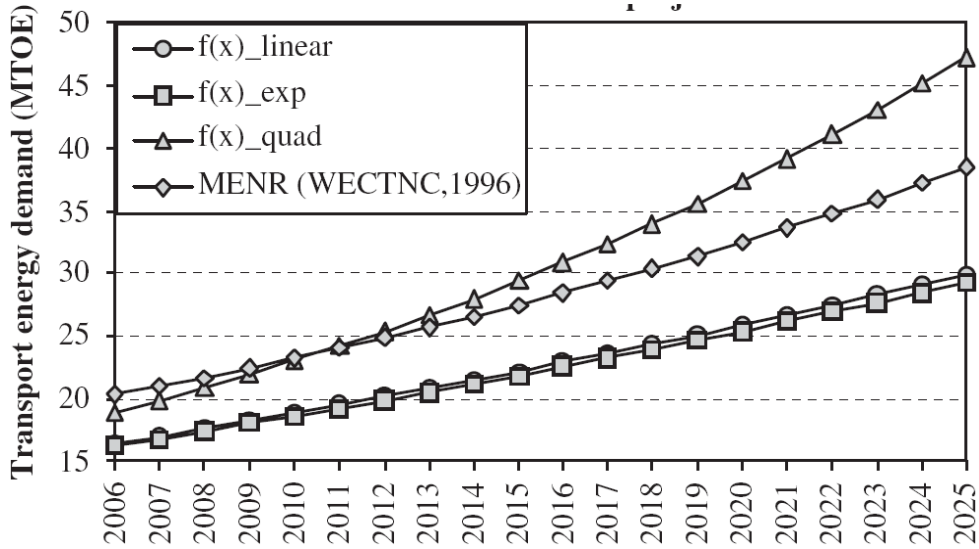
Toksari (2007) çalışmasında oluşturduğu üçüncü senaryoda ise 2006-2025 yılları arasında ekonomik büyümenin % 4, nüfusun % 0.18, ithalatın % 4.5 ve ihracatın % 3.5 büyüyeceğini varsaymıştır. Bu senaryoya göre gerçekleştirilen tahminler şekilde yer almaktadır. Bu varsayımlara göre doğrusal denklem tahminine göre 2025 yılındaki enerji talebinin 125 Mtep, karasal denklem tahminine göre de 200 Mtep olacağı tespit edilmiştir.



Kaynak: Toksari, 2007: 3990

Şekil 3.13: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini

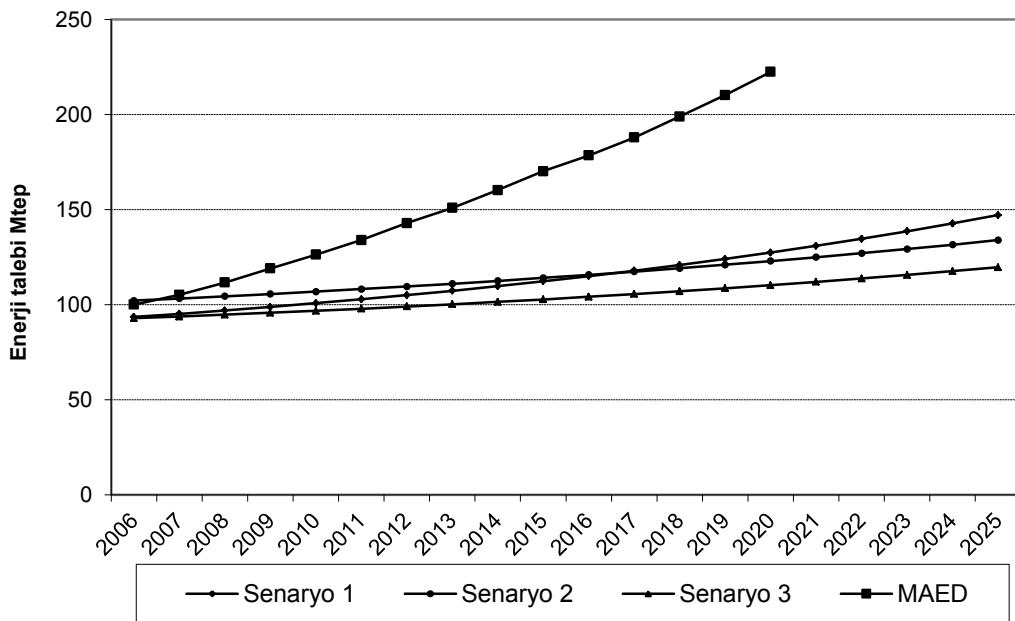
Ceylan ve Diğerleri (2008) Türkiye'nin Ulaştırma enerjisi talebini yeni bir yapay zeka uygulaması olan yarı deneysel ahenk araştırması algoritmasıyla (Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm) tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada enerji talebi belirleyicileri olarak nüfus, GSYİH ve katedilen yol miktarı göz önüne alınmıştır. Aşağıdaki Şekil 3.14'de Ceylan ve Diğerlerinin gerçekleştirdiği üç tahmin (Karesel, Üssel ve Doğrusal) sonuçları ile ETKB'nin tahmin sonuçları yer almaktadır. Doğrusal ve karesel denklem tahminlerine göre Türkiye'nin 2025 yılındaki Ulaştırma enerjisi talebinin yaklaşık 30 Mtep, ETKB tahminine göre ise yaklaşık 40 Mtep olacağı gösterilmiştir. Dolayısıyla iki tahmin sonucunun ETKB tahmininden 10 Mtep az olacağı görülmektedir. Ayrıca karesel denklem ile gerçekleştirilen tahmin sonuçlarının ise diğer tahmin sonuçlarından belirgin bir şekilde yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Kaynak: Ceylan ve Arkadaşlar, 2008: 2534

Şekil 3.14: Türkiye'nin 2006-2025 Dönemi Enerji Talep Tahmini

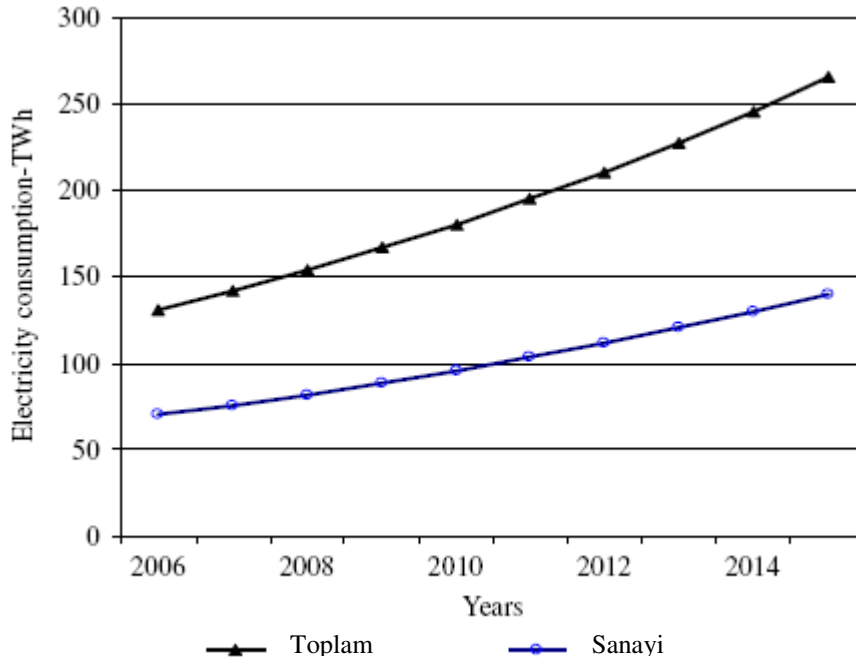
Ünler (2008) çalışmasında Türkiye'nin 2025 yılındaki enerji talebini 1979-2005 dönemi verilerini kullanarak kısmi sürü zekası (Particle Swarm Optimization) yöntemiyle belirlemeye çalışmıştır. Enerji talebinin temel belirleyicileri olarak da Gsmh, nüfus, ihracat, ithalat ve büyüme oranı kullanılmıştır. Bu tahminde temel olarak üç senaryo oluşturulmuştur. Birinci senaryoda Gsmh % 6, nüfus % 0.17, ithalat % 4.5 ve ihracatın % 2 ortalama büyüyeceği, ikinci senaryoda Gsmh % 5, nüfus % 0.15, ithalat % 5 ve ihracatın % 2 ortalama büyüyeceği ve üçüncü senaryoda Gsmh % 4, nüfus % 0.18, ithalat % 4.5 ve ihracatın % 3.5 ortalama büyüyeceği varsayılmıştır. Bu tahmin sonuçları Şekil 3.15'de gösterilmektedir.



Kaynak: Ünler, 2008: 1942-1943.

Şekil 3.15: 2006-2025 Enerji Talep Tahminleri

Birinci senaryoya göre 2025 yılında enerji talebi 2005 yılına göre % 61, ikinci senaryoya göre % 45 ikinci senaryoya göre % 30 artmıştır. Nüfusun en çok artacağı varsayılan üçüncü senaryoya göre 2025 yılındaki enerji talebi diğer senaryolara göre daha fazla gerçekleşecektir. Aynı zamanda çalışmadaki projeksiyonlar ETKB'nın tahminleriyle (MAED) karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ETKB'nın tahminleri kısmi sürü zekası yöntemi sonuçlarına kıyasla çok yüksektir.



Kaynak: Akay ve Atak, 2007: 1674.

Şekil 3.16: 2006-2025 Enerji Talep Tahminleri

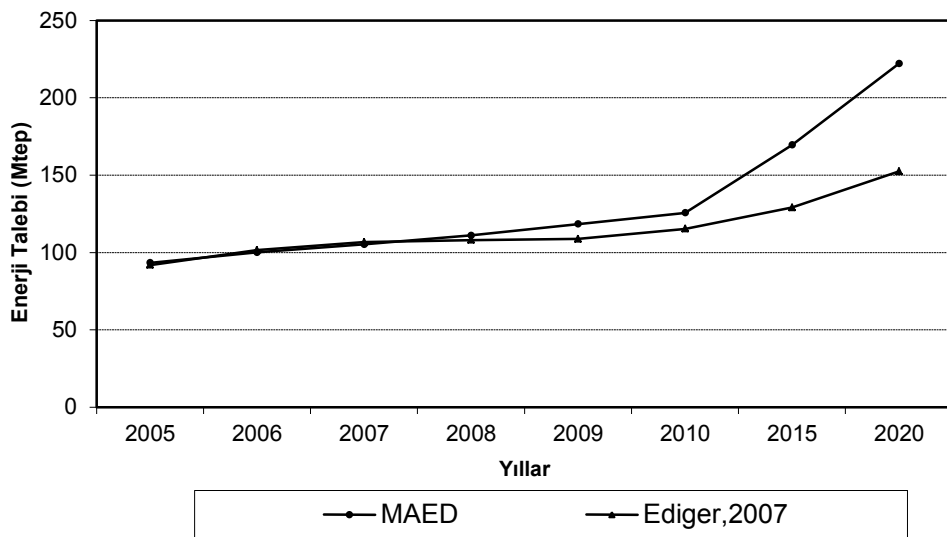
Akay ve Atak (2007) Kapalı Tahmin Dönme Mekanizması yöntemiyle Türkiye'nin elektrik enerjisi talebini toplam ve sanayi sektörü için 2006-2025 yılları tahmin etmişlerdir. Tahmin sonuçları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Buna göre 2025 yılında Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi talebi 250-300 TWh, sanayi sektörü enerji talebi yaklaşık 150 TWh olacağı belirtilmiştir.

3.2.2. Ekonometrik Modeller

Türkiye'nin son yıllardaki hızlı ekonomik büyümesi, nüfus artışı ve hızlı şehirleşmesiyle birlikte önem kazanan enerji ihtiyacı, dolayısıyla gelecekteki enerji talebi ile ilgili çalışmalar son on yılda gelişmeye başlanmıştır. Yapay zeka uygulamaları ile birlikte geleneksel ekonometrik yöntemler ile gerçekleştirilen çalışmalarda az sayıdadır. Bu bağlamda Yumurtacı ve Asmaz (2004) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'nin 2050 yılı için elektrik enerjisi talebini doğrusal regresyon ile tahmin etmeye çalışmıştır. Bu bağlamda 2050 yılında 1.173 milyon kWh enerjiye ihtiyacımız

olduğunu, 125 milyon kWh'unun hidroelektrik, 688 milyon kWh'unun Termal santrallerden karşılanacağını tespit etmiştir. Ancak bu yılda 360 milyon kWh yeni enerji ihtiyaç olacağını belirlemiştir. Bu ihtiyacında rüzgar, güneş v.b. yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacağını öngörmüştür. Ayrıca Say ve Yücel (2006) Türkiye'nin 2010 ve 2015 yılındaki enerji talebini ve karbondioksit emisyonunu ekonomik büyüme ve nüfusu temel belirleyici olarak alarak, doğrusal regresyon yöntemi ile tahmin etmiştir. 2010 yılında Türkiye'nin enerji talebinin 133 Mtep, karbondioksit emisyonunun 363 milyon ton, 2015 yılında da enerji talebinin 183 Mtep ve karbondioksit emisyonunun 522 milyon ton olacağını belirtmiştir. Bunun yanı sıra Türkiye'nin enerji talebi ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiş ve karbondioksit emisyonunun %99.8'nin enerji talebi tarafından belirlendiğini tespit etmiştir.

Ediger ve Akar (2007) Türkiye'nin birincil enerji talebini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada 1950-2004 dönemindeki, birincil enerji talebi ve birincil enerji talebini oluşturan enerji kaynakları (taş kömürü, linyit, vb.) yer almaktadır. Yapılan çalışmada ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) yöntemi kullanılarak 2020 yılına kadar Türkiye'nin enerji talebi tahmin edilmiştir. Buna göre 2020 yılında Türkiye'nin enerji talebinin yaklaşık 150 milyon tep olacağı tahmin edilmiştir. Bunun yanı sıra gerçekleştirilen tahmin sonuçları ile Enerji ve Tabii Kaynak Bakanlığının MAED model tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki Şekilde bu karşılaştırma yer almaktadır. Buna göre literatürdeki diğer çalışmalarda olduğu gibi bu karşılaştırmada da MAED model tahmini çok yüksek görülmektedir.

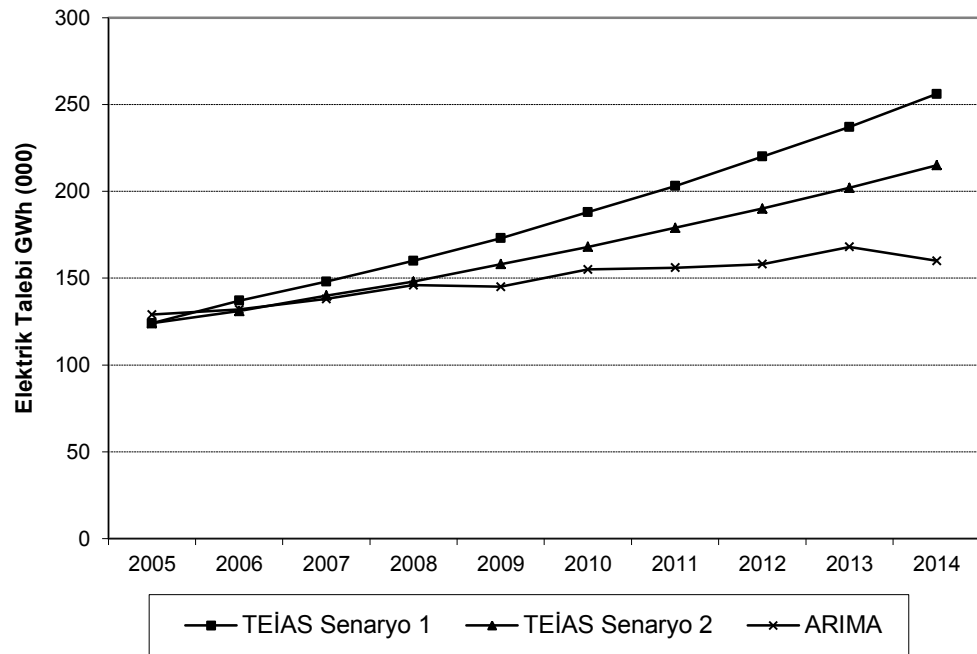


Kaynak: Ediger ve akar, 2007

Şekil 3.17: Türkiye'nin 2005-2020 Dönemi Enerji Talep Tahmini

2020 yılında MAED modeli Türkiye'nin enerji talebini yaklaşık 230 milyon tep olarak tahmin etmiştir. Bu tahmin Ediger ve Akar (2007) 'nın ARIMA yöntemiyle yaptığı tahminden 80 milyon tep fazladır. Türkiye'nin 2004 yılındaki enerji talebinin 82 milyon tep olduğu düşünüldüğünde aradaki farkın ne kadar büyük olduğu görülmektedir. Bu bağlamda enerji talep tahminlerinin yapılmasının temel gerekçesi geleceğe yönelik enerji planlaması yapmaktır. Bunun yanı sıra ekonominin temel öğelerinden olan enerjinin doğru planlanması ekonomik kalkınma ve sürdürülebilir kalkınma açısından önem teşkil etmektedir. Dolayısıyla MAED modeli tahminin hükümet hedefleri çerçevesinde belirlenen geleceğe yönelik sosyo-ekonomik faktörlerin gerçekten uzak olduğu aşıkardır.

Erdoğan (2007) çalışmasında Türkiye'nin 2005-2014 yılları arasındaki elektrik enerjisi talebini tahmin etmiştir. Analizde GSYİH, net elektrik tüketimi ve elektrik fiyatlarını değişken olarak kullanmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde kullanılan değişkenlerin eşbütünleşik olduğunu tespit etmiş, ikinci bölümde de 2014 yılına kadar ARIMA yöntemiyle elektrik enerjisi talebini tahmin etmiştir. Bu tahmin sonuçları şekilde gösterilmektedir. Ayrıca TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletişim A.Ş.) tarafından yıllık ortalama % 8.2 ve % 6.3 artacağını varsayarak oluşturduğu iki senaryo sonuçlarını karşılaştırmıştır. 2014 yılında elektrik talebi ARIMA sonuçlarına göre 160 bin GWh iken TEİAŞ (2005) tahminlerine göre 256 bin ve 215 bin GWh olarak tahmin edilmiştir.



Kaynak: Erdoğan, 2007: 1143.

Şekil 3.18: Türkiye'nin 2005-2014 Dönemi Elektrik Enerjisi Talebi Tahmini

Tunç ve Diğerleri (2006) akaryakıt, kömür, doğal gaz, nükleer enerji, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarını verilerini kullanarak Türkiye'nin 2010 ve 2020'deki elektrik enerjisi talebini Eğri Uydurma ve Optimizasyon (Curve Fitting ve Optimization) yöntemi ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Buna göre 2010 yılında elektrik enerjisi talebi 222 bin GWh, 2020 yılında 322 bin GWh olacağını tahmin etmişlerdir.

Aras ve Aras (2004) doğal gaz kullanan 5 şehirden biri olan Eskişehir için, 1996-2001 yılları arasında 61 aylık veriler ile hanelerin doğal gaz talebini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmanın temel amacı doğal gaz talebi için uygulanabilir bir model geliştirip, ekonomik planlamaya yardımcı olmaktır. Türkiye'nin toplam doğal gaz tüketiminin %18'i hane ısıtmasında kullanılması ve bu enerjinin ithal edilmesi nedeniyle gelecekteki doğal gaz talebinin tahmin edilmesi çok önemli olmaktadır. Çalışmada Autoregressive (AR) zaman serisi yöntemi kullanılmıştır. Çalışma hanelerdeki doğal gaz kullanımı odaklı olduğu için temel değişken hava sıcaklığıdır. Bunun yanında mevsimsel etkiler için zaman faktörü kukla değişken olarak kullanılmıştır.

Ediger ve Tatlıdil (2002) Türkiye'nin 2010 yılındaki enerji talebini tahmin etmek için Döngü Analizini (Cycle Analysis) kullanmışlardır. Tahminlerine göre 2010 yılındaki Türkiye'nin enerji talebi yaklaşık 130 milyon tep olacaktır. Ayrıca enerji talep tahminlerinde kullanılan toplam enerji tüketim verileri yerine yıllık enerji tüketim artışlarının kullanılmasının daha etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Güngör ve Arıkan (2000) uzun dönemde (1996-2010) doğal gaz, ithal kömür ve nükleer enerji kaynaklarını maliyet açısından karşılaştırmışlardır. Enerji planlamasına yardımcı olmak için gerçekleştirilen çalışmada uzun dönemde üretim maliyetleri açısından enerjinin doğal gaz ve nükleer enerjiden sağlanmasının daha ekonomik olduğu sonucuna varmışlardır.

3.2.1. Çalışmanın Literatürdeki Analizlerden Farkı

Türkiye'nin enerji talebini tahmin eden çalışmalar önceki başlıklarda açıklandığı üzere yapay zeka uygulamaları ve ekonometrik modellerde ağırlık kazanmaktadır. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar ile bu çalışmada gerçekleştirilecek tahmin arasındaki farklılıklar şöyle özetlenebilir:

- Enerji talebinin önemli belirleyicilerinden birisi olan enerji yoğunluğu değişkeni literatürdeki tüm çalışmalardan farklı olarak analizde kullanılmaktadır.

- Yapay zeka uygulamalarından olan yapay sinir ağı yönteminin kullanılması nedeniyle ekonometrik model kullanılan çalışmalardan farklılık arz etmektedir.
- Durağan değişim, dönemsel değişim ve sürdürülebilirlik senaryo yapıları¹¹ altında, düşük, orta ve yüksek büyüme tahminleri gerçekleştirilecektir.
- Toplam enerji talebinin tahminin yanı sıra sektörler ve enerji kaynakları bazında enerji talebi tahmini gerçekleştirilecektir.
- 2006, 2007 ve 2008 yılları için test tahmini yapılarak, gerçekleşen enerji talebiyle karşılaştırılacaktır. Böylece çalışmanın güvenilirliği sınanacaktır.

Çalışmanın literatürdeki enerji talebi tahminleri ile arasındaki farklar açıkça gösterilmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilecek olan tahmin daha önce gerçekleştirilmemiş bir analiz olarak değerlendirilebilir.

¹¹ Senaryo yapıları Dördüncü bölümde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ TALEBİ ÖNGÖRÜSÜ

4.1. YÖNTEM

Günümüzde enerji modellemesi, enerji üretim ve tüketimiyle ilgilenen mühendis ve bilim adamları arasında önemli bir konu haline gelmiştir. Bazı enerji modeli uygulamaları, enerji planlaması ve politika uygulamalarında kullanılmaktadır (Dinçer ve Dost, 1997). Bu yüzden geçmiş ve günümüzdeki enerji verilerini kullanmaksızın enerji planlaması yapmak mümkün gözükmemektedir (Dinçer ve Dost, 1996; Ceylan ve Diğerleri, 2005).

Çalışmanın üçüncü bölümünde literatürde enerji ile ilgili gerçekleştirilen birçok çalışma detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda birçok yöntem enerji talebi tahmini için kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde Türkiye’nin gelecekteki enerji talebini tahmin edebilmek için yapay sinir ağları yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemin seçilme nedeni ise yapay sinir ağları yöntemi içerisinde ayrıntılı olarak irdelenecektir.

4.1.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları için insanın beyin fonksiyonlarından esinlenilmiştir. Yani deneme yolu ile öğrenme ve genelleştirme yapabilmektedir. Bu yöntem doğrusal değildir ve doğrusal yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar vermektedir (Sharda ve Patil, 1992). Dolayısıyla bu model herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymadan doğrusal olmayan modellemeyi gerçekleştirebilmektedir (Kaastra ve Boyd, 1996). Yapay sinir ağlarında, ağa girdi bilgileri ve bu bilgilere karşılık çıktı bilgileri verilmekte böylece ağa bu bilgiler arasındaki ilişki öğretilmiş olmaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2004).

Yapay sinir ağı ile ilgili diğer açıklamalara geçmeden önce bu yöntemdeki bazı terimlerin ekonometri terminolojisindeki karşılıklarını göstermek anlaşılabilirlik açısından önem arz etmektedir. Çizelge 4.1’de bu iki terminolojinin karşılıkları gösterilmektedir.

Çizelge 4.1: Yapay Sinir Ağları-Ekonometri

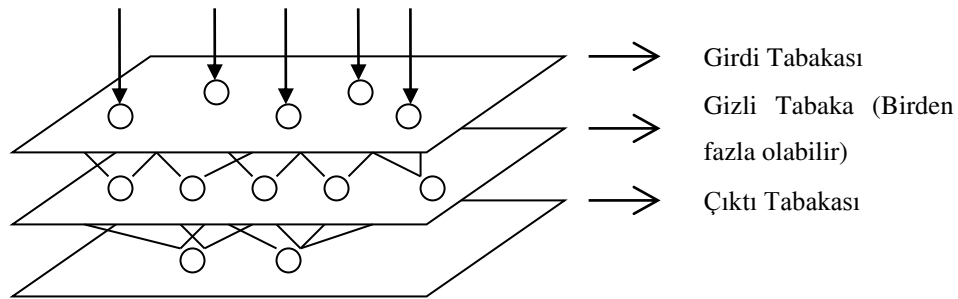
Yapay Sinir Ağı	Ekonometri
Ağ	Model
Çıktı	Bağımlı Değişken
Girdi	Bağımsız Değişken
Ağırlık	Katsayı

Doğru tahminin başarılı kararları beraberinde getireceği ve bu şekilde fayda maksimizasyonunun sağlanabileceği öngörü modellemesine olan ilgiyi arttırmaktadır. Yapay sinir ağları sınırsız sayıda değişkenle çalışabilmeye olanak sağlamaktadır. İnsan beyninin temel işlev elemanı olan nöronun şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden Yapay sinir ağları bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır (Yurtoğlu, 2005).

Yapay sinir ağları ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış birçok işlem elemanlarından oluşan matematiksel sistemlerdir.

Tüm yapay sinir ağları nöronlardan oluşur. Bu nöronların dizaynı ilk aşamadır. İkinci aşama ise bu nöronların kümelenmesidir. Kümelenme işlemin de tabakalar halinde yapılmaktadır.

Genel olarak tüm yapay sinir ağları benzer bir yapıya sahiptir. Bazı nöronlar girdileri almak için bazı nöronlarda çıktıları iletmek için dış mekanla temas halindedirler geri kalan tüm nöronlar ise gizli tabakalardadırlar.

**Şekil 4.1: Yapay Sinir Ağı Şeması**

Bir yapay sinir ağının yapılandırılmasından sonraki aşama eğitime aşamasıdır. Bu ağırlıkların belirlendiği aşamadır. Genel olarak başlangıç ağırlıkları rastsal olarak seçilir. Eğitime işlemi için iki yöntem mevcuttur. Yönlendirmeli (öğreticili-supervised) ve yönlendirmesiz (öğreticisiz-unsupervised) eğitime olarak isimlendirilir.

Yönlendirmeli eğitime, ağın çıktı için istenilen veri değerleri verebilmesi için girdi-çıkıtı ilişkisinin elde edebilmesini sağlayacak bir mekanizma içermektedir. Yönlendirmesiz eğitime de ise hiçbir dış müdahale olmaksızın girdiler ağ tarafından analiz edilir ve bunun sonucunda bağlantılar oluşturulur (Yurtoğlu, 2005).

Yönlendirilmeli eğitime de hem girdi hem de çıktı verileri kullanılmaktadır. Yapay sinir ağı rassal olarak belirlenen başlangıç ağırlıklarını kullanarak girdileri işler ve çıktıyı elde edilen çıktılarla karşılaştırır. Bu karşılaştırma sonucu gerçek verilerle çıktı verileri karşılaştırılarak hatalar belirlenir ve bu hatalar ışığında ağ bağlantıları güncellenir.

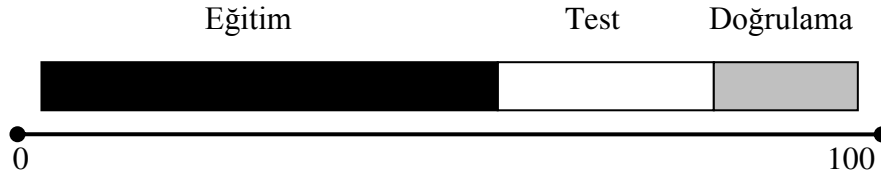
Genel Olarak Yapay sinir ağlarının özellikleri şu şekildedir (Efe ve Kaynak, 2004; Yurtoğlu, 2005; Öztemel, 2006; Galushkin, 2007);

- Doğrusal olmayan verilerle etkin olarak çalışabilmektedir.
- Öğrenme yeteneğine sahiplerdir.
- Yapıları çok esnektir.
- Ağ içersindeki işlemleri eş zamanlı olarak gerçekleştirebilmektedir. Dolayısıyla sistem paralel çalışabilme yeteneğine sahiptir.
- Genelleme yapabilmektedir. Ağ daha önce karşılaştığı verilerle ilgi öğrenme yeteneğini kullanarak bilgi elde eder ve genelleme yapabilir.
- Kullandığı verilerden elde ettiği bilgileri hafızaya alabilir.
- Sınırsız sayıda parametre ve değişkenlerle çalışabilir.

Yapay sinir ağ yapıları ağ üzerindeki bilgi akış yönü açısından ikiye ayrılır. Eğer ağ sistemi üzerinde bilgiler ileri doğru hareket ediyorsa ileri sürümlü (beslemeli), eğer ağ yapında geri bağlantılar mevcut ise geri beslemeli yapay sinir ağı denir.

Bunun yanında eğer bilgiler anlık gözlemlerden elde ediliyorsa, dolayısıyla parametrelerdeki güncelleme işlemi anlık olarak gerçekleştiriliyorsa, buna eşzamanlı (paralel) öğrenme denir (Piché, 1994; Efe ve Kaynak, 2004).

Yapay sinir ağları yöntemindeki bir diğer önemli nokta sisteme girdi ve çıktı değerleri olarak verilen değişkenlerin model için ayrılmasıdır. Değişkenlerdeki bu ayrıştırma Eğitim, Test ve Doğrulama şeklinde olmaktadır. Bir diğer ifade ile üzerinde çalışılan verilerin bir kısmı yapay sinir ağlarının veriler arasındaki ilişkiliyi öğrenmesi için (Eğitim), bir kısmı öğrenilen bu ilişkilerin incelenmesi (Test), bir kısmı da ilişkilerin doğrulanması için (Doğrulama) kullanılır. Literatürde test için ayrılan veriler genellikle eğitim için ayrılan verilerin % 10-30'u arasında değişmektedir.



Şekil 4.2: Eğitim, Test ve Doğrulama Ayrımı

Veriler içersinde yapılan bu ayrımın yanı sıra yapay sinir ağlarının oluşturulmasında kullanılacak olan katmanlar doğru sonuçlara ulaşmak açısından önem arz etmektedir. Hem yapay sinir ağları teorisinde hem de uygulamalarında dört katmanlı ağ yapısı kullanılmaktadır. Bu katmanlar; bir girdi, bir çıktı ve iki de gizli katmandan oluşmaktadır. Yapay sinir ağlarında girdi ve çıktı yanında birden fazla katman kullanılabilir. Ancak gizli katmanların çok sayıda kullanılması, ağın genelleme yeteneğinin aşırı kullanılması nedeniyle yanlış sonuçlar verebilmektedir¹². Ayrıca fazla kullanılan gizli katman ağın değişkenler arasındaki ilişkiyi öğrenme ve hesaplama süresini uzatmaktadır.

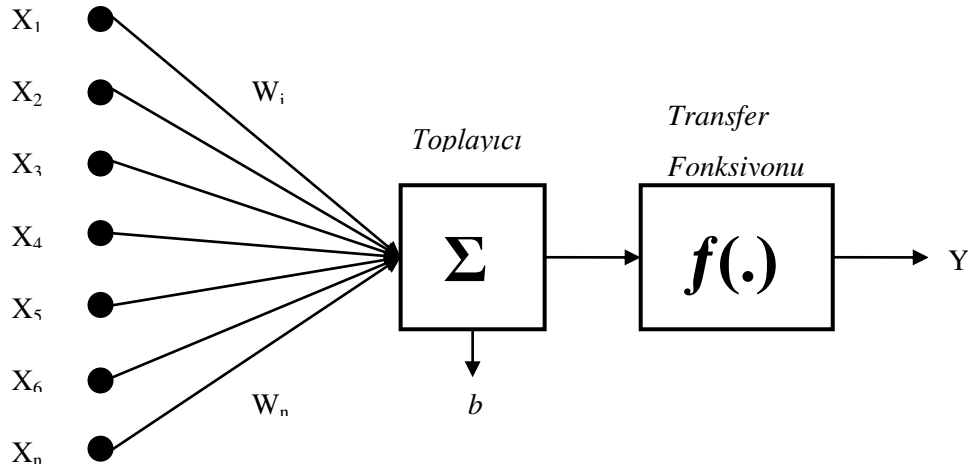
4.1.1.1 Nöron

Nöronlar yapay sinir ağını oluşturan ve çok basit işleve sahip işlemcilerdir. Şekilde örnek nöron yapısı gösterilmiştir. Herhangi bir nöron yapısında temel olarak üç ana bölüm mevcuttur (Haykin, 2001). Bu bölümler; sinapslar¹³, toplayıcı ve aktivasyon (Transfer) fonksiyonudur. Burada önce girdiler (X_i) sinaptik bağlantılar üzerindeki ağırlıklarla (W_i) çarpılarak toplayıcıya (Σ) gönderilir. Buradan elde edilen toplam sinyaller belirli bir eşik (b) değerini aştığında aktivasyon fonksiyonu (f) aktif hale duruma geçer (Kaplan ve Tekeli, 2008). Transfer fonksiyonu olarak adlandırılan bu fonksiyon aktivasyon fonksiyonu olarak da nitelendirilir. Toplam değer aktivasyon fonksiyonundan geçerek çıktı hesaplanır.

Aşağıda örnek olarak gösterilen nöron yapısında girdiler ağırlıklarla çarpılıp belirli bir eşik değerini geçen toplam fonksiyonu oluşturur. Bu toplam fonksiyon (S) denklem (1) de gösterilmiştir. Toplam fonksiyon oluşturulduktan sonra bulunan değer aktivasyon (transfer) fonksiyonunda yerine koyularak çıktı hesaplanır.

¹² Fazla gizli katman kullanmaktan ve dolayısıyla ağı aşırı öğrenme ve genelleme yaptırmaktan kaynaklanan sorun literatürde Overfitting (Aşırı uygunluk) olarak adlandırılmaktadır.

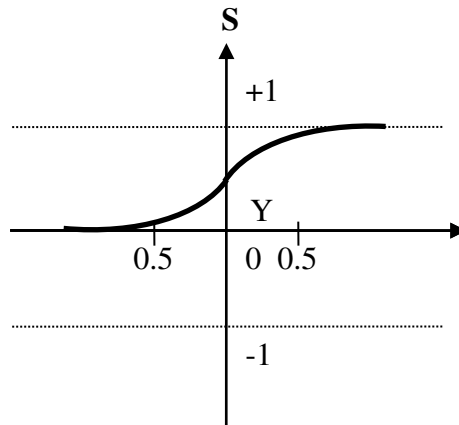
¹³ Sinaps nöronların diğer nöronlarla olan bağlantı noktalarını ifade eder.



Şekil 4.3: Örnek Nöron Yapısı

Transfer (Aktivasyon) fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Doğrusal fonksiyonlar genelde tercih edilmez, çünkü doğrusal fonksiyonlarda çıktı girdi ile orantılıdır. Bu durum yapay sinir ağıları denemelerinin başarısızlıkla sonuçlanmasının temel nedenidir (Minsky ve Popert, 1969). Ancak geleceğe yönelik öngörü tahminlerinde çıktının hesaplanabilmesi için doğrusal fonksiyonlar da kullanılmaktadır.

Literatürde çok sayıda aktivasyon fonksiyonu mevcuttur. Bu fonksiyonlardan en çok kullanılan dördü aşağıda gösterilmiştir (Haykin, 2001). Bu fonksiyonlardan en yaygın olarak kullanılanı sigmoid fonksiyondur (Palau ve Diğerleri, 1999). Bunun temel nedeni sigmoid fonksiyonunun sınırlı rasyonel bireylerin temel değişkenlerdeki değişme karşısında gösterdikleri eşik davranışları yansıtıyor olmasıdır (Kaplan ve Tekeli, 2008).



Şekil 4.4: Log-sigmoid Transfer Fonksiyonu

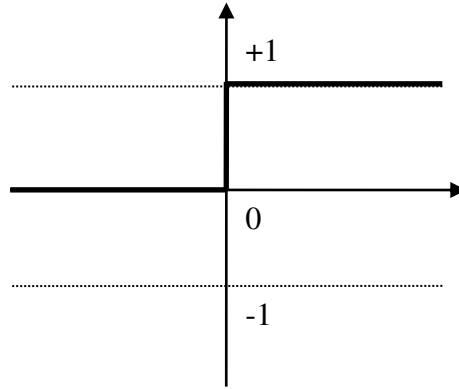
Sigmoid transfer fonksiyonu şekilde gösterilmiştir. Bu fonksiyon doğrusal olmayan logaritmik bir fonksiyondur. Bu grafikte S , toplam fonksiyondan elde edilen

toplam değer, Y ise çıkışıdır. Dolayısıyla Y değeri S değerinin fonksiyonudur. Sigmoid fonksiyonda giriş değerleri hangi aralıkta olursa olsun, çıkış 0 ile 1 arasında olmaktadır. Sigmoid tipi transfer fonksiyonu denklem (2) de gösterilmiştir.

$$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-s}} \quad (2)$$

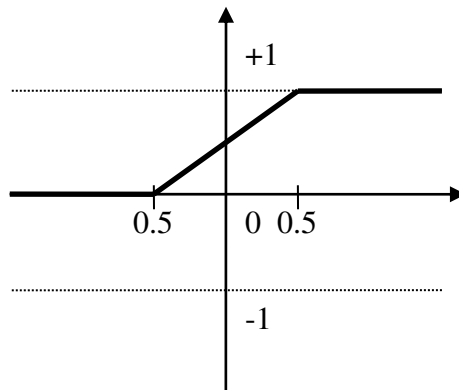
Diğer transfer fonksiyonu olan Sert geçişli (hard-limit) transfer fonksiyonunun grafiği aşağıda verilmiştir. Bu fonksiyon denklem (3) de gösterildiği üzere giriş değeri 0 (sıfır)'dan büyükse çıkış değeri 1 (bir), giriş değeri 0 (sıfır)'dan küçükse çıkış değeri 0 (sıfır) olmaktadır. Genelde sınıflandırma ve ikili karar mekanizması gerektiren durumlarda kullanılmaktadır (Efe ve Kaynak, 2004).

$$f(S) = \begin{cases} 0 & S \leq 0 \\ 1 & S > 0 \end{cases} \quad (3)$$



Şekil 4.5: Sert geçişli transfer (aktivasyon) fonksiyonu

En yaygın kullanılan transfer fonksiyonlarından diğeri de yarı doğrusal transfer fonksiyonudur. Bu fonksiyon Şekil 4.6 'da gösterilmiştir.

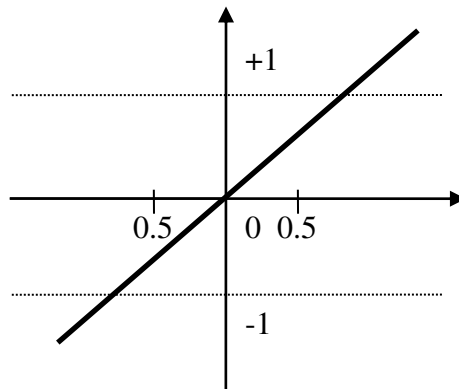


Şekil 4.6: Yarı Doğrusal Transfer Fonksiyonu

$$f(S) = \begin{cases} 1 & S \geq +\frac{1}{2} \\ S & +\frac{1}{2} > S > -\frac{1}{2} \\ 0 & S \leq -\frac{1}{2} \end{cases} \quad (4)$$

Fonksiyonun girdisi eğer 0.5 veya büyükse çıktı 1, eğer -0.5 ve daha küçükse çıktı 0 değerini almaktadır. Buraya kadar fonksiyon sert geçişli transfer fonksiyonu ile benzerdir. Ancak girdi değeri eşik değerleri arasında kalıyor ise çıktı denklem (4) 'te görüldüğü üzere girdi değerlerinin kendisidir. Bu bağlamda eşik değerlerin dışında kalan bölge doğrusal, içinde kalan bölge girdinin yapısına göre doğrusal veya eğrisel olabilir. Bu tür aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan (eğrisel) fonksiyonlara yaklaşım olarak görülebilir (Haykin, 2001; 36).

Son olarak aşağıda doğrusal transfer fonksiyonu gösterilmiştir. Yapay sinir ağlarıyla gerçekleştirilen tahminlerde kullanılan transfer fonksiyonları genellikle doğrusal olmayan fonksiyonlardır. Ancak geleceğe yönelik yapılan öngörülerde bu tip transfer fonksiyonu kullanılmaktadır (Murat ve Ceylan, 2006; Tsoukalas ve Uhrig, 1997). Bunun temel nedeni doğrusal olmayan transfer fonksiyonları yapılarına göre 0-1 veya -1-1 değerleri arasına hassastır. Diğer bir ifadeyle veriler bu sınırlar arasında ölçeklendirilmezse doğru sonuç alınamaz. Dolayısıyla verileri ölçeklendirmek için maksimum ve minimum değerlerini bilmek yeterlidir. Ancak amaç gelecekteki değerleri tahmin etmek olduğundan maksimum değer bilinmemektedir. Bu nedenle de Şekil 4.7'de gösterilen doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmaktadır.



Şekil 4.7. Doğrusal Transfer Fonksiyonu

4.1.1.2. Verilerin Ölçeklenmesi

Yapay sinir ağı uygulamalarında en önemli noktalardan biri verilerin ölçeklenmesi zorunluluğudur. Yukarıda açıklanan transfer fonksiyonlarının özelliklerinden dolayı veriler gerçek değerleriyle ağı verildiğinde transfer fonksiyonu verilen minimum ve maksimum değerlerini tanımaktadır. Diğer bir ifadeyle doğrusal olmayan transfer fonksiyonları 0 ve 1 arasındaki değerlere hassastır. Eğer veriler bu aralıkta değilse yapay sinir ağı yanlış sonuç vermektedir. Dolayısıyla veriler kullanılan transfer fonksiyonunun özelliğine göre 0 ve 1 aralığında veya -1 ve 1 aralığında ölçeklendirilmelidir (Kaplan ve Tekeli,2008: Murat ve Ceylan, 2006: Kaastra ve Boyd, 1996).

4.2. SENARYOLAR

Çalışmada Türkiye'nin 1970-2008 yılları arasındaki nüfus, ihracat, ithalat, enerji yoğunluğu ve GSYİH değerleri kullanılarak, 2009-2030 yılları arasındaki Türkiye'nin toplam enerji talebi, sektörel enerji talepleri ve kaynaklara göre enerji talepleri tahmin edilmeye çalışılacaktır¹⁴. Bu tahminler üç farklı yapıda 8 senaryo oluşturularak gerçekleştirilecektir. Oluşturulan senaryolara örnek teşkil eden literatürdeki enerji talebi senaryoları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2: Literatürdeki Senaryo Örnekleri

Çalışmalar	Senaryolar	Yıllık Ortalama Artış				
		GSYİH (%)	Nüfus (%)	İthalat (%)	İhracat (%)	İhracatın İthalatı Karşılama Oranı (%)
Ceylan ve Öztürk (2004)	1.	5	0.12	5	5	-
	2.	4	0.18	5	5	-
Canyurt ve Diğerleri (2004)	1.	5	0.12	5	5	-
Toksarı (2009)	1.	3.5	0.10	7	-	50
	2.	7	0.12	3.5	2.5	-
	3.	5	0.08	3.5	4	-
Toksarı (2007)	1.	6	0.17	4.5	2	-
	2.	5	0.15	5	-	45
	3.	4	0.18	4.5	3.5	-
Ünler (2008)	1.	6	0.17	4.5	2	-
	2.	5	0.15	5	2	-
	3.	4	0.18	4.5	3.5	-

¹⁴ Bu toplam enerji talebi ve kaynaklar ve sektörler itibarıyla gerçekleştirecek olan tahminlerin seçimi için Ek-II'de gösterilmiştir.

Literatürdeki bu senaryolardan yola çıkarak durağan, sürdürülebilirlik ve dönemsel değişim senaryoları şeklinde üç farklı senaryo yapıları meydana getirilmiştir. Bu üç senaryo yapısı takip eden bölümde açıklanacaktır.

4.2.1. Durağan Senaryolar

Durağan senaryolar 2009-2030 yılları arasında nüfus, ihracat, ithalat, enerji yoğunluğu ve GSYİH’da sabit bir artış trendi olacağını varsaymaktadır. Bu senaryo yapısı altında, yüksek ekonomik büyüme, orta ekonomik büyüme ve düşük ekonomik büyüme şeklinde üç farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu üç senaryoda nüfusun yıllık ortalama % 1.2 artacağı ve enerji yoğunluğunun 1970-2008 döneminde gösterdiği ortalama değişime devam edeceği öngörülmüştür. Yüksek ekonomik büyüme senaryosunda GSYİH’nın % 6 ve yüksek ekonomik büyüme, yüksek dış ticaret ile gerçekleşecek olması dolayısıyla ihracatın % 5 ve ithalatın % 6 yıllık ortalama büyüme göstereceği varsayılmıştır. Orta ekonomik büyüme senaryosunda GSYİH’nın % 4.5 ve buna bağlı olarak ihracat ve ithalatın % 4 yıllık ortalama büyüyeceği öngörülmüştür. Bunun yanı sıra düşük ekonomik büyüme senaryosunda ise gsyih’nın % 3 ve ihracatın % 3 ve ithalatın % 2 yıllık ortalama büyüyeceği varsayılmıştır.

4.2.2. Sürdürülebilirlik Senaryoları

Bu senaryo yapısının oluşturulmasının temel nedeni 2030 yılına kadar enerji kullanımındaki etkinliğin arttırılarak, bir birim üretim başına harcanan enerji miktarının azaltılacağına öngörülmesidir. Bu bağlamda bir birim üretim başına kullanılan enerji miktarını ifade edilen enerji yoğunluğunun bu senaryo yapısında 2030 yılında 2008 yılına göre % 30 azaltılacağı, dolayısıyla yıllık ortalama % 1.6 düşüş göstereceği varsayılmaktadır.

Bu senaryo yapısında da yüksek, orta ve düşük ekonomik büyüme senaryoları olarak üç farklı senaryo oluşturulmuştur. Yüksek ekonomik büyüme senaryosunda gsyih’nın % 6, ihracatın % 5 ve ithalatın % 6 yıllık ortalama büyüyeceği varsayılmaktadır. Orta ekonomik büyüme de gsyih’nın % 4.5, ihracat ve ithalatın % 4 büyüyeceği, düşük ekonomik büyüme de gsyih’nın % 3, ihracatın % 3 ve ithalatın % 2 yıllık ortalama artış göstereceği öngörülmektedir. Ayrıca bu üç senaryoda da nüfusun % 1.2 artacağı varsayılmıştır.

4.2.3. Dönemsel Değişim Senaryoları

Dönemsel değişim senaryolarında 2009-2030 yılları arasındaki dönem beş periyoda ayrılarak, her bir periyod için değişkenlerdeki değişimler farklılaştırılmıştır. Bu senaryo yapısı kullanılarak sabit enerji yoğunluğu ve sürdürülebilirlik senaryosu olarak iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu senaryolar Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Dönemsel değişim senaryoları

		2009- 2012	2013- 2016	2017- 2020	2021- 2025	2026- 2030
Sabit Enerji	GSYİH (%)	2	6	5	4	3
	Nüfus (%)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	İhracat (%)	2	5	4.5	3	2.5
	İthalat (%)	1	6	4.5	3	2
	Enerji yoğunluğu (%)	sabit	sabit	sabit	sabit	sabit
Sürdürülebilirlik	GSYİH (%)	2	6	5	4	3
	Nüfus (%)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	İhracat (%)	2	5	4.5	3	2.5
	İthalat (%)	1	6	4.5	3	2
	Enerji yoğunluğu (%)	-1.5	-3.5	-3.5	sabit	sabit

Bu iki senaryoda gsyih, nüfus, ihracat ve ithalat beş farklı periyotta aynı büyüme hızlarına sahip oldukları varsayılmıştır. Sabit enerji yoğunluğu senaryosunda enerji yoğunluğunun 2008 yılındaki değerinin 2030 yılına kadar değişim göstermeyeceği diğer bir ifadeyle enerji etkinliği sağlanamayacağı varsayılmıştır. Sürdürülebilirlik senaryosunda enerji yoğunluğunun 2009-2012 döneminde % 1.5, 2013-2020 döneminde de % 3.5 azaltılacağı ve devam eden dönemde de sabit olacağı öngörülmüştür.

Oluşturulan bu senaryolar altında yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak Türkiye’nin gelecekteki enerji talepleri tahmin edilecektir. Oluşturulacak olan ağ “Hata Geriye Yayılma Yöntemli İleri sürümlü Yapay Sinir Ağı” dır. Bu ağ yapısında bilgiler girdiden çıktıya doğru hareket etmektedir. Ancak girdilerden gelen bilgiler ile çıktı değerleri tahmin edilir, tahmin edilen çıktı değerleriyle gerçekleşen değerler karşılaştırılarak hatalar belirlenir, bu hataları minimize etmek için ağ tekrar çalıştırılır böylece her bir döngüde bu süreç tekrar edilerek en iyi ağ yapısı oluşturularak tahmin gerçekleştirilir. Çalışmamızda oluşturulan tüm ağlarda 5 nörondan oluşan bir girdi

katman, tek nörondan oluşturan gizli katman ve tek nörondan oluşan çıktı katmanı yer almaktadır.

Bu bağlamda 1970-2008 dönemi verileri oluşturulan ağı eğitimi, doğrulaması ve testi için üç bölüme ayrılmıştır. 1970-2000 yılları arasındaki veriler eğitim, 2001-2004 yılları arası doğrulama ve 2005-2008 yılları arasındaki veriler test için ayrılmıştır. Ancak bu tahminler gerçekleştirilmeden önce 1970-2005 yılları arasındaki veriler kullanılarak 2006, 2007 ve 2008 yıllarındaki enerji talebi tahmin edilerek gerçekleşen ve ETKB'nin tahminleriyle karşılaştırılacaktır. Daha sonra Toplam enerji talebi, kömür, petrol doğal gaz talebi ve konut, sanayi, ulaştırma ve tarım sektörleri enerji talep tahminlerinin her biri için ayrı ayrı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Bu ağların eğitimi, doğrulaması ve test aşamaları aşağıda yer almaktadır. Ayrıca oluşturulacak olan her yapay sinir ağı 20 bin kez eğitilecektir.

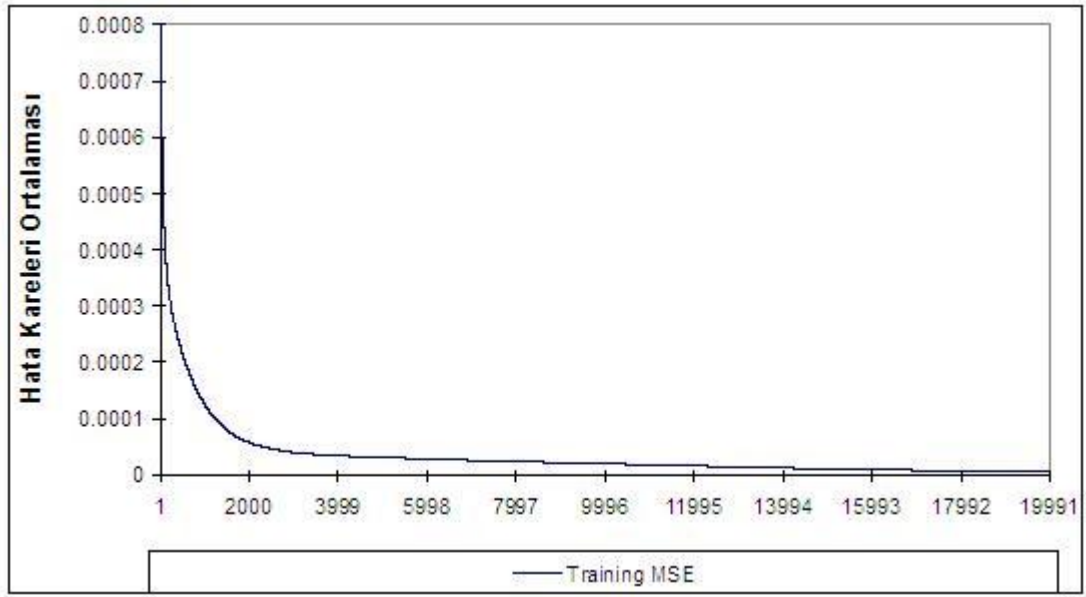
4.3. OLUŞTURULAN YAPAY SİNİR AĞLARI

4.3.1. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Enerji Talebi Ağı

Bu çalışmada geleceğe yönelik tahminleri gerçekleştirecek yapay sinir ağlarını oluşturmadan önce bu yöntemin geçmiş yılların güvenilirliğini sınamak açısından 2006, 2007 ve 2008 yıllarının toplam enerji talebi tahmin edilmeye çalışılacaktır. Elde edilen tahmin sonuçları, gerçekleşen enerji talebi ve ETKB'nin tahminleriyle karşılaştırılacaktır. Böylece tahminlerin ne kadar gerçekçi olduğu tespit edilebilecektir.

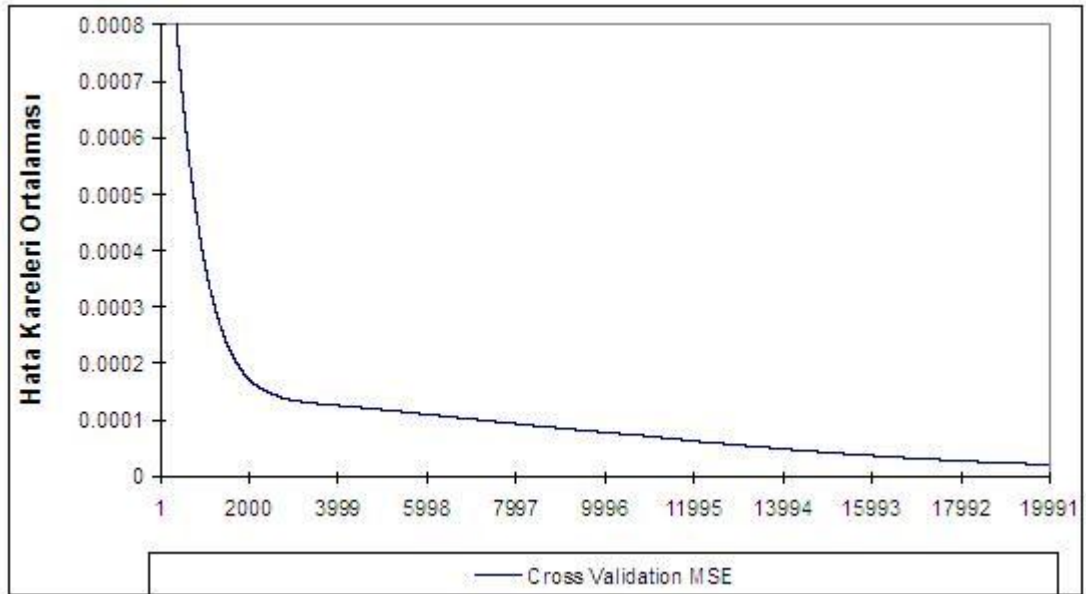
1970-2005 dönemindeki veriler oluşturulacak olan ağda kullanılacaktır. 1970-1998 dönemi verileri ağın eğitiminde, 1999-2001 dönemi verileri doğrulamada ve 2002-2005 dönemi verileri de ağın test aşamasında kullanılacaktır.

Şekil 4.8'de ağın eğitme aşamasındaki hata kareleri ortalamaları yer almaktadır. Buna göre ağ 20.000 defa eğitilmiş ve eğitim aşamasındaki hatalar en düşük düzeye inmiştir.



Şekil 4.8. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Ağı Eğitimi

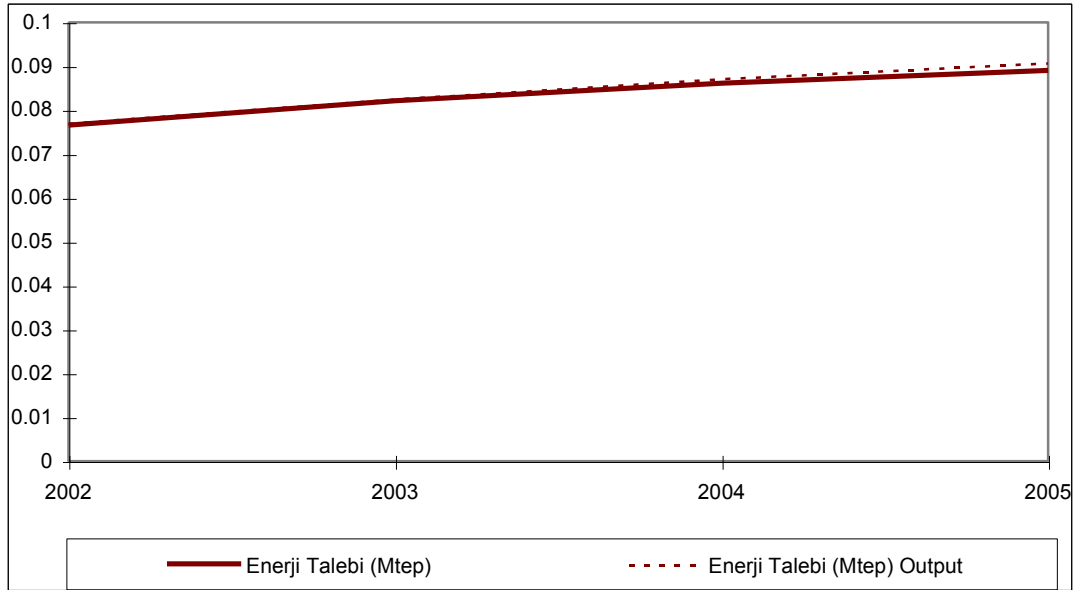
Eğitilen yapay sinir ağının gerçekten girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenmesi için gerçekleştirilen doğrulama aşaması Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Şekilde doğrulama aşamasında ortaya çıkan hata karelerin ortalamalarının en düşük düzeye inmiştir. Böylece eğitilen ağı doğrulaması da gerçekleştirilmiş ve girdi ve çıktı arasındaki ilişki en iyi şekilde öğretilmiştir.



Şekil 4.9. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Ağı Doğrulaması

Ağın eğitme ve doğrulama aşamasından sonra test aşaması yer almaktadır. Eğitilen ağın girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenerek yaptığı tahmin ile gerçekleşen değerler Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Buna göre 2002-2005 dönemi için yapılan tahmin ile gerçekleşen enerji talebi değerleri birbirine çok yakın seyretmektedir. Elde edilen bu

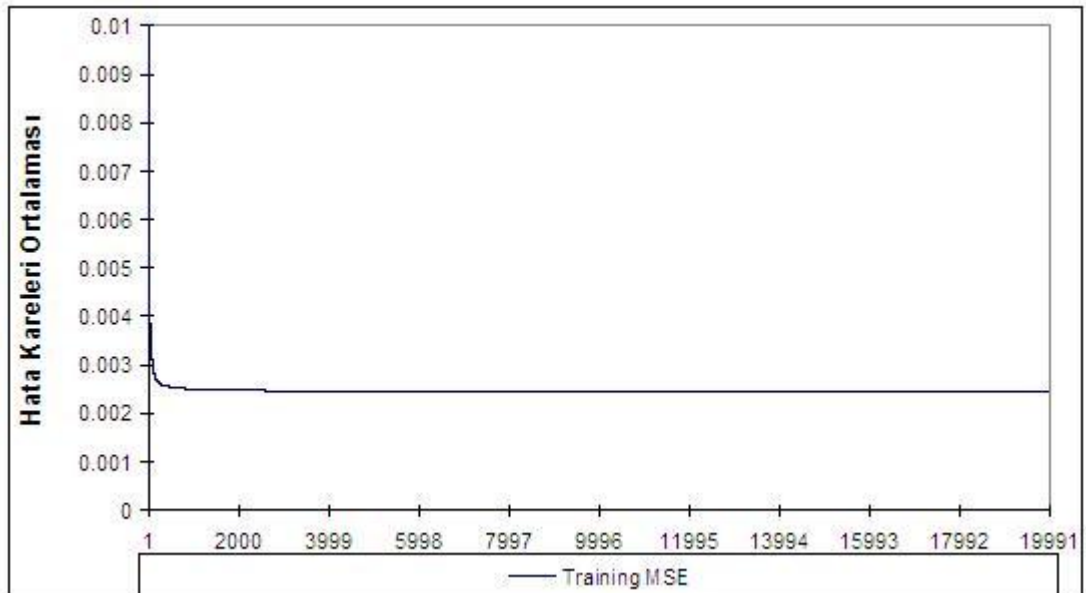
sonuç oluşturduğumuz ağın enerji talebini çok iyi şekilde tahmin edebildiği anlamına gelmektedir.



Şekil 4.10. 2006, 2007 ve 2008 Yılları Ağı Testi

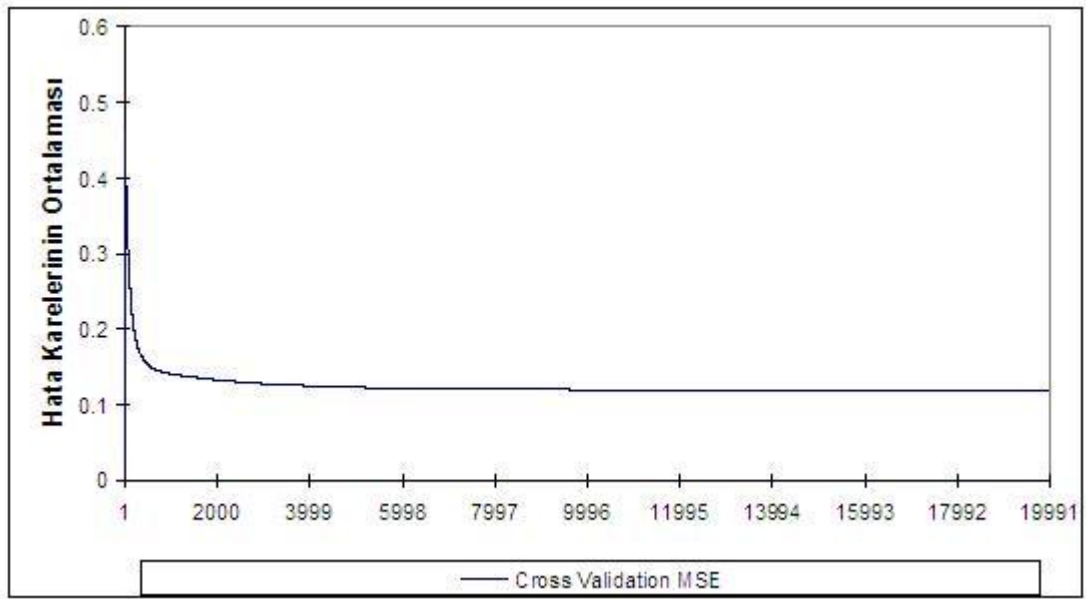
4.3.2 Kömür Talebi Ağı

Türkiye'nin gelecekteki kömür talebini tahmin etmek için oluşturulan ağın eğitim aşamasındaki hata kareleri ortalaması Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Buna göre eğitilen ağın hataları en düşük seviyededir.



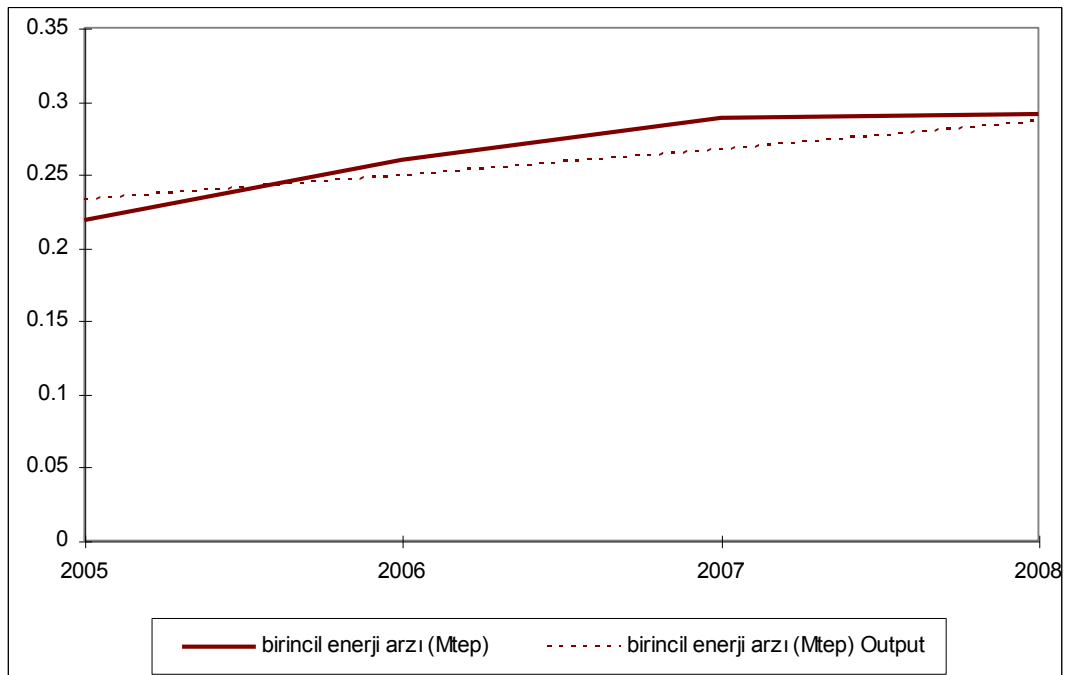
Şekil 4.11. Kömür Talebi Ağı Eğitimi

Oluşturulan Kömür talebi ağına doğrulama aşamasındaki hataları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkinin en iyi şekilde öğretildiğini göstermektedir.



Şekil 4.12. Kömür Talebi Ağı Doğrulaması

Oluşturulan ağın kömür talebini en iyi şekilde tahmin ettiği Şekil 4.13’de tahmin edilen kömür talebi ile gerçekleşen kömür talebi karşılaştırılmasından gözlemlenmektedir.

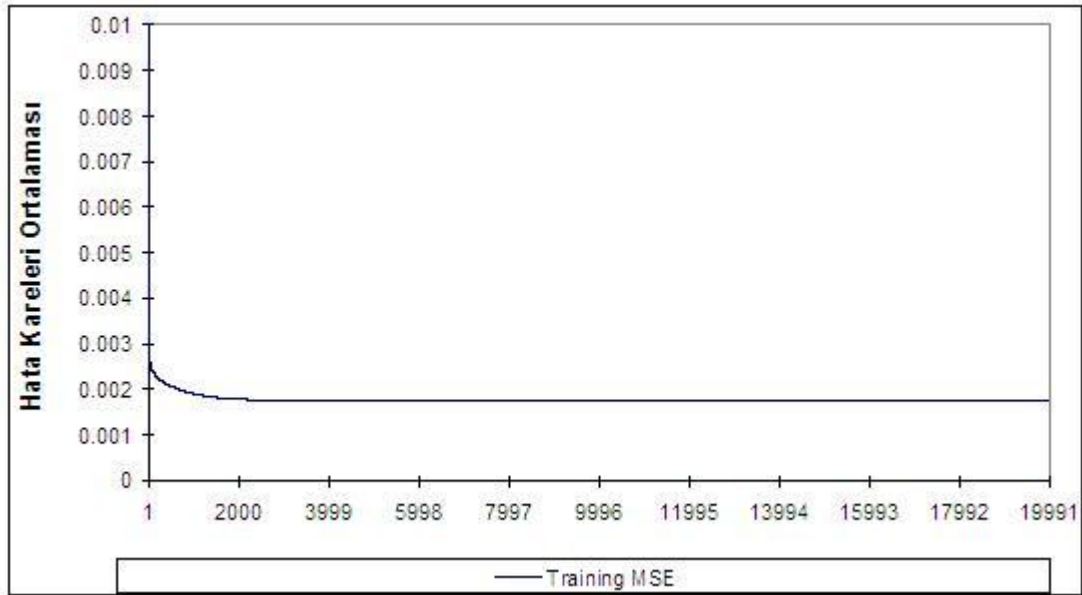


Şekil 4.13. Kömür Talebi Ağı Testi

4.3.3 Petrol Talebi Ağı

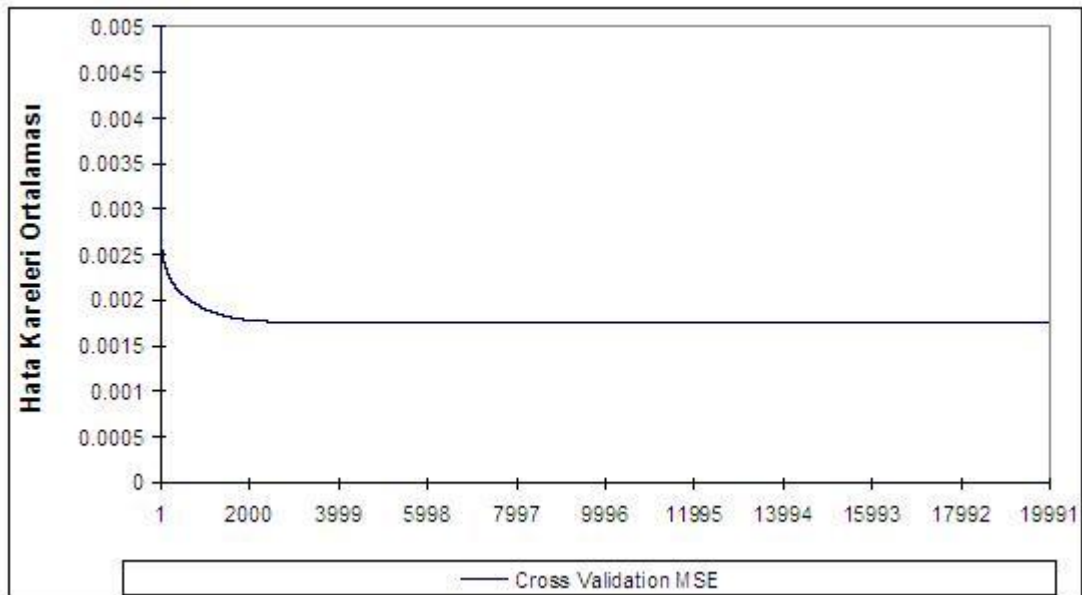
Türkiye’nin 2009-2030 yılları arasındaki petrol talebini tahmin edebilmek için oluşturulan yapay sinir ağının eğitim aşamasındaki hataları Şekil 4.14’de

gösterilmektedir. Eğitim aşamasındaki meydana gelen hatalar en düşük seviyeye kadar indirilmiştir.



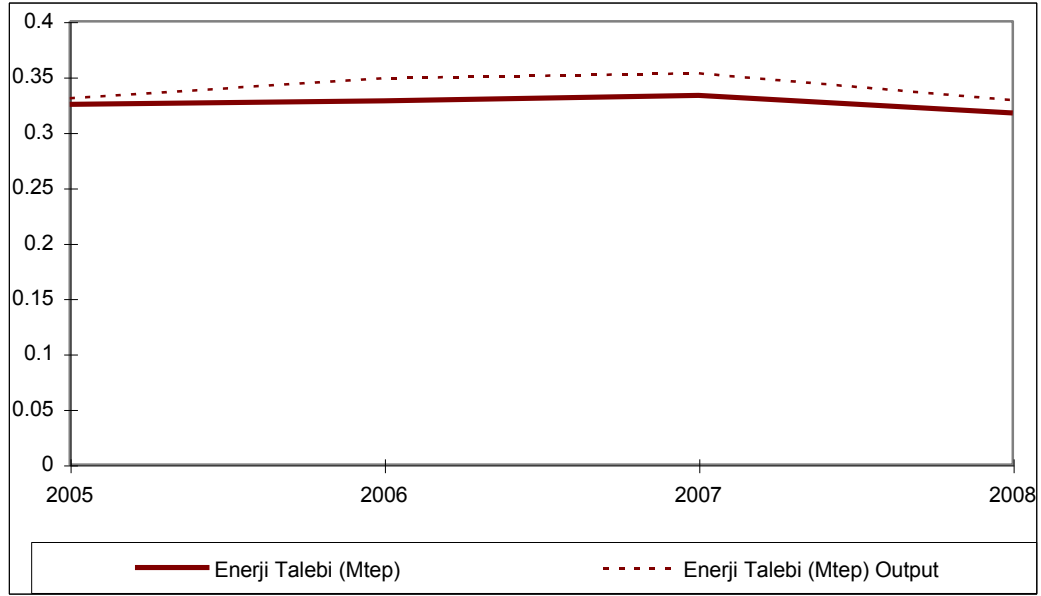
Şekil 4.14. Petrol Talebi Ağı Eğitimi

Petrol talebinin tahmini için oluşturulan ağın güvenilirliğini diğer bir ifadeyle girdi ve çıktı değişkenler arasındaki ilişkiyi hangi düzeyde öğrendiği değerlendirmek için gerçekleştirilen doğrulama aşamasındaki hatalar Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Petrol Talebi Ağı Doğrulaması

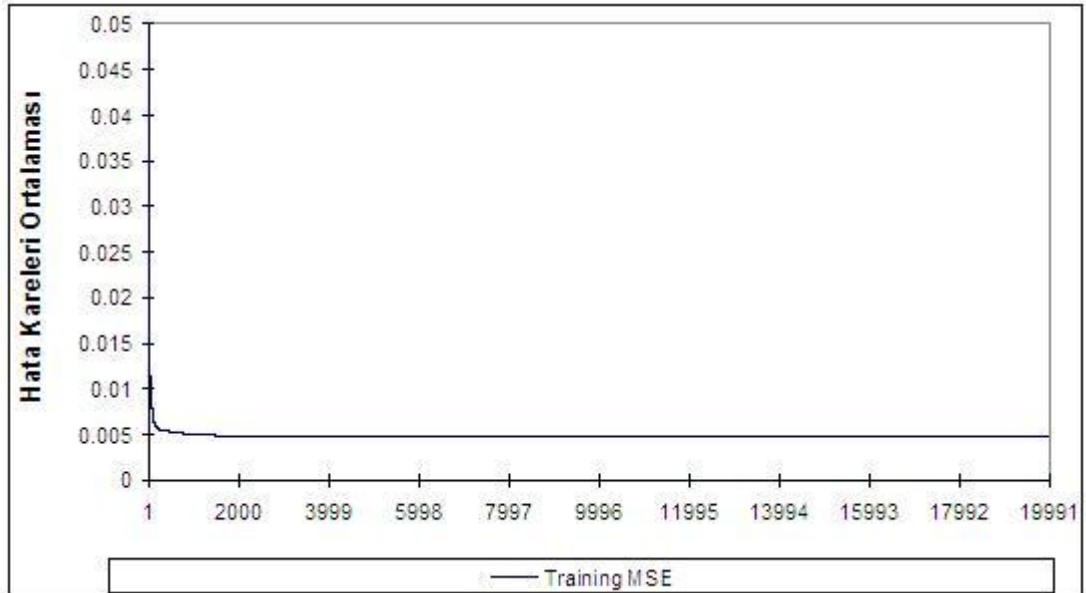
Eğitim ve doğrulamadan sonraki aşama olan test aşamasında gerçekleşen petrol talebi ile ağı tahmin ettiği petrol talebi karşılaştırması Şekil 4.16’de gösterilmektedir. Bu karşılaştırmaya göre yapay sinir ağı 2006-2008 dönemini gerçekleştirene çok yakın bir şekilde tahmin etmiştir.



Şekil 4.16. Petrol Talebi Ağı Testi

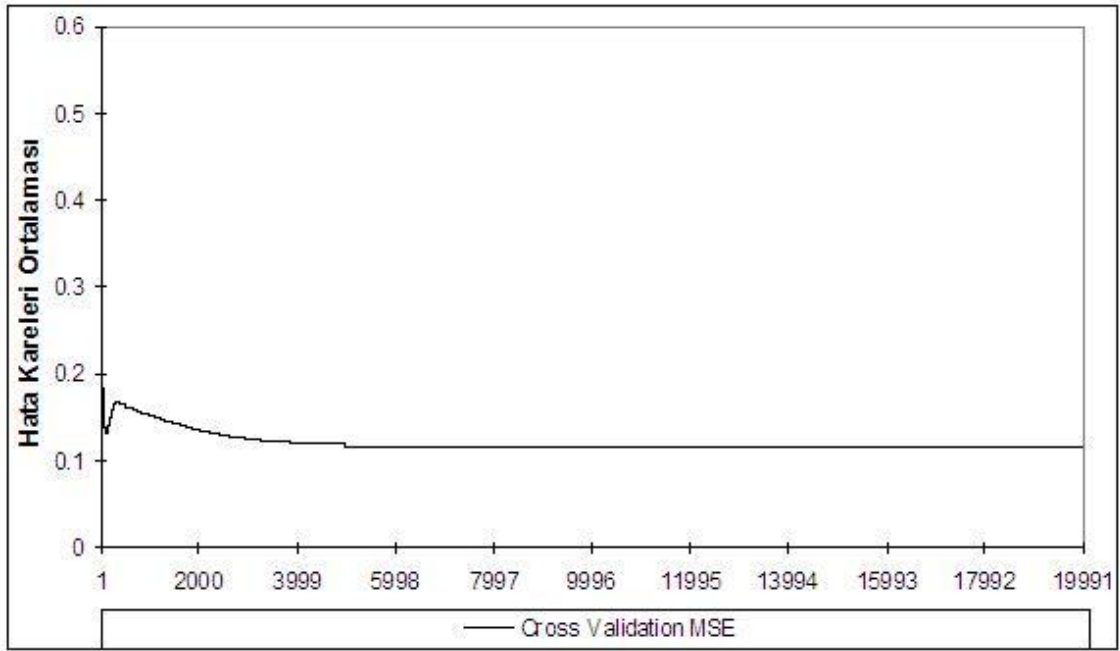
4.3.4 Doğal Gaz Talebi Ağı

Türkiye'nin doğal gaz talebi tahmini için oluşturulan yapay sinir ağının eğitim aşaması Şekil 4.17'te gösterilmiştir. Eğitim aşamasında gerçekleşen doğal gaz talebi ile tahmin edilen doğal gaz talebi arasındaki hatalar en küçük seviyeye inmiştir.



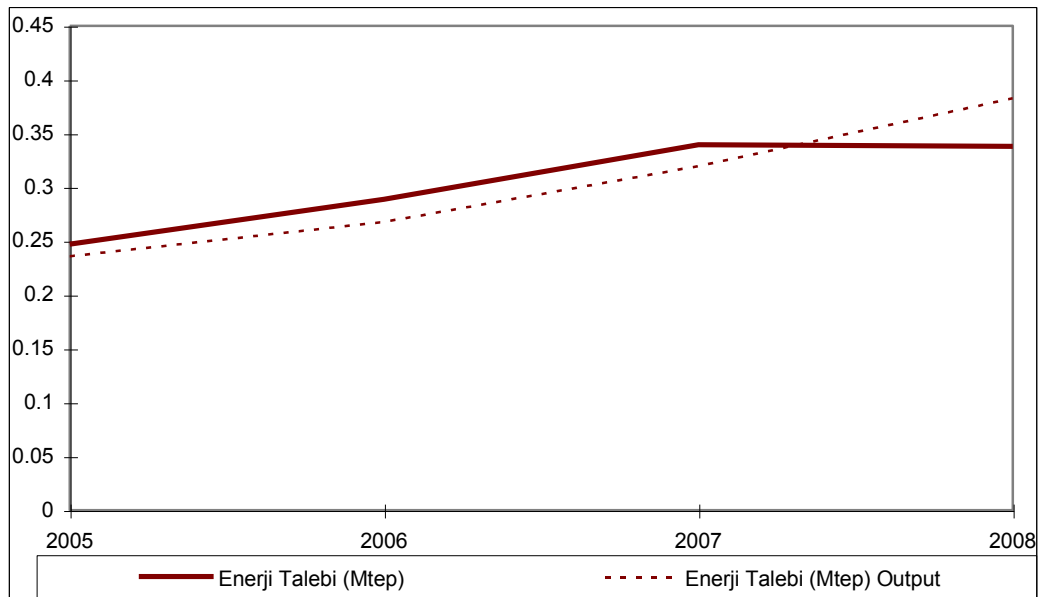
Şekil 4.17. Doğal Gaz Talebi Ağı Eğitim

Eğitim aşamasından sonra ağın güvenilirliğinin sınanması açısından gerçekleştirilen doğrulama aşamasının hataları Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Doğal Gaz Talebi Ağı Doğrulaması

Doğal gaz için oluşturulan yapay sinir ağı kullanılarak 2005-2008 dönemi talebi tahmin edilmiş ve gerçekleşen talep ile karşılaştırılarak gerçeğe yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu tahmin sonuçları Şekil 4.19’da gösterilmiştir.

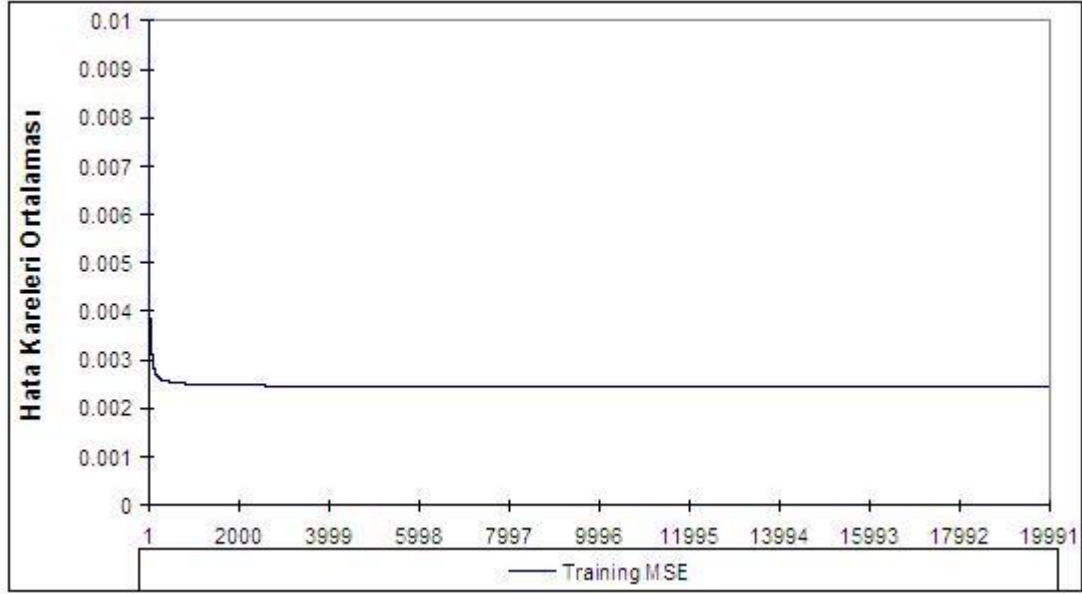


Şekil 4.19. Doğal Gaz Talebi Ağı Testi

4.3.5 Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı

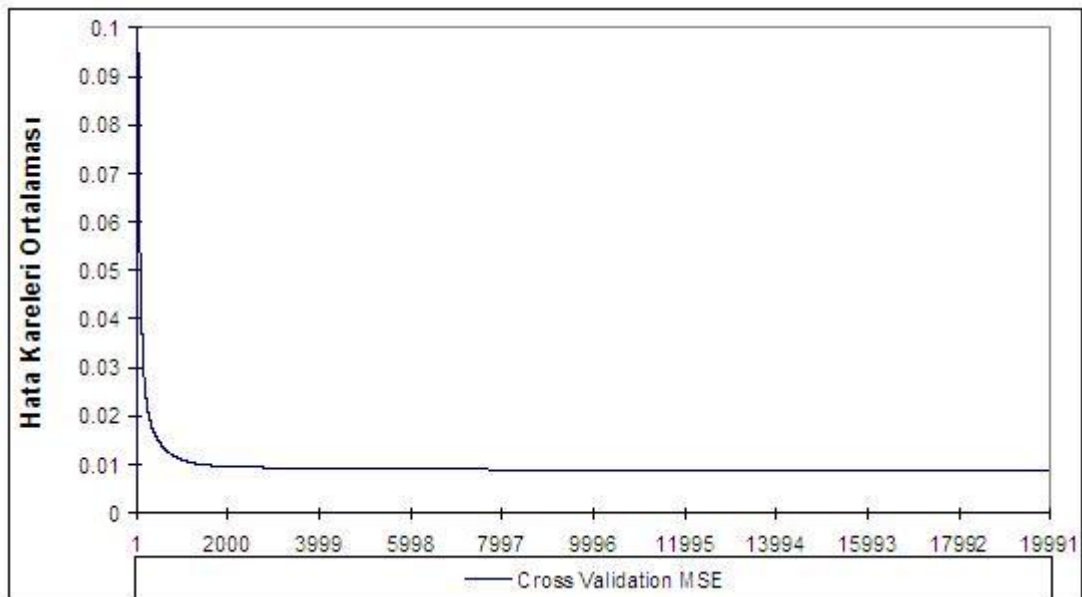
Türkiye’nin enerji kaynaklarına olan talebini tahmin etmek için üç ayrı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra sektörler itibariyle enerji talebi tahmini içinde dört farklı ağ oluşturulacaktır.

Konut sektörünün gelecekteki enerji talebinin tahmin edilebilmesi için oluşturulan ağı eğitme aşamasındaki hataları Şekil 4.20’de gösterilmektedir. Bu şekle göre eğitme aşamasında girdi değişkenleri yardımıyla hesaplanan çıktı değerleri ile gerçekleşen enerji talebi arasındaki farkların çok küçük olduğu anlaşılmaktadır.



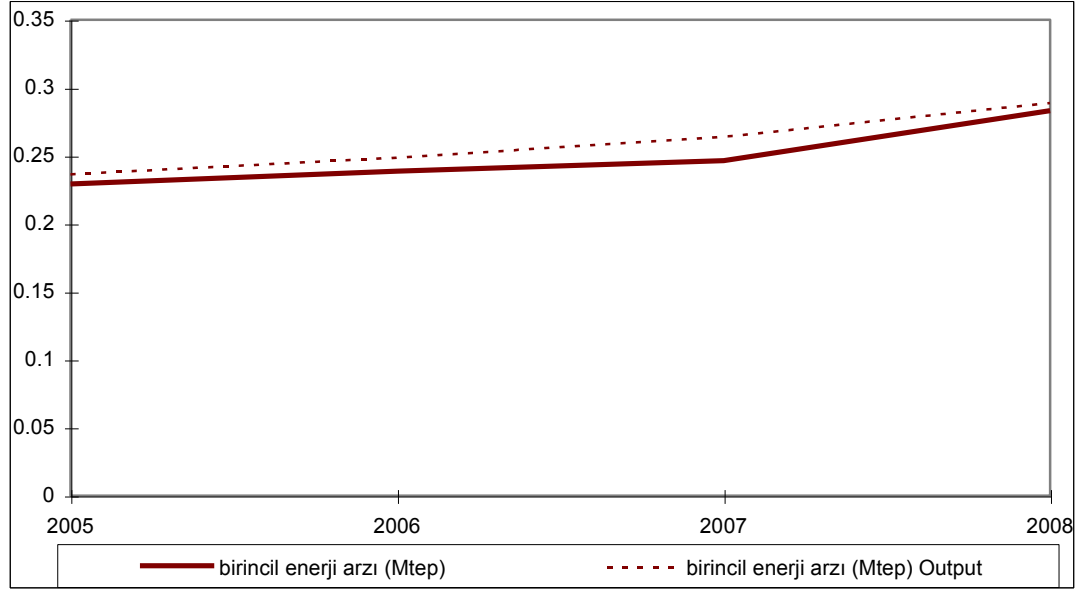
Şekil 4.20. Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi

Konut sektörünün enerji talebi için eğitilen yapay sinir ağı için doğrulama aşaması Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Doğrulama aşamasında elde edilen hataların en düşük seviyeye indirgenmiş olması tahmin edilen değerler ile gerçekleşen değerler arasındaki farkın çok küçük olduğunu böylece ağı konut sektöründeki enerji talebini çok az sapma ile tahmin edebildiğini ifade etmektedir.



Şekil 4.21. Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması

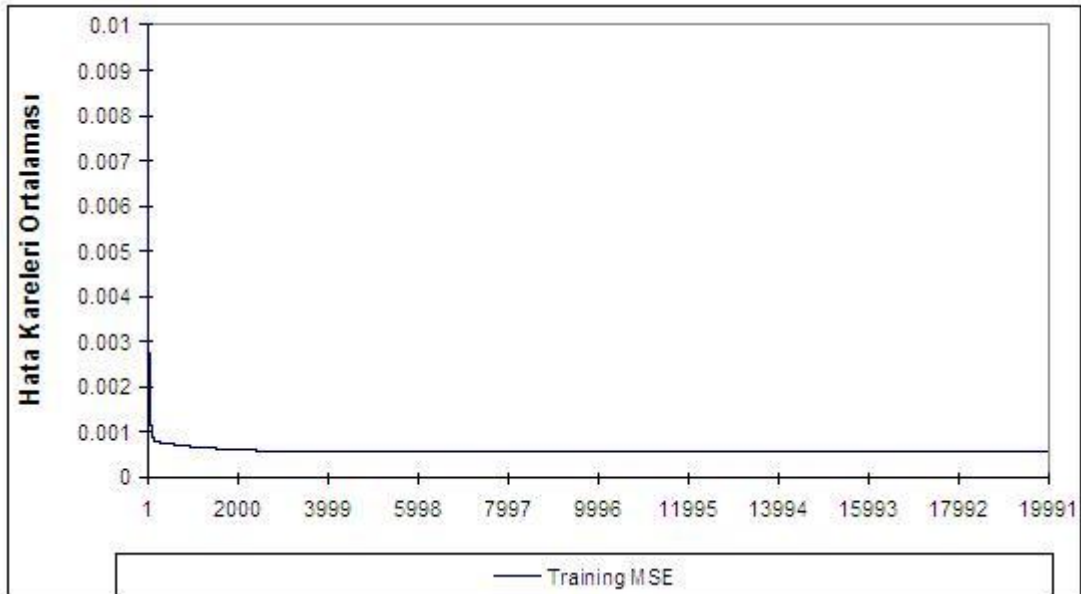
Konut sektörünün enerji talebini tahmin etmek için oluşturulan yapay sinir ağı ile 2005-2008 dönemi tahmin edilmiş ve gerçekleşen talep değerleriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 4.22’de gösterilen karşılaştırma sonuçlarına göre ağın konut sektöründeki enerji talebini çok az sapma ile tahmin edebildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.22. Konut Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi

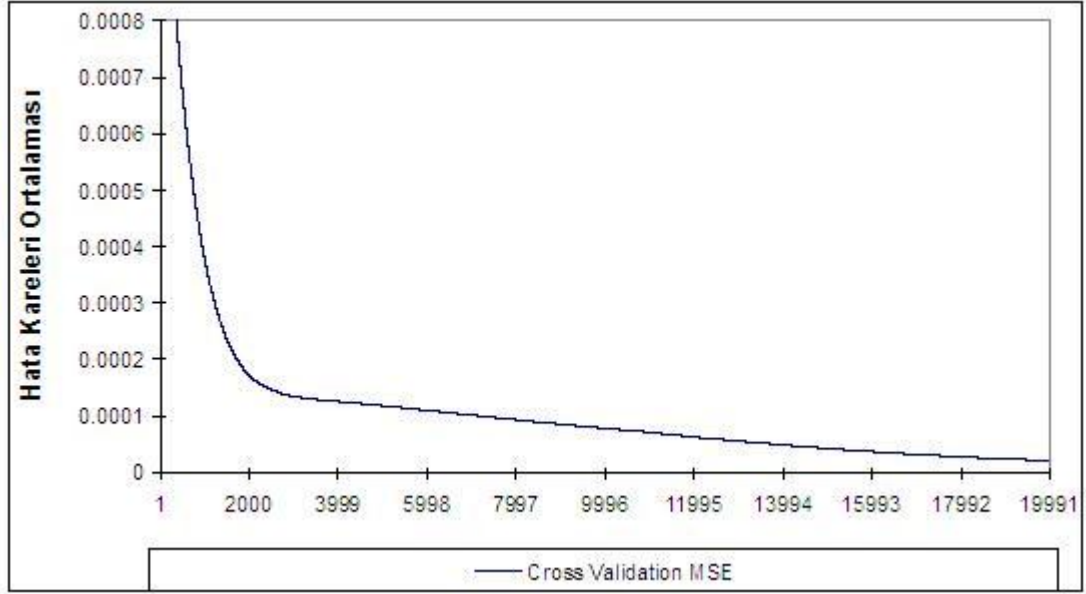
4.3.6 Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı

Sanayi sektörü enerji talebinin tahmin edilmesi için oluşturulan yapay sinir ağı eğitimi gerçekleştirilmiş ve hataları Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Eğitim aşamasında ortaya çıkan hatalar eğitim sürecinde azalarak devam etmiş ve en düşük seviyeye inmiştir.



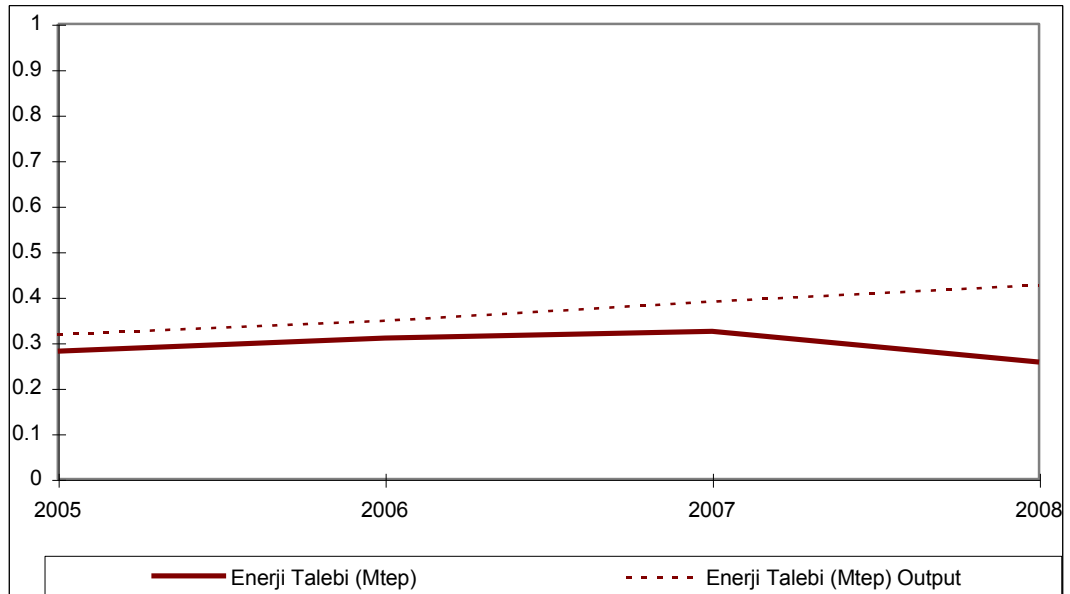
Şekil 4.23. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi

Girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni arasındaki ilişkiyi öğrenme aşamasından sonra bu ilişkinin güvenilirliğinin sınanması için Şekil 4.24’de gösterilen doğrulama aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu süreç içerisinde meydana gelen hatalar azalarak en düşük seviyede seyretmektedir.



Şekil 4.24. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması

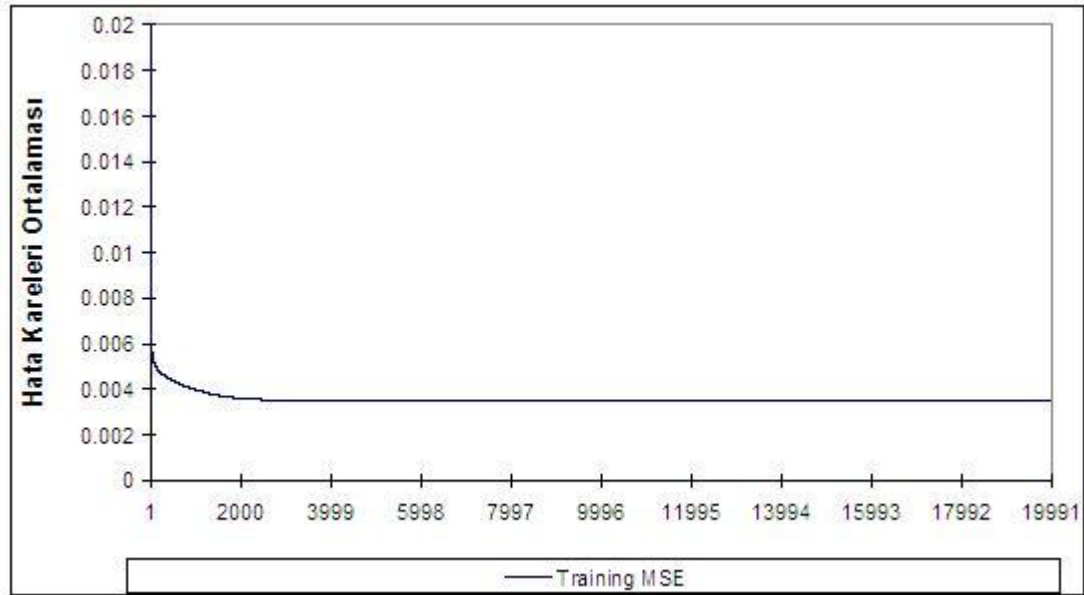
Sanayi sektörü enerji talebi için oluşturulan yapay sinir ağı ile 2005-2008 dönemi enerji talebi tahmin edilmiş ve gerçekleşen talep değerleri ile Şekil 4.25’te gösterilmiştir. 2008 yılı için düşük seviyede sapma göstermiş olmasına rağmen İlk üç yıllık dönemde yapay sinir ağı sanayi sektöründeki talebi iyi bir şekilde tahmin etmiştir.



Şekil 4.25. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi

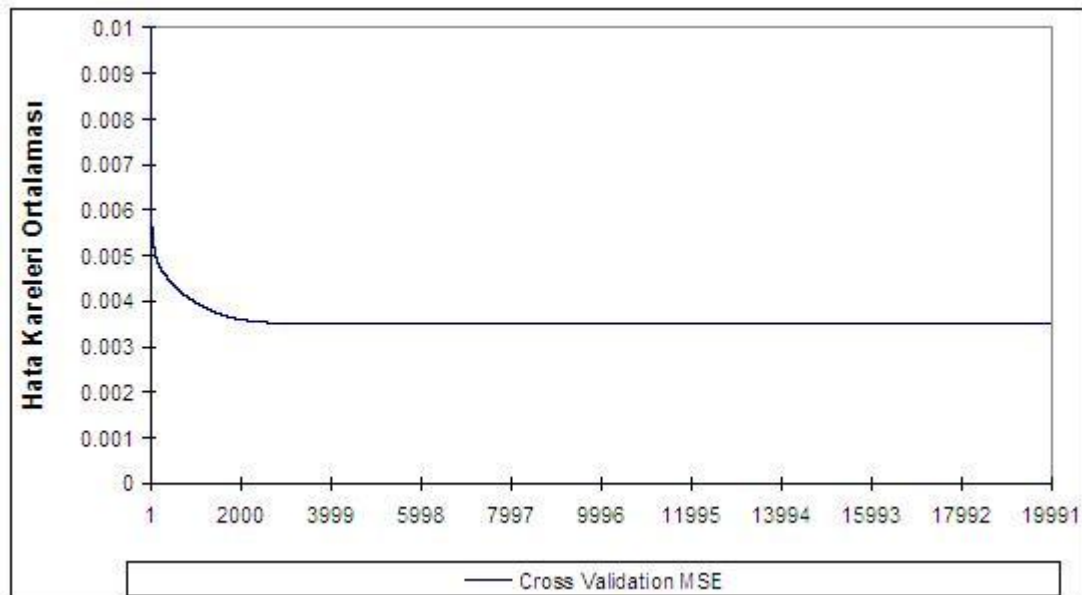
4.3.7 Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı

Ulaştırma sektörünün gelecekteki enerji talebinin tespit edilebilmesi için oluşturulan yapay sinir ağının eğitimi Şekil 4.26’te gösterilmiştir. Buna göre eğitilen yapay sinir ağı girdiler ve çıktı arasındaki ilişkiyi hataları minimize ederek en iyi şekilde öğrenmiştir.



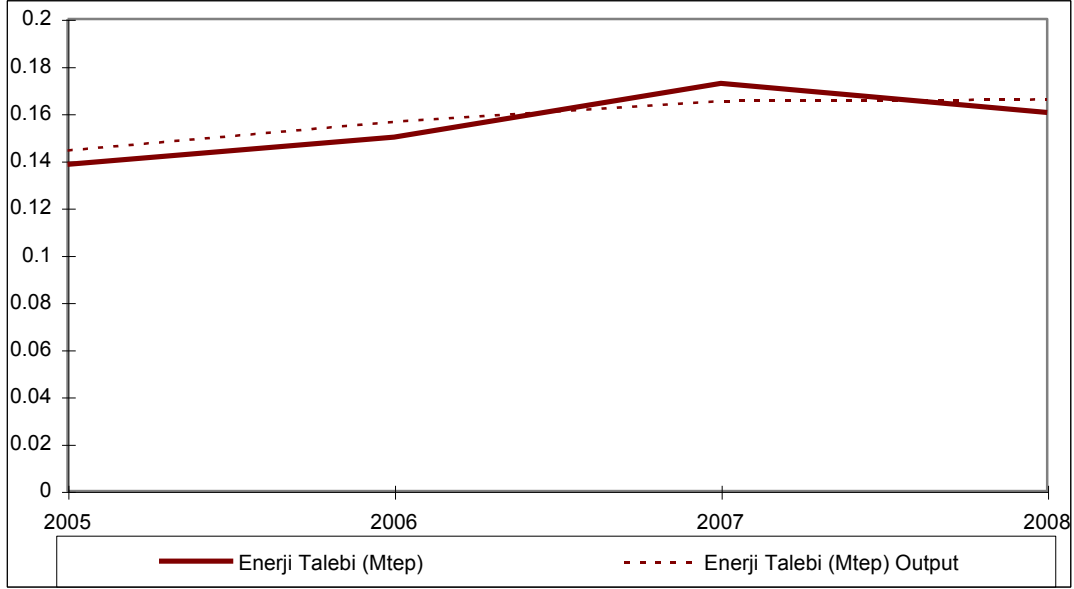
Şekil 4.26. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi

Eğitilen yapay sinir ağının girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenirken, bu ilişkinin doğru olduğu Şekil 4.27’deki doğrulama aşamasındaki hataların karelerinin ortalamasının minimum seviyeye ulaşmasından anlaşılmaktadır.



Şekil 4.27. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması

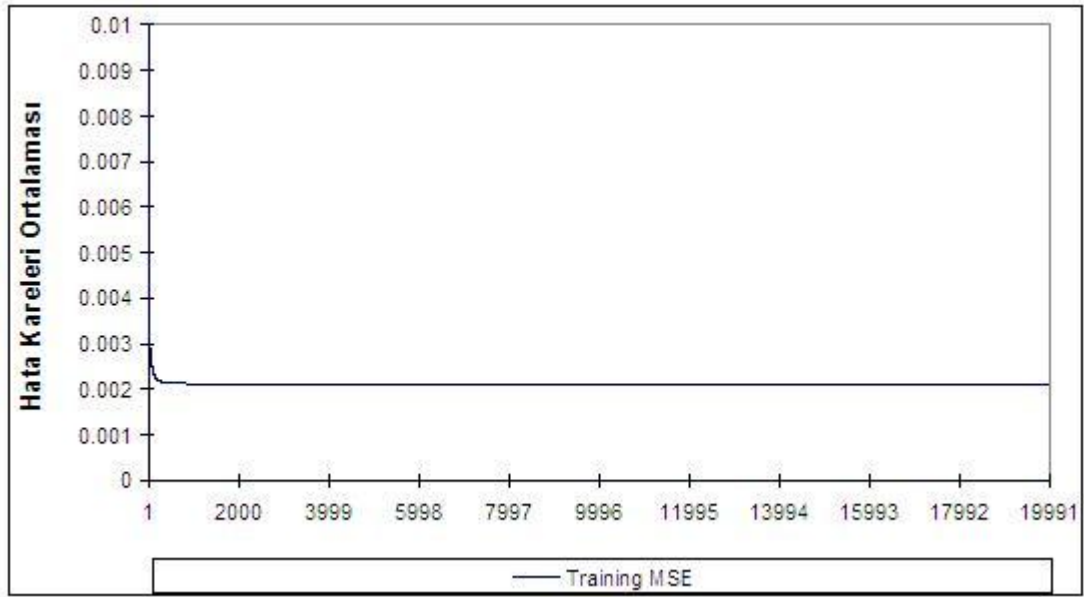
Ulaştırma sektörünün enerji talebinin için oluşturulan yapay sinir ağının test aşaması Şekil 4.28’de gösterilmiştir. Buna göre 2006-2008 yılları arasındaki gerçekleşen enerji talebi ve tahmin edilen enerji talebi karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaya göre yapay sinir ağının ulaştırma sektörünün enerji talebini çok iyi şekilde tahmin ettiği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.28. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi

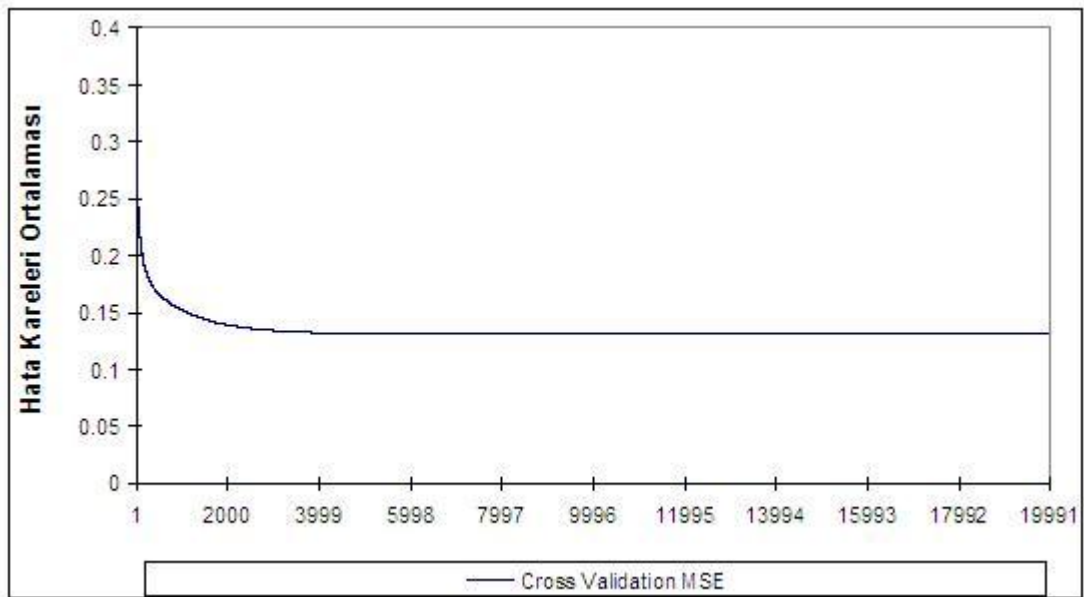
4.3.8 Tarım Sektörü Enerji Talebi Ağı

Tarım sektörü enerji talebinin tespiti açısından oluşturulan yapay sinir ağının eğitim aşaması Şekil 4.29’da gösterilmektedir. Bu eğitim aşamasında da diğer tüm ağlara benzer olarak girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenerek hataların asgari seviyeye indirildiği anlaşılmaktadır.



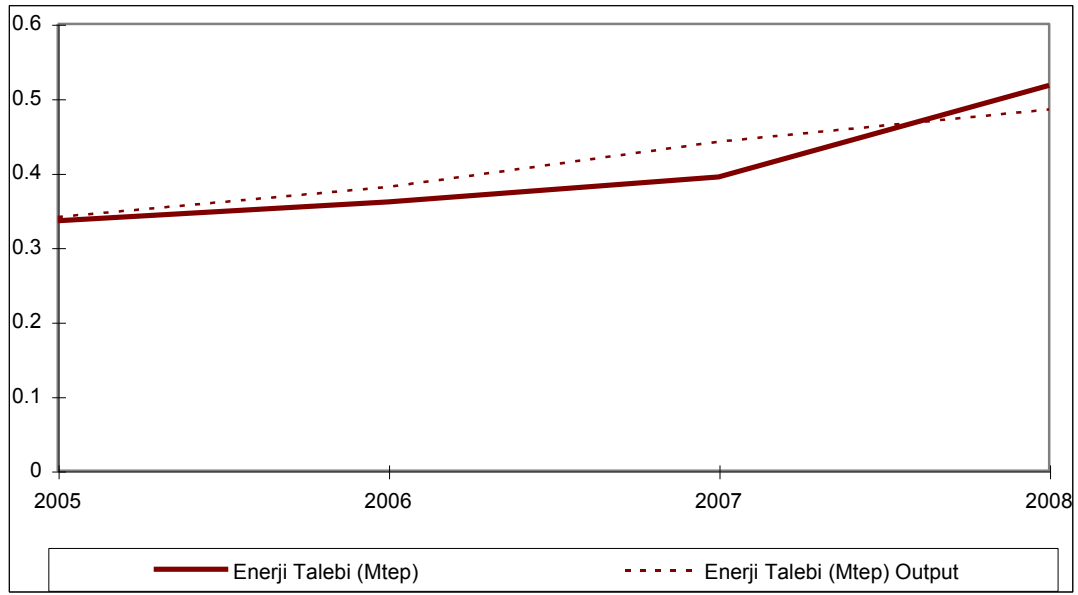
Şekil 4.29. Tarım Sektörü Enerji Talebi Ağı Eğitimi

Hataların asgari seviyeye indirildiği öğrenme aşamasının kontrolü için gerçekleştirilen doğrulama Şekil 4.30'da yer almaktadır.



Şekil 4.30. Tarım Sektörü Enerji Talebi Ağı Doğrulaması

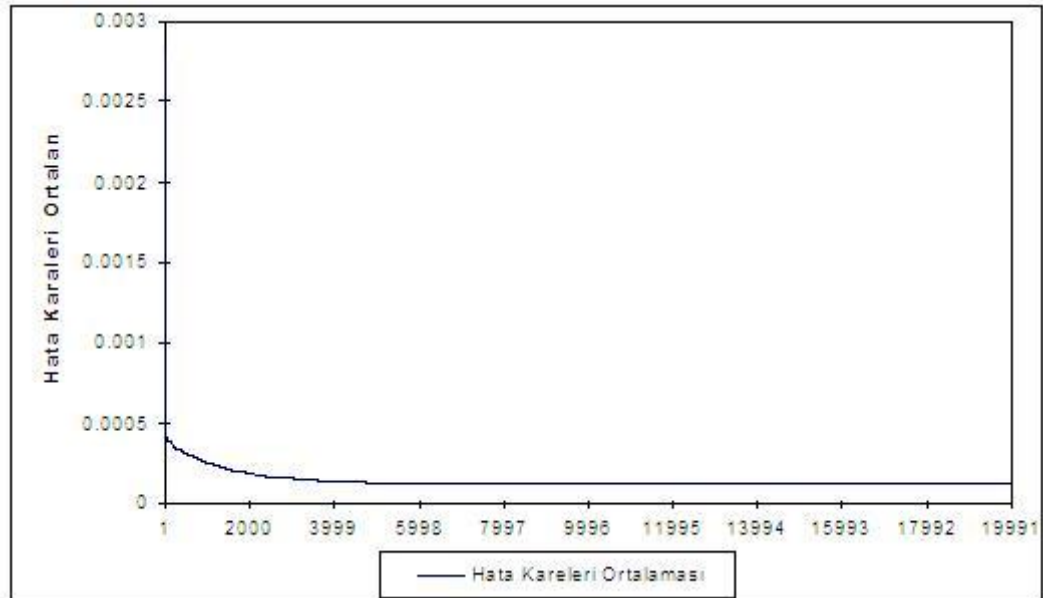
Tarım sektörünün enerji talebi için eğitilen ve doğrulanan yapay sinir ağı kullanılarak gerçekleştirilen tahmin Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Buna göre yapay sinir ağının tahmin ettiği enerji talebi gerçekleşen enerji talebine çok yakın sonuçlar vermektedir.



Şekil 4.31. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Ağı Testi

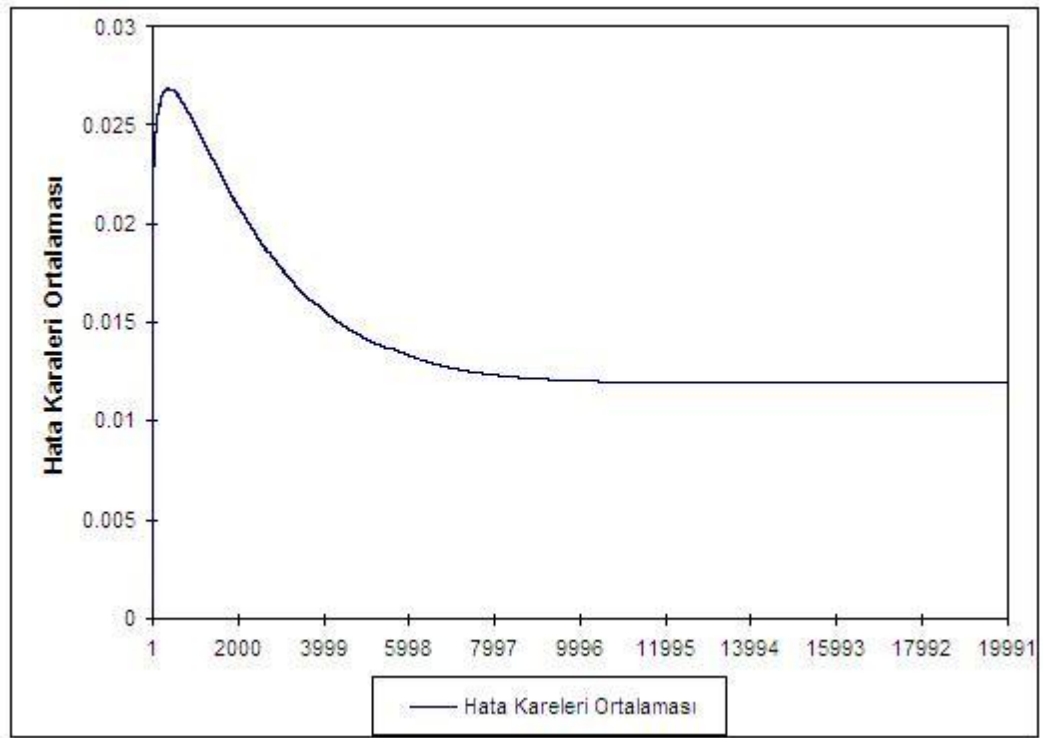
4.3.9 Toplam Enerji Talebi Ağı

Eğitim için ayrılan veriler kullanılarak oluşturulan tüm ağlar gibi toplam enerji talebi ağı da 20000 kere eğitilmiştir. Eğitim esnasında ortaya çıkan hataların karelerinin ortalamaları Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



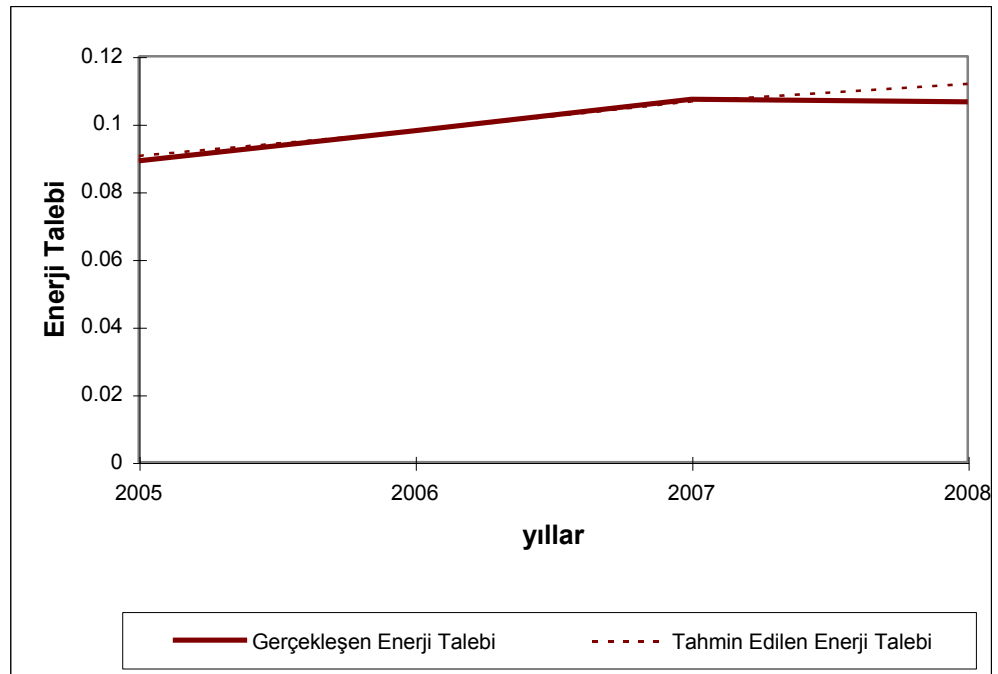
Şekil 4.32. Toplam Enerji Talebi Ağı Eğitimi

2001-2004 yılları arasındaki veriler ayrılarak gerçekleştirilen doğrulama esnasında gerçekleşen hata karelerinin ortalaması da Şekil 4.33’de gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Toplam Enerji Talebi Ağı Doğrulaması

Eğitim ve doğrulama aşamasından sonra eğitilen ağ yardımıyla 2005-2008 yılları arasındaki gerçekleşen enerji talebiyle tahmin edilen enerji talebi Şekil 4.34’de gösterilmiştir.



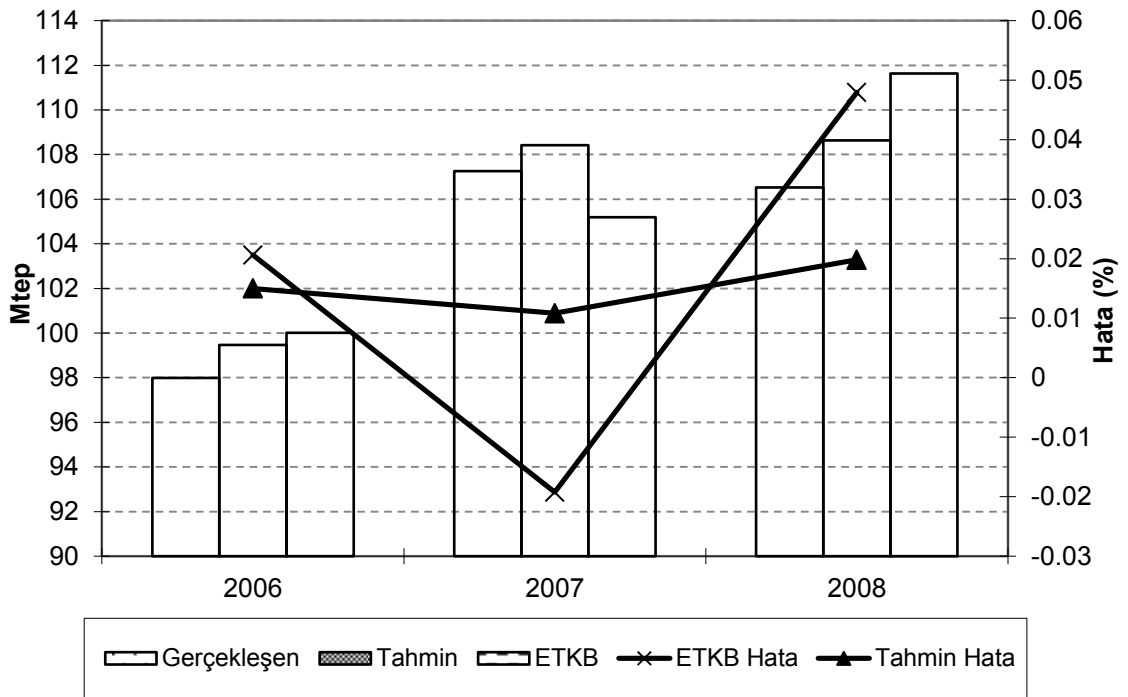
Şekil 4.34. Toplam Enerji Talebi Ağı Testi

Bu şekilde oluşturulan ve eğitilen ağ ile tahmin edilen enerji talebinin gerçekleşen enerji talebine çok yakın sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

Çalışmanın devam eden kısmında ilk olarak oluşturulan yapay sinir ağları ile 2006-2008 dönemindeki enerji talebi tahmin edilerek gerçekleşen toplam enerji talebi ve ETKB tahminleri ile karşılaştırılacaktır. Daha sonra sektörlere ve kaynaklara göre enerji tahminleri gerçekleştirilecektir.

4.4. 2006, 2007 ve 2008 YILLARI TEST TAHMİNİ

2006, 2007 ve 2008 yılları için oluşturulan yapay sinir ağı ile toplam enerji talebi tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu tahmin sonuçları Şekil 4.35’de gerçekleşen enerji talep miktarı ve ETKB’nın tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Bu tahminin yapılmasının temel sebebi tahminde kullanılan yöntemin güvenilirliğini test etmektir.



Şekil 4.35. 2006-2008 Dönemi Tahmini

Şekil 4.35’de her bir yıl için yapay sinir ağı tahmini, gerçekleşen enerji talebi ve ETKB’nın tahmini yer almaktadır. Bunun yanı sıra sağ dikey ekseninde ETKB’nın tahmini ile gerçekleşen enerji talebi miktarı arasındaki farkların gerçekleşen enerji talebi miktarına oranı (hatalar) ve yapay sinir ağları tahmini ile gerçekleşen enerji talebi arasındaki farkların gerçekleşen enerji talebi miktarına oranı gösterilmiştir. Buna göre ETKB’nın tahmin sonuçları ile gerçekleşen enerji talebi arasında büyük farklar gözlenmektedir. ETKB’nın tahminleri 2006 yılı enerji talebini 2 Mtep fazla, 2007 yılını 2 Mtep eksik ve 2008 yılını 5 Mtep fazla tahmin etmiştir. Tahminlerdeki sapmanın yanı sıra tahmin hataları aşırı değişkenlik göstermektedir. Yapay sinir ağı tahminleri ise 2006 ve 2007 yılını 1 Mtep ve 2008 yılını 2 Mtep fazla tahmin etmiştir. Bu karşılaştırma

sonucuna göre yapay sinir ağı tahmini ETKB'nın tahmininden daha iyi (az hatalı) sonuçlar vermektedir.

Tahmin edilen talep miktarlarındaki hataların iki tür sonucu olmaktadır. Bu hataların pozitif veya negatif olmasıyla ilgilidir. Eğer tahminler gerçekleşen değerlerden fazla tahmin edilir ise enerjiye gereğinden fazla pay ayrılmış olacaktır. 1 Mtep enerjinin ham petrol fiyatına göre hesaplandığında 550 milyon dolar maliyetinin olduğunu olması tahmin hatalarının çok önemli olduğunu göstermektedir. Tahmin sonuçlarının bir diğer boyutu, Türkiye'nin enerji kaynaklarının yetersiz olmasından kaynaklanan enerji ithalatıdır. Genellikle Enerji talebinin abartılı olması Türkiye'nin kullandığı gazın ve elektriğin pahalı olmasına neden olmaktadır. Yüksek hacimli ve abartılmış talep tahminlerinin kaçınılmaz sonucu olarak, kullanabileceğimizden çok fazla doğal gaz alım anlaşmasının altına imza atılmıştır. İmzalanan bu tür anlaşmaların kapsadığı yıllık gaz miktarı yaklaşık 70 milyar metre küptür. Üstelik bu anlaşmalar, “al ya da öde” koşullu ve 25-30 yıllık anlaşmalar olduğundan, alınmaması halinde Türkiye, gazı kullanmış gibi, parasını ödemekle yükümlü hale getirilmiştir. Ülkemizde, doğal gazın depolanabileceği yeraltı depoları da olmadığından (şimdi, üretilerek boşalan Kuzey Marmara sahasının rezervuarı, bu amaçla kullanılacaktır. Ancak, onun da kapasitesi yaklaşık 3 milyar metreküp ile sınırlıdır. Türkiye, ithal gaza dayalı enerji politikası ile, büyük mali yük altına sokulmuştur (Pamir, 2003). Bu yanlış politika, abartılı gaz talep tahminleriyle, iyice içinden çıkılmaz hale gelmiştir. Aynı zamanda enerji dünya üzerinde sınırlı miktarda bulunduğu için talep ettiğiniz miktar arttıkça fiyatıda artmaktadır.

Diğer yandan tahmin edilen enerji talebinin yüksek çıkması, iklim değişikliğine neden olan sera gazı tahminlerindeki yüksek çıkmasına neden olacaktır. Dolayısıyla Kyoto protokolüne dahil olduğumuz için, yüksek seragazı salımı nedeniyle yüksek miktarda kaynak ayırmamız gerekecektir. İklim Değişikliği Meclis Araştırma Komisyonu'na DPT uzmanları tarafından sunulan rapora göre 2020 yılındaki karbondioksit emisyonun 615 milyon ton olacağının ve bu miktarın % 10 azaltılması için 40 milyar dolar kaynak ihtiyacı olacağını belirtmişlerdir (Karakaya, 2008). Dolayısıyla yüksek enerji talebi tahminleri göz önüne alınarak yapılan enerji alımı anlaşmaları hem gereğinden fazla hemde daha yüksek maliyetli enerji kullanılmasına neden olmaktadır.

Diğer sonuç olan enerji talebinin düşük tahmin edilmesi de enerji açığına neden olmaktadır. Dolayısıyla enerji açığı meydana geldiğinde ülkede ciddi ekonomik ve

toplumsal sorunlar ortaya çıkabilecektir. Bu durumda hem enerjinin maliyeti aşırı artacak hemde enerji kıtlığı nedeniyle üretim gerçekleştirilemeyecektir. Böyle bir durumun maliyetinin çok daha fazla olduğu açıktır.

Sonuç olarak gerçekleşecek enerji miktarı tam olarak tahmin edilemeyeceğine göre en iyi ikinci seçenek olan iki durum arasından en iyi olan tercih edilecektir. Bu iki sonuçtan en iyi olanı enerji talebinin fazla tahmin edilmesidir. Ancak bu tahmindeki fazlalık minimuma indirilmelidir. Dolayısıyla tahminler arasındaki en olanın gerçekleşenden fazla ve bu fazlalığın en az olduğu seçilmelidir. Dolayısıyla tahminlerin sonuçları bu durumlar göz önüne alındığında yapay sinir ağı tahminlerinin ETKB tahminlerinden daha iyi olduğu söylenebilir.

4.5. SENARYO UYGULAMALARI

Oluşturulan üç farklı senaryo yapısı kullanılarak hazırlanan yapay sinir ağları ile enerji talebi tahminleri gerçekleştirilecektir

4.5.1. Durağan Senaryo Projeksiyonları

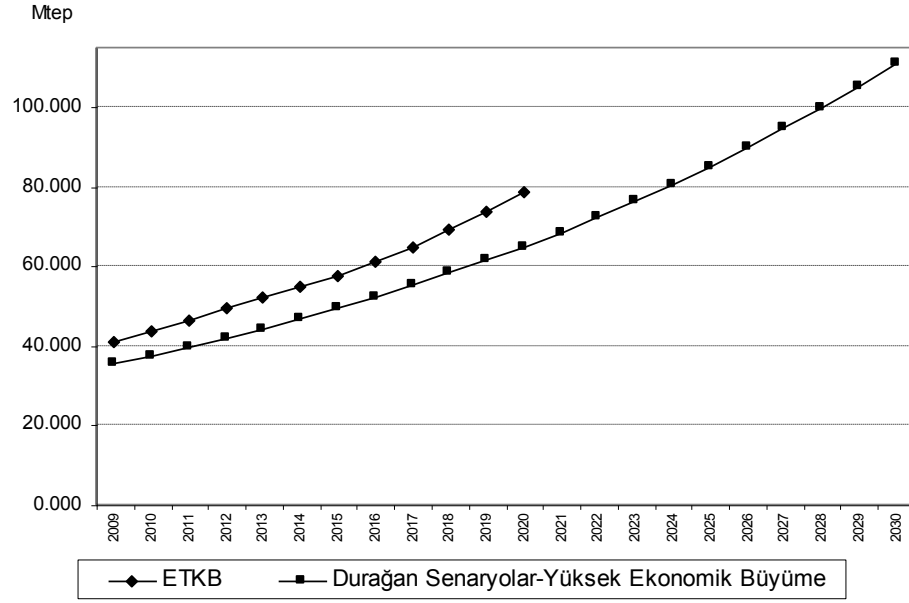
Durağan senaryo projeksiyonları yüksek, orta ve düşük büyüme senaryoları olarak üç farklı tahminden oluşmaktadır. Her bir senaryo sektörler ve enerji kaynaklarına göre ayrı ayrı tahmin edilecektir.

4.5.1.1. Yüksek Ekonomik Büyüme

2009-2030 dönemini kapsayan durağan yüksek ekonomik büyüme senaryosunda ekonominin yıllık % 6 büyüdüğü varsayılmaktadır. Bu varsayım altında sanayi, konut, ulaştırma, tarım sektörleri enerji talepleri ve kömür, petrol ve doğalgaz talepleri tahmin edilecektir.

4.5.1.1.1. Sanayi Sektörü

Durağan yüksek ekonomik büyüme senaryosu varsayımı altında 2009-2030 yılları arasındaki sanayi sektörü enerji talebi yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu tahmin sonuçları Şekil 4.36'da gösterilmiştir.

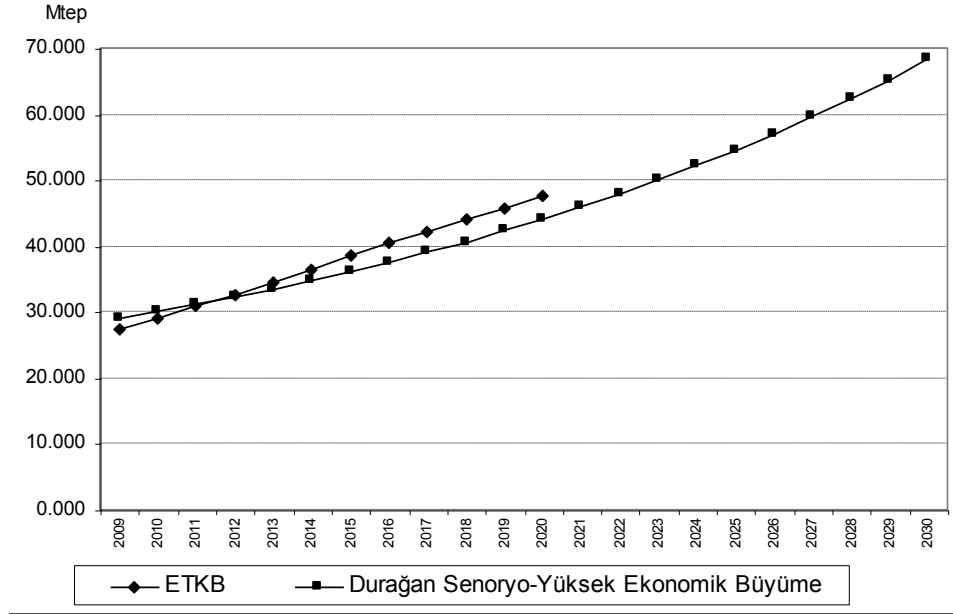


Şekil 4.36. Sanayi Sektörü Enerji Talep Tahmini

Gelecekte ekonomik yüksek büyüme gösterir sanayi sektörünün talep edeceği enerji miktarı 2009 yılında yaklaşık 35 Mtep olarak gerçekleşirken 2030 yılında yaklaşık 120 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bu tahmin sonuçları ETKB'nin tahminleriyle karşılaştırılmıştır. ETKB'nin tahminine göre 2020 yılında sanayi sektörünün enerji talebi 80 Mtep'e ulaşırken yapay sinir ağı tahminine göre aynı seviyeye 2025 yılında ulaşılacaktır. Dolayısıyla yüksek ekonomik büyümenin olduğu durumda bile ETKB'nin sanayi sektörü enerji talep tahmini yapay sinir ağı tahminlerinde yüksek çıkmaktadır.

4.5.1.1.2. Konut Sektörü

Yüksek ekonomik büyüme varsayımı altında konut sektörünün 2009-2030 yılları arasındaki enerji talebi tahmini Şekil 4.37'te gösterilmektedir.



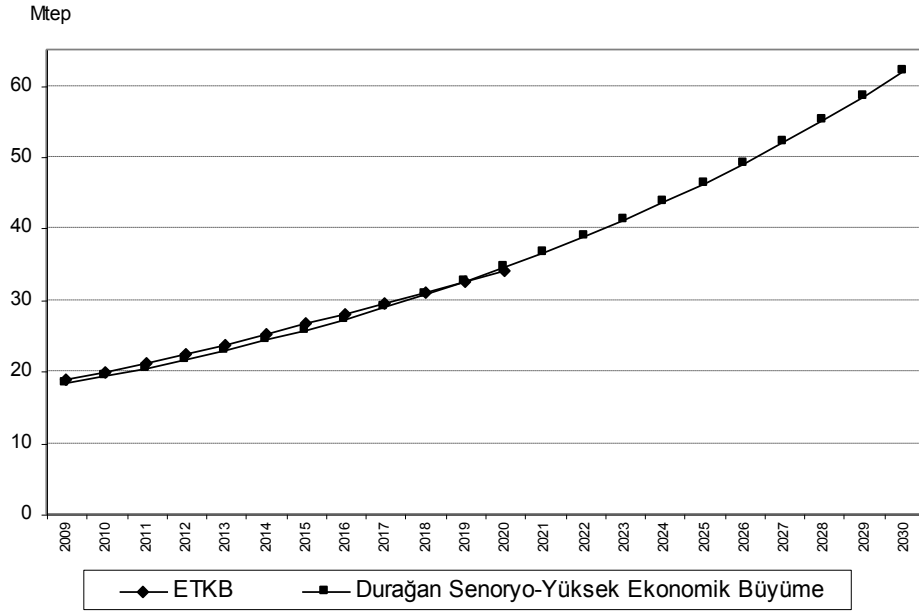
Şekil 4.37. Konut Sektörü Enerji Talep Tahmini

Yapay sinir ağları yöntemiyle elde edilen konut sektörü enerji talebi ETKB tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağları tahmin sonucuna göre 2009 yılındaki konut sektörünün enerji talebi 28 Mtep olarak gerçekleşecekken ETKB'nin tahminlerine göre 29 Mtep olarak gerçekleşecektir. Dolayısıyla yapay sinir ağları 1 Mtep fazla enerji talebi olacağını öngörmüştür. 2020 yılında ise ETKB'ya göre talep 47 Mtep ulaşırken yapay sinir ağına göre 45 Mtep olacaktır. Bunun yanı sıra yapay sinir ağı yöntemine göre 2025 yılında 55 Mtep ve 2030 yılında yaklaşık 70 Mtep enerji talebi olacağı tahmin edilmektedir.

Yüksek ekonomik büyüme senaryosuna göre ETKB'nin tahminleri ile yapay sinir ağı tahminleri benzerlik göstermektedir. İki tahmin arasındaki fark ETKB'nin tahmininin artış trendinin daha fazla olmasıdır.

4.5.1.1.3. Ulaştırma Sektörü

Yapay sinir ağları yöntemi ile yüksek ekonomik büyümenin olduğu durumda gerçekleşecek olan ulaştırma sektörü enerji talebi tahmini Şekil 4.38'de gösterilmiştir.

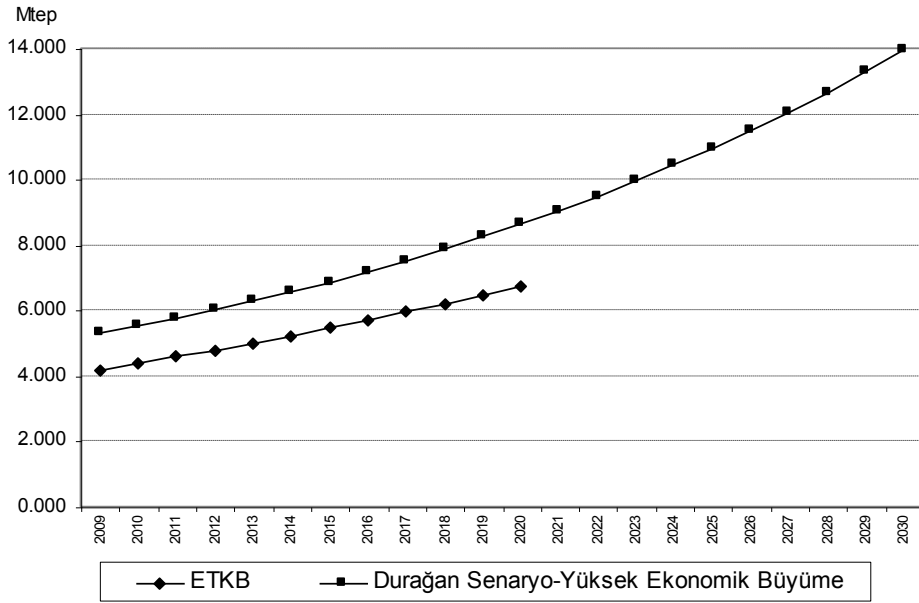


Şekil 4.38. Ulaştırma Sektörü Enerji Talep Tahmini

Ekonomi 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama % 6 büyüme gösterir ise yapay sinir ağı yöntemi, ulaştırma sektörü enerji talebini ETKB'nin tahmin ettiği talep miktarı ile aynı olduğunu göstermektedir.

4.5.1.1.4. Tarım Sektörü

Tarım sektörünün yapay sinir ağı ile tahmin edilen enerji talebi miktarı ile ETKB'nin enerji talebi tahmini Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Tarım Sektörü Enerji Talep Tahmini

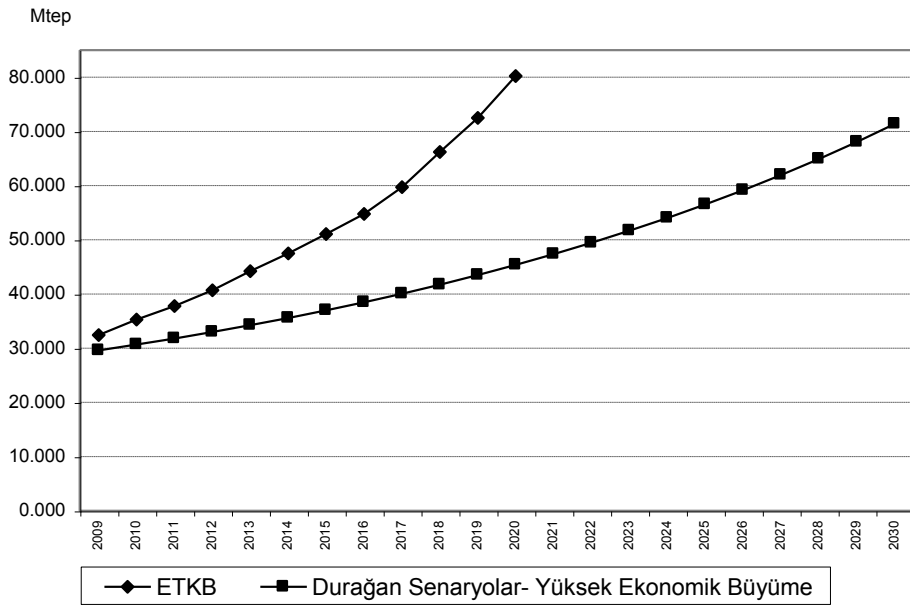
Bu tahmin sonucuna göre ETKB'nin tarım sektörü enerji talep miktarı yapay sinir ağı tahmininde düşük seyretmektedir. Dolayısıyla yapay sinir ağı yöntemine göre gelecekte tarım sektörünün enerji talebinin daha yüksek olacağı gözlemlenmektedir.

ETKB'nın tahminin sonuçlarının gerçekçiliğın kontrolü açısından 2008 yılındaki gerçekleşen tarım sektörü enerji talep miktarı ile ETKB'nın tahminin karşılaştırılması gerekmektedir. 2008 yılında gerçekleşen enerji talebi 5.1 Mtep iken ETKB'nın tahmin ettiği enerji talebi 4.1 Mtep'dir. Bu da gösteriyor ki ETKB tarım sektörü enerji talebini düşük tahmin etmiştir.

Yapay sinir ağıları yöntemi tarım sektörünün 2012 yılında talep edeceği enerji miktarının 6 Mtep olacağını gösterirken ETKB aynı seviyedeki enerji talebine 2019 yılında ulaşılacağını öngörmektedir. Ayrıca yapay sinir ağıları yöntemi 2025 yılında enerji talebinin 11 Mtep ve 2030 yılında 14 Mtep olarak gerçekleşeceğini tahmin etmektedir.

4.5.1.1.5. Kömür

Enerji talebinin temel parçalarından olan Kömür talebinin 2009-2030 yılları arasındaki tahmini Şekil 4.40'da gösterilmiştir.



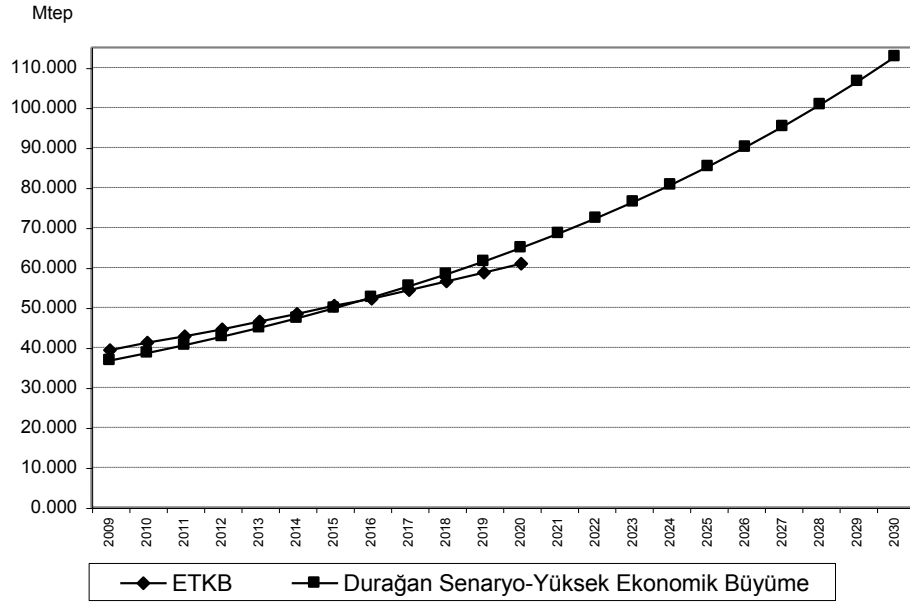
Şekil 4.40. Kömür Talebi Tahmini

Şekil 4.40'ta yapay sinir ağıları tahmini ile ETKB'nın tahminleri yer almaktadır. ETKB'nın tahminlerin yapay sinir ağıları yöntemi tahminlerinden çok farklı olduğu görülmektedir. Yüksek ekonomik büyüme durumunda dahi 2019 yılındaki ETKB tahmin ettiği kömür talebine yapay sinir ağıları tahmini ile 2030 yılında ulaşılacağı öngörülmektedir. ETKB tarafından kömür talebinin bu kadar yüksek tahmin edilmesi Kyoto protokolüne göre seragazı hedeflerinin çok yüksek belirlenmesi sonucunu doğuracaktır. Dolayısıyla kömür talebinin çok yüksek tahmin edilmesi seragazı azaltım maliyetleri arttıracaktır.

4.5.1.1.6. Petrol

Durağan yüksek ekonomik büyüme varsayımı altında yapay sinir ağı yöntemiyle gerçekleştirilen Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasındaki petrol talebi tahmini Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

Bu tahmin sonuçları ETKB'nin tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Şekilden de görüleceği üzere her iki tahmin de Türkiye'nin petrol talebinin 2010 yılında 40 Mtep ve 2017 yılında 55 Mtep olarak gerçekleşeceğini göstermektedir.

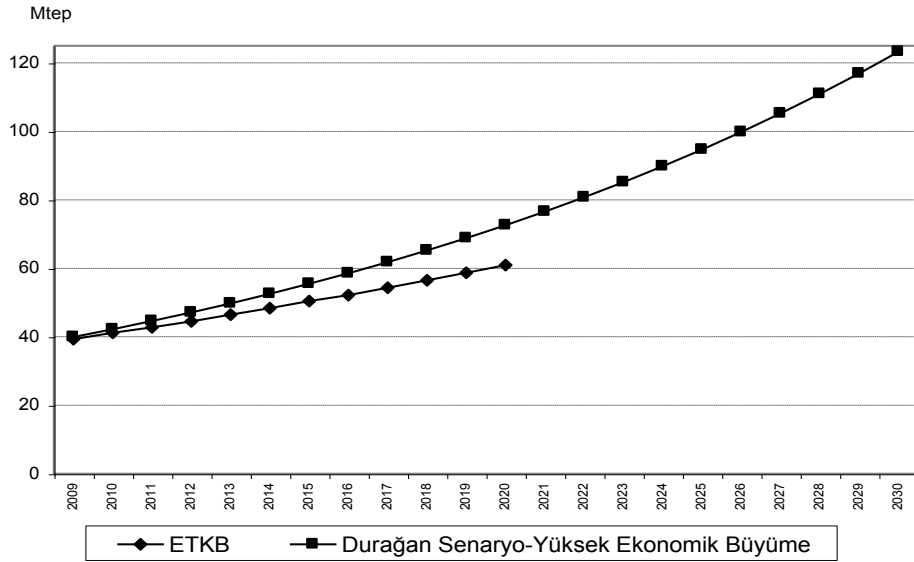


Şekil 4.41. Petrol Talebi Tahmini

Ancak Türkiye'nin 2030 yılına kadar yüksek ekonomik büyümeye sahip olmaması durumunda Petrol Talebi daha düşük seyredecektir.

4.5.1.1.7. Doğal Gaz

Türkiye'nin yüksek ekonomik büyümeye sahip olması durumunda talep edeceği Doğal gaz miktarı yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Şekil 4.42'de ETKB'nin tahminleriyle karşılaştırılmıştır.

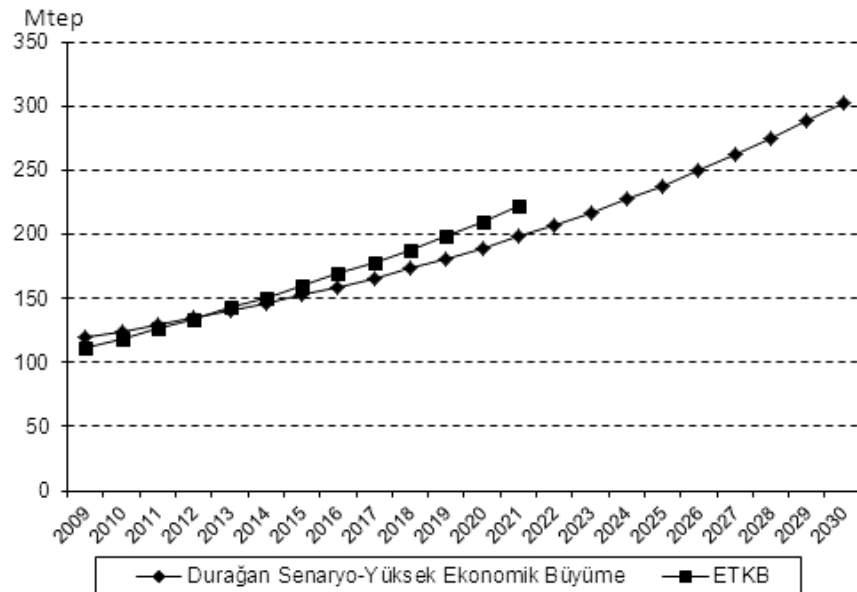


Şekil 4.42. Doğal Gaz Talebi Tahmini

Eğer Türkiye 2030 yılına kadar durağan olarak yüksek ekonomik büyümeye sahip olursa 2020 yılında talep edeceği doğal gaz miktarı 75 Mtep olacaktır. ETKB göre bu miktar 60 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.1.1.8. Toplam Enerji Talebi

Türkiye'nin gelecekteki sektörler ve kaynaklara göre enerji talebi ayrı ayrı tahmin edilmiştir. Bu tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda tahmin sonuçlarının farklılık arz ettiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle toplam enerji talebi için yapay sinir ağı yöntemi ile durağan yüksek ekonomik büyüme senaryosu varsayımı altında tahmin gerçekleştirilmiştir. Bu tahmin sonuçları Şekil 4.43'de gösterilmiştir.



Şekil 4.43. Toplam Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları tahminine göre Türkiye yüksek ekonomik büyüme gösterse bile ETKB'nın öngördüğü kadar enerji talep etmeyecektir. Bunun kaynaklar açısından en büyük nedeni kömür talebinin aşırı artacağına öngörülmesidir. Bunun yanı sıra sektörler açısından nedeni ise konut ve sanayi sektörünün aşırı enerji talebi artışı göstereceğinin öngörülmesidir.

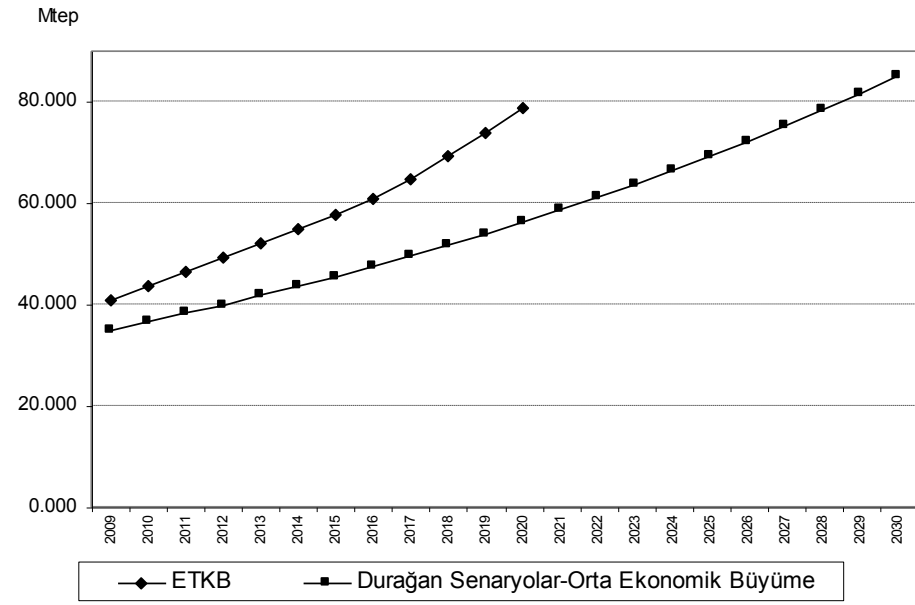
Dolayısıyla yapay sinir ağlarının tahminlerine göre Türkiye 2030 yılına kadar yıllık ortalama % 6 ekonomik olarak büyüme ve 2008 yılı gysih'sı 2030 yılında % 360 büyümüş olsa bile talep edeceği enerji miktarı ETKB'nın öngördüğü miktarda gerçekleşmeyecektir.

4.5.1.2. Orta Ekonomik Büyüme

Durağan yapıda yıllık ortalama % 4.5 ekonomik büyümenin gerçekleşeceği varsayılan ortama ekonomik büyüme senaryosu kullanılarak konut, sanayi, ulaştırma ve tarım sektörleri ve kaynaklar bazında enerji talep tahmini yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu tahmin sonuçları aşağıda yer almaktadır.

4.5.1.2.1. Sanayi Sektörü

Orta ekonomik büyüme varsayımı altında sanayi sektörünün talep edeceği enerji miktarı Şekil 4.44'de ETKB'nın tahminleri ile karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



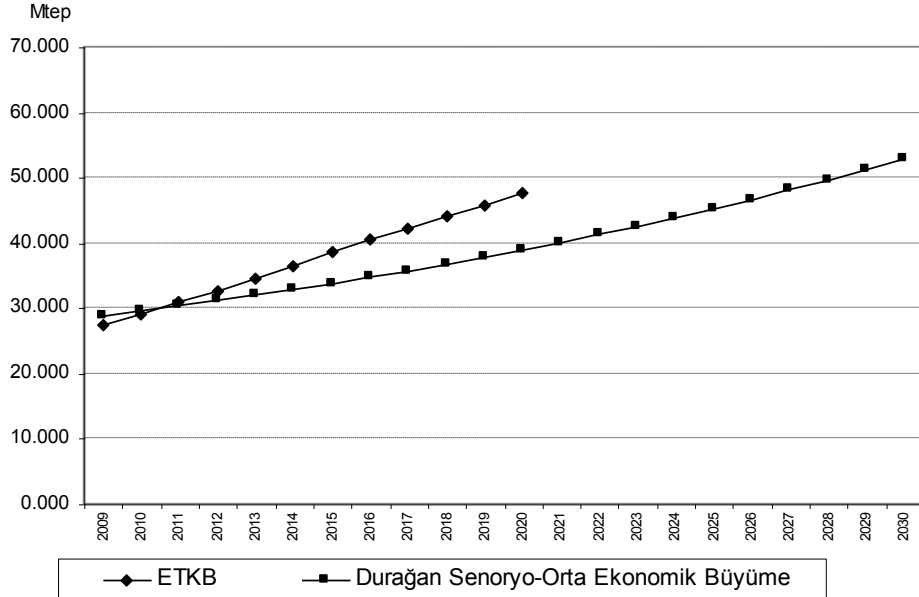
Şekil 4.44. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Tahmin sonuçlarına göre Türkiye yıllık ortalama % 4.5 ekonomik olarak büyüme gösterdiğinde yapay sinir ağları tahminine göre 2028 yılında 80 Mtep enerji talep edecektir. Ancak ETKB'nın tahminine göre 80 Mtep enerjiyi 2020 yılında talep

edecektir. Dolayısıyla ETKB'na göre 2030 yılına gelindiğinde enerji talebi çok daha yüksek seviyelere ulaşılacağı tahmin edilmektedir.

4.5.1.2.2. Konut Sektörü

Orta ekonomik büyüme varsayımı altında konut sektörünün enerji talebi tahmini Şekil 4.45'te gösterilmiştir.

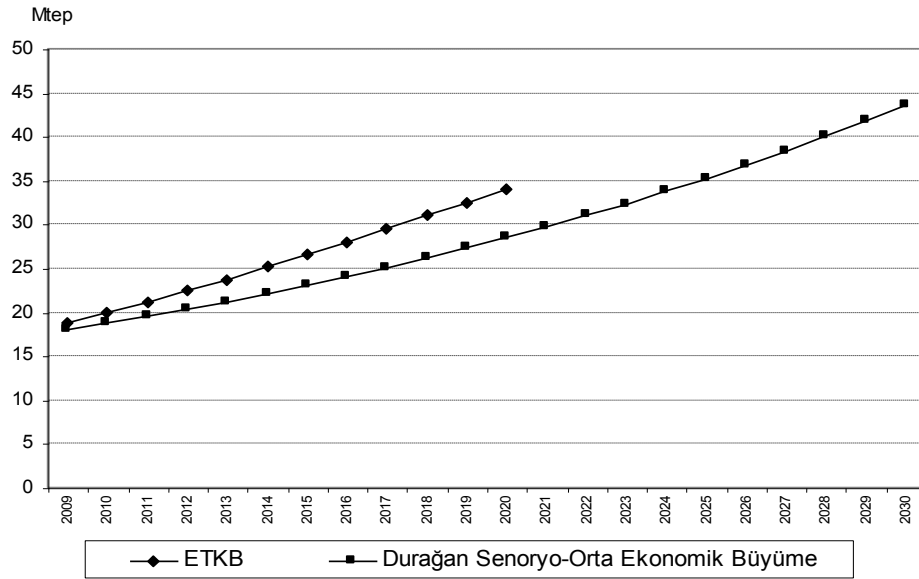


Şekil 4.45. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

2009 ve 2010 yıllarında yapay sinir ağı sanayi sektörünün enerji talebini ETKB'dan yüksek tahmin etmiştir. Ancak 2011 yılından sonra ETKB'na göre enerji talebi artışı yüksek seyrederek 2020 yılında 48 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak yapay sinir ağı tahminine göre 2020 yılında konut sektörünün enerji talebi 40 Mtep olacaktır.

4.5.1.2.3. Ulaştırma Sektörü

Durağan senaryo yapısında Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama % 4.5 ekonomik büyüme göstereceği varsayımı altında yapay sinir ağı yöntemi ile gerçekleştirilen ulaştırma sektörü enerji talebi miktarı Şekil 4.46'da gösterilmiştir. Ayrıca ETKB'nın 2009-2020 yılları arasındaki ulaştırma sektörü enerji talep tahmini ile karşılaştırılmıştır.

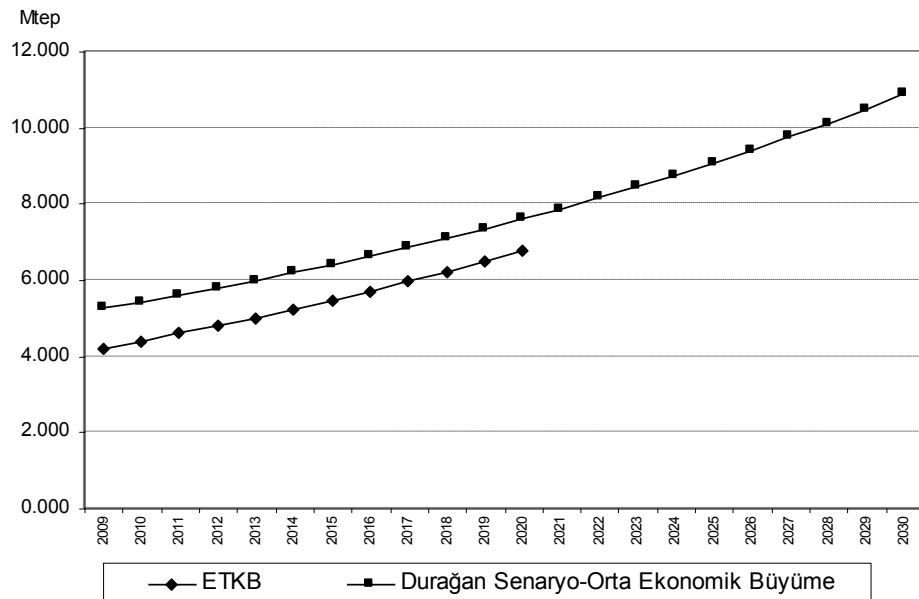


Şekil 4.46. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB'na göre 2015 yılında enerji talebi 28 Mtep ve 2020 yılında 34 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak orta ekonomik büyüme varsayımı altında gerçekleştirilen yapay sinir ağı tahminine göre 2015 yılında 24 Mtep ve 2020 yılında 28 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ayrıca ETKB'nın 2020 yılı tahmin miktarına 2024 yılında ulaşılacaktır. Dolayısıyla yapay sinir ağı yöntemi ulaştırma sektörünün enerji talebinin ETKB tahminlerinden daha düşük seviyede gerçekleşeceğini öngörmektedir.

4.5.1.2.4. Tarım Sektörü

Tarım sektörünün, Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında durağan yapıda orta ekonomik büyüme göstereceği varsayımı altında gerçekleştirilen enerji talep tahmini Şekil 4.47'de gösterilmiştir.

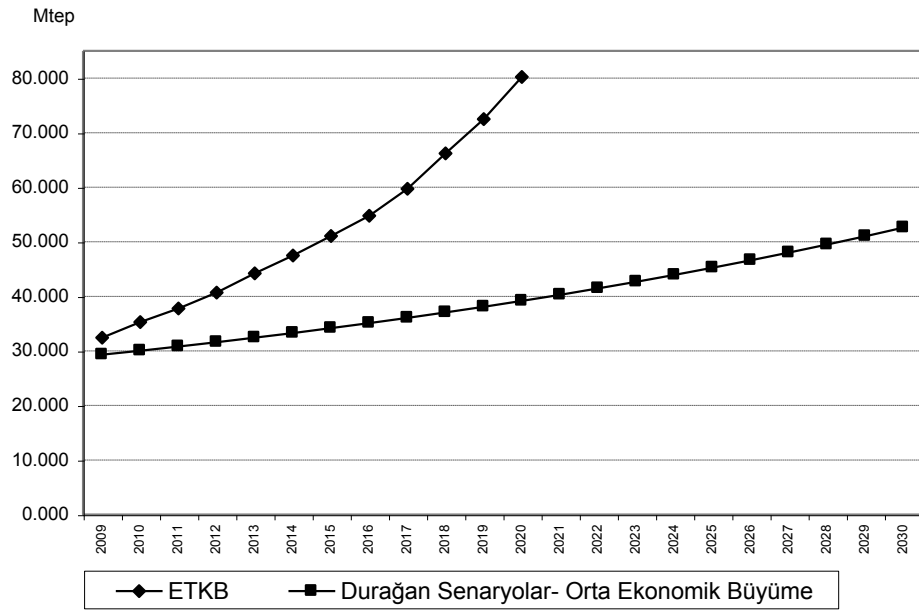


Şekil 4.47. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tarım sektörünün enerji talebinin 2017 yılında 6 Mtep olacağını tahmin ederken yapay sinir ağı yöntemi 2017 yılında tarım sektörünün enerji talebinin 7 Mtep olacağını öngörmektedir. Ayrıca 2030 yılında da enerji talebinin 11 Mtep seviyesine ulaşacağını göstermektedir.

4.5.1.2.5. Kömür

Yıllık ortalama % 4.5 ekonomik büyümenin olduğu durumda gerçekleşecek olan kömür talebi tahmini Şekil 4.48’de gösterilmiştir.

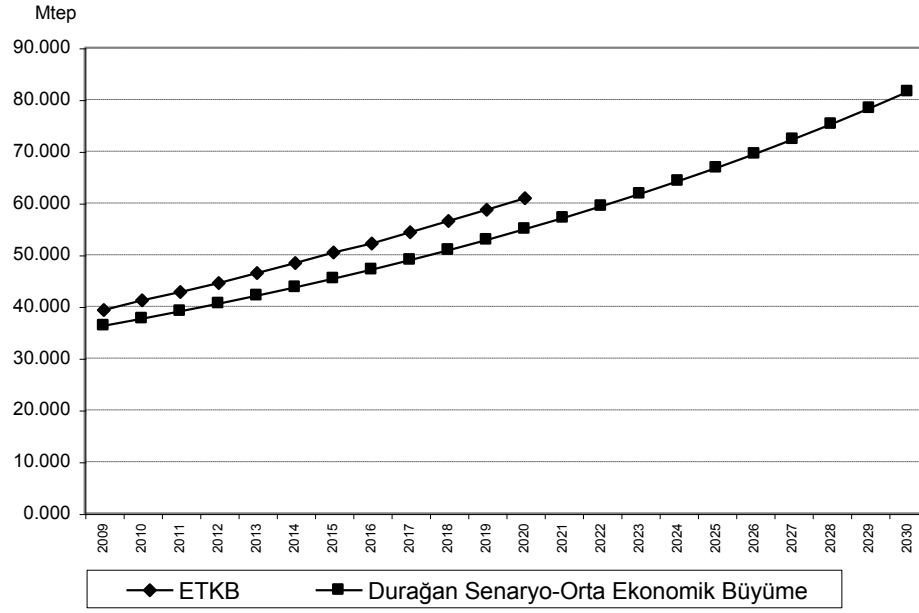


Şekil 4.48. Kömür Talebi Tahmini

ETKB tahmin sonuçları ile yapay sinir ağı kömür talebi tahminleri karşılaştırıldığında aradaki farkın çok yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Ancak yüksek ekonomik büyüme senaryosundaki kömür talebi tahminindeki fark nedeniyle, orta ekonomik büyüme senaryosundaki bu fark normal olarak algılanmaktadır.

4.5.1.2.6. Petrol

Orta ekonomik büyümenin varolacağı durağan yapıdaki senaryoya göre tahmin edilen Türkiye’nin petrol talebi Şekil 4.49’da gösterilmiştir.

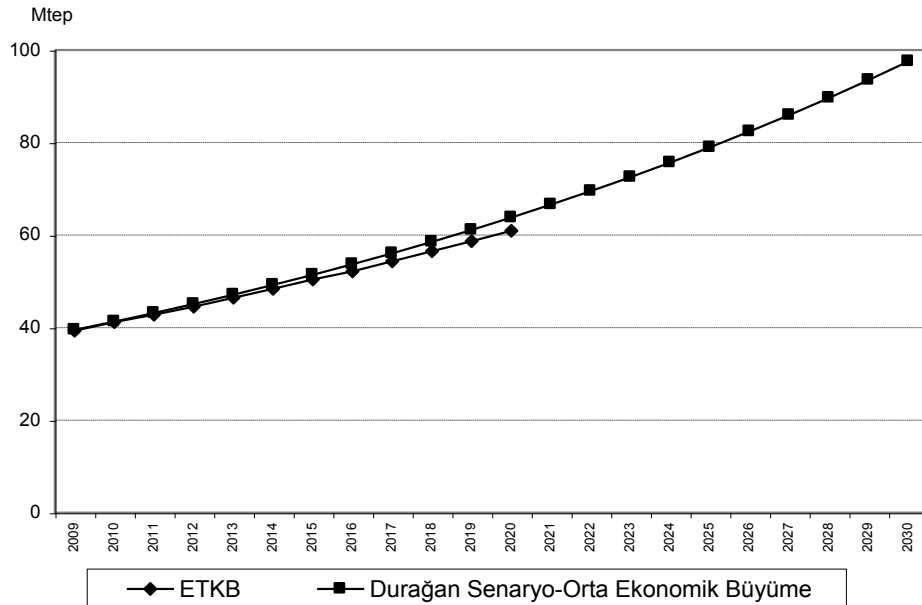


Şekil 4.49. Petrol Talebi Tahmini

Tahmin sonuçları ETKB tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağı yöntemi ile gerçekleştirilen tahmin sonuçlarına göre 2011 yılında 40 Mtep ve 2020 yılında 54 Mtep petrol talebi olacaktır. Ancak ETKB tahminlerine göre 2011 yılında 42 Mtep ve 2020 yılında 60 Mtep olacaktır. Ayrıca 2030 yılına gelindiğinde yapay sinir ağı yöntemiye göre petrol talebi miktarı 80 Mtep'in üzerine çıkacaktır.

4.5.1.2.7. Doğal Gaz

Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında orta ekonomik büyüme senaryosuna göre gerçekleşecek olan doğal gaz talebi Şekil 4.50'de ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.



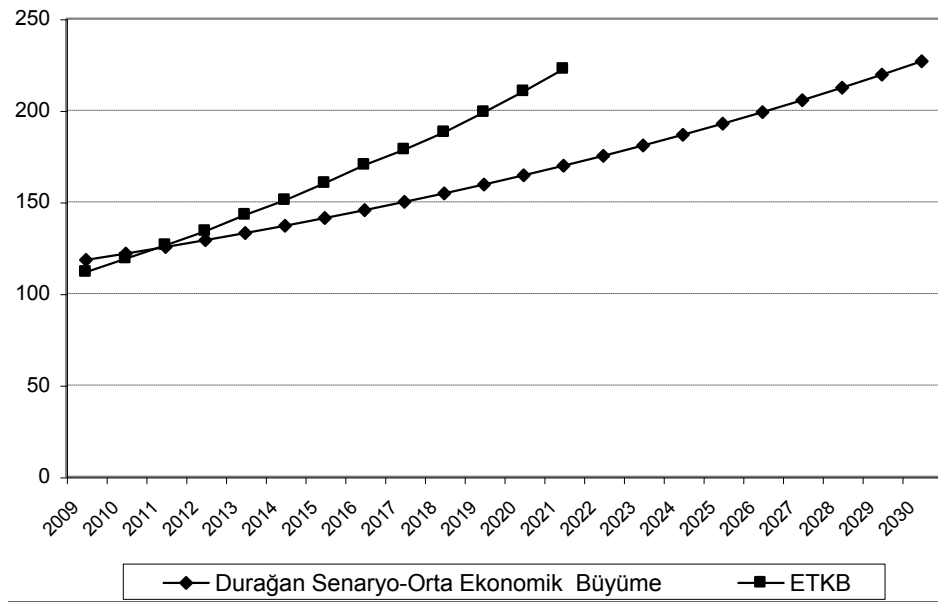
Şekil 4.50. Doğal Gaz Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı ve ETKB tahmin sonuçlarının benzerlik taşıdığı gözlenmektedir. Dolayısıyla orta ekonomik büyümenin yaşanacağı senaryoya ve ETKB tahminlerine göre 2020 yılında Türkiye'nin yaklaşık olarak 61 Mtep doğal gaz talebi olacaktır.

4.5.1.2.7. Toplam Enerji Talebi

Durağan bir yapıda gerçekleşecek olan orta ekonomik büyümenin varsayıldığı senaryoya göre sektörler ve kaynaklar bazında tahminler gerçekleştirilmiştir. Bu tahminler ETKB'nın tahminleri ile karşılaştırılarak farklar irdelenmiştir.

Sektörel ve kaynaklar bazında yapılan tahminlerin yanı sıra toplam enerji talebi tahmini de yapay sinir ağı yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu tahmin sonuçları Şekil 4.51'de ETKB tahminleri ile karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.51. Toplam Enerji Talebi Tahmini

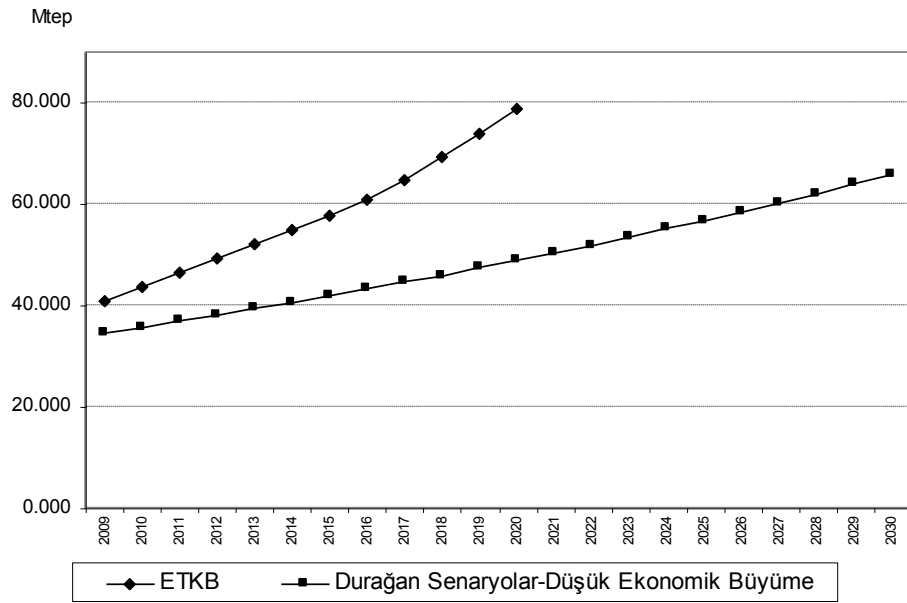
Yapay sinir ağı yöntemine ve ETKB'ya göre 2011 yılında toplam enerji talebi 125 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bu yıldan sonra şekilden görüldüğü üzere ETKB tahminleri ile yapay sinir ağı tahminleri farklılık göstermektedir. ETKB tahminlerine göre 2017 yılında 180 Mtep ve 2020 yılında 220 Mtep olacaktır. Ancak yapay sinir ağı tahminine göre 2017 yılında toplam enerji talebi 150 Mtep iken 2020 yılında 170 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bunun yanı sıra ETKB'nın 2020 yılı için tahmin ettiği enerji talebi miktarı yapay sinir ağına göre 2030 yılında gerçekleşecektir. Dolayısıyla yüksek ekonomik büyüme ve orta ekonomik büyüme senaryolarına göre enerji talebi ETKB'nın tahmin ettiğiinden daha düşük seviyede gerçekleşecektir.

4.5.1.3. Düşük Ekonomik Büyüme

Durağan düşük ekonomik büyüme senaryosunda Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama % 3 ekonomik olarak büyüyeceği varsayılmaktadır. Bu senaryo varsayımı altında her bir sektör ve enerji kaynakları için enerji talebi tahminleri gerçekleştirilecektir.

4.5.1.3.1. Sanayi Sektörü

Yapay sinir ağı yöntemi ile sanayi sektörünün 2009-2030 yılları arasındaki talep edeceği enerji miktarı Şekil 4.52'de gösterilmektedir.

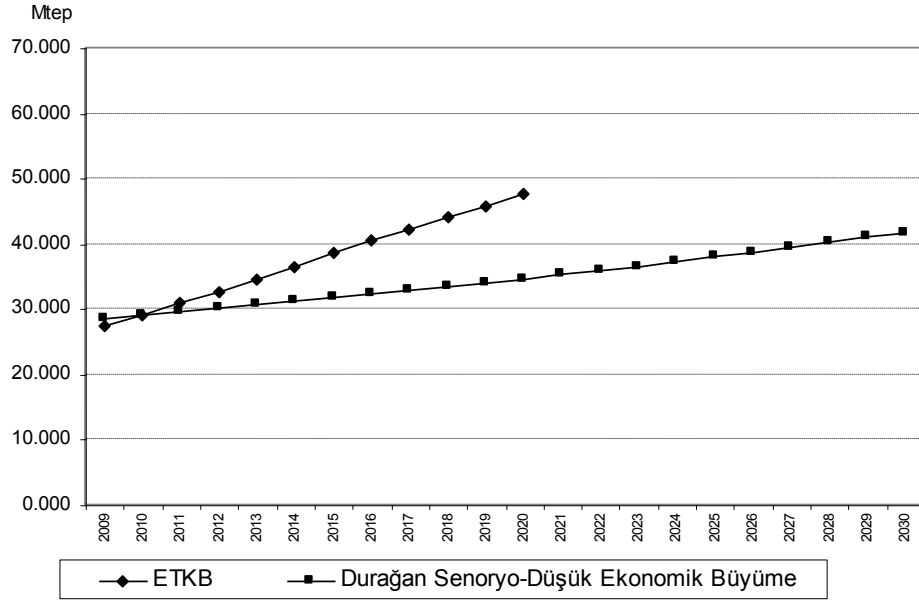


Şekil 4.52. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Şekilde görüldüğü üzere tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre 2013 yılında yapay sinir ağlarına göre sanayi sektörü enerji talebi 40 Mtep, ETKB tahminlerine göre 50 Mtep olacaktır. İki tahmin arasındaki bu fark sonraki dönemlerde artarak devam etmektedir. ETKB 2020 yılındaki sanayi sektörü enerji talebinin 80 Mtep olacağını öngörürken, yapay sinir ağları tahmin sonuçları bu seviyeye 2030 yılında dahi ulaşamayacağını göstermektedir.

4.5.1.3.2. Konut Sektörü

Düşük ekonomik büyüme varsayımı altındaki durağan senaryo kullanılarak yapay sinir ağlarıyla gerçekleştirilen konut sektörü enerji talebi Şekil 4.53'de gösterilmiştir.

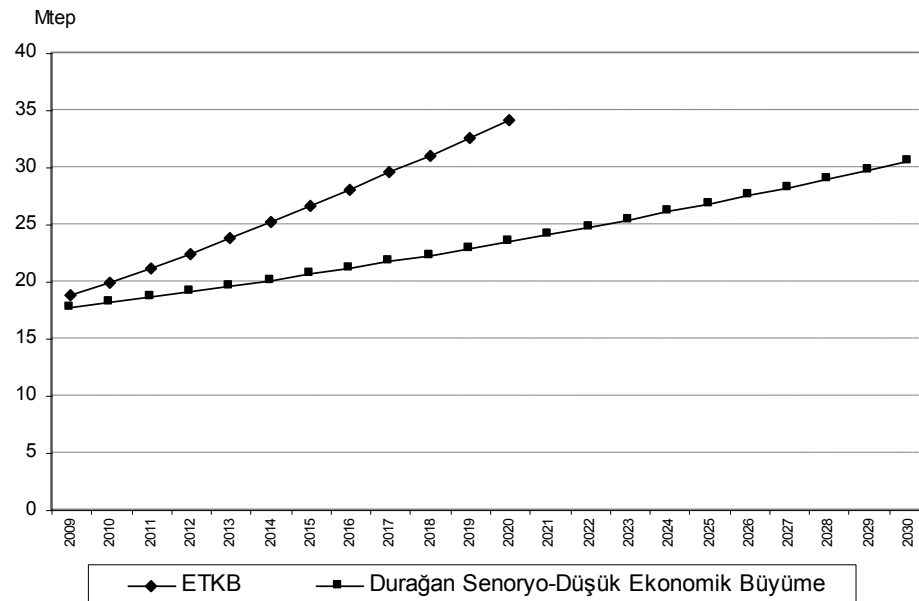


Şekil 4.53. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Tahmin edilen konut sektörü enerji talebi ETKB tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağları yöntemine göre 2015 yılında konut sektörü enerji talebi 32 Mtep ve 2020 yılı talebi 35 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak ETKB'na göre 2.15 yılında yaklaşık 40 Mtep ve 2020 yılında 48 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bunun yanı sıra 2030 yılında yapay sinir ağları yöntemi tahminine göre konut sektörü enerji talebi yaklaşık 41 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.1.3.3. Ulaştırma Sektörü

Durağan yapıda düşük ekonomik büyümenin varsayıldığı ulaştırma sektörü enerji talebi tahmini Şekil 4.54'te gösterilmektedir.

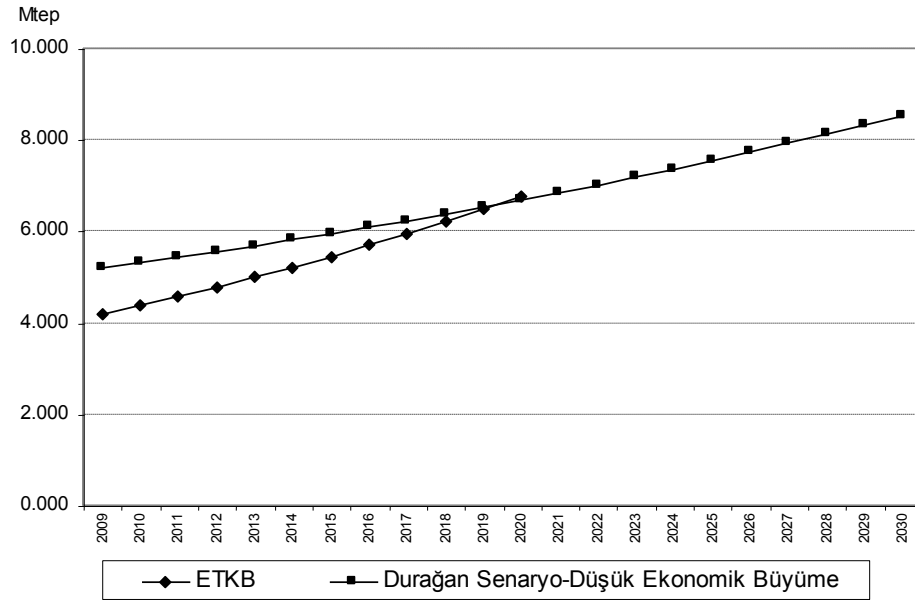


Şekil 4.54. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre ulaştırma sektörü enerji talebi 2013 yılında 24 Mtep ve 2020 yılında 34 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak yapay sinir ağı tahminine göre 2013 yılında enerji talebi yaklaşık 20 Mtep ve 2020 yılında 24 Mtep olacaktır. Bunun yanı sıra 2025 yılında 27 Mtep ve 2030 yılında 31 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.1.3.4. Tarım Sektörü

Tarım sektörünün durağan düşük ekonomik büyümenin olduğu durumdaki enerji talebi tahmini Şekil 4.55'te gösterilmektedir.

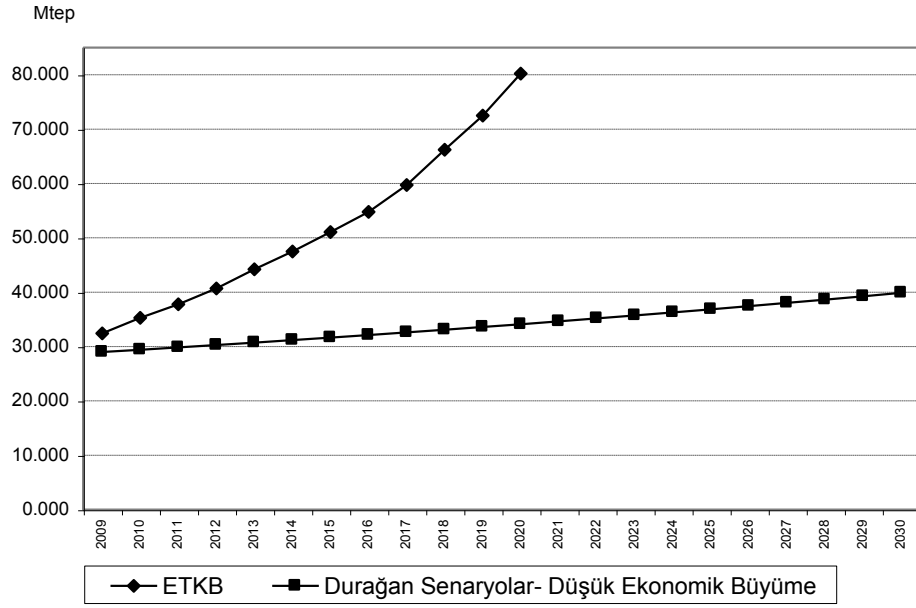


Şekil 4.55. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı yöntemi tahmini göre 2010 yılında tarım sektörü enerji talebi yaklaşık 5.5 Mtep ve 2025 yılında yaklaşık 6 Mtep olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılında 4.5 Mtep ve 2015 yılında 5.5 Mtep olacaktır. 2020 yılında yapay sinir ağı ve ETKB tahminleri aynı seviyede enerji talebi olacağını öngörmektedir. 2030 yılında ise düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre 8.5 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.1.3.5. Kömür

Düşük ekonomik büyüme senaryosunun gerçekleşmesi durumunda Türkiye'nin talep edeceği kömür miktarı yapay sinir ağı yöntemiyle tahmin edilmiş ve Şekil 4.56'da ETKB tahmini ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

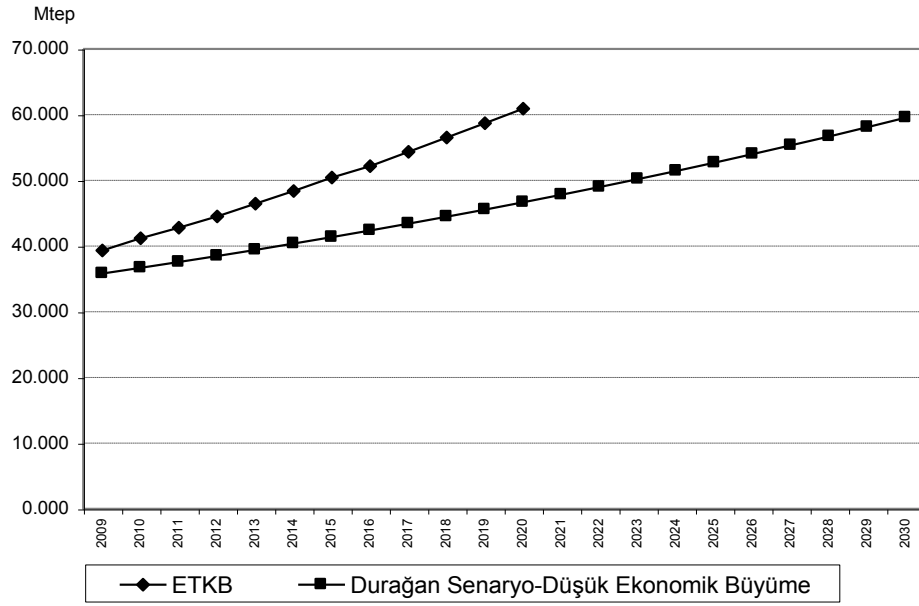


Şekil 4.56. Kömür Talebi Tahmini

Durağan yapıdaki yüksek ve orta ekonomik büyüme senaryosunda yapay sinir ağları tahmini ile ETKB tahmini arasındaki aşırı fark düşük ekonomik büyüme senaryosu tahmininde de görülmektedir. ETKB tahminlerine göre 2015 yılında yaklaşık 50 Mtep ve 2020 yılında 80 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sinir ağları yöntemi tahminine göre 2015 yılında yaklaşık 30 Mtep ve 2020 yılında 32 Mtep olarak gerçekleşecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin yıllık ortalama % 3 büyümesi durumunda ETKB tahminleri ile yapay sinir ağı tahmini arasındaki fark 2020 yılında 48 Mtep olacaktır.

4.5.1.3.6. Petrol

Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama %3 ekonomik büyüme göstermesi durumunda talep edeceği petrol talebi Şekil 4.57'de gösterilmektedir. Ayrıca şekilde yapay sinir ağları tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak yer almaktadır.

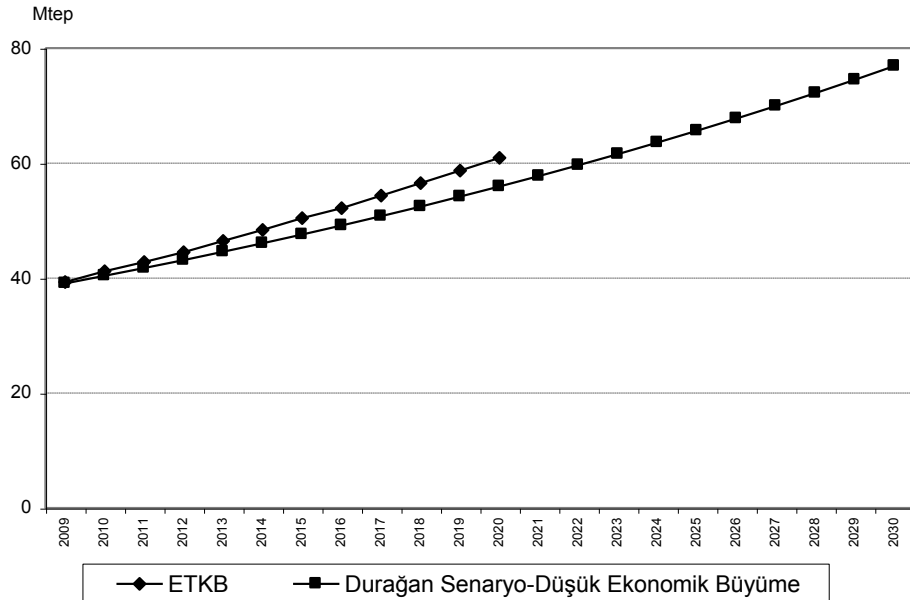


Şekil 4.57. Petrol Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre Türkiye'nin 2014 yılındaki petrol talebi 40 Mtep 2020 yılında 61 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sinir ağları yöntemine göre 2014 yılındaki petrol talebi 39 Mtep ve 2020 yılında da 48 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.1.3.7. Doğal Gaz

Durağan yapıda düşük ekonomik büyümenin olduğu durumdaki Türkiye'nin doğal gaz talebi yapay sinir ağları ile tahmin edilmiş ve Şekil 4.58'de gösterilmiştir.



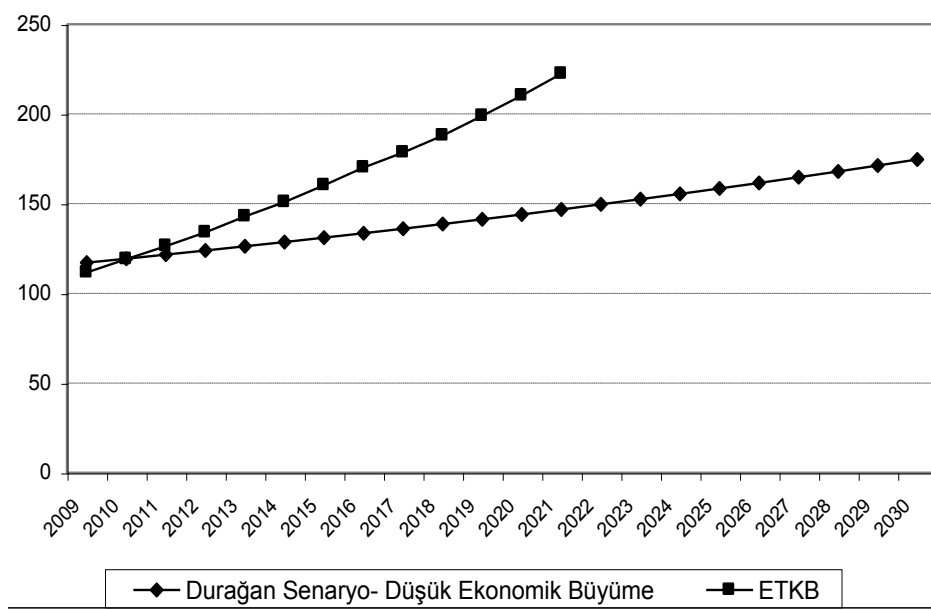
Şekil 4.58. Doğal Gaz Talebi Tahmini

Durağan yapıdaki yüksek ve orta ekonomik büyüme varsayımı altında gerçekleştirilen yapay sinir ağları tahmini ile doğal gaz talebi ETKB tahminlerinden yüksek çıkmıştır. Ancak düşük ekonomik büyüme varsayımına göre ETKB tahminleri

ile yapay sinir ağı tahminleri yakın sonuçlar vermektedir. ETKB tahminine göre 2020 yılındaki doğal gaz talebi yaklaşık 61 Mtep, yapay sinir ağı tahminine göre 58 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.1.3.8. Toplam Enerji Talebi

Türkiye'nin yıllık ortalama % 3 ekonomik büyüme göstermesi durumundaki sektörlerin enerji talepleri ve kömür, petrol ve doğal gaz talep tahminleri gerçekleştirilmiştir. Bu tahminlerin yanı sıra toplam enerji talebi tahmin edilerek Şekil 4.59'da gösterilmiştir.



Şekil 4.59. Toplam Enerji Talebi Tahmini

Yüksek ve orta ekonomik büyüme senaryolarında ETKB'nın toplam enerji talebi yapay sinir ağı yöntemi tahmininden yüksek çıkmıştır. Bu tahminlerle tutarlı olarak düşük ekonomik büyüme senaryosu tahmin sonuçları ETKB tahminlerinden düşük çıkmıştır.

ETKB tahmine göre 2016 yılında 170 Mtep ve 2020 yılında 225 Mtep toplam enerji talebi olacaktır. Ancak yapay sinir ağı yöntemine göre toplam enerji talebi 2016 yılında 130 Mtep ve 2020 yılında 149 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2. Sürdürülebilirlik Senaryo Projeksiyonları

Gelecekte enerji kullanımında etkinliğin sağlanması durumunda birim üretim başına kullanılan enerji miktarının azalacağı varsayımı altında oluşturulan sürdürülebilirlik senaryoları yüksek, orta ve düşük ekonomik büyüme olarak üç farklı senaryodan oluşmaktadır. Sürdürülebilirlik senaryosuna göre Türkiye'nin enerji

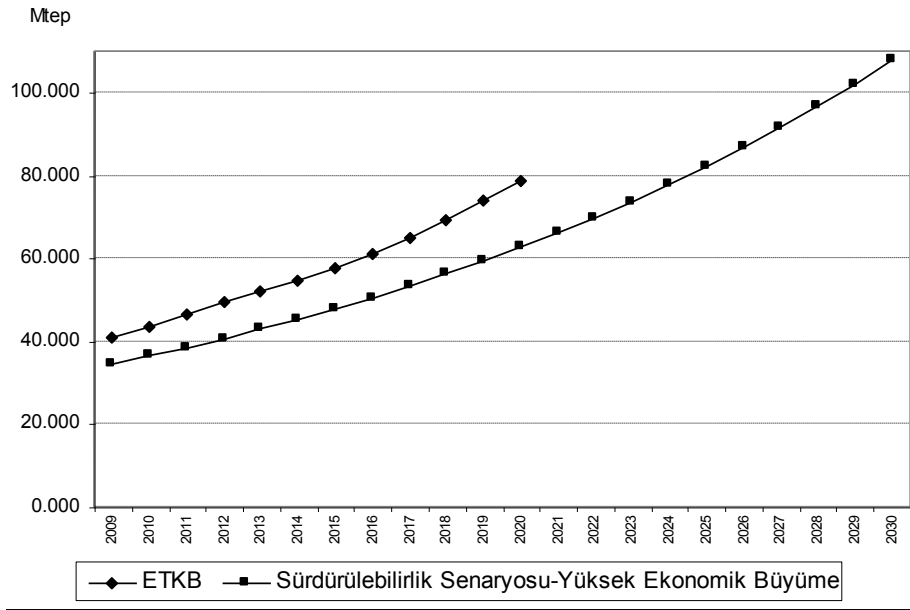
yoğunluğunun 2030 yılında 2008 yılına göre % 30 azalacağı varsayılmıştır. Dolayısıyla 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama % 1.6 enerji yoğunluğunda düşüş yaşanacağı öngörülmektedir.

4.5.2.1 Yüksek Ekonomik Büyüme

Enerji yoğunluğunun % 30 azalacağı varsayımı ile oluşturulan sürdürülebilirlik yüksek ekonomik büyüme senaryosunda ekonominin yıllık ortalama % 6 büyüyeceği öngörülmektedir. Bu varsayımlar altında sektörler ve kaynaklar bazında Türkiye'nin enerji talebi tahmini gerçekleştirilecektir.

4.5.2.1.1. Sanayi Sektörü

Yüksek ekonomik büyümenin gerçekleşeceğinin varsayıldığı sürdürülebilirlik senaryosu varsayımları altında tahmin edilen sanayi sektöre enerji talebi Şekil 4.60'ta gösterilmektedir.

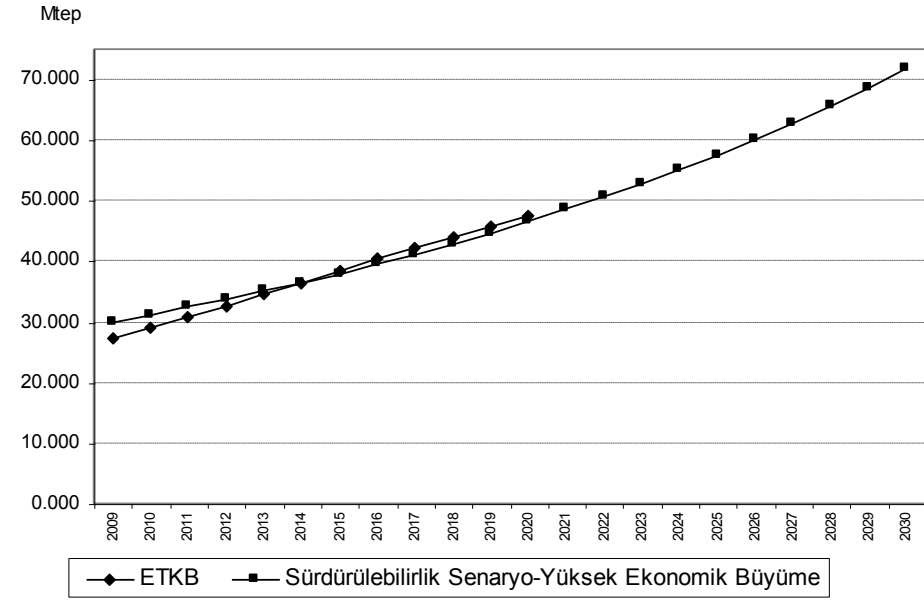


Şekil 4.60. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre sanayi sektörünün 2010 yılındaki enerji talebi 43 Mtep ve 2020 yılında 80 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak yapay sinir ağları tahminine göre 2010 yılında enerji talebi 39 Mtep ve 2020 yılında 61 Mtep olacaktır. Bunun yanı sıra ETKB tahminine göre 2020 yılında ulaşılacak sanayi sektörü enerji talebi seviyesine yapay sinir ağları tahminine göre 2025 yılında ulaşılacaktır.

4.5.2.1 2. Konut Sektörü

Sürdürülebilirlik yüksek ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen konut sektörü enerji talebi Şekil 4.61'de gösterilmektedir.

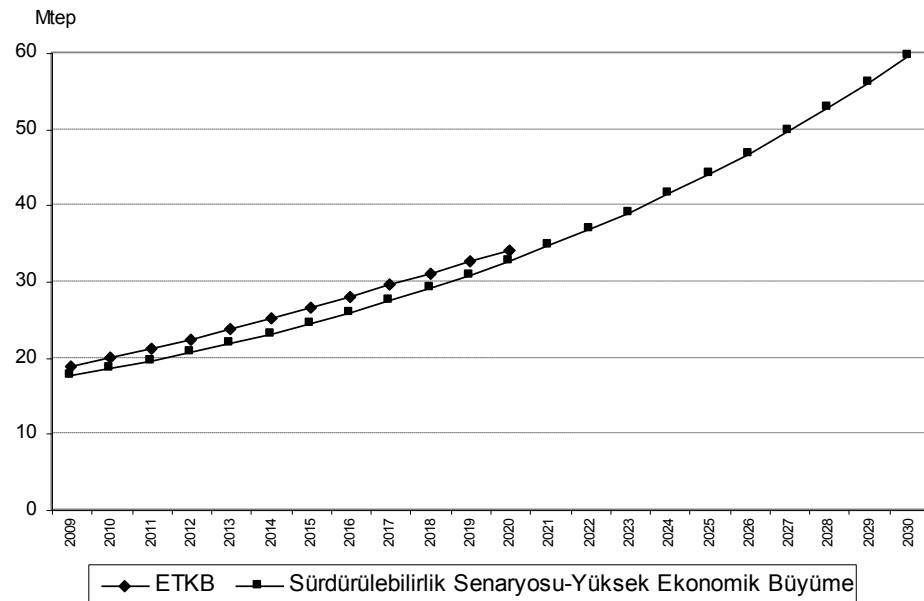


Şekil 4.61. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları tahmin sonuçları ve ETKB tahminleri birbirlerine çok yakın seyretmektedir. Dolayısıyla eğer enerji yoğunluğu 2030 yılına kadar yıllık ortalama % 1.6 düşük göster ve ekonomi yıllık % 6 büyüme gösterir ise konut sektörü enerji talebi tahminleri benzerlik göstermektedir.

4.5.2.1.3. Ulaştırma Sektörü

Yüksek ekonomik büyüme durumunda enerji yoğunluğunun azaldığı varsayımı altında tahmin edilen ulaştırma sektörü enerji talebi tahmini yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.62’de gösterilmektedir.

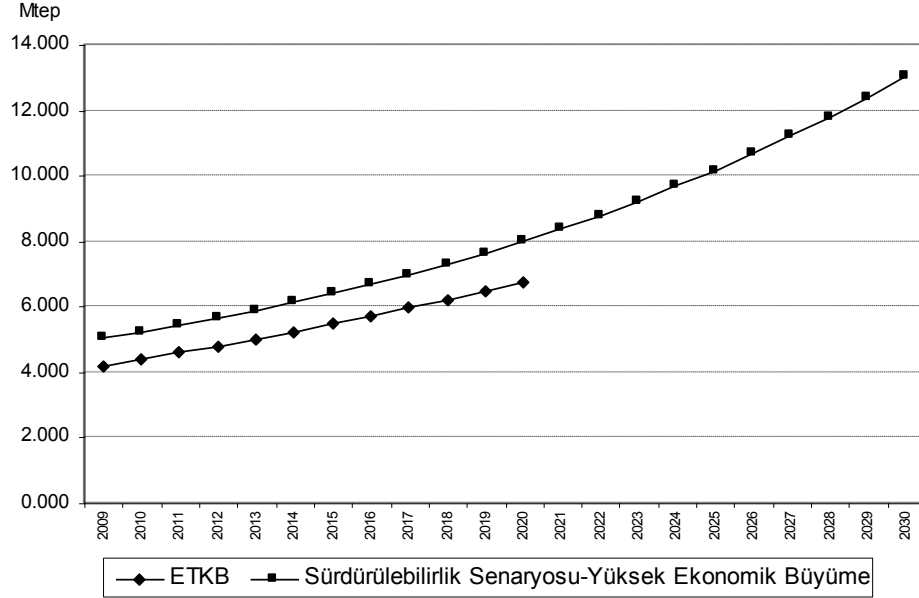


Şekil 4.62. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminleri konut sektörü tahmininde olduğu gibi yapay sinir ağları tahmin sonuçları ile benzerlik göstermektedir. 2009-2030 yılları arasında ETKB ve yapay sinir ağları tahminleri ortalama 1 Mtep farklılık arz etmektedir.

4.5.2.1.4. Tarım Sektörü

Sürdürülebilirlik yüksek ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen tarım sektörü enerji talebi Şekil 4.63’de gösterilmiştir.

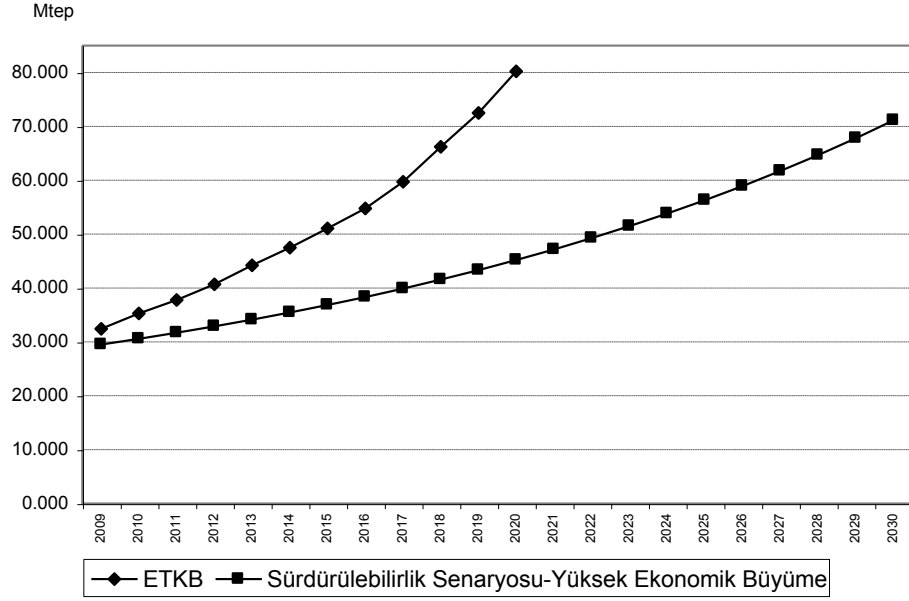


Şekil 4.63. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Önceki tarım sektörü enerji talebi tahminlerinde olduğu gibi yapay sinir ağları tahminleri ETKB tahminlerinden yüksek olduğu görülmektedir. ETKB tahminlerine göre 2009 yılı tarım sektörü enerji talebi yaklaşık 4 Mtep ve 2020 yılında yaklaşık 7 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sinir ağları tahminlerine göre ise 2009 yılında 5 Mtep ve 2020 yılında 8 Mtep olarak gerçekleşecektir 2030 yılında da 13 Mtep olarak gerçekleşeceği yapay sinir ağları tahminlerine göre öngörülmektedir.

4.5.2.1.5. Kömür

Türkiye’nin yüksek ekonomik büyüme göstermesi ve enerji etkinliğinin sağlanması durumundaki kömür talebi yapay sinir ağları tahmini ile gerçekleştirilmiştir. Tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.64’te gösterilmiştir.

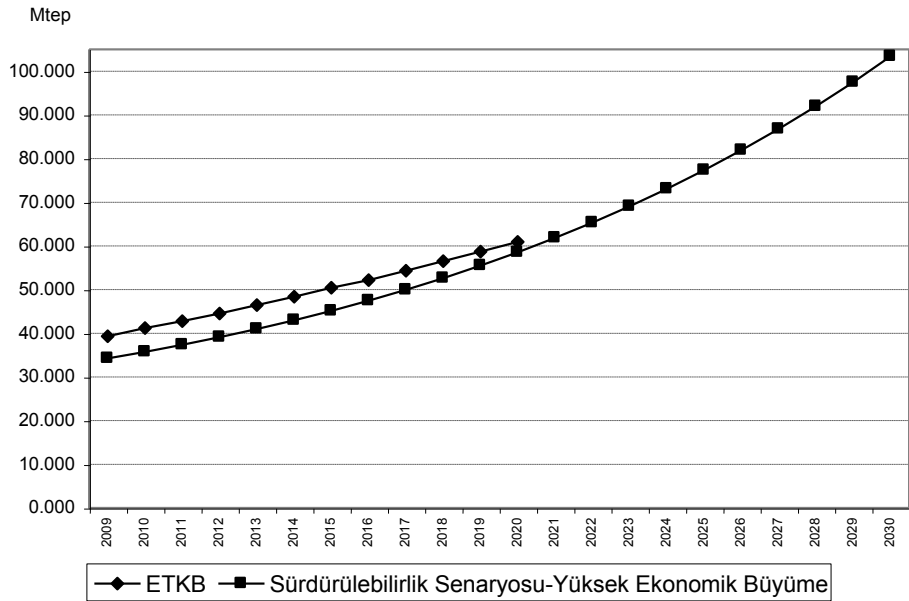


Şekil 4.64. Kömür Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2012 yılında Türkiye'nin kömür talebi 40 Mtep, 2020 yılında 80 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak yapay sinir ağları tahminine göre 2012 yılında 33 Mtep ve 2020 yılında 45 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bunun yanı sıra 2030 yılında yapay sinir ağları tahmine göre yaklaşık 70 Mtep olarak gerçekleşecek ve ETKB'nın 2020 yılı talep tahminine ulaşamayacaktır.

4.5.2.1.6. Petrol

Yüksek ekonomik büyüme ve enerji etkinliğinin varsayıldığı senaryoya göre tahmin edilen Türkiye'nin petrol talebi Şekil 4.65'te gösterilmektedir.

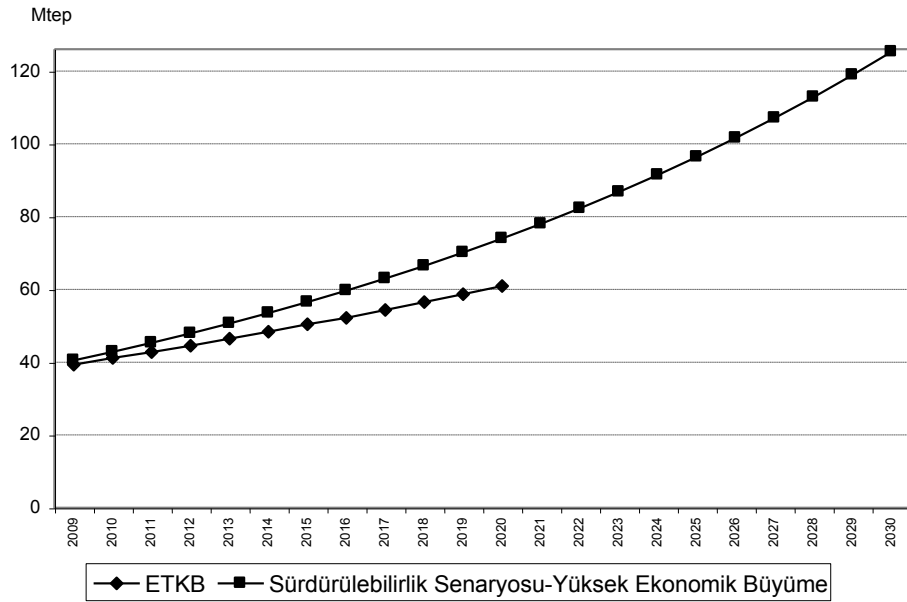


Şekil 4.65. Petrol Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2010 yılında petrol talebi 41 Mtep ve 2020 yılında 60 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sinir ağları tahminine göre 2010 yılında 38 Mtep ve 2020 yılında 59 Mtep olarak gerçekleşecektir. 2030 yılında ise yapay sinir ağları tahminine göre Türkiye'nin petrol talebi yaklaşık 105 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.1.7. Doğal Gaz

Bir birim üretim yapmak için kullanılan enerji miktarının 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama % 1.6 diğer bir ifade ile enerji yoğunluğunun 2030 yılında 2008 yılına göre % 30 azalacağı varsayımı altında yüksek ekonomik büyüme senaryosuna göre yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilen Türkiye'nin doğal gaz talebi tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.65'te gösterilmiştir.

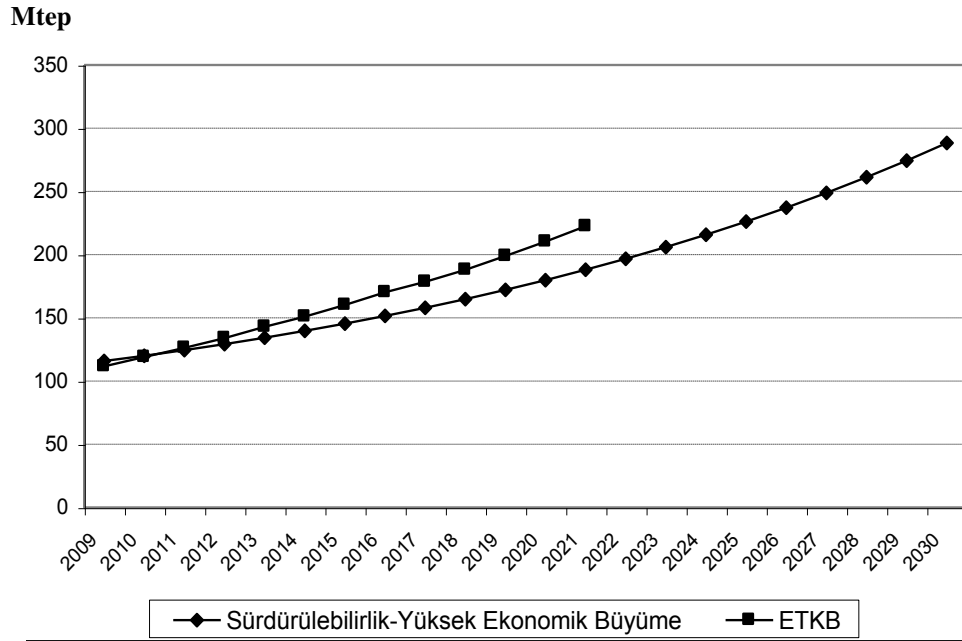


Şekil 4.66. Doğal Gaz Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları tahmine göre 2010 yılında doğal gaz talebi 41 Mtep ve 2020 yılında yaklaşık 75 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılında 40 Mtep ve 2020 yılında 60 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.1.8. Toplam Enerji Talebi

Sürdürülebilirlik senaryo yapısında yüksek ekonomik büyümenin olduğu durumdaki Türkiye'nin Toplam enerji talebi tahmini Şekil 4.67'de gösterilmiştir.



Şekil 4.67. Toplam Enerji Talebi Tahmini

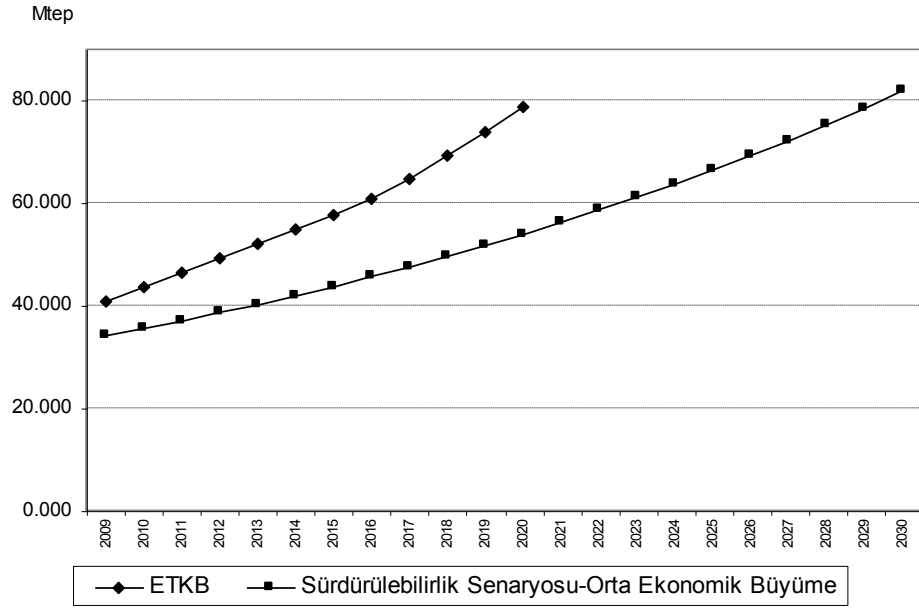
ETKB tahminleri ve yapay sinir ağları tahmin sonuçları 2011 yılına kadar yakın seyretmektedir. 2012 yılından sonra ETKB ve yapay sinir ağları sonuçları arasındaki fark açılmaktadır. Buna göre ETKB tahminlerine göre 2014 yılında 150 Mtep ve 2020 yılında 225 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Yapay sinir ağları tahminlerine göre 2014 yılında 145 Mtep ve 2020 yılında yaklaşık 190 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminlerine göre 2020 yılında ulaşılacak seviyeye yapay sinir ağları tahminlerine göre 2025 yılında ulaşılacaktır. Bunun yanı sıra 2030 yılında Türkiye'nin toplam enerji talebi yaklaşık 290 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.2.2. Orta Ekonomik Büyüme

Enerji yoğunluğunun yıllık ortalama % 1.6 düşeceğinin varsayıldığı sürdürülebilirlik yapısında ekonomik büyümenin % 4.5 olduğu orta ekonomik büyümeye göre sektörler ve kaynaklar bazında enerji talep tahminleri yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin edilerek ETKB tahminleri ile karşılaştırılacaktır.

4.5.2.2.1. Sanayi Sektörü

Orta ekonomik büyüme ve enerji etkinliğinin sağlandığı durumdaki sanayi sektörünün yapay sinir ağları yöntemine göre enerji talebi Şekil 4.68'de gösterilmektedir.

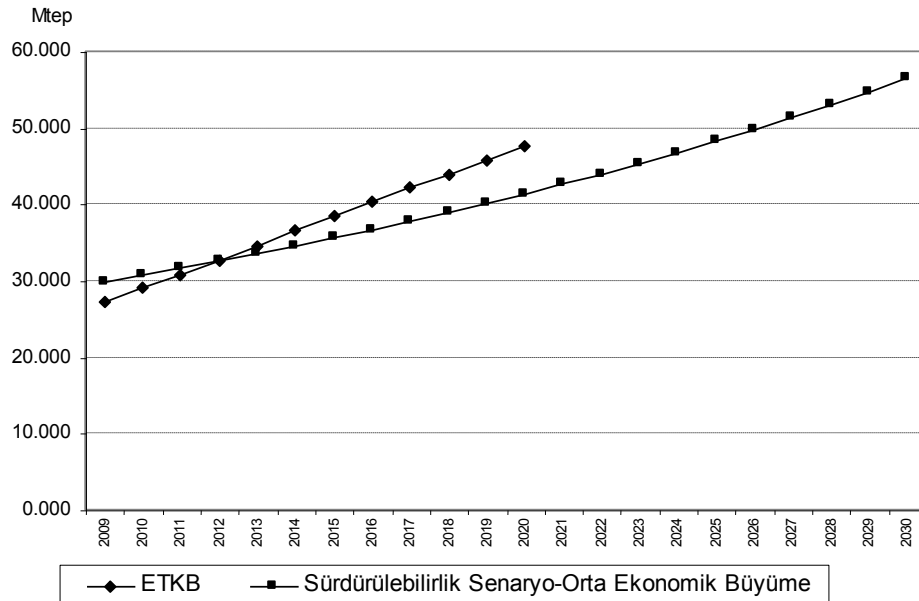


Şekil 4.68. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2010 yılında sanayi sektörü enerji talebi 43 Mtep ve 2020 yılı talebi 80 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sinir ağları tahminlerine göre 2010 yılında 37 Mtep ve 2020 yılında 54 Mtep olarak öngörülmektedir. 2030 yılında da yapay sinir ağları tahminine göre 81 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.2.2.2. Konut Sektörü

Sürdürülebilirlik orta ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen konut sektörü enerji talebi tahmin ETKB tahminleri ile karşılaştırmakalı olarak Şekil 4.69'da gösterilmektedir.

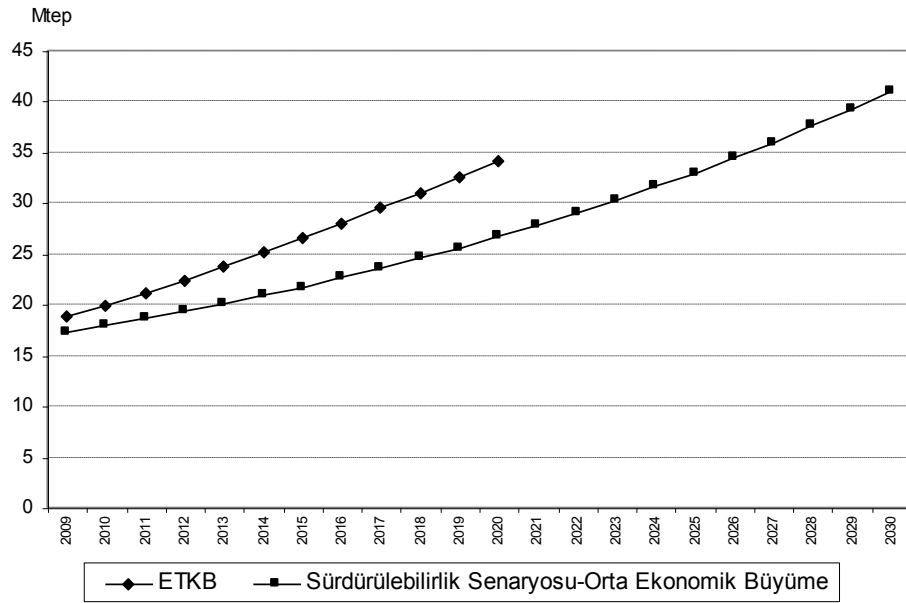


Şekil 4.69. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB ve yapay sinir ağı tahminlerine göre 2012 yılında konut sektörü enerji talebi 32 Mtep olarak gerçekleşecektir. 2020 yılında ETKB tahminlerine göre 48 Mtep yapay sinir ağı tahminlerine göre 41 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ayrıca 2030 yılında yapay sinir ağı tahminine göre yaklaşık 56 Mtep olacaktır.

4.5.2.2.3. Ulaştırma Sektörü

2009-2010 dönemi ulaştırma sektörü enerji talebi sürdürülebilirlik yapısında orta ekonomik büyüme varsayımı altında yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.70’de gösterilmektedir.

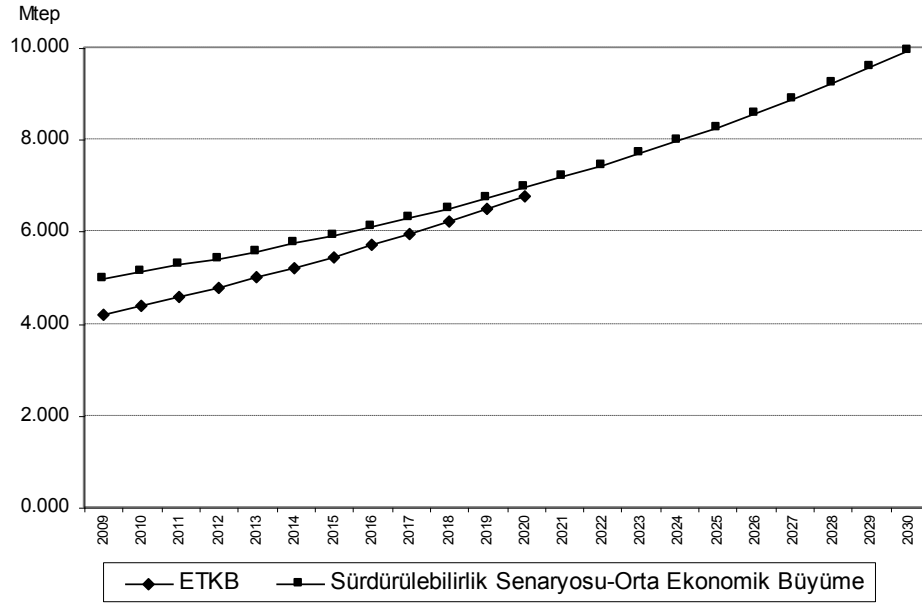


Şekil 4.70. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı tahminlerine göre 2010 yılı ulaştırma sektörü enerji talebi 18 Mtep ve 2020 yılı talebi 27 Mtep olarak öngörülmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılında 20 Mtep ve 2020 yılında 34 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.2.2.4. Tarım Sektörü

Sürdürülebilirlik yapısında orta ekonomik büyümenin varsayıldığı senaryoya göre tahmin edilen tarım sektörü enerji talebi Şekil 4.71’de gösterilmiştir.

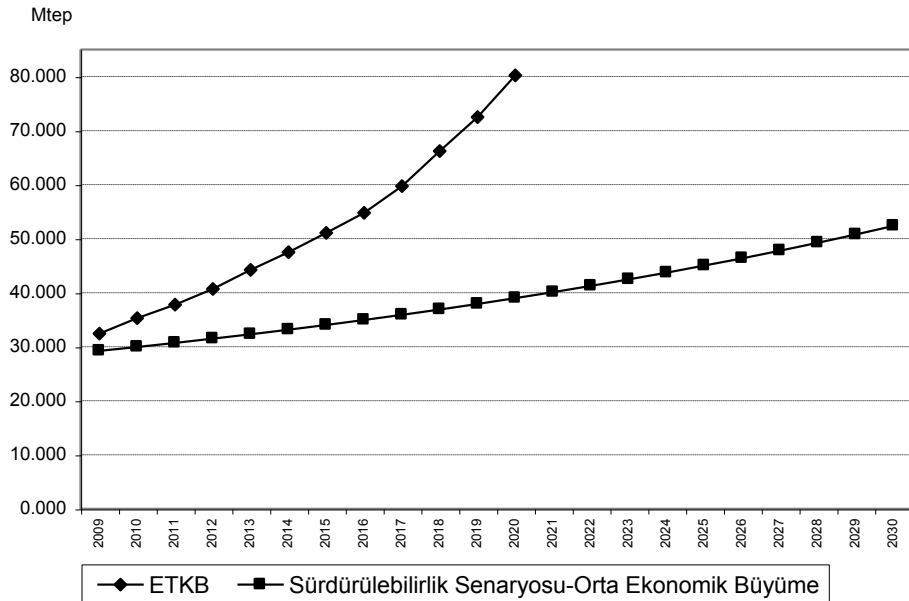


Şekil 4.71. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre tarım sektörü enerji talebi 2010 yılında yaklaşık 4.5 Mtep, 2020 yılında yaklaşık 7 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sınır ağırları tahminine göre 2010 yılında yaklaşık 5 Mtep ve 2020 yılında 7 Mtep olarak gerçekleşecektir. 2030 yılında da 10 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.2.5. Kömür

Enerji yoğunluğunda düşüş ve orta ekonomik büyümenin olduğu durumdaki Türkiye'nin kömür talebi tahmini ETKB tahminleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.72'de gösterilmektedir.

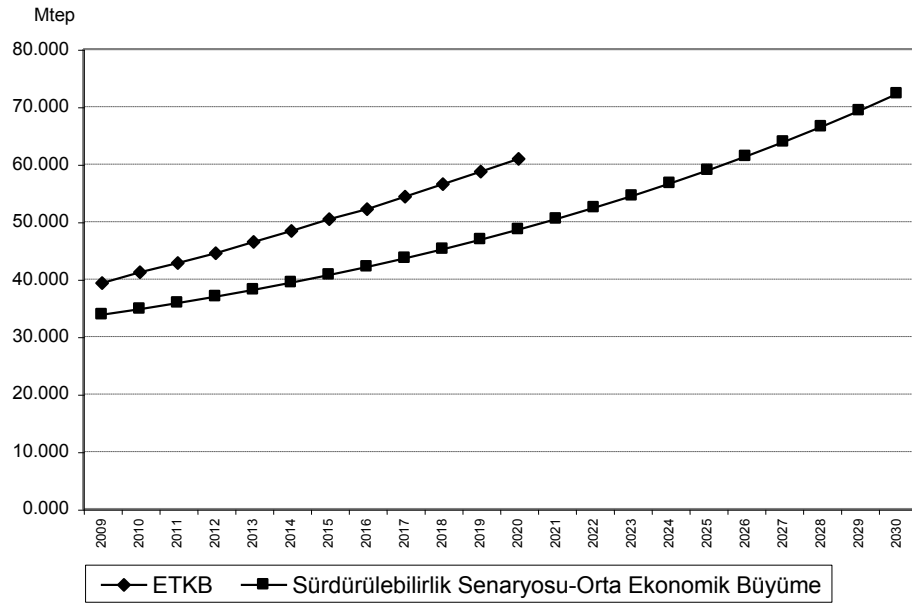


Şekil 4.72. Kömür Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2010 yılındaki Türkiye'nin kömür talebi 35 Mtep ve 2020 yılı talebi 80 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sınır ağırları tahminine göre 2010 yılında kömür talebi yaklaşık 30 Mtep ve 2020 yılında yaklaşık 40 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ayrıca 2030 yılında yaklaşık 52 Mtep kömür talebi olacağı tahmin edilmektedir.

4.5.2.2.6. Petrol

Sürdürülebilirlik yapısındaki orta ekonomik büyüme senaryosuna göre Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasındaki petrol talebi ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.73'te gösterilmektedir.

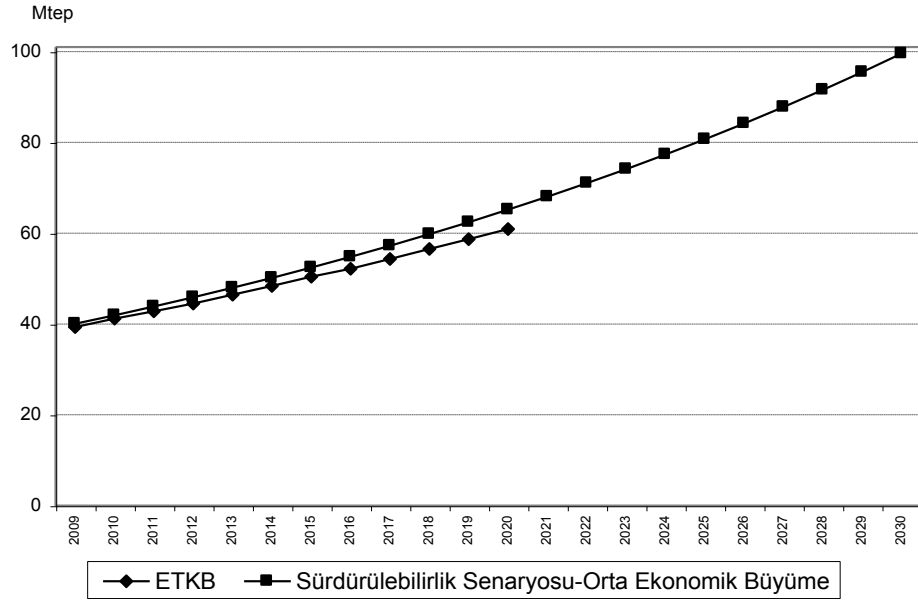


Şekil 4.73. Petrol Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2010 yılında Türkiye'nin petrol talebi 41 Mtep ve 2020 yılı talebi 61 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sınır ağırları tahminine göre 2010 yılında 35 Mtep ve 2020 yılında yaklaşık 50 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bunun yanı sıra yapay 2030 yılı petrol talebinin 72 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.2.7. Doğal Gaz

Sürdürülebilirlik yapısındaki orta ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasındaki doğal gaz talebi Şekil 4.74' gösterilmektedir.

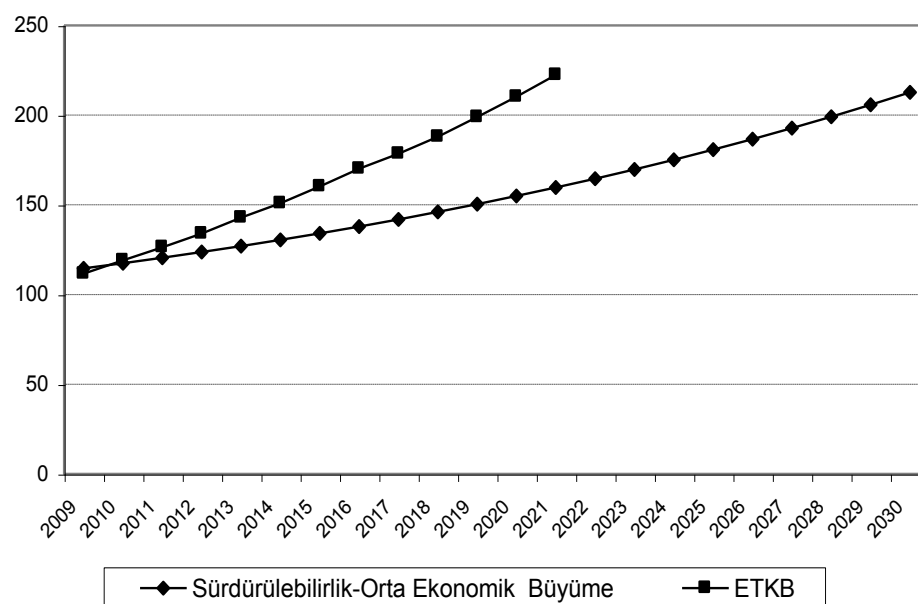


Şekil 4.74. Doğal Gaz Talebi Tahmini

Sürdürülebilirlik yapısındaki orta ekonomik büyümenin varsayıldığı senaryoya göre gerçekleştirilen yapay sınır ağı tahmini ile ETKB tahminleri benzerlik göstermektedir. Diğer bir ifade ile ETKB tahminleri enerji etkinliğinin sağlandığı ve orta ekonomik büyümenin var olduğu bir ortamda gerçekleşecek doğal gaz talebini göstermektedir.

4.5.2.2.8. Toplam Enerji Talebi

Enerji etkinliğin sağlandığı ve orta ekonomik büyümenin olduğu şartlarda gerçekleşecek enerji talebi sektörlere ve kaynaklara göre tahmin edilmiştir. Bunun yanı sıra bu varsayımlar altında gerçekleşecek olan toplam enerji talebi tahmini Şekil 4.75'te karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.75. Toplam Enerji Talebi Tahmini

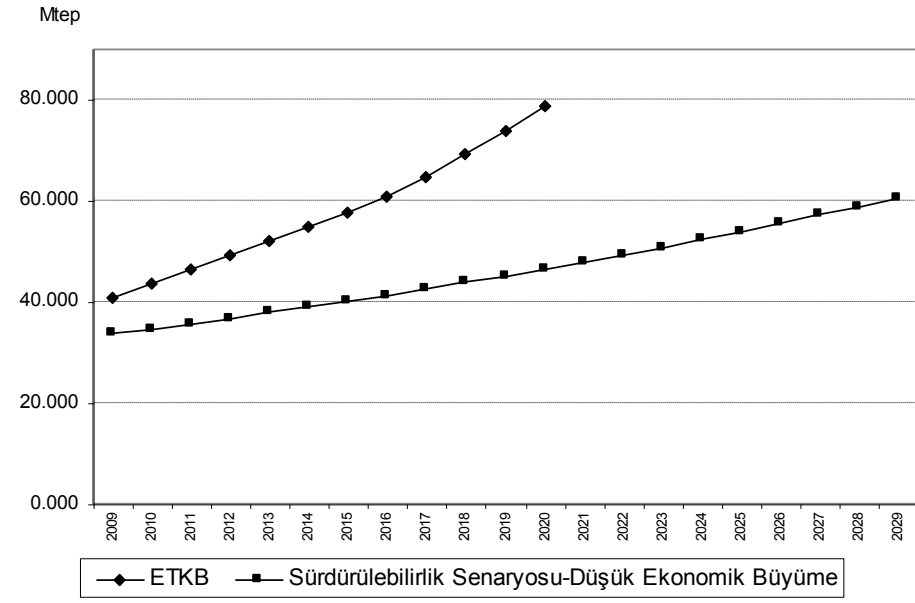
Yapay sinir ağları tahmin sonuçlarına göre 2015 yılında toplam enerji talebi 130 Mtep ve 2020 yılında 160 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminleri göre 2015 yılında enerji talebi 150 Mtep ve 2020 yılında 225 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.3. Düşük Ekonomik Büyüme

Enerji etkinliğin sağlanması dolayısıyla enerji yoğunluğunun 2009-2030 yılları arasında yıllık ortalama % 1.6 düşüş göstereceğinin ve ekonominin yıllık ortalama % 3 büyüyeceğinin varsayıldığı senaryoya göre sektörler ve kaynak bazında enerji talep tahminleri yapay sinir ağları yöntemi ile gerçekleştirilecektir.

4.5.2.3.1. Sanayi Sektörü

Enerji etkinliğin sağlanacağı ve düşük ekonomik büyüme varsayımı altında gerçekleştirilen sanayi sektörü enerji talebi tahmini Şekil 4.76'da ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

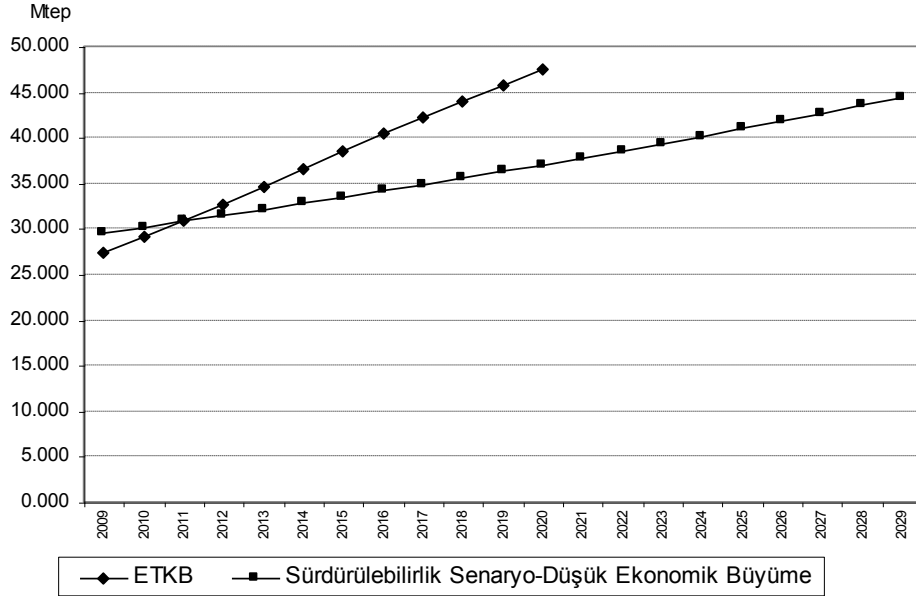


Şekil 4.76. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen sanayi sektörü enerji talebi 2010 yılında 35 Mtep ve 2020 yılında 49 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminine göre 2010 yılında 43 Mtep ve 2020 yılında yaklaşık 80 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.3.2. Konut Sektörü

Konut sektörünün 2009-2030 yılları arasında talep edeceği enerji talebi miktarı sürdürülebilirlik yapsındaki düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları ve ETKB'nın konut sektörü enerji talep tahmini Şekil 4.77'de gösterilmektedir.

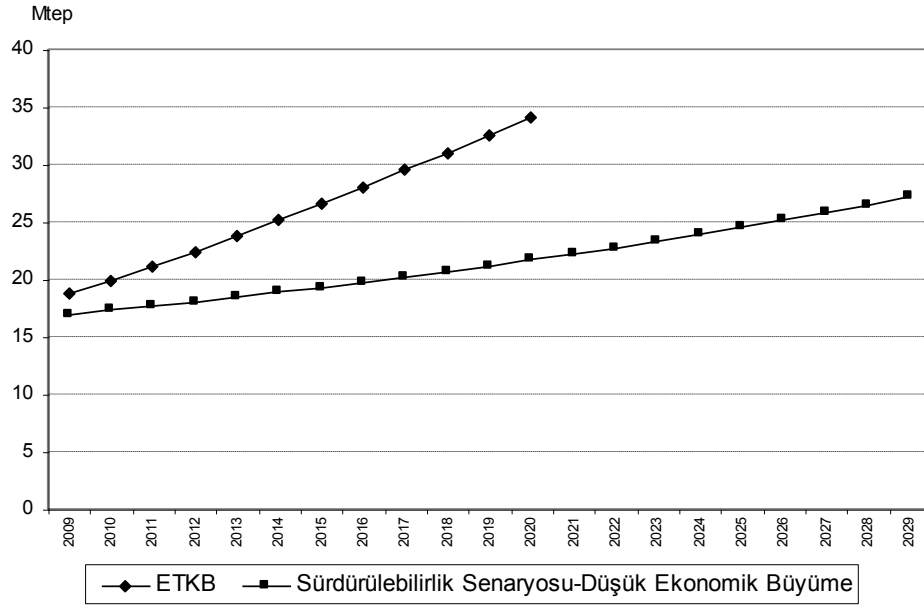


Şekil 4.77. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2010 yılında konut sektörü enerji talebi 29 Mtep ve 2020 yılında 47 Mtep olarak gerçekleşecektir. Yapay sinir ağları tahminine göre 2010 yılında 30 Mtep ve 2020 yılında 37 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ayrıca 2030 yılında yapay sinir ağları tahmine göre yaklaşık 45 Mtep olarak gerçekleşeceği beklenmektedir.

4.5.2.3.3. Ulaştırma Sektörü

Düşük ekonomik büyüme ve enerji etkinliğinin arttırılacağı varsayımı altında ulaştırma sektörünün talep edeceği enerji miktarı tahmini Şekil 4.78'de gösterilmektedir.

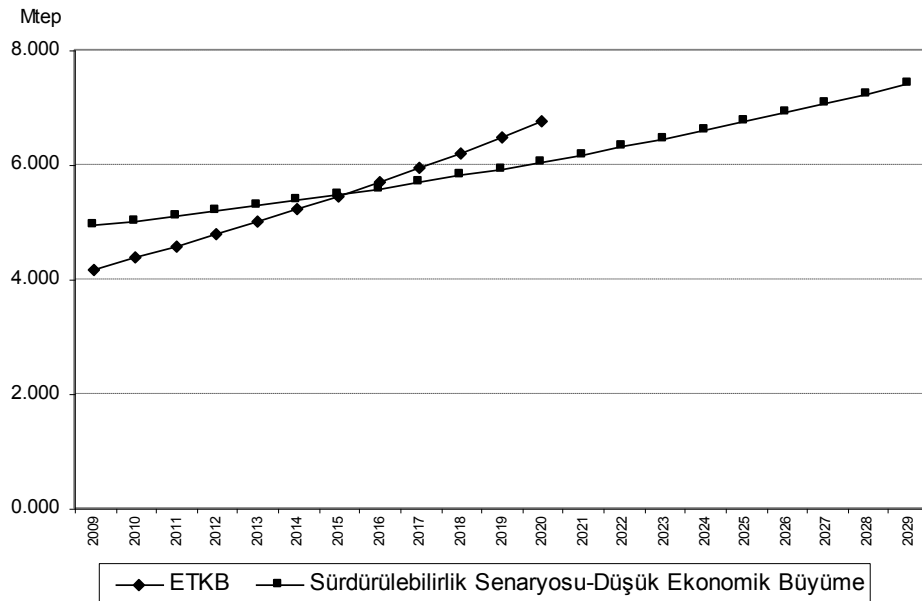


Şekil 4.78. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları tahminine göre 2010 yılında ulaştırma sektörü enerji talebi 17 Mtep ve 2020 yılında 22 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılında 20 Mtep ve 2020 yılında 34 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ayrıca yapay sinir ağları tahmin sonuçlarına göre 2025 yılında 24 Mtep ve 2030 yılında 27 Mtep olarak gerçekleşecektir.

4.5.2.3.4. Tarım Sektörü

Düşük ekonomik büyüme ve enerji yoğunluğun azalacağının varsayıldığı senaryoya göre tahmin edilen tarım sektörü enerji talebi Şekil 4.79’da gösterilmektedir.

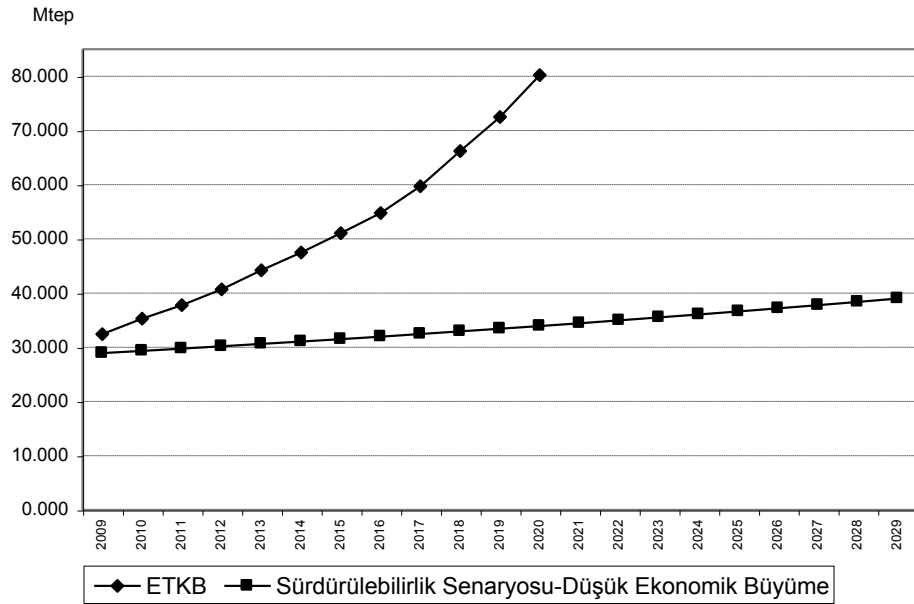


Şekil 4.79. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı tahminine göre tarım sektörü enerji talebi 2010 yılında yaklaşık 5 Mtep ve 2020 yılında 6 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılında 4.5 Mtep ve 2020 yılında 7 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Bunun yanı sıra 2030 yılında Türkiye'nin tarım sektörünün enerji talebi yaklaşık 7.5 Mtep olarak gerçekleşeceği yapay sinir ağı tahminine göre öngörülmektedir.

4.5.2.3.5. Kömür

Sürdürülebilirlik yapısındaki düşük ekonomik büyüme varsayımına göre tahmin edilen Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasındaki kömür talebi Şekil 4.80'de ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

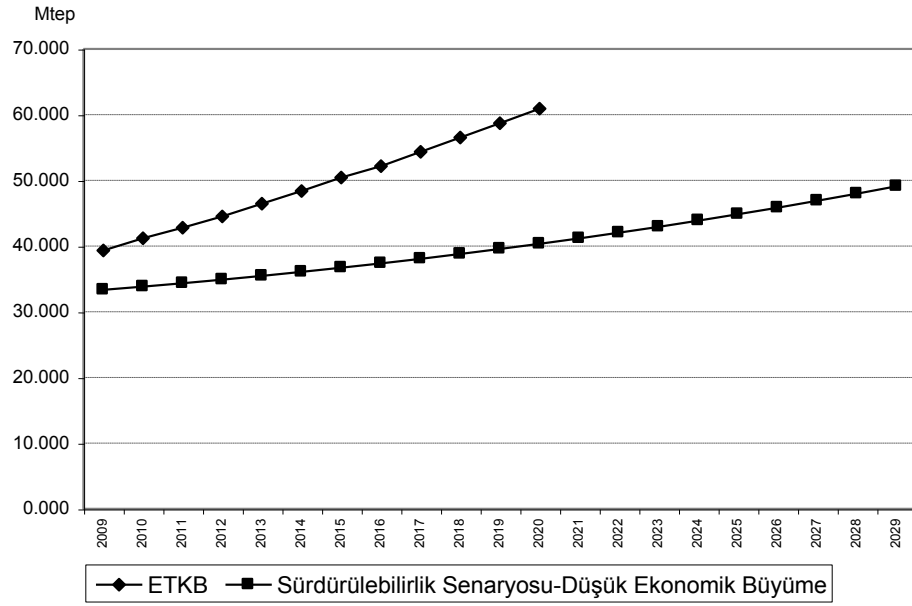


Şekil 4.80. Kömür Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı tahminine göre 2009-2030 yılları arasında enerji etkinliğinin artırılması durumunda kömür talebinde artış toplam 10 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak ETKB tahminlerine göre bu artış yaklaşık 50 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Dolayısıyla ETKB ve yapay sinir ağı tahminleri arasında 5 kat gibi yüksek fark söz konusudur.

4.5.2.3.6. Petrol

Sürdürülebilirlik yapısındaki düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen petrol talebi Şekil 4.81'de gösterilmektedir.

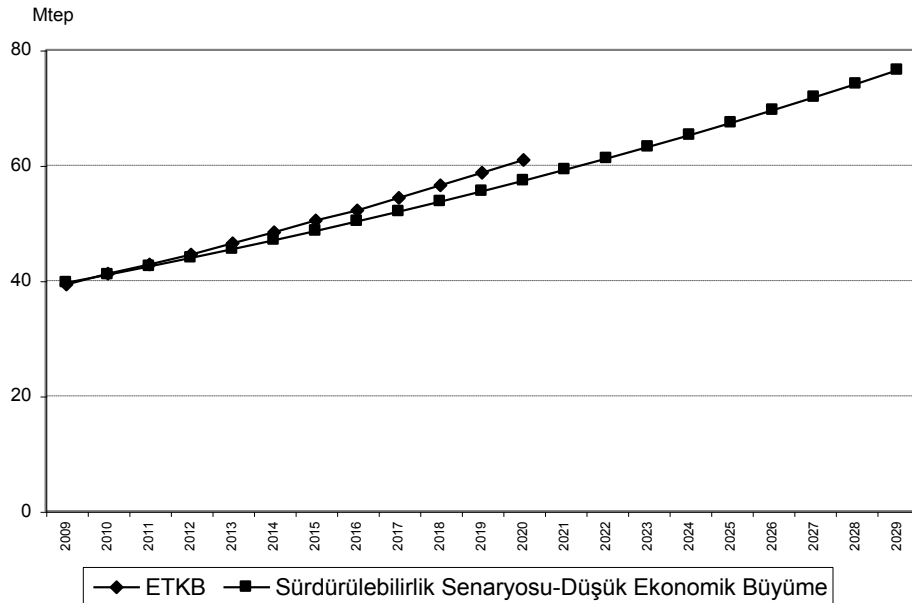


Şekil 4.81. Petrol Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları tahminine göre 2010 yılında Türkiye'nin petrol talebi 35 Mtep ve 2020 yılında 40 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılında Türkiye'nin petrol talebi 41 Mtep ve 2020 yılında 61 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ayrıca 2030 yılında yapay sinir ağları tahminine göre yaklaşık 50 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.2.3.7. Doğal Gaz

Enerji etkinliğinin arttırılacağına varsayıldığı düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre tahmin edilen doğal gaz talebi Şekil 4.82'de gösterilmiştir.

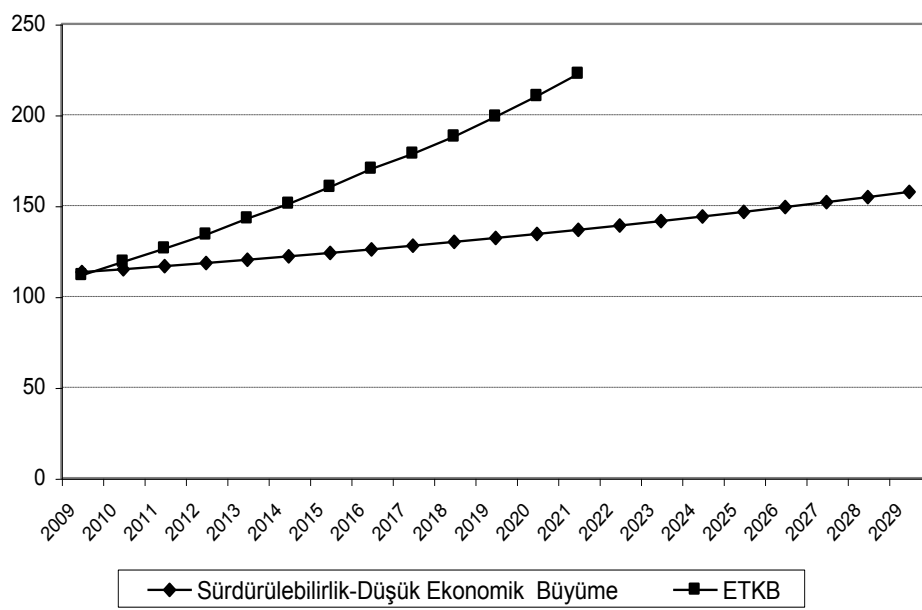


Şekil 4.82. Doğal Gaz Talebi Tahmini

ETKB ve sürdürülebilirlik yapısındaki düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre yapılan yapay sınır ağırları tahminlerine göre Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasındaki doğal gaz talebi 40 Mtep'den 60 Mtep seviyesine çıkacaktır.

4.5.2.3.8. Toplam Enerji Talebi

Sektörler ve kaynaklar itibari ile Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında sürdürülebilirlik yapısındaki düşük ekonomik büyüme senaryosuna göre yapay sınır ağırları yöntemi ile enerji talepleri tahminleri gerçekleştirilmiştir. Bu tahminlerin yanı sıra Türkiye'nin toplam enerji talebi tahmini Şekil 4.83'de ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.83. Toplam Enerji Talebi Tahmini

Yapay sınır ağırları tahminine göre 2010 yılında Türkiye'nin toplam enerji talebi 120 Mtep ve 2020 yılı talebi 140 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılı toplam enerji talebi 122 Mtep ve 2020 yılı talebi 225 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ayrıca yapay sınır ağırları tahminine göre 2030 yılı toplam enerji talebi 152 Mtep olacağı tahmin edilmektedir.

4.5.3. Dönemsel Değişim Senaryo Projeksiyonları

Oluşturulan bu senaryoda 2009-2030 yılları arası beş periyoda ayrılmıştır. Her bir periyod için ekonomik büyüme, ihracat, ithalat ve enerji yoğunluğundaki değişimler farklılaştırılmıştır. Enerji talebi belirleyicileri olarak ele alınan diğer değişken olan nüfus bütün periyotlarda yıllık ortalama %1.2 büyüme göstereceği varsayılmıştır.

Dönemsel değişim senaryo yapısı iki farklı senaryoya sahiptir. Birincisi bütün periyotlarda enerji yoğunluğunun sabit olduğu sabit enerji yoğunluğu senaryosu,

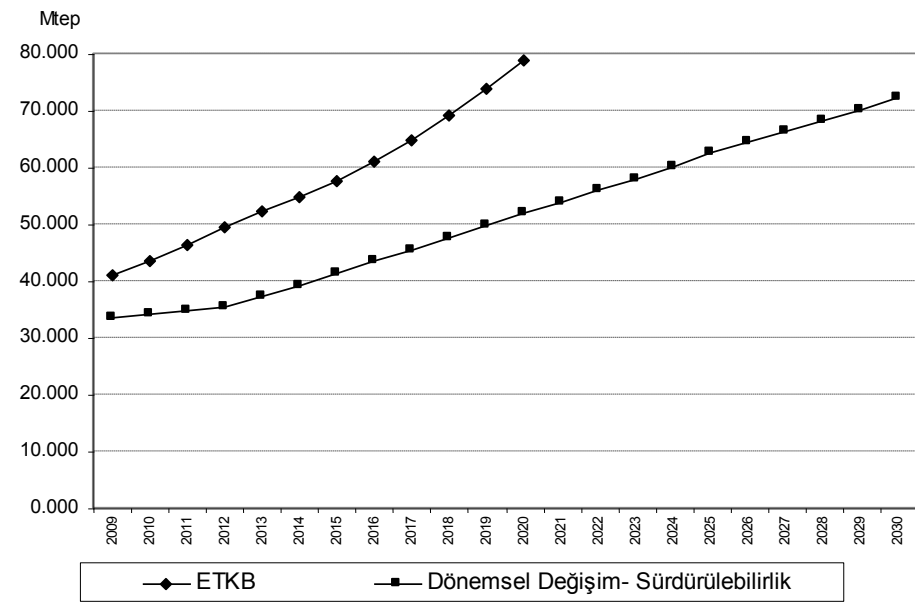
ikincisi 2009-2012 yılları arasında enerji yoğunluğunun yıllık ortalama % 1.5, 2013-2020 yılları arasında yıllık ortalama % 3.5 azalacağının ve 2021-2030 yılları arasında sabit kalacağının varsayıldığı sürdürülebilirlik senaryosudur. Oluşturulan bu iki senaryoya göre sektörler ve kaynak itibari ile tahminler gerçekleştirilerek ETKB tahminleri ile karşılaştırılacaktır.

4.5.3.1. Sürdürülebilirlik

2012 yılına kadar enerji yoğunluğunun yıllık ortalama % 1.5, 2020 yılına kadar yıllık % 3.5 azaltılacağı ve 2021-2030 yılları arasında da sabit olacağının varsayıldığı bu senaryoya göre sektörler, kaynaklar ve toplam enerji talebi yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilecektir. Elde edilen tahmin sonuçları ile ETKB tahmin sonuçları karşılaştırılacaktır.

4.5.3.1.1. Sanayi Sektörü

Dönemsel değişim yapısında sürdürülebilirlik senaryosuna göre yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilen sanayi sektörü enerji talebi Şekil 4.84'te gösterilmektedir.

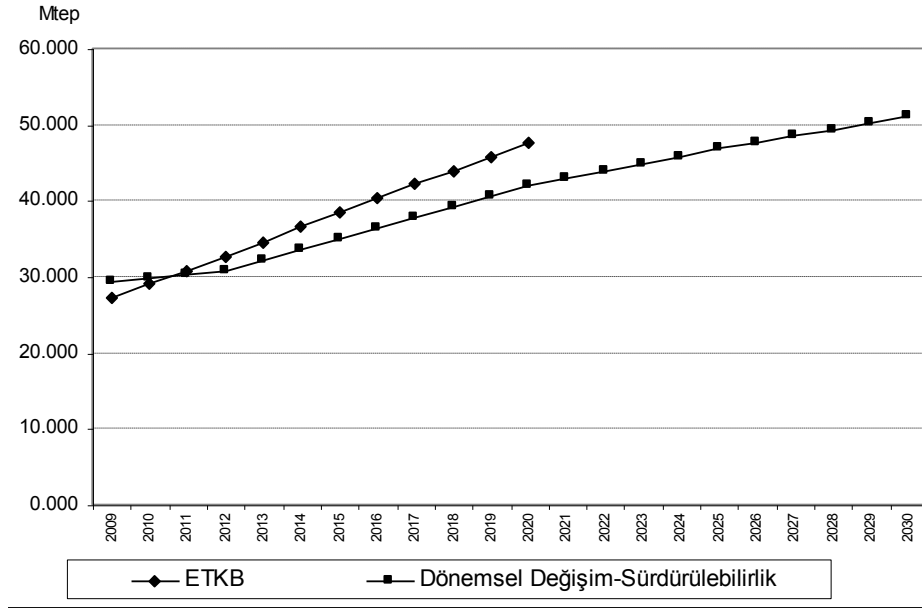


Şekil 4.84. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Bu senaryo tahminlerine göre 2010 yılı sanayi sektörü enerji talebi 35 Mtep ve 2020 yılı enerji talebi 52 Mtep olarak gerçekleşecektir. Ancak ETKB tahminlerine göre 2010 yılı sanayi sektörü enerji talebi 44 Mtep ve 2020 yılı enerji talebi 80 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.3.1.2. Konut Sektörü

Enerji yoğunluğunun azalacağı varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilen konut sektörü enerji talebi tahmini Şekil 4.85 gösterilmiştir.

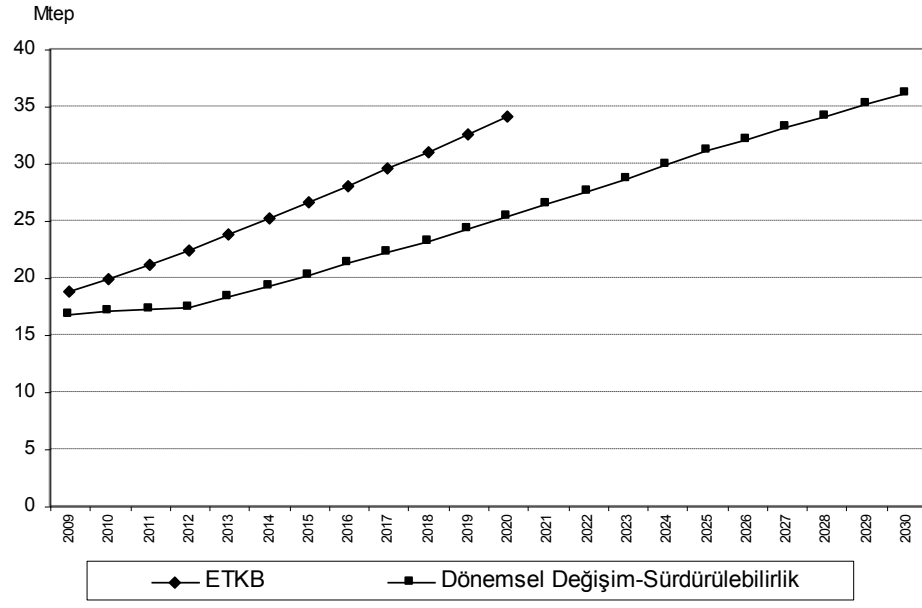


Şekil 4.85. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2015 yılında konut sektörü enerji talebi 39 Mtep ve 2020 yılı talebi 48 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Yapay sinir ağı tahminlerine göre 2015 yılı konut sektörü enerji talebi 35 Mtep ve 2020 yılı talebi 42 Mtep olarak gerçekleşecektir. Bunun yanı sıra 2030 yılı talebi 51 Mtep seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir.

4.5.3.1.3. Ulaştırma Sektörü

Dönemsel değişim yapısındaki sürdürülebilirlik senaryosuna göre gerçekleştirilen ulaştırma sektörü enerji talebi tahmini Şekil 4.86 gösterilmektedir.

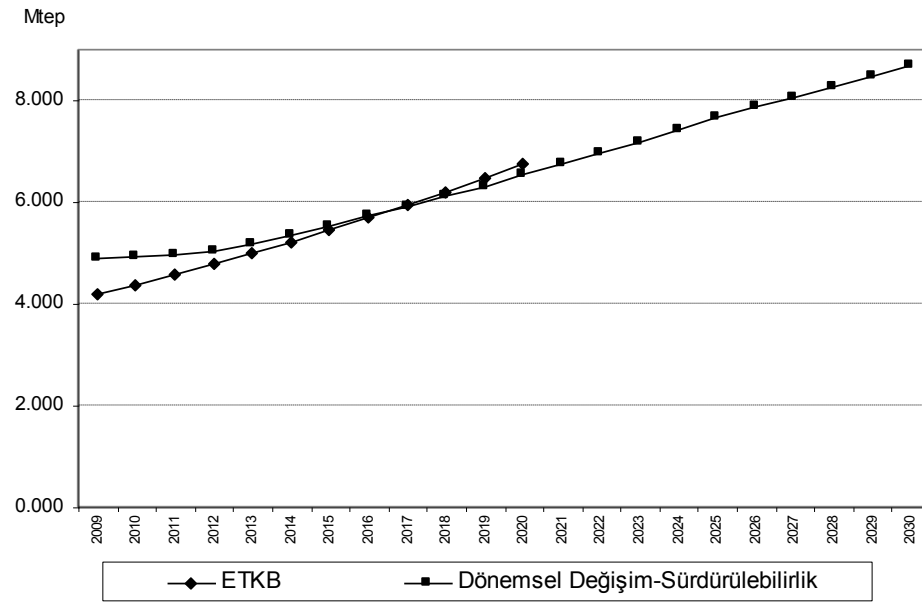


Şekil 4.86. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Şekil 4.86’da yer alan tahmin sonuçlarına göre 2010 yılı ulaştırma sektörü enerji talebi 17 Mtep ve 2020 yılı talebi yaklaşık 25 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılı talebi 20 Mtep ve 2020 yılı talebi 34 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.3.1.4. Tarım Sektörü

Dönemsel değişim yapısındaki sürdürülebilirlik senaryosuna göre tahmin edilen tarım sektörü enerji talebi tahmini Şekil 4.87’de ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

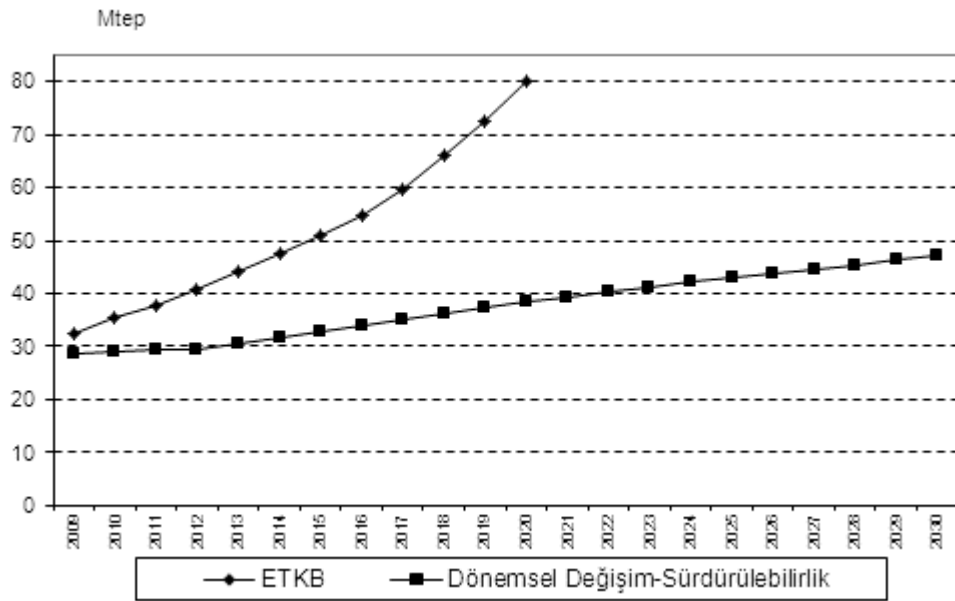


Şekil 4.87. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı tahminlerine göre tarım sektörü enerji talebi 2013 yılına kadar 5 Mtep seviyelerinde seyredecektir. Bu yıldan sonra ETKB ve yapay sinir ağı tahminlerine göre tarım sektörü enerji talebi benzer seyir izleyeceği öngörülmektedir. Ayrıca 2025 yılı talebi 7.5 Mtep ve 2030 yılı talebi yaklaşık 9 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.

4.5.3.1.5. Kömür

Enerji etkinliğinin artacağına varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre tahmin edilen kömür talebi tahmini ETKB tahmini ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.88’de gösterilmektedir.

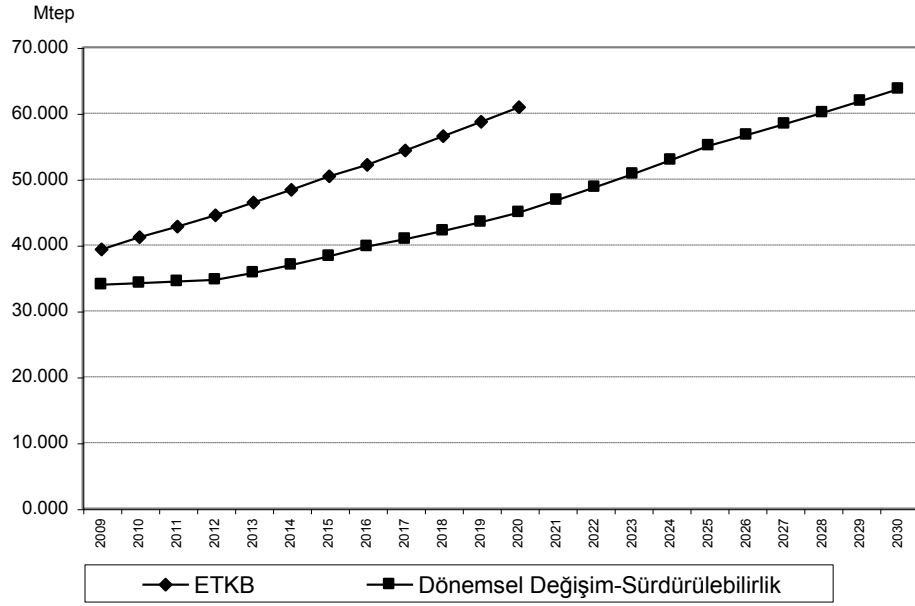


Şekil 4.88. Kömür Talebi Tahmini

Yapay sinir ağı tahminlerine göre 2010 yılı kömür talebi yaklaşık 30 Mtep ve 2020 yılı kömür talebi 40 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Diğer bir ifade ile on yıllık süreçte kömüre olan talebin yaklaşık % 35 artacağı tahmin edilmektedir. Ancak ETKB tahminlerine göre bu süreçte kömür talebindeki artışın yaklaşık % 150 olacağını öngörülmüştür.

4.5.3.1.6. Petrol

Dönemsel değişim yapısındaki sürdürülebilirlik senaryosuna göre tahmin edilen petrol talebi tahmini Şekil 4.89’da gösterilmiştir.

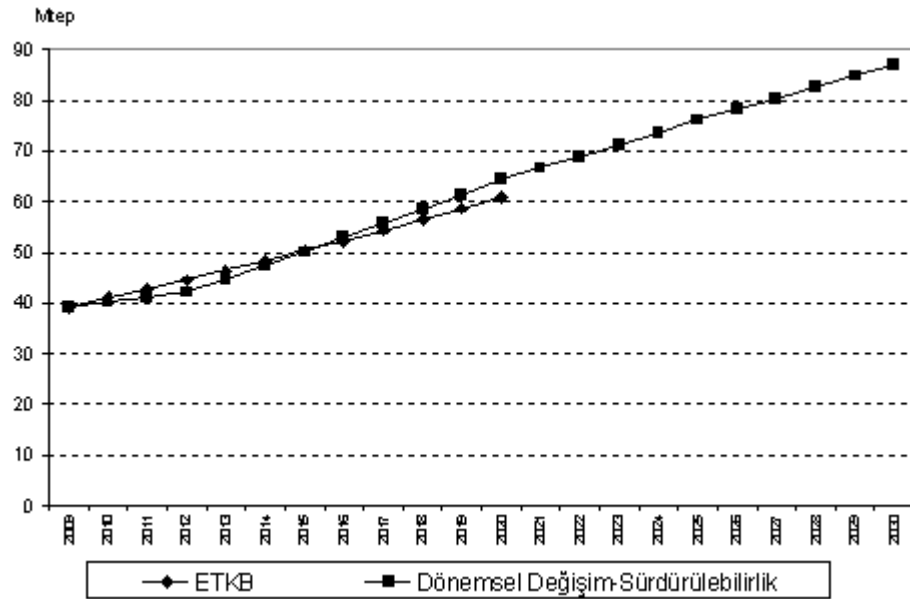


Şekil 4.89. Petrol Talebi Tahmini

Yapay sınır ağı tahminine göre 2010 yılı petrol talebi 35 Mtep ve 2020 yılı talebi 45 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 petrol talebi 41 Mtep ve 2020 yılı talebi yaklaşık 60 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.3.1.7. Doğal Gaz

Dönemsel değişim varsayımı altında oluşturulan sürdürülebilirlik senaryosuna göre tahmin edilen Türkiye'nin doğal gaz talebi Şekil 4.90'da gösterilmektedir.



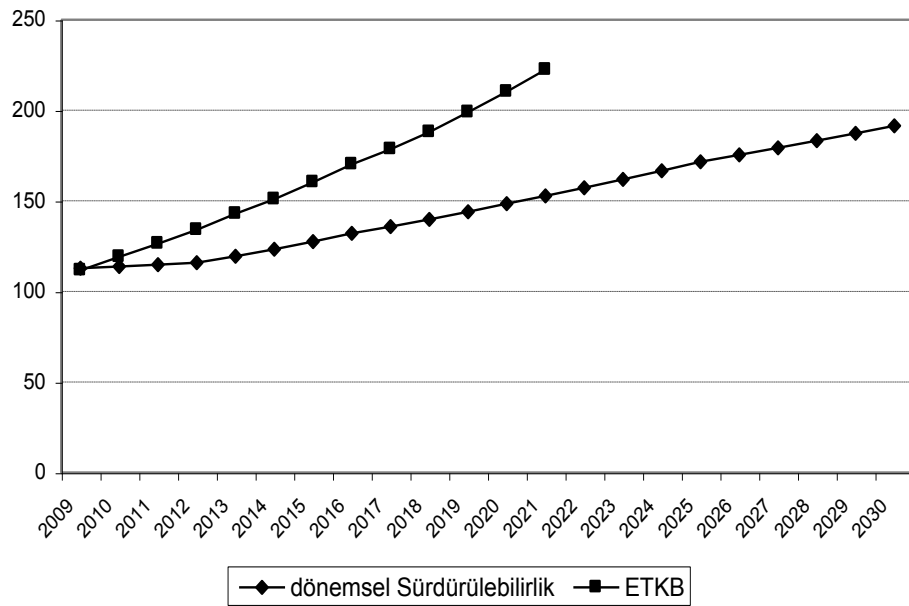
Şekil 4.90. Doğal Gaz Talebi Tahmini

ETKB tahminleri ve dönemsel değişim yapısındaki sürdürülebilirlik senaryosuna göre gerçekleştirilen yapay sınır ağı tahminleri 2010-2020 yılları arasında doğal gaz

talebinin yaklaşık % 50 artacağını göstermektedir. Ayrıca yapay sinir ağı tahminine göre 2025 yılı doğal gaz talebi 74 Mtep ve 2030 yılı talebi 88 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.3.1.8. Toplam Enerji Talebi

Enerji etkinliğinin artacağını diğer bir ifade ile birim üretim yapmak için kullanılan enerji miktarının azaltılacağını varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre kaynaklar ve sektörler bazında yapay sinir ağı yöntemi ile tahminler gerçekleştirilmiştir. Aynı yöntemde Türkiye'nin toplam enerji talebi tahmin edilerek Şekil 4.91'de ETKB tahmin sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.91. Toplam Enerji Talebi Tahmini

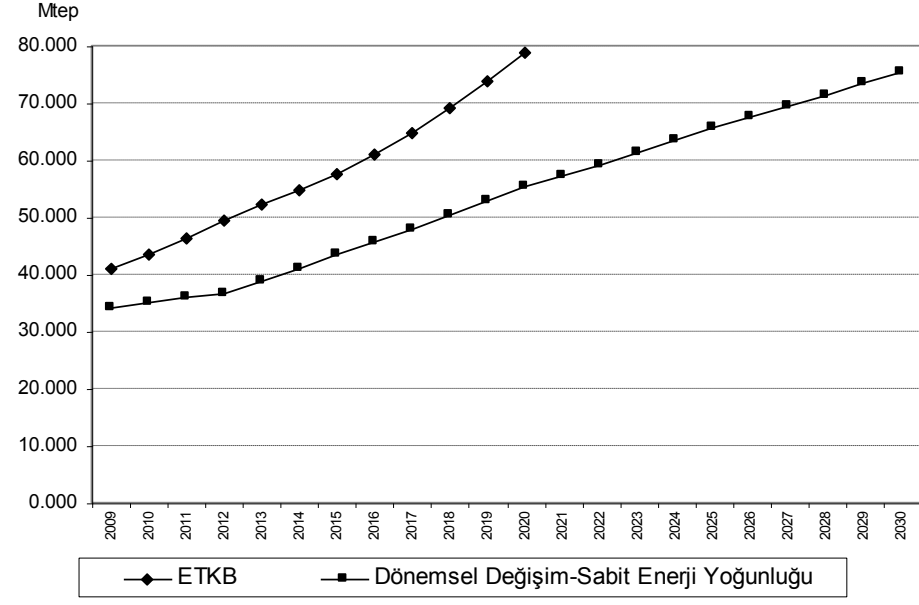
Yapay sinir ağı tahminlerine göre Türkiye'nin 2010 yılı toplam enerji talebi 118 Mtep 2020 yılı talebi 150 Mtep olarak gerçekleşecektir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılı toplam enerji talebi 122 Mtep ve 2020 yılı talebi 225 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Dolayısıyla 2020 yılında 2010 yılına göre yapay sinir ağı tahmine göre enerji talebi yaklaşık % 30, ETKB tahminlerine göre yaklaşık % 80 artış göstereceği tahmin edilmektedir.

4.5.3.2. Sabit Enerji Yoğunluğu

Dönemsel değişim senaryosu altında enerji yoğunluğunun 2010-2030 yılları arasında sabit kalacağı varsayılarak oluşturulan sabit enerji yoğunluğu senaryosuna göre kaynaklar ve sektörler bazında enerji talebi tahminleri yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilecektir. Bunun yanı sıra toplam enerji talebi tahmin edilerek elde edilen sonuçlar ETKB tahminleri ile karşılaştırılacaktır.

4.5.3.2.1. Sanayi Sektörü

Dönemsel değişim yapısındaki sabit enerji yoğunluğu senaryosuna göre yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilen sanayi sektörü enerji talebi Şekil 4.92’de gösterilmiştir.

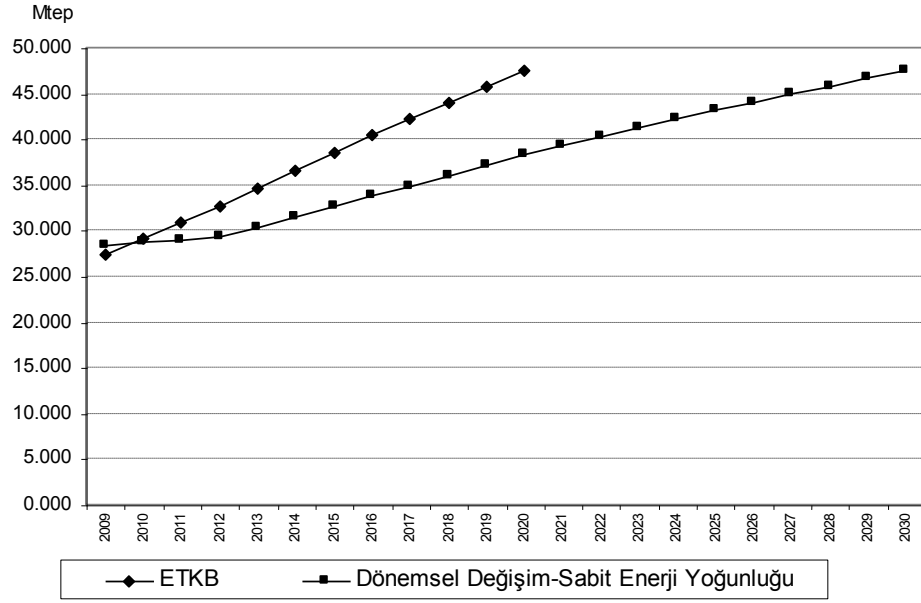


Şekil 4.92. Sanayi Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları yöntemine göre 2010 yılı sanayi sektörü enerji talebi 36 Mtep ve 2020 yılı talebi 56 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılı talebi 44 Mtep ve 2020 yılı talebi 80 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.

4.5.3.2.2. Konut Sektörü

Enerji yoğunluğunun sabit kalacağının varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre tahmin edilen konut sektörü enerji talebi Şekil 4.93’de gösterilmektedir.

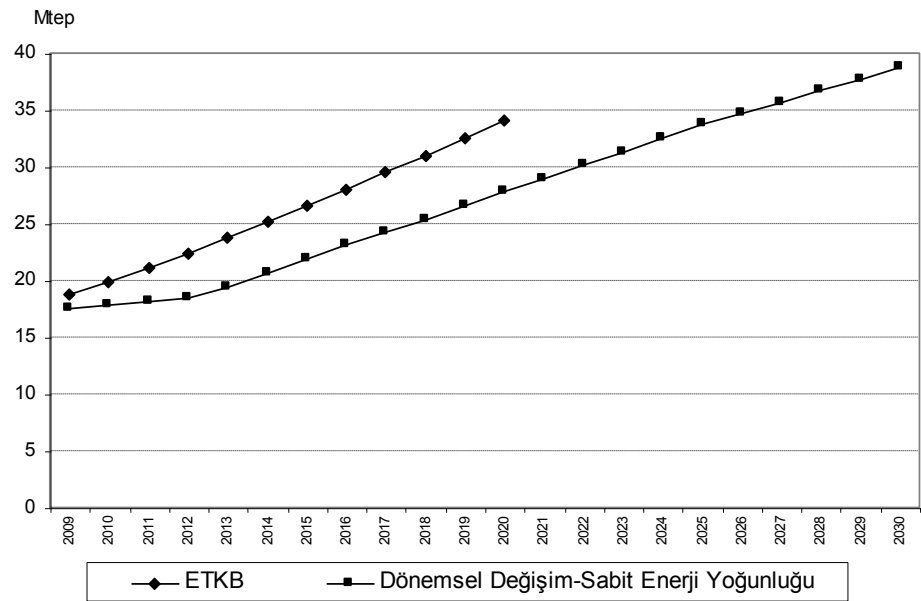


Şekil 4.93. Konut Sektörü Enerji Talebi Tahmini

ETKB ve yapay sinir ağları tahminine göre 2010 yılı konut sektörü enerji talebi 29 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ancak devam eden dönemde ETKB tahminleri yapay sinir ağları tahminlerinden yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Yapay sinir ağları yöntemine göre 2020 yılı konut sektörü enerji talebi 36 Mtep olarak öngörülürken, ETKB tahminlerine göre 47 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.3.2.3. Ulaştırma Sektörü

Enerji etkinliğinde bir değişimin yaşanmayacağını varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre tahmin elen ulaştırma sektörü enerji talebi tahmini Şkil 4.94’de gösterilmiştir.

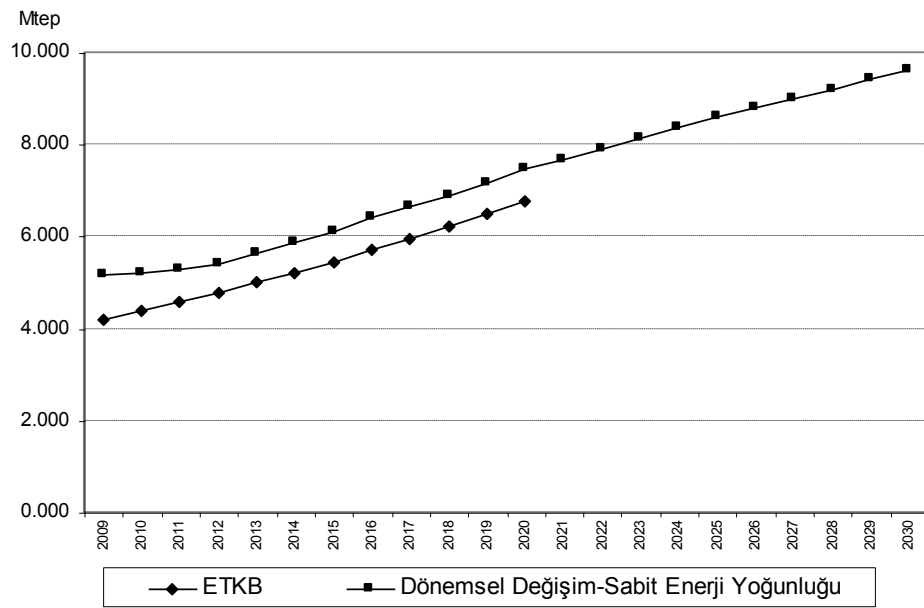


Şekil 4.94. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları yöntemine göre ulaştırma sektörü enerji talebi 2010 yılında 17 Mtep ve 2020 yılında 28 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. ETKB tahminlerine göre 2010 yılı ulaştırma sektörü enerji talebi 20 Mtep ve 2020 yılı talebi 34 Mtep olacağı öngörülmektedir.

4.5.3.2.4. Tarım Sektörü

Enerji yoğunluğunun sabit kalacağı varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre tahmin edilen tarım sektörü enerji talebi Şekil 4.95'te gösterilmektedir.

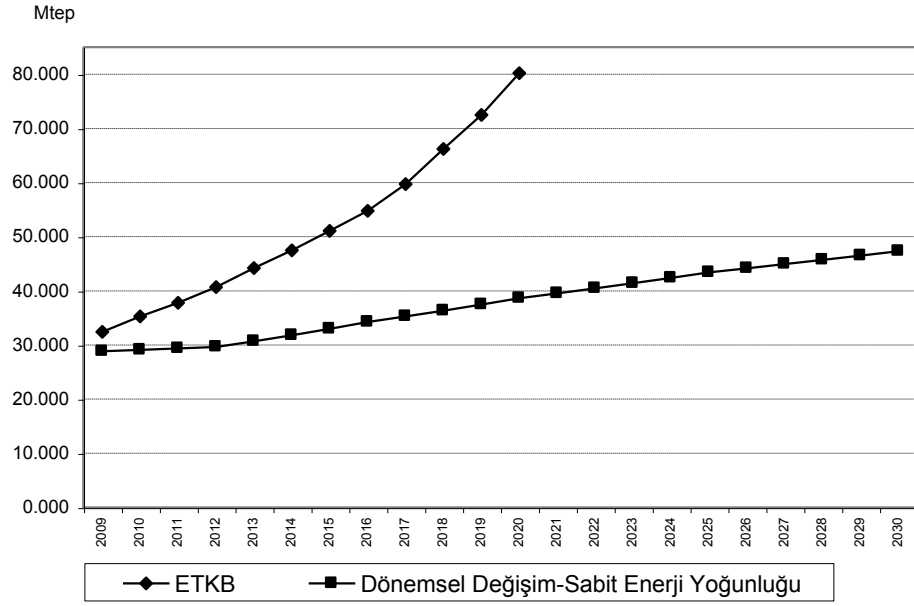


Şekil 4.95. Tarım Sektörü Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları tahmin sonuçları tarım sektörünün ETKB tahminlerinden yüksek gerçekleşeceğini göstermektedir. 2020 yılında tarım sektörünün enerji talebi yapay sinir ağları yöntemine göre 7.5 Mtep olacağı tahmin edilirken ETKB tahminlerine göre 6.5 Mtep olacağı öngörülmektedir.

4.5.3.2.5. Kömür

Dönemsel değişim yapısındaki sabit enerji yoğunluğu senaryosuna göre tahmin edilen kömür talebi tahmini Şekil 4.96'da gösterilmiştir.

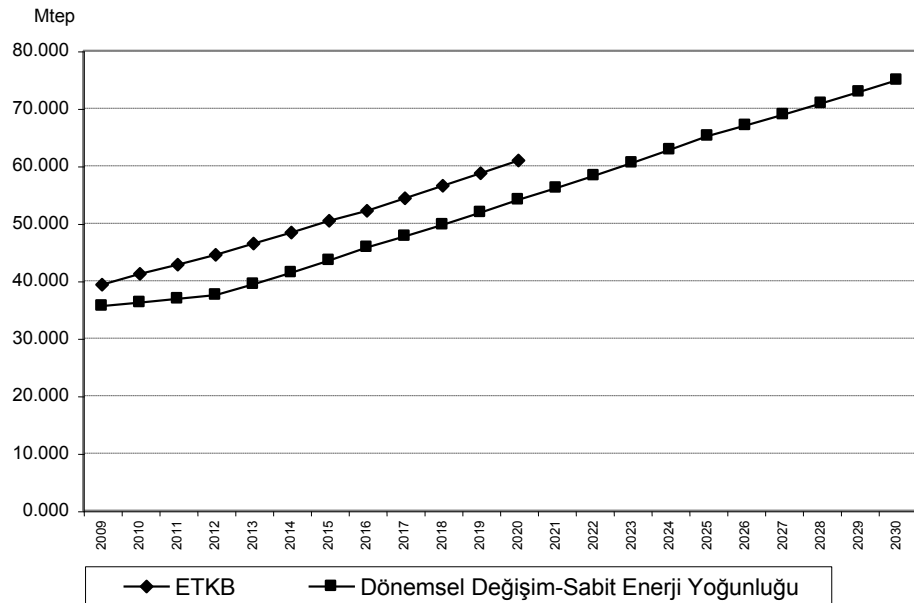


Şekil 4.96. Kömür Talebi Tahmini

Tüm senaryo tahminlerinde olduğu gibi bu senaryoya göre de tahmin edilen kömür talebi ETKB tahmininden düşük seviyede seyredeceği öngörülmektedir. Buna göre 2020 yılı kömür talebi yapay sınır ağırları tahminine göre yaklaşık 40 Mtep, ETKB tahminlerine göre 80 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.

4.5.3.2.6. Petrol

Türkiye'nin 2009-2030 yılları arasında sabit enerji yoğunluğunun varsayıldığı dönemsel değişim senaryosunun gerçekleşmesitalep edeceği petrol miktarı Şekil 4.97'de gösterilmektedir. Ayrıca şekilde yapay sınır ağırları tahmin sonuçları ETKB tahminleri ile karşılaştırmalı olarak yer almaktadır.

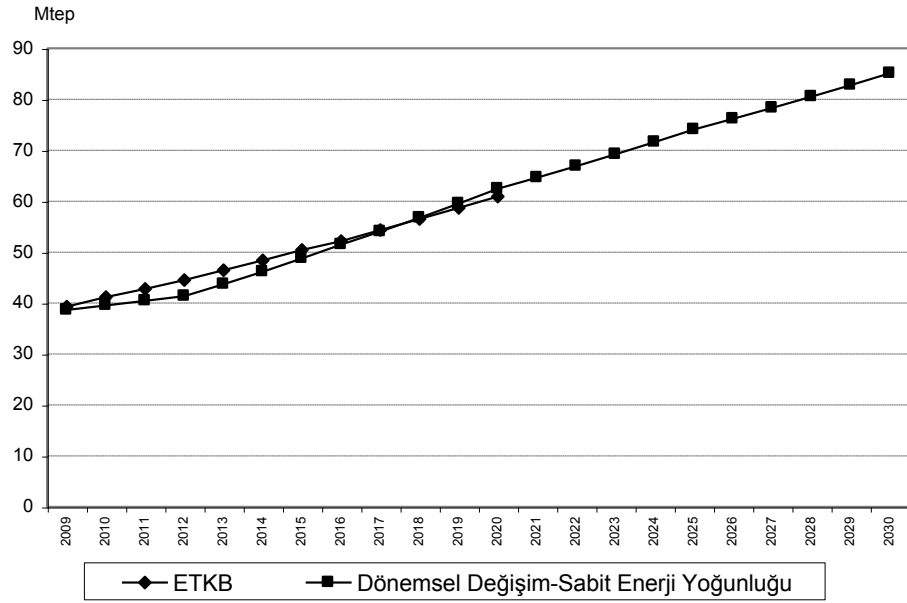


Şekil 4.97. Petrol Talebi Tahmini

ETKB tahminlerine göre 2010 yılı petrol talebi 41 Mtep ve 2020 talebi 61 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Yapay sinir ağı tahminine göre 2010 yılı talebi 38 Mtep ve 2020 taleb 54 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

4.5.3.2.7. Doğal Gaz

Dönemsel değişim yapısındaki sabit enerji yoğunluğu senaryosuna göre yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilen Türkiye'nin doğal gaz talebi ETKB tahmin sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.98’gösterilmektedir

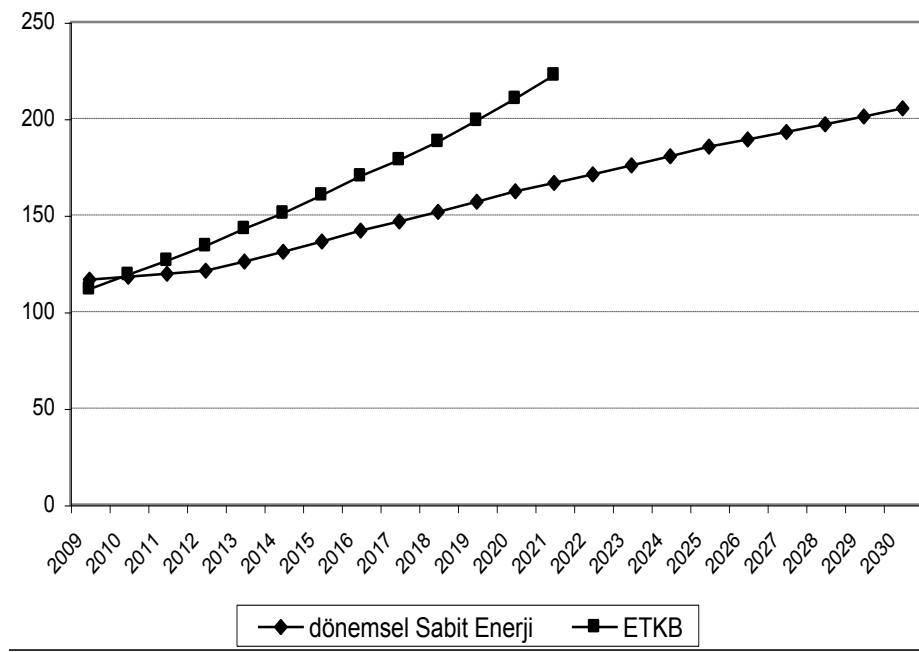


Şekil 4.98. Doğal Gaz Talebi Tahmini

Dönemsel değişim yapısındaki sabit enerji yoğunluğu varsayımı altında yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilen doğal gaz talebi ve ETKB tahminleri 2009-2030 yılları arasında benzerlik göstermektedir.

4.5.3.2.8. Toplam Enerji Talebi

2009-2030 yılları arasında enerji yoğunluğunun sabit kalacağını varsayıldığı dönemsel değişim senaryosuna göre sektörler ve kaynaklar bazında enerji talebi tahminleri yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bunun yanı sıra toplam enerji talebi tahmini gerçekleştirilerek Şekil 4.99’da gösterilmiştir.



Şekil 4.99. Toplam Enerji Talebi Tahmini

Yapay sinir ağları ve ETKB tahminlerine göre 2010 yılı toplam enerji talebi 122 Mtep olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. 2020 yılı toplam enerji talebi yapay sinir ağları yöntemine göre 160 Mtep, ETKB'na göre 225 Mtep olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.

SONUÇ

Enerji talebini tahmin etmek neden önemlidir?

1. Küresel ısınmanın önüne geçebilmek ve gelecekte meydana gelecek sorunların en aza indirilebilmesi için yapılması gereken en önemli çalışma, gelecekte meydana gelecek emisyon miktarlarının bugünden tahmin edilmesidir. Bunun içinde emisyon miktarını belirleyen en önemli faktör enerjidir. Dolayısıyla enerji talebinin en doğru şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.

2. Dünya çapında gerçekleşen nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte, küreselleşme sonucu artan ticaret ve üretim imkanlarına bağlı olarak, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Enerjiye olan talebin artması gelecekte ihtiyaç duyulacak olan enerji miktarının belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Çünkü gelecekte tüketilecek miktar tespit edilemezse yeterli enerji arz edilemeyecek dolayısıyla enerji açığı meydana gelecektir.

3. Ülkemizin enerji ithalatçısı konumunda olması ve bu ithalatın ülke ekonomisi için önemli bir maliyet olması nedeniyle de enerji talebinin doğru tahmin edilmesi Türkiye için hayati öneme sahiptir.

4. Bunun yanı sıra küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin neden olduğu hasarın maliyetleri, bu hasarı gidermek için yapılan uyum maliyetleri ve iklim değişikliğini önlemek için yapılan önleyici politikaların maliyetlerini en aza indirebilmek için de Türkiye'nin enerji talebinin doğru belirlenmesi gerekmektedir.

5. Bir diğer faktör enerjinin en önemli çeşidi olan elektriğin depolanamaması enerji talebinin tahminin zorunlu hale getirmiştir.

Türkiye'nin resmi enerji talebi tahmini neden yüksek çıkmaktadır?

Türkiye'de enerji talep tahmini için kullanılan teknoloji temelli bir yöntem olan Model for Analysis of the Energy Demand (MAED) modeli sonuçlarına getirilen en önemli eleştiri öngörülen yüksek emisyonlara temel teşkil eden ve Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji talebini tahmin eden MAED modelin varsayımlarına yapılmaktadır. Bu modelde geleceğe yönelik kullanılan ekonomik büyüme, nüfus artışı gibi sosyo-ekonomik verileri ifade eden parametreler hükümetlerin kalkınma planı hedeflerine göre oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra Türkiye'nin linyit üretiminin gelecekte 7 kat artacağına varsayılması gibi aşırı yüksek tahminler de yüksek çıkan tahmin sonuçlarının nedenlerindendir. Dolayısıyla kalkınma hedeflerinin yüksek belirlenmesi enerji talebinin çok yüksek seviyelerde çıkmasına neden olmaktadır.

Türkiye'nin enerji talebi tahmininin hatalı olmasının sonuçları nelerdir?

1. Enerji talebinin abartılı olması Türkiye'nin kullandığı gazın ve elektriğin pahalı olmasına neden olabilmektedir. Yüksek hacimli ve abartılmış talep tahminlerinin kaçınılmaz sonucu olarak, kullanabileceğinden çok fazla doğal gaz alım anlaşmasının altına imza atılmıştır. İmzalanan bu tür anlaşmaların kapsadığı yıllık gaz miktarı yaklaşık 70 milyar metre küptür. Üstelik bu anlaşmalar, “al ya da öde” koşullu ve 25-30 yıllık anlaşmalar olduğundan, alınmaması halinde Türkiye, gazı kullanmış gibi, parasını ödemekle yükümlü hale getirilmiştir. Türkiye’de, doğal gazın depolanabileceği yeraltı depoları da olmadığından (şimdi, üretilerek boşalan Kuzey Marmara sahasının rezervuarı, bu amaçla kullanılacaktır. Ancak, onun da kapasitesi yaklaşık 3 milyar metreküp ile sınırlıdır. Türkiye, ithal gaza dayalı enerji politikası ile, büyük mali yük altına sokulmuştur (Pamir, 2003). Bu yanlış politika, abartılı gaz talep tahminleriyle, iyice içinden çıkılmaz hale gelmiştir.

2. Tahmin edilen enerji talebinin yüksek çıkması, iklim değişikliğine neden olan sera gazı tahminlerinde yüksek çıkmasına neden olacaktır. Dolayısıyla Kyoto protokolüne dahil olduğumuz için, yüksek seragazı salımı nedeniyle yüksek miktarda kaynak ayırmamız gerekecektir. İklim Değişikliği Meclis Araştırma Komisyonu’na DPT uzmanları tarafından sunulan rapora göre 2020 yılındaki karbondioksit emisyonun 615 milyon ton olacağının ve bu miktarın % 10 azaltılması için 40 milyar dolar kaynak ihtiyacı olacağını belirtmişlerdir (Karakaya, 2008). Diğer bir ifade ile yanlış enerji talebi tahmini çok büyük kaynakların israf edilmesine neden olacaktır.

ETKB ve Yapay sinir ağları tahminleri Karşılaştırması;

1. Konut Sektörü: Enerji yoğunluğun azaltılacağı varsayıldığı sürdürülebilirlik yapısındaki yüksek ekonomik büyüme durumunda konut sektörü enerji talebi ETKB ve yapay sinir ağları tahminleri aynı sonuçları vermiştir. Ancak diğer tüm senaryo tahminlerinde ETKB tahminleri yüksek seyretmektedir.

2. Sanayi Sektörü: Tüm senaryo tahminlerinde yapay sinir ağları sonuçları ETKB tahminlerinden düşük çıkmıştır. En yakın tahmin arasındaki fark yaklaşık 15 Mtep, en uzak tahmin arasındaki fark 35 Mtep’tir.

3. Tarım Sektörü: Dönemsel değişim yapısındaki sürdürülebilirlik senaryosu tahminini sonuçları ile ETKB tahmin sonuçları çok yakındır. Bunun dışındaki senaryo tahminleri ETKB tahminlerinden yüksek çıkmaktadır.

4. Ulaştırma Sektörü: Durağan yapıdaki yüksek ekonomik büyüme senaryosu tahmini ile ETKB tahminleri benzerlik göstermektedir. Ancak diğer senaryo tahminleri ETKB sonuçlarından düşük seyretmektedir.

5. Doğal Gaz: Yapay sinir ağları tahmini ile ETKB tahminleri benzer sonuçlar vermektedir.

6. Kömür: Yapay sinir ağları tahminleri ETKB tahminlerinden ortamala 40 Mtep daha düşük kömür talebi olacağını saptamıştır.

7. Petrol: Durağan yapıdaki yüksek ekonomik büyüme senaryosu ile ETKB tahminleri yakın sonuçlar vermektedir. Bunun dışındaki senaryo tahminleri ETKB tahminlerinden ortalama 15 Mtep düşük sonuçlar göstermektedir.

8. Toplam Enerji Talebi: ETKB tahminleri tüm senaryo tahminlerinden yüksek çıkmıştır. En yakın tahmin durağan yapıdaki yüksek ekonomik büyüme senaryosudur. Bu senaryo tahmini ile ETKB tahminleri arasında 20 Mtep fark söz konusudur. Sürdürülebilirlik yapısındaki düşük ekonomik büyüme senaryosu ile 80 Mtep fark göze çarpmaktadır.

ETKB tahminlerinin yapay sinir ağları tahminleri ile karşılaştırıldığında sadece tarım sektörünü düşük ve doğal gazı yakın tahmin ettiği, bunun dışındaki tüm sektörlerin ve enerji kaynaklarının özellikle kömür ve sanayi sektörünün abartılı şekilde yüksek tahmin edildiği gözlenmektedir.

Türkiye'nin resmi enerji talebi tahminleri gerçekleştirilen yapay sinir ağları tahminlerinden yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak enerji talebi tahmininin daha gerçekçi yapılabilmesinin en temel unsuru geleceğe yönelik varsayımların gerçekçi yapılmasıdır.

KAYNAKÇA

- Aigner D. J. ve Goldfeld S. G. (1973), "Simulation and Aggregation: A reconsideration", *Review of Economics and Statistics*, c. 5, s. 3, ss. 114-118.
- Aigner D. J., ve Goldfeld S. G. (1974), "Estimation and prediction from aggregate data when aggregates are measured more accurately than their components", *Econometrica*, c. 42, s. 1, ss. 113-133
- Akay, D. ve Atak, M. (2007) "Grey Prediction With Rolling Mechanism For Electricity Demand Forecasting of Turkey" *Energy*, c. 32, ss. 1670-1675.
- Akpınar, A., (2007) "Türkiye, Avrupa Birliği ve Dünya'nın Toplam Elektrik ve Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu". KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon. Türkiye.
- Akpınar, A., Kömürcü, M. ve Filiz, M. H., (2008) "Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları" Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008 17-19 Aralık 2008.
- Aras, H. ve Aras, N. (2004) "Forecasting Residential Natural Gas Demand" *Energy Sources*, c. 26, ss. 463-472.
- Aslan, S., Topal, M., Arslan, E.I., (2006). "Tükenen Enerji Kaynaklarına Bir Çözüm: Biyokütle Enerjisi" VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu-UTES'2006, 25–27 Mayıs. Isparta. Türkiye.
- Baffigi A., Golinelli R. ve Parigi G. (2002), "Real-time GDP Forecasting in the Euro Area", *Banca d'Italia*, Temi di Discussione, ss. 456.
- Baffigi A., Golinelli R. ve Parigi G. (2004), "Bridge Models to Forecast The Euro Area GDP", *International Journal of Forecasting*, c. 20, s.3 ss. 447-460.
- Baruah, C., D ve Bora, C.,G. (2008) "Energy demand Forecast for Mechanized Agriculture Rural India" *Energy Policy*, c. 36, ss. 2628-2636.
- Berg, G. ve Reinert, K., (1995) "A Computable General Equilibrium Estimation of the Effects of the U.S. Meat Program" *International Economic Journal*, c. 9, ss. 53-66.

- Böhringer, C., Rutherford, T. ve Wiegard, W., (2003) “Computable General Equilibrium Analysis: Opening a Black Box” *Centre for European Economic Research*, Discussion Paper No. 03-56, Mannheim.
- Brown, D., Deardorff, A., Stern, R., (2001) “CGE Modeling and Analysis of Multilateral and Regional Negotiating Options” *Research Seminar in International Economics*, Discussion Paper No. 468. School of Public Policy, University of Michigan, Michigan.
- Cansın, Y. ve Sohtaoğlu, N. H. (2009) “OECD/IEA Ülkelerinin Ar-ge Harcamalarındaki Eğilimler Kapsamında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki gelişmelerin İncelenmesi”, Yeksem’09. 29-36.
- Canyurt, E. O., Ceylan, H., Öztürk, H. K., ve Hepbaşlı, A. (2004) “Energy Demand Estimation Based on Two-Different Genetic Algorithm Approaches”, *Energy Sources*, c. 26, ss. 1313-1320.
- Ceylan, H. ve Öztürk, H. K. (2004) “Estimating Energy Demand of Turkey Based on Economic Indicators Using Genetic Algorithm Approach” *Energy Conversion and Management*, c. 45, ss. 2525-2537.
- Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S. ve Baskan, Ö. (2008) “Transport Energy Modeling With Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm, An Application to Turkey” *Energy Policy*, c. 36, ss. 2527-2535.
- Ceylan, H., Öztürk, H. K., Hepbaşlı, A., ve Utlu, Z. (2005) “Estimating Energy end Exergy Production and Consumption Values Using Three Different Genetic Algorithm Approaches. Part 1: Model Development” *Energy Sources*, c. 27, ss. 621-627.
- Çalışkan, M., “Ege Bölgesi Rüzgâr Potansiyeli”, (2009) *Ege Bölgesi Enerji Forumu 2007, İzmir ve Çevresinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, s. 4, http://www.emo.org.tr/ekler/5c6fc7db34e5fd2_ek.pdf?tipi=4&turu=H&sube=7(Erişim Tarihi: 14.11.2010)
- Çetinkaya, S. (2010) “Turkey: Energy Market Profile” U.S. Commercial Service, www.export.gov.
- DB, (2009) Dünya Bankası, www.worldbank.org.

- Dedola L., Gaiotti E. ve Silipo L. (2001), Money Demand in the Euro Area: Do National Differences Matter?, Banca d'Italia, Temi di Discussione, 405.
- DEK-TMK, (2008a) "İklim Değişikliği ve Enerji Sektörü" Dünya Enerji Konseyi- Türk Milli Komitesi, Enerji ve Çevre Çalışma Grubu.
- DEK-TMK, (2008b) "2008 Yılı Enerji Raporu" Dünya Enerji Konseyi- Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Demirbaş, A. (2001) "Energy Balance, Energy Sources, Energy Policy, Future Developments and Energy Investments in Turkey" *Energy Conversion and Management*, c. 42, ss. 1239-1258.
- Demirbaş, A. (2002) "Turkey's Energy Overview Beginning in the Twenty-First Century" *Energy Conversion and Management*, c. 43, ss. 1877-1887.
- Den Batten F. A. G., ve Van Djiken S. (1997), "The Information Contents of Aggregate Money Demand in the EMU", *Open economies Review*, c. 8, s. 3, ss. 233-244.
- Dikmen, Ç. A. (2008). "İklim Değişikliği Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi ve Uygulanabilirliği" Editör. "Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü; İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi". Bağlam Yayınları.
- Dinçer, I. ve Rosen, M.A. (2007) "Exergy and Energy Analyses" *Exergy*, ss. 23-35.
- Dinçer, İ. Ve Dost, S. (1996) "Energy Intensities for Canada" *Applied Energy*, c. 53, ss. 283-298.
- Dinçer, İ. Ve Dost, S. (1997) "Energy Reality and Future Projections for Canada" *Energy Sources*, c. 19, ss. 233-243.
- Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (1994). Investment under Uncertainty. Princeton: Princeton University Press.
- DMİ (2005) Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.meteor.gov.tr/2006/arastirma/arastirma.aspx?subPg=107&Ext=htm>. (Erişim Tarihi: 11.07. 2010).
- DTM (2009) T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, Türkiye'de Enerji Üretimi ve Tüketimi,

<http://www.dtm.gov.tr/dtmadmin/upload/EAD/KonjokturIzlemeDb/teut.doc>
(Erişim Tarihi: 21.12.2009).

Ediger, V., ř ve Tatlıdil, H. (2002) “Forecasting the Primary Energy Demand in Turkey and Analysis of Cyclic Patterns”, *Energy Conversion and Management*, c. 43, ss. 473-487.

Ediger, V.ř ve Akar, S. (2007) “ARIMA Forecasting of Primary Energy Demand by Fuel in Turkey” *Energy Policy*, c. 35, ss. 1701-1708.

Efe, Ö. Ve Kaynak, O. (2004) Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi. İstanbul.

EIAa, (2009), Energy Information Administration, Official Energy Statistic From The U.S Government, <http://www.eia.doe.gov>.

EIAb, (2009), International Energy Outlook 2009, Energy Information Administration, Official Energy Statistic From The U.S Government, http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/ieoreftab_1.pdf. (Erişim Tarihi:12.07.2010)

EİEİ, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. <http://www.eie.gov.tr/>

Eniş, A., (2002) “Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları” TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu, ss. 295-324.

Erdoğdu, E. (2007) “Electricity Demand Analysis Using Cointegration and ARIMA Modelling: A Case Study of Turkey” *Energy Policy*, c. 35, ss. 1129-1146.

Ertay, H. S. ve İleri, A. (1998) “ Türkiye’de Konut Sektöründe Enerji Tüketimi” *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, s. 46, Temmuz-Ağustos.

ETKB (2006) “Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Raporu” Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Enerji_Grubu_Raporu.pdf
(Erişim Tarihi: 10.11.2009).

ETKB (2010) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, www.enerji.gov.tr.

Fadare D.A (2009)”Modelling Of Solar Energy Potential İn Nigeria Using An Artificial Neural Network Model” *Applied Energy*, c. 86, ss. 1410–1422.

- Fagan G. ve Henry J. (1998), Long run money demand in euro area, *Empirical Economics*, c. 23, ss. 483-506.
- Galushkin, A.I. (2007) Neural Networks Theory, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Garderen K. J. V., Lee K. and Pesaran M. H. (2000), “Cross-sectional aggregation of non-linear models”, *Journal of Econometrics*, c. 95, ss. 285-331.
- Geem, W. ve Roper, W. E. (2009) “Energy Demand Estimation Of South Korea Using Artificial Neural Network” *Energy Policy*, c. 37, ss. 4049–4054.
- Golinelli R. and Pastorello S. (2002), Modelling The Demand For M3 In The Euro Area, *The European Journal of Finance*, c. 8, s. 4, ss. 371-401.
- Görücü, F., B., Geriş, P., U. ve Gumrah, F. (2004) “Artificial Neural Network Modeling for Forecasting Gas Consumption” *Energy Sources*, c. 26, ss. 299-307.
- Görücü, F.B. ve Gümrah, F. (2004) “Evaluation and Forecasting of Gas Consumption by Statistical Analysis” *Energy Sources*, c. 26, ss. 267-276.
- Grubb, M., Edmonds, J., Brink, T. P. ve Morrison, M. (1993) “The Costs of Limiting Fossil-Fuel CO₂ Emissions: A Survey and Analysis” Annual Review of Energy and Environment, c. 18, ss. 397-478.
- Grunfeld Y. and Griliches Z. (1960), “Is aggregation necessarily bad?”, *Review of Economics and Statistics*, c. 42, ss.1-13.
- Güneş, M. A. (2009) “Türkiye’nin Enerji Sorunu İçin Alternatif Çözüm Önerileri ve Rüzgar Enerjisinin Önemi” Aydın, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Güngör, Z. ve Arıkan, F. (2000) “A Fuzzy Outranking Method in Energy Policy Planning” *Fuzzy Sets and Systems*, c. 114, ss. 115-122.
- Haldenbilen, S. ve Ceylan, H. (2005) “Genetic Algorithm Approach To Estimate Transport Energy Demand In Turkey” *Energy Policy*, c. 33, ss. 89–98.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2004) Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* c. 19, s. 3, ss. 227-233.
- Haykin, S. (2001) Neural Networks A Comprehensive Foundation, Pearson Education, Singapore.

- Heaps, C. (2009) “A Deep Carbon Reduction Scenario for China”, China Economics of Climate Change Initiative, <http://www.energycommunity.org/documents/DCRSFinal.pdf> (Erişim tarihi: 04.11.2009).
- Hubrich K. (2004), “Forecasting Euro Area Inflation: Does Aggregating Forecasts by HICP Components Improve Forecat Accuracy?”, *Computing in Economics and Finance*, c. 21, s. 1, ss. 119-136.
- International Energy Agency (IEA), “Key world energy statistics 2008”, OECD/IEA, Paris, 2008.
- International Energy Agency (IEA), “Renewables in Global Energy Supply, Fact Sheet”, OECD/IEA, Paris, 2007.
- İDBUB (2007) İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Koordine Eden: Çevre ve Orman Bakanlığı, Proje Yürütücüsü: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, Türkiye, Editör: Apak, G. Ve Ubay, Bahar, Ankara.
- Jaccard, M. (2005) Hybrid Energy-Economy Models And Endogenous Technological Change, Edit: Richard Loulou, Jean-Philippe Waaub and Georges Zaccour, Energy and Environment, GERAD.
- Jaccard, M., Loulou, R., Kanudia, A., Nyboer, J., Bailie, A. ve Labriet, M. (2003b) “Methodological Contrasts İn Costing Greenhouse Gas Abatement Policies: Optimization And Simulation Modeling Of Micro-Economic Effects İn Canada” *European Journal of Operational Research*, c. 145, s. 1, ss. 148-164, ss.
- Jaccard, M., Nyboer, J., Bataille, C., & Sadownik, B. (2003a). “Modeling the Cost of Climate Policy: Distinguishing between Alternative Cost Definitions and Long-Run Cost Dynamics”. *The Energy Journal*, c. 24, s. 1, ss. 49-73.
- Jaffe, A. ve Stavins, R. (1994) “The Energy Efficiency Gap: What Does It Mean?” *Energy Policy*, c. 22, s. 10, ss. 804-810.
- Jaffe, A., & Stavins, R. (1994b). “Energy-Efficiency Investment and Public Policy”. *The Energy Journal*, c. 15, s. 2, ss. 43-65.
- Kaastra, I. ve Boyd, M. (1996) “Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series” *Neurocomputing*, c. 10, ss. 215-236.

- Kalogirou, S. A. (2000) "Applications of Artificial Neural-Networks For Energy Systems" *Applied Energy*, c. 67, ss. 17-35.
- Kaplan, M. Ve Tekeli, R. (2008) *Ekonomide Bekleyişler ve Tahmin, Yapay Sinir Ağları Uygulamaları*, Tablet Yayınları, Konya.
- Karakaya, E. (2008). Editör. "Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü; İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi". Bağlam Yayınları.
- Karaosmanoğlu, F. (2008) <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html>
- Kavaklıoğlu, K., Ceylan, H., Öztürk, H. K. Ve Canyurt, O. E. (2009) "Modeling and Prediction of Turkey's Electricity Consumption Using Artificial Neural Networks" *Energy Conversion and Management*, c. 50, ss. 2719-2727.
- Kemfert, C. (2003) "Applied Economic-Environment-Energy modelling for Quantitative Impact Assessment", In Amelung, Rotmans (edit), Valkering: Integrated Assessment for Policy Modelling.
- Lise, W. ve Van Montfort, K. (2007) "Energy Consumption and GDP in Turkey: Is There a Co-integration relationship?", *Energy Economics*, c. 29, s. 6, ss. 1166-1178.
- Löschel, A. (2002) "Technological Change in Economic Models of Environmental Policy: A Survey" *Ecological Economics*, c. 43, ss. 105-126.
- Marcellino M., Stock J. H. and Watson M. W. (2003), "Macroeconomic Forecasting in the Euro Area: Country Specific versus Area-Wide Information", *European Economic Review*, c. 47, s. 1, ss. 1-18.
- Medlock III, K.B. ve R. Soligo (2001), 'Economic Development and End-use Energy Demand', *The Energy Journal*, c. 22, s. 2, ss. 77-105.
- Messner, S.ve Schrattenholzer, L. (2000) "MESSAGE-Macro: Linking an Energy Supply Model with a Macroeconomic Model and Solving it Interactively", *Energy*, c. 25, ss. 267-282.
- Mirmahmutoğulları, V. (2007) "Hızlı Tüketim Malları Açısından Global Rekabet ve Avrupa Birliği Yolunda Yeni Uygulamalar", Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. http://www.yased.org.tr/webportal/Turkish/faaliyetler/seminerler/Document s/tarim_bakanligi_mustesarligi.pdf (Erişim Tarihi: 16.12.2009).

- Miskinis, H.V. (2008) “Energy Demand Forecasting in Economies in Transition”, *Energy Studies Review*, c. 10, s. 2, ss. 100-120.
- Murat, Y.,S. ve Ceylan, H. (2006) “Use of Artificial Neural Networks for Transport Energy Demand Modeling” *Energy Policy*, c. 34, ss. 3165-3172.
- MÜSİAD (2006) Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği, “Türkiye’nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği”, Araştırma Raporları:49, Edit. Öztürk, İ. Ve Karbuz, S. ISBN: 975-7215-62-7.
- Nakata, T. (2004) “Energy-Economic Models and the Environment” *Progress in Energy and Combustion Science*, 30, 417-475, ss.
- NCESD (2003) “Environment Signals, A Report on Sustainability Indicators” National Center for The Environment and Sustainable Development, Greece.
- Neto, A. H. ve Fiorelli, F. A. S. (2008) “Comparison Between Detailed Model Simulation And Artificial Neural Network For Forecasting Building Energy Consumption” *Energy and Buildings*, c. 40, ss. 2169–2176.
- Ooka, R. ve Komamura, K. (2009) “Optimal Design Method For Building Energy Systems Using Genetic Algorithms” *Building and Environment*, c. 44, ss. 1538–1544.
- Orcutt G. H., Watts H.W. and Edwards J.B. (1968), “Data Aggregation and Information Loss”, *American Economic Review*, c. 58, s. 4, ss. 773-787.
- Orhan, M. (2007) Enerji Talebinin Kısa ve Uzun Dönem Dinamik Analizi: Türkiye Uygulaması, Erciyes Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, s.85.
- Öztemel, E. (2006) Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Öztürk, H. K., Ceylan, H., Canyurt, O. E. ve Hepbaşlı, A. (2005) “Electricity Estimation Using Genetic Algorithm Approach: A Case Study of Turkey” *Energy*, c. 30, ss. 1003-1012.
- Palau, A., Velo, E. Ve Puigjaner, L. (1999) “Use of Neural Networks and Expert Systems to Control a Gas/Solid Sorption Chilling Machine” *International Journal of Refrigeration*, c. 22, ss. 59-66.

- Pesaran M. H., Pierse R. G. and Lee K. (1994), "Choice Between Disaggregate and Aggregate Specifications Estimated by Instrumental Variables Methods", *Journal of Business and Economic Statistics*, c. 12, s. 1, ss. 11-21.
- Pesaran M. H., Pierse R. G., Kumar M. S. (1989), "Econometric Analysis of Aggregation in the Context of Linear Prediction Models", *Econometrica*, c. 57, s. 4, ss. 861-888.
- Piché, S.W. (1994) "Steepest Descent Algorithms for Neural Network Controllers and Filtres", *IEEE Transactions on Neural Networks*, c. 5, s. 2, ss. 198-212.
- PİGM (2010) Petrol İşleri Genel Müdürlüğü – İstatistikler <http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php> (Erişim Tarihi: 23.02. 2010).
- Ramazanov, K., Ramazanov, N., Nayir, A. ve Salimove, A. (2007)"Choosing Of Energy System Development Strategy By Applying "Game Theory""
ELECO 2007
5th International Conference On Electrical And Electronics Engineering
5-9 December 2007, Bursa, TURKEY.
- Rivers, N. ve Jaccard, M. (2005) "Combining Top-Down and Bottom-Up Approaches To Energy-Economy Modeling Using Discrete Choice Methods, *The Energy Journal*, c.26, s. 1, ss. 83-106.
- SAREM (2007) "Enerji Arz Güvenliği" Stratejik Araştırma ve Etüt Merkezi, GenelKurmay Basımevi, ss. 52.
- Say, N. P. ve Yücel, M. (2006) "Energy Consumption and CO2 Emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on an Economic Growth" *Energy Policy*, c. 34, ss. 3870-3876.
- Sharda, R. ve Patil, R. (1992) "Connectionist Approach to Time Series Prediction: An Empirical Test", *Journal of Intelligent Manufacturing*, c. 3, s. 5, ss. 317-323.
- Sözen, A. ve Arcaklioğlu, E. (2007) "Prediction of Net Energy Consumption Based on Economic Indicators (GNP and GDP) In Turkey" *Energy Policy*, c. 35, ss. 4981-4992.

- Sözen, A., Akçayol, M. A., ve Arcaklıoğlu, E. (2006) “Forecasting Net Energy Consumption Using Artificial Neural Network”, *Energy Sources*, c. 1, s. 2, ss. 147-155.
- Strachan, N. ve Kanan, R. (2008) “Hybrid Modelling of Long-term Carbon Reduction Scenarios for the UK” *Energy Economics*, c. 30, s. 6, ss. 2947-2963.
- Sutherland, R. (1991) “Market Barriers to Energy Efficiency Investments”. *The Energy Journal*, c. 12, s. 3, ss. 15-34.
- Sweeney, J. L. (2001) “Energy Economics”, *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, c. 4, s. 48, ss. 4513-4520.
- Szargut, J. (1980) “International Progress in Second Law Analysis” *Energy*, c. 5, s. 8-9, ss. 709-718.
- TEDAŞ (2008) 2008 Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri, Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, http://www.tedas.gov.tr/29,Istatistiki_Bilgiler.html (Erişim:17.12.2009).
- TEİAŞ, (2005) “Talep Gelişimi” Türkiye Elektrik İletişim Anonim Şirketi, <http://www.teias.gov.tr/apkuretim/talepgelisim.htm>. (Erişim Tarihi: 11.11.2009).
- Tiris, M. (2005) Global Trends for Energy. Turkish Workshop on Sustainable Development: Meeting the Challenges, Julich.
- TMMOB (2003) Elektrik Mühendisleri Odası 38. Olağan Genel Kurulu, Enerji Raporu, 27-28 Nisan 2003, Ankara, ss. 21.
- Toksarı, M. D. (2007) “Ant Colony Optimization Approach to Estimate Energy Demand of Turkey” *Energy Policy*, c. 35, ss 3984-3990.
- Toksarı, M. D. (2009) “Estimating The Net Electricity Energy Generation and demand Using The Ant Colony Optimization Approach: Case of Turkey”, *Energy Policy*, c. 37, ss. 1181-1187.
- Topçu, Y.I ve Ülengin, F. (2004) “Energy for the Future: An Integrated decision Aid For the Case of Turkey” *Energy*, c. 29, ss. 137-154.
- TPAO (2009) “Petrol ve Doğal Gaz Sektörü Raporu” Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü,

http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_TPAO_2009.pdf
(Erişim Tarihi: 10.11.2009).

Tsoukalas, L.H., Uhrig, R.E., 1997. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering. Wiley, New York, ss. 587, ISBN 0-13-261066-3.

Tugrul, A. B. (2005) “Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye ve Enerji Açılımları”, TMMOB V. Türkiye Enerji Sempozyumu, 21-23 Aralık 2005, Ankara, Bildiriler, ss.151-162.

TUİK (2009) Türkiye İstatistik Kurumu,
http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=57&ust_id=16 (Erişim Tarihi:17.12.2009).

Tunç, M., Çamdalı, Ü. ve Parmaksızoğlu, C. (2006) “Comparison of Turkey’s Electrical Energy Consumption and Production with Some European Countries and Optimization of Future Electrical Power Supply Investments In Turkey” *Energy Policy*, c. 34, ss. 50-59.

Türkyılmaz, O. (2010) “Türkiye’nin Enerji Görünümü” TMMOB.

UNFCCC, (2006) “Training Handbook on Mitigation Assessment for Non-Annex I Parties”, United Nations Framework Convention on Climate Change, Consultative Group Of Experts On National Communications From Parties Not Included In Annex I To The Convention (CGE).

Ünler, A. (2008) “ Improvement of Energy Demand Forecasts Using Swarm Intelligence: The Case of Turkey with Projections to 2025” *Energy Policy*, c. 36, ss. 1937-1944.

Üstün, A. K., Apaydın, M., Başaran, F. Ü. ve Kurban, M. (2009) “Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış”, Yeksem’09, ss. 23-28.

Wesche K. (1997), “The stability of European Money Demand: an Investigation of M3H”, *Open Economies Review*, c. 8, ss. 371-391.

Weyant, J. (2003) “Integrated Environmental Assessment: An Overview and Assessment” OECD Workshop on Environment and Economic Modelling, October 9-10, Ottawa.

- Weyant, J.P., O. Davidson, H. Dowlatabadi, J. Edmonds, M. Grubb, E.A. Parson, R. Richels, J. Rotmans, P.R. Shukla, and R.S.J. Tol, “Integrated Assessment of Climate Change: An Overview and Comparison of Approaches and Results,” Chapter 10 in *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge University Press, 1996.
- Yeksem (2009) “V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu” Bildiriler Kitabı.
- Yumurtacı, Z. ve Asmaz, E. (2004) “Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050”, *Energy Sources*, c. 26, ss. 1157-1164.
- Yurtoğlu, H. (2005) Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği, Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller ve Strateji Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, No:2683.
- Yüksek, Ö. (2008) “Reevaluation of Turkey’s Hydropower Potential and Electric Energy Demand” *Energy Policy*, c. 36, ss. 3374-3382.
- Yüksek, Ö., Kömürcü, M. İ., Yüksel, İ. Ve Kaygusuz, K. (2006) “The Role of Hydropower In Meeting Turkey’s Electric Energy Demand” *Energy Policy*, c. 34, ss. 3093-3103.

EK-I

İLERİ SÜRÜMLÜ YAPAY SINIR AĞI

Hata geriye yayılma yöntemli ileri sürümlü yapay sinir ağ oluşturmak için Matlab programında NEWFF komutu kullanılmaktadır. Bu komutun gösterimi aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$\text{Net}=\text{newff}(\text{PR},[\text{S1 S2}...\text{SN1}],\{\text{TF1 TF2}...\text{TFN1}\},\text{BTF},\text{BLF},\text{PF})$

Bu komut içersinde harfler ile temsil eden değerler aşağıda gösterilmiştir;

PR: Girdi verilerinin maksimum ve minimum değerlerini temsil eder.

Si: i. katmanın genişliği.

TFi: i. katmanın transfer fonksiyonu.

BTF: Hata geriye yayılma yönteminin eğitme fonksiyonudur.

BLF:Hata geriye yayılma yönteminin ağırlık öğrenme fonksiyonudur.

PF: Performans fonsiyonu (hata karelerinin ortalaması).

Hata Geriye Yayılma Yöntemli İleri Sürümlü Yapay Sinir Ağı Örnek Uygulaması

Bu bölümde kullanılan yöntemi daha iyi anlaşılır hale getirmek için enerji talebi uygulamasına geçmeden önce basit bir örnekle anlatılacaktır. Bunun için girdi ve çıktı olarak rasgele seçilmiş veriler ile ağ yapısı oluşturulacaktır. Aşağıda girdi (p) ve çıktı (t) verileri gösterilmiştir.

$p=[-1 \ -1 \ 2 \ 2; \ 0 \ 5 \ 0 \ 5]$

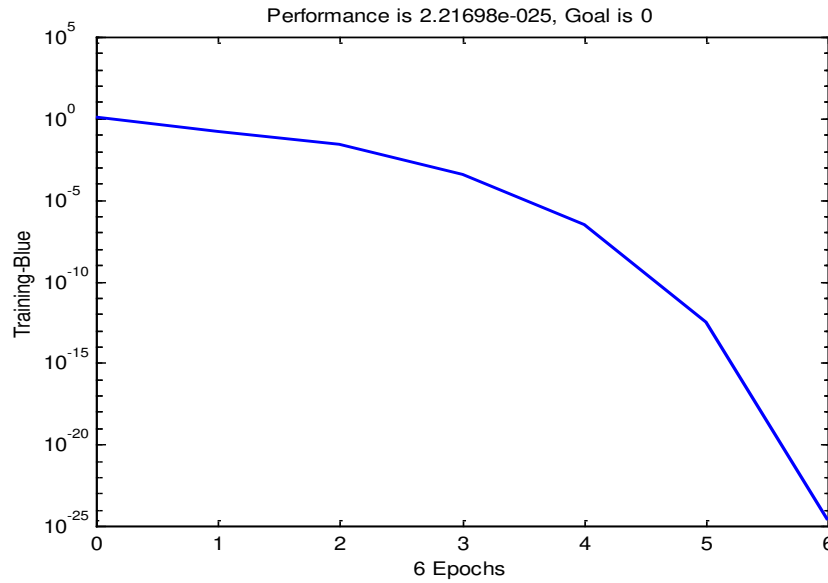
$t=[-1 \ -1 \ 1 \ 1]$

Yukarıdaki notasyonda girdi verileri olarak gösterin p 2x4 şeklinde bir matristir. Bu matris x ve y gibi 1 satır ve 4 sütundan oluşan 2 ayrı veriyi ifade eden 2 adet satır vektörüdür.

Çıktı ise yine 1x4 şeklinde bir satır vektörüdür. Çıktı olarak adlandırılan t matrisi hedef matris olarak da adlandırılmaktadır.

Örnek olarak verilen değişkenler ile bir gizli katmanlı ve 3 nöronlu ileri sürümlü yapay sinir ağı notasyonu aşağıda gösterilmiştir. Bunun yanı sıra gizli katman için tanjant sigmoid transfer fonksiyonu ve çıktı katmanı içinde doğrusal aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Ayrıca hata geriye yayılma yöntemini eğitmek içinde momentum fonksiyonu seçilmiştir.

$\text{Net}=\text{newff}([-1 \ 2;0 \ 5],[3 \ 1],\{'\text{tansig}' \ '\text{purelin}'\},'\text{traingdm}')$



Yukarıda PR olarak ifade edilen verilerin minimum ve maksimum değerleri [-1 2;0 5] yerine minmax(p) komutu da kullanılabilir.

```
Net=newff(minmax(p),[3 1],{'tansig' 'purelin'},'traingdm');
```

Ağın eğitme aşamasında ağın kaç kere eğitileceği, öğrenme oranının ne olacağı ve eğitme komutları aşağıda gösterilmiştir.

```
Net.trainParam.epochs=100;
```

```
Net.trainParam.lr=1;
```

```
Net=train(net,p,t);
```

Yukarıdaki örnek için gerçekleştirilen eğitme aşaması aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.

Ağın eğitme aşamasından sonra girdiler ile çıktı arasındaki ilişki öğrenilmiş olmaktadır. Dolayısıyla ilişkileri öğrenen ağ girdiler ile çıktı değerlerini tahmin edebilmektedir. Aşağıdaki komut ile çıktıların tahmin edilme aşaması için kullanılmaktadır.

```
Y=sim(net,p);
```

```
[t;y]
```

```
ans =
```

```
-1.0000 -1.0000 1.0000 1.0000
```

```
-1.0000 -1.0000 1.0000 1.0000
```

Kullanılan komutların ardından gerçek çıktı değerleri ve tahmin edilen çıktı değerleri rapor olarak yukarıda gösterilmektedir.

Buraya kadar basit bir ağ yapısının nasıl oluşturulduğu, eğitildiği ve tahminin yapıldığı anlatılmıştır. Bu bilgilerin yanı sıra bazı transfer fonsiyonlarının özelliklerinden kaynaklanan girdilerin belirli bir aralıkta dağılması gerekliliği matlab üzerinde bazı komutlarla gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin girdilerin 0 ve 1 arasında dağılması için `Prestd` komutu ve -1 ile 1 arasında dağılması için `premnmx` komutu kullanılmaktadır.

$$[pn, meanp, stdp, tn, meant, stdt] = prestd(p, t)$$

$$[pn, minp, maxp, tn, mint, maxt] = premnmx(p, t)$$

Yukarıda gösterilen komutlar girdi ve çıktı verilerini belirli bir aralığa yeniden düzenlemektedir. Diğer bir deyişle verilen maksimum ve minimum değerler arasında normalize etmektedir.

EK-II

GRUNDFELD VE GRILICHES KRİTERİ

Çalışmada gerçekleştirilen tahminler toplam ve ayrılmış model (Aggregate ve Disaggregate Model) formunda uygulanmıştır. Gerçekleştirilen bu tahminler toplam ve ayrılmış model arasında seçim yapmak için değil, farklı sonuçlara ulaşmak için oluşturulmuştur. Ancak literatürde gerçekleştirilen bu formdaki analizler toplam ve ayrılmış modeller arasında seçim yapmayı öngörmektedir. Bu seçim için geçerliliğini sürdüren kriter Grunfeld ve Griliches (1960) tarafından önerilen hata karelerinin karşılaştırılması yöntemidir (GG Kriteri). Bu yöntem Edwards (1968), Pesaran, Pierce and Kumar (1989), Pesaran, Pierce and Lee (1994), Wesche (1997), Garderen, Lee and Pesaran (2000), Den Butten and Van Djiken (1997), Fagan and Henry (1998), Dedola, Gaiotti and Silipo (2001), Golinelli and Pastorelo (2002), Baffigi, Parigi and Golinelli (2002, 2004), Marcellino , Stock and Watson (2003), Hubrich (2004) tarafından farklı çalışmalarda kullanılmıştır.

GG kriteri için hesaplanan hata kareleri toplamı karşılaştırması aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Bu kriterin temeli hata karelerin küçük olduğu model diğer modele göre daha güçlü olarak ifade edilmektedir. Bu tabloya göre toplam (aggregate) modelin hata kareleri toplamının ayrılmış (disaggregate) modellerden daha küçük olduğu anlaşılmaktadır.

Toplam (Aggregate) ve Ayrılmış (Disaggregate) Model Karşılaştırması

Toplam Enerji talebi	Sektörler Bazında enerji Talebi	Kaynaklar Bazında Enerji talebi
0.040	0.87	1.19

Sonuç olarak toplam enerji talebi tahminlerinin sektörler ve kaynaklar bazlı tahminlerden daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hakan HOTUNLUOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli-17.05.1984

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi-Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi-Maliye Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi-Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi-Maliye Bölümü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (İyi) ve Lehçe (Başlangıç)
Bilimsel Faaliyetleri :

» Hakemli Dergi Makalesi

Görmüş Ş. ,**Hotunluoğlu H.** ,Demokrasinin Türkiye'nin İhracat ve İthalatı Üzerine Etkisi ,Effect on Turkey's Export and Import of Democracy ,24 ,4 ,99-111 ,2010 .

Peker O. ,Hotunluoğlu H. ,Türkiye’de Cari Açığın Nedenlerinin Ekonometrik Analizi ,Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi ,23 ,3 ,221-237 ,2009 .

Hotunluoğlu H. ,Tekeli R. ,Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltımına Etkisi Var mı? ,SOSYOEKONOMİ ,6 ,2 ,107-125 ,2008 .

» Yurtiçi Bildiri

Hotunluoğlu H. ,Tekeli R. ,Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltımına Etkisi Var mı? ,Güncel Ekonomik Soru(n)lar Kongresi ,Sözlü ,26/10/2007 .

» **Konferans Makalesi**

Akdede S.H. ,Hotunluoğlu H. ,Economic Development and Religiosity: An Investigation of Turkish Cities ,3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECONOMICS ,261 ,Izmir University of Economics ,2008 .

Hotunluoğlu H. ,Tekeli R. ,Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltımına Etkisi Var mı? ,Güncel Ekonomik Soru(n)lar Kongresi ,Kongre Bilim Kurulu ,268 ,Adnan Menderes Üniversitesi Basımevi ,2008 .

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler :

Tekeli R. ,Hotunluoğlu H. ,KARBON VERGİSİNİN MAKRO EKONOMİK ETKİLERİ ,ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ ,AYDIN ,TÜRKİYE ,01.01.2007 .

Çalıştığı Kurumlar : Adnan Menderes Üniversitesi-Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü, 2005-Halen devam ediyor.

İletişim

e-posta Adresi : hhotunlu@adu.edu.tr

Tarih : 21.01.2011