



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TÜRKİYE BORU TAŞIMACILIĞINDA ENERJİ ANALİZİ

LÜTFİ KAŞIKÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

ŞUBAT-2011

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE BORU TAŞIMACILIĞINDA ENERJİ ANALİZİ

LÜTFİ KAŞIKÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN danışmanlığında hazırlanan bu tez 08/02/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Ali Osman ATAHAN Doç.Dr. Ergül YAŞAR Yrd.Doç.Dr. Turan ARSLAN
Başkan Üye Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Necat AĞCA

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	6
3.1. Materyal	6
3.1.1. Kullanılan veriler hakkında bilgi	9
3.1.2. Kullanılan verilerin çoğaltılması	10
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Verilerin analizi	13
3.2.2. Tür tabanlı enerji analizi formülü	13
3.2.3. Regresyon modellerinin oluşturulması	15
3.2.3.1. Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi	16
3.2.3.2. Altı bağımsız değişkenli doğrusal regresyon analizi	18
3.2.3.3. Determinasyon katsayısı	18
3.2.4. Yapay sinir ağları modellerinin oluşturulması	18
3.2.4.1. Biyolojik sinir ağları	19

3.2.4.2. Biyolojik ve YSA'nın temel farkları.....	24
3.2.4.3. YSA ve istatistiksel yöntemler.....	25
3.2.5. Türkiye'deki boru hatlarının genel durumu.....	26
3.2.5.1. Mevcut ham petrol boru hatları.....	27
3.2.5.2. Yapılması planlanan ham petrol boru hatları.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	30
4.1. Yük Taşımacılığında Enerji Analizi.....	30
4.1.1. Türlelere göre enerji tüketimi	33
4.1.1.1. Enerji tüketim miktarları.....	33
4.1.1.2. Enerji tüketim payları	35
4.1.1.3. Kişi başına düşen enerji miktarı.....	38
4.1.2. Türlelere göre aktivite miktarları.....	40
4.1.2.1. Aktivite miktarları	40
4.1.2.2. Aktivite payları	44
4.1.2.3. Kişi başına düşen aktivite miktarları.....	48
4.1.3. Türlelere göre enerji yoğunluğu	51
4.2. 2010-2023 Yılları Arasında Yük Taşımacılığında Enerji Analizi.....	55
4.2.1. Aktivite miktarı tahminleri	56
4.2.2. Enerji yoğunlukları	61
4.2.3. Enerji tüketim tahminleri.....	64
4.3. Yük Taşımacılığında Gelecek Senaryolar İle Enerji Analizi	67
4.3.1. Senaryoların tanıtımı	67

4.3.2. Senaryoların analizi	68
4.3.3. Senaryoların yıllara göre sonuçları.....	69
4.3.3.1. Enerji tüketim tahminleri	69
4.3.3.2. Enerji verimliliği tahminleri	70
4.3.3.3. Enerji verimliliği oranları	71
4.3.4. Senaryoların yıllara göre kümülatif sonuçları	72
4.3.4.1. Kümülatif enerji tüketim tahminleri	72
4.3.4.2. Kümülatif enerji verimliliği tahminleri.....	73
4.3.4.3. Kümülatif enerji verimliliği oranları.....	75
4.4. YSA ve MLR Modelleri ile Boru Hatlarında Aylık Aktivite	
Miktarının Tahmini	79
4.4.1. Uygulama alanı ve tanıtılması	79
4.4.2. Boru hatları uygulamaları	80
4.4.3. Aylık aktivitenin miktarının tahmin edilmesi.....	82
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	92
TEŞEKKÜR.....	94
ÖZGEÇMİŞ	95

ÖZET

Her geçen yıl dünyada enerji kullanımı artmaktadır. Dünyada enerji tüketiminin artmasına paralel olarak taşımacılıkta da daha fazla enerji harcayan araçlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu da ülkelerin enerji kullanımının hatırı sayılır bir kısmını oluşturan ulaştırma sektörünün enerji tüketimini yükseltmektedir. Plansız ve geleceğe yönelik olmayan politikalarla yapılan yatırımlar ulaştırma sisteminde türler arasındaki taşımacılık paylarının dengesiz bir şekilde dağılmasına neden olmaktadır. Böylece daha çok enerji tüketen ulaştırma türlerinde daha büyük taşımacılık payı olmaktadır. Ülke çapında ekonomik ve güvenli bir taşıma hizmeti, türlerden birine ağırlık vermekle hiçbir zaman sağlanamaz. İstatistiki verilerden de gelişmekte olduğu açıkça görülen Türkiye'nin sağlıklı ve dengeli büyüme gerçekleştirerek gelişmiş ülkeler arasında yer alması için enerji verimliliğini dikkate alarak gelişime yön vermesi gerekmektedir. Enerji verimliliği politikaları sayesinde, toplam enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olan ulaştırma sektöründe Türkiye'de önemli enerji kazanımları elde edilmektedir.

2011, 94 sayfa

Anahtar kelimeler: Boru hatları, enerji verimliliği, petrol, ulaştırma, taşımacılık.

ABSTRACT

Energy consumption in the world is increasing with each passing year. More energy efficient vehicles have been used with the increase in world energy consumption in transport. This situation increases the transportation sector energy consumption which is a considerable part of the energy use of countries. Investments with unplanned and non-policies for the future causes to unstable disturbance between transport species in transport system. Thus, the larger share of transport is occurred in more energy-consuming transport modes. Economic and safe transportation service in country-wide not be provided any time with particular emphasis on one species. To take place between developed countries of Turkey in which serious development was clearly seen with statistical data, direction to development is necessary, taking into account of the energy efficiency. An important energy gains are obtained in transportation sector, which has a large share of total energy consumption through energy efficiency policies in Turkey.

2011, 94 pages

Keywords: Pipelines, energy efficiency,oil, transportation, transport

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Tkm	=Ton-kilometre
ETKB	=Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Ulş	=Ulaştırma
GSYMH	=Gayri Safi Yurt İçi Milli Hasıla
KGM	=Karayolları Genel Müdürlüğü
TUİK	=Türkiye İstatistik Kurumu
YSA	=Yapay Sinir Ağları
W_{Kj}	= Bağlantı Ağırlık Katsayısı
b_k	= Bias Terimi
$\varphi (\cdot)$	= Aktivasyon Fonksiyonu
Y_K	= Çıktı Değeri
X_m	= Girdi Değeri
H_j	= Gizli Tabakadaki Girdi Değeri
$f(H_j)$	= Çıktı Düğüm Noktası Değeri
η	= Öğrenme Oranı
MAE	= Toplam Karesel Hata
MSE	= En Düşük Karesel Hata
R	= Korelasyon Katsayısı
MJ	= MegaJul
GJ	= GigaJul
TJ	= TetaJul

ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Türkiye'nin 1990-2009 arasındaki verileri	6
Çizelge 3.2. Türkiye, ulaştırma ve yük taşımacılığında enerji tüketimi	7
Çizelge 3.3. Sektörel enerji tüketimi.....	7
Çizelge 3.3. (Devam) Sektörel enerji tüketimi.....	8
Çizelge 3.4. Ulaştırmadaki aktivitenin sektörel dağılımı.....	8
Çizelge 3.4. (Devam) Ulaştırmadaki aktivitenin sektörel dağılımı.....	9
Çizelge 3.5. Kişi başına düşen gayri safi yurt içi milli hasıla	10
Çizelge 3.6. Ulaştırmada yapılan aktivitenin kişi başına düşen oranları	11
Çizelge 3.7. Ulaştırmada harcanan enerjinin sektörel kişi başına düşen oranları	11
Çizelge 3.7. (Devam) Ulaştırmada harcanan enerjinin sektörel kişi başına düşen oranları	12
Çizelge 4.1. Ulaştırma sektöründe ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin Türkiye'de tüketilen enerji ile karşılaştırılması	31
Çizelge 4.2. Yük taşımacılığında türlere göre enerji tüketim miktarları.....	34
Çizelge 4.3. Yük taşımacılığında tüketilen enerjide türlerin enerji tüketim payları ..	36
Çizelge 4.4. Yük taşımacılığında türlere göre kişi başına düşen enerji miktarı.....	39
Çizelge 4.5. Yük taşımacılığında türlerin aktivite miktarları.....	44
Çizelge 4.6. Yük taşımacılığında türlerin aktivite payları	45
Çizelge 4.7. Yük taşımacılığında türlere göre kişi başına düşen aktivite miktarları..	49
Çizelge 4.8. Yük taşımacılığında türlere göre enerji yoğunluğu miktarları.....	53

Çizelge 4.9. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında aktivitenin türlere göre miktarı.....	56
Çizelge 4.10. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında türlerin aktivite payları.....	59
Çizelge 4.11. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında türlere göre enerji yoğunluğu miktarları.....	62
Çizelge 4.12. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında türlere göre enerji tüketim miktarları.....	65
Çizelge 4.13. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji tüketim miktarları.....	70
Çizelge 4.14. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği miktarları	71
Çizelge 4.15. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği oranları	72
Çizelge 4.16. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji tüketim miktarları	73
Çizelge 4.17. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği miktarları	74
Çizelge 4.18. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği oranları.....	75
Çizelge 4.19. Boru hatlarındaki aktivitenin eğitim ve test verileri istatistiksel parametre değişimleri.....	80
Çizelge 4.20. Boru hatlarında kullanılan bütün modellerde test verileri için elde edilen MSE,MAE ve R parametrelerinin karşılaştırılması	82

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil.3.1. Yapay sinir hücresi modeli	21
Şekil 3.2. Üç tabakalı YSA şeması	22
Şekil 3.3. Türkiye enerji köprüsü.....	26
Şekil 3.4. Boru hatlarının geçiş güzergahı298Şekil.4.1. Türkiye,ulaşıma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin değişiminin gösterilmesi.....	32
Şekil 4.1. Türkiye,ulaşıma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin değişiminin gösterilmesi	31
Şekil 4.2. Türkiye,ulaşıma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin payının değişiminin gösterilmesi	32
Şekil 4.3. Türkiye,ulaşıma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin miktarının kişi başına değişiminin gösterilmesi	32
Şekil 4.4. Yük taşımacılığında karayollarında,demiryollarında ve boru hatlarında enerji tüketiminin değişiminin gösterilmesi.....	34
Şekil 4.5. Yük taşımacılığında denizyollarında,havayollarında ve boru hatlarında enerji tüketiminin değişiminin gösterilmesi.....	35
Şekil 4.6. Yük taşımacılığında karayolları,demiryolları ve boru hatlarında enerji tüketim paylarının değişiminin gösterilmesi	37
Şekil 4.7. Yük taşımacılığında karayolları,demiryolları ve boru hatlarında enerji tüketim paylarının değişiminin gösterilmesi	37
Şekil 4.8. Yük taşımacılığında karayolları,demiryolları ve boru hatlarında kişi başına düşen enerji tüketim miktarlarının değişiminin gösterilmesi.....	38
Şekil 4.9. Denizyolları, havayolları ve boru hatlarında kişi başına düşen enerji tüketim miktarlarının değişiminin gösterilmesi	40

Şekil 4.10. Yük taşımacılığında toplamda aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	42
Şekil 4.11. Yük taşımacılığında karayollarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	43
Şekil 4.12. Yük taşımacılığında demiryolları ve denizyollarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	43
Şekil 4.13. Yük taşımacılığında havayollarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	44
Şekil 4.14. Yük taşımacılığında boru hatlarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	44
Şekil 4.15. Yük taşımacılığında karayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	46
Şekil 4.16. Yük taşımacılığında demiryolları ve denizyollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	46
Şekil 4.17. Yük taşımacılığında havayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	47
Şekil 4.18. Yük taşımacılığında boru hatlarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	47
Şekil 4.19. Yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	50
Şekil 4.20. Yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	50
Şekil 4.21. Yük taşımacılığında havayollarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	51
Şekil 4.22. Yük taşımacılığında boru hatlarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi	51

Şekil 4.23. Yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi	54
Şekil 4.24. Yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi	54
Şekil 4.25. Yük taşımacılığında havayollarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi	55
Şekil.4.26. Yük taşımacılığında boru hatlarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi	55
Şekil 4.27. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında aktivite değişiminin gösterilmesi	57
Şekil 4.28. 2010-2023 yılları arası dönemde demiryollarında ve denizyollarında aktivite değişiminin gösterilmesi	57
Şekil 4.29. 2010-2023 yılları arası dönemde havayollarında aktivite değişiminin gösterilmesi	58
Şekil 4.30. 2010-2023 yılları arası dönemde boru hatlarında aktivite değişiminin gösterilmesi	58
Şekil 4.31. 2010-2023 yılları arası dönemde karayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	59
Şekil 4.32. 2010-2023 yılları arası dönemde demiryollarında ve denizyollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	60
Şekil 4.33. 2010-2023 yılları arası dönemde havayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	60
Şekil 4.34. 2010-2023 yılları arası dönemde boru hatlarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi	61
Şekil 4.35. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında karayollarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi	632

Şekil 4.36. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi	63
Şekil 4.37. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında havayollarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi	63
Şekil 4.38. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında boru hatlarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi	64
Şekil 4.39. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında enerji tüketim miktarındaki değişiminin gösterilmesi	65
Şekil 4.40. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında enerji tüketim miktarındaki değişiminin gösterilmesi.....	66
Şekil 4.41. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında havayollarında ve boru hatlarında enerji tüketim miktarındaki değişiminin gösterilmesi.....	66
Şekil 4.42. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji tüketim miktarları.....	76
Şekil 4.43. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği miktarları	76
Şekil 4.44. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği oranları	77
Şekil 4.45. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji tüketim miktarları	77
Şekil 4.46. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği miktarları	78
Şekil 4.47. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği oranları.....	78
Şekil 4.48. Ocak 1990 ile Aralık 2009 tarihleri arası boru hatları aylık aktivite miktarları.....	79

Şekil 4.49. MLR metodu ile eğitimde elde edilmiş aktivite miktarı sonuçları ve ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	83
Şekil 4.50. MLR metodu ile test de elde edilmiş aktivite miktarı sonuçları ve ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	84
Şekil 4.51. MLR sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı	84
Şekil 4.52. YSA modelinde aylık aktivite miktarı eğitim sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.53. YSA eğitim sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı	86
Şekil 4.54. YSA modelinde aylık aktivite miktarı test sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması	86
Şekil 4.55. YSA test sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı	87

1. GİRİŞ

Taşıma; bir nesnenin (eşya, ürün, yük, vb.) bir yerden başka bir yere intikal ettirilmesi anlamına gelir. Ayrıca taşımacılık, müşteri ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla imal edilen malların muhtaç bölgelere zamanında ulaştırılmasıdır. Bütün dünyada taşıma faaliyetleri bilinen taşıma türleri ve vasıtalarıyla yapılmaktadır. Bunların en önemlileri ise, kara yolu, deniz yolu, hava yolu, demir yolu ve boru hattı taşımacılığıdır.

Dünya’da enerjinin kullanımı; arz talep dengelerine göre, çeşitli taşıma türleri ile uyumu zorunlu hale getirmektedir. Boru hattı taşımacılığı kara ve deniz yolu taşımacılıklarıyla kıyaslandığında yatırım harcamaları daha yüksek olmasına rağmen diğer taşıma türlerinden hızlı, güvenilir, çevreci ve atmosfer koşullarından etkilenmemesi yanı sıra yapılan yatırımın daha kısa sürede geri dönmesi gibi üstünlükleri de vardır. Bundan dolayı, petrol ve doğal gazın, üretim merkezlerinden tüketim bölgelerine en ekonomik şekilde bu hatlar ile taşınması ön plandadır. Ham petrol çoğunlukla boru hatları ile uygun limanlara, buradan da tankerlerle veya direk boru hatlarıyla rafinerilere ulaştırılmaktadır. Doğal gaz ise üretim bölgelerinden tüketim yerlerine yine boru hattı taşınmaktadır. Dünya petrol ticaretinin % 38’i boru hatları aracılığıyla yapılmaktadır. Bu rakam doğalgazda ise % 75’dir. Dünya çapında petrol boru hatlarının uzunluğu 313.670 km iken doğalgaz hatlarının toplam uzunluğu 1.226.258 km’dir (Demir, 2007). Türkiye’de ise 2009 yılı itibariyle; ulaştırma sektöründe yapılan yük taşımacılığında petrol ve doğalgaz ticaretinin % 22,40’ı boru hatları aracılığıyla yapılmaktadır.

Dünyada enerji kullanımı her geçen gün artmaktadır. Hayatın birçok alanında olduğu gibi taşımacılıkta da daha çok enerji harcayan araçlar kullanılmaktadır. Bu da ülkelerin enerji kullanımının hatırı sayılır bir kısmını oluşturan ulaştırma sektörünün enerji tüketimini yükseltmektedir. Plansız geleceğe yönelik politikalar gütmeyen yapılan yatırımlar ulaştırma sisteminde türler arasındaki taşımacılık paylarının dengesiz bir şekilde dağılmasına neden olmaktadır. Böylece daha çok enerji tüketen ulaştırma türlerinde daha büyük taşımacılık payı olmaktadır. Ülke çapında ekonomik ve güvenli bir taşıma hizmeti, türlerden birine ağırlık vermekle hiçbir zaman sağlanamaz. İstatistiki verilerden de gelişmekte olduğu açıkça görülen, Türkiye’nin sağlıklı ve dengeli büyüme

gerçekleştirerek gelişmiş ülkeler arasında yer alması için enerji verimliliğini dikkate alarak gelişime yön vermesi gerekmektedir. Enerji verimliliği politikaları sayesinde, toplam enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olan ulaştırma sektöründe Türkiye’de önemli enerji kazanımları elde edilmektedir.

Bu çalışmada genel olarak, türel dağılımın ulaştırma sisteminde tüketilen enerjiye etkisi incelenip, özellikle boru hatlarıyla diğer ulaştırma sistemleri arasına karşılaştırma yapılması planlanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda oluşturulan kuramsal temeller bu tezde yapılan çalışmalara da ışık tutacak şekilde irdelenmiştir. Bunun için Türkiye’de ulaştırma sisteminde, yük taşımacılığında boru hatları ile 1990-2009 yılları arasında gerçekleşen toplam aktivite (TÜİK, 2009; DPT, 2009) ve yine bu yıllar arasında tüketilen toplam enerji (ETKB, 2009) verilerinden faydalanılmıştır. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan veriler ışığında da geleceğe yönelik enerji politikaları geliştirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Cansız, (2007), Yük ve yolcu taşımacılığında 1988-2005 yılları arasında enerji analizi yaparak türlere göre enerji yoğunlukları değerlerini belirtmiştir. Belirlenen yük ve yolcu taşımacılığında en verimli türün demiryolları olduğunu bildirmiştir. Karayollarının sahip olduğu enerji yoğunluklarının gelişmiş ülkelere göre oldukça düşük seviyede olduğunu vurgulamıştır. Geçmiş ve geleceğe yönelik senaryolar oluşturarak türlerin enerji verimliliği değerlerini karşılaştırmıştır. Yük taşımacılığının 1.geçmiş senaryosunda kümülatif enerji verimliliğini %36,78 bulurken diğer senaryolarda ise sırasıyla %23,65,%11,80,%5,06,%2,27 ve %0,13 gibi değerlere ulaşmıştır. Yolcu taşımacılığı senaryolarında ise sırasıyla %33,61, %15,85, %4,79, %5,23, %2,49 ve %-0,07 enerji verimliliği değerlerine ulaşmıştır.

Taşkın, (1999), 50 milyardan 200 milyara kadar çıkabilen Hazar Denizi ve çevresindeki petrol toplam dünya rezervlerinin yüzde 10'unu oluşturduğunu, bugün düşük petrol fiyatları ile bile 4 trilyon Amerikan dolarını bulduğunu, fakat bölgenin istikrarsız bir yapıya sahip olduğunu bildirmiştir. Türkiye'nin gelecek yüzyılda dünyanın enerji merkezi haline gelebileceğini, Ortadoğu ve Orta Asya'nın Türkiye'ye ihtiyacı olduğunu, Bakü-Ceyhan ile beraber enerji portföyünün 30 milyar doları aşan Türkiye'nin hem içeride hem de kendi bölgesindeki güvenliğin tesis edilmesinde aktif rol oynaması gerektiğini, Türkiye ve Türk Cumhuriyetlerinin bağımsızlık ve enerji kaynaklarını arasında doğrusal bir ilişki gösterdiğini, bu nedenle Amerika, Avrupa, Rusya ve İran'ın Türkiye ve Türk Cumhuriyetleri arasındaki enerji ilişkisini her zaman kontrol altında tutabilecekleri bir ikinci bölgesel güce bağımlı hale getirmek istediklerini vurgulamıştır.

Verdiyev, (2000), enerji sorunlarının uluslar arası boyutu ve Hazar'ın potansiyeli göz önüne alındığında geleceğin enerji sahnesinde rol oynamaya istekli pek çok aktörler ile karşılaşılacağını, bölgedeki kritik gelişmeleri yakından izleme, akılcı çözümler üretme, jeopolitik gücünü yerinde ve zamanında kullanma gibi becerilerini geliştirip, uygulayabilen, daha doğrusu "oyunu kurallarına göre oynayan" bir Türkiye'nin, bulunduğu kritik bölgedeki etkinliğini Türk Cumhuriyetleri başta olmak üzere diğer çevre ülkelerinin de yararına olacak şekilde artırmasının kaçınılmaz olduğu bildirmiştir. Ayrıca dünyanın yeni bir dengeye ulaşmak üzere olduğunu, Türkiye'nin

elinde bu dengenin önemli taşlarından biri olmak için gerekli her türlü aracın fazlasıyla mevcut olduğunu bildirmiştir.

Güzel, (2001), Ortadoğu ve Hazar Bölgesindeki petrol üzerinde yapılan mücadeleleri incelediği çalışmada; Ortadoğu'da devletler ve büyük petrol şirketleri arasındaki mücadele ele almış ve petrolü tüketici ülkelere ulaştıracak güzergahlar, bölgesel sorunlar ve boru hatlarını ele almıştır. Türkiye'nin Bakü-Ceyhan boru hattı inşasında Batı dünyasıyla işbirliği yaptığı gibi Rusya ile de işbirliği yapması gerektiğini bildirmiştir. AB ülkeleri işbirliği ve uzlaşma çimentosu gibi kömür ve çelik kullanarak refah seviyesine ulaşmıştır. Aynı şekilde Orta Asya ülkelerinde huzurlu bir şekilde sorunları halledebileceğini ve alanda elde edilecek başarıların bölgenin kaderini değiştirebileceğini bildirmiştir.

Yüksel, (2006), Bakü Ceyhan ve diğer boru hattı projelerinin Türkiye ekonomisi ve Türkiye'nin Avrasya coğrafyasındaki ekonomik çıkarları bakımından son derece önem taşıdığı ortaya çıkmıştır. Bu projelerin gerçekleşmesi konusundaki Türkiye'nin ısrarlı çabalarının sadece vergi geliri, taşıma ücretleri elde etmek ya da inşaat aşamasında ortaya çıkacak istihdam olanakları ile sınırlı olmadığı, konunun çok daha geniş boyutları olduğu ve Türkiye'ye sağlayacağı ekonomik kazançların çok daha geniş kapsamlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Işık (2008), metalik yapıların (köprü, köprüyol, raylı taşıma hatları...) özellikle dağıtım ve taşıma sistemlerinin (su dağıtım şebekesi, doğalgaz şebekesi, petrol taşımacılığı, su taşımacılığı, gaz taşımacılığı) korozyondan korunmasında en etkili yöntemin dış akım kaynaklı katodik koruma olduğunu bildirmiştir. Dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinin temel elemanlarında (Trafo-Redresör, anot ve anot yatağı) meydana gelen arızalardan maalesef haberdar olunmadığını veya haberdar olursa bile ulaşım ve maliyet gibi sebeplerden bu arıza zamanında giderilemediğini tespit etmiştir. BOTAŞ (Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.S.) ham petrol taşıma boru hatlarında yapılan incelemelerde birçok TR ünitesinde arızalar bulunduğunu ve bunların giderilemediği görülmüş, bunların şu anda olmasa bile gelecekte önemli mal ve can kayıplı kazalara sebep olacağı yönünde görüş bildirmiştir. Bu sorunların giderilememesinin sebebi olarak da boru hatlarının çok geniş alana yayılmış olması, iklim şartları, eleman ve araç yetersizliği gibi sebeplerin sayılabildiğini bildirmiş ve aşağıda belirtilen çözüm önerileri ile bu sorunların aşılabileceğini bildirmiştir. Tüm sistemdeki ölçü kutularının aynı tip ve

modelde olması için tamamının değiştirilmesi gerekmektedir. Silikon anotların tamamı titanyum anotlarla değiştirilmelidir. Anot yatağı malzemesi yeni teknolojiye uygun seçilmelidir (petrol koku...). Anot yatağı tipleri, daha pahalı maliyetli olmasına rağmen dikey anot yatağı seçilmelidir. Tüm sistem otomasyona geçirilmelidir Tank i yüzeylerindeki katodik koruma sistemlerin dual anotlu katodik koruma sistemleri ile değiştirilmesi gerekmektedir. BOTAŞ, Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale boru hattı üzerindeki ölçü kutularının tamamının her 5 km de bir konulmak suretiyle azaltılarak değiştirilmesi gerekmektedir. İskelede bulunan TR nitelerinin de yine yeni teknoloji ürünü olan tipleriyle değiştirilmesi uygun olacaktır. Ayrıca iskelenin de boru hatları ve tank sahasına uygulanacak uzaktan algılama ve kontrol sistemi (SCADA) ile otomasyona bağlanması gerekmektedir. Rmorkrlerin havuzlanması sırasında kullanılan aşınmış ve teknolojileri eskimiş anotlar yerine performansları daha yüksek olan indiyum alaşımlı alüminyum anotların kullanılması yararlı olacaktır. Sistemdeki alt yapı değişlikleri yapılmalı ve tüm sistemler teknolojik yenileriyle değiştirilmelidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümde materyal olarak kullanılan veriler ile boru hatlarında enerji verimliliği analizinde kullanılacak Tür-Tabanlı Enerji Analizi Formülü ve gelecekte boru hatlarındaki enerji tüketim tahminleri modellerinin oluşturulmasına yardımcı olacak metotlardan Çoklu Regresyon Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri hakkında bilgi verilecektir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak ulaşım sektörünün yük taşımacılığında ulaştırma sistemlerinin enerji yoğunluklarını tespitinde etkisi olduğu düşündüğümüz parametreler derlenip çizelge haline getirilmektedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Türkiye'nin 1990–2009 arasındaki verileri

Yıllar	Nüfus (Bin Kişi)	GSYMH (Milyon \$)	Kişi Başına GSYMH (\$/Kişi)	Türkiye'de Enerji Tük. (Bin Petrol)	Ulaştırmada Enerji Tük. (Bin Petrol)	Ulaştırmada Aktivite (Ton-km*10 ⁶)
1990	56.473	149.195	2.642	52.976	8.717	114.694
1991	57.193	149.156	2.608	54.289	8.312	80.758
1992	58.248	156.656	2.689	56.678	8.551	87.006
1993	59.323	177.332	2.989	60.261	10.414	117.662
1994	60.417	131.639	2.179	59.139	9.912	114.334
1995	61.737	168.080	2.723	63.679	11.066	132.296
1996	62.873	181.077	2.880	69.862	11.778	144.513
1997	64.015	188.735	2.948	73.779	11.339	157.548
1998	65.157	201.561	3.093	74.709	10.760	196.770
1999	66.293	183.214	2.764	74.275	11.351	198.558
2000	67.803	198.403	2.926	80.500	12.008	208.424
2001	68.529	147.254	2.149	75.402	12.000	191.044
2002	69.626	182.559	2.622	78.331	11.405	185.217
2003	70.231	241.269	3.435	83.826	12.395	176.908
2004	71.794	300.581	4.187	87.818	13.907	180.308
2005	72.065	361.478	5.016	91.074	13.849	189.122
2006	72.974	409.324	5.609	99.642	14.994	198.287
2007	70.586	488.959	6.927	107.625	17.282	238.480
2008	71.517	735.623	10.286	106.338	16.044	258.049
2009	72.561	622.428	8.578	119.026	15.916	267.164

1990-2009 yılları arasında kalan bu veriler; bağımsız değişken olarak kullanılan; nüfus, gayri safi yurt içi milli hasıla değerleri, yük taşımacılığındaki aktivite miktarları ile bağımlı değişken olan Türkiye'deki enerji tüketimi, ulaştırma sistemindeki enerji tüketimi, yük taşımacılığındaki enerji tüketimi ve ulaştırma sistemlerindeki enerji tüketimleri ele alınmaktadır (Çizelge 3.2,Çizelge 3.3,Çizelge 3.4).

Çizelge 3.2. Türkiye, ulaştırma ve yük taşımacılığında enerji tüketimi

Yıllar	Türkiye'de Enerji Tüketimi (PJ)	Ulaşımında Enerji Tüketilen(PJ)	Yük Taşımacılığında Enerji Tüketimi(PJ)
1990	2.218,00	364,96	165,70
1991	2.272,97	348,01	151,67
1992	2.372,99	358,01	156,99
1993	2.523,01	436,01	223,18
1994	2.476,03	415,00	212,76
1995	2.666,11	463,31	243,29
1996	2.924,98	493,12	269,10
1997	3.088,98	474,74	255,84
1998	3.127,92	450,50	250,58
1999	3.109,75	475,24	270,82
2000	3.370,37	502,75	286,95
2001	3.156,93	502,42	290,76
2002	3.279,56	477,50	283,93
2003	3.509,63	518,95	303,19
2004	3.676,76	582,26	329,85
2005	3.813,09	579,83	332,87
2006	4.171,81	627,77	346,03
2007	4.506,04	723,56	363,32
2008	4.452,16	671,73	371,42
2009	4.983,38	666,37	379,59

Çizelge.3.3. Sektörel enerji tüketimi

Yıllar	Kara Enerji Tüketimi (PJ)	Demir Enerji Tüketimi (PJ)	Deniz Enerji Tüketimi (PJ)	Hava Enerji Tüketimi (PJ)	Boru Hatlarında Enerji Tük (PJ)
1990	141,62	7,14	6,56	4,99	5,39
1991	130,95	7,51	7,01	5,70	0,50
1992	134,92	7,31	8,22	6,03	0,51
1993	198,35	7,77	8,56	7,98	0,52

Çizelge.3.3. (Devam) Sektörel enerji tüketimi

Yıllar	Kara Enerji Tüketimi (PJ)	Demir Enerji Tüketimi (PJ)	Deniz Enerji Tüketimi (PJ)	Hava Enerji Tüketimi (PJ)	Boru Hatlarında Enerji Tük (PJ)
1994	187,29	8,09	8,07	8,83	0,48
1995	210,51	8,33	9,37	14,60	0,48
1996	234,22	9,12	9,03	16,16	0,57
1997	218,08	9,20	9,02	17,10	2,44
1998	211,16	8,37	9,39	17,21	4,45
1999	234,12	8,23	8,55	15,00	4,92
2000	249,10	8,73	8,11	16,41	4,60
2001	249,76	7,38	10,46	19,34	3,82
2002	256,18	7,68	10,74	6,31	3,02
2003	266,54	8,12	11,64	15,64	1,25
2004	276,90	8,06	16,02	27,97	0,90
2005	282,72	9,35	16,90	23,33	0,57
2006	298,56	9,25	10,56	27,07	0,59
2007	305,18	9,48	14,31	28,40	5,95
2008	306,19	10,27	16,55	29,79	8,62
2009	312,84	9,44	16,42	31,29	9,60

Çizelge.3.4. Ulaştırmadaki aktivitenin sektörel dağılımı

Yıllar	Toplam (Ton-km*10 ⁶)	Karayolları (Ton-km*10 ⁶)	Demiryolları (Ton-km*10 ⁶)	Denizyolları (Ton-km*10 ⁶)	Havayolları (Ton-km*10 ⁶)	Boru Hatları (Ton-km*10 ⁶)
1990	114.694	65.710	8.031	7.234	107	33.612
1991	80.758	61.969	8.093	7.528	76	3.092
1992	87.006	67.704	8.383	7.716	102	3.101
1993	117.662	97.843	8.511	8.010	152	3.146
1994	114.334	95.020	8.338	7.781	198	2.997
1995	132.296	112.515	8.632	7.935	231	2.983
1996	144.513	123.748	9.018	7.982	240	3.525
1997	157.548	124.340	9.717	8.025	263	15.203
1998	196.770	152.210	8.466	8.075	274	27.745
1999	198.558	150.974	8.446	8.200	286	30.652
2000	208.424	161.552	9.895	7.987	310	28.680
2001	191.044	151.421	7.562	7.981	285	23.795
2002	185.217	150.912	7.224	7.982	275	18.824
2003	176.908	152.163	8.669	7.996	276	7.804

Çizelge.3.4. (Devam) Ulaştırmadaki aktivitenin sektörel dağılımı

Yıllar	Toplam (Ton- km10 ⁶)	Karayolları (Ton-km10 ⁶)	Demiryolları (Ton-km10 ⁶)	Denizyolları (Ton-km10 ⁶)	Havayolları (Ton-km10 ⁶)	Boru Hatları (Ton-km10 ⁶)
2004	180.308	156.853	9.417	8.106	321	5.611
2005	189.122	166.831	9.152	9.220	392	3.527
2006	198.287	177.399	9.676	7.093	468	3.651
2007	238.480	181.330	9.921	9.610	491	37.128
2008	258.049	181.935	10.739	11.114	515	53.746
2009	267.164	185.881	9.879	11.025	541	59.838

3.1.1. Kullanılan veriler hakkında bilgi

1990-2009 yılları arasında makro veriler olan demografik ve ulaşım verileri toplanmaktadır. Bu veriler sırası ile aşağıda belirtilmektedir.

Nüfus; Türkiye’de nüfus sayımı 1970-1990 yılları arasında 5 yılda bir yapılmakta olup 1990-2000 yılına kadar geçen sürede nüfus sayımı yapılmamıştır. 2000-2007 yılları arasında ise nüfus sayım sistemi değişmiş olup adrese dayalı nüfus sayımı sistemi uygulanmıştır. Bu sistem değişikliğinden dolayı 38 yıllık veri arasında ilk düşüş yılı 2007 yılı olarak kayıtlara geçmiştir. Son nüfus sayımı ise 2007 yılında açıklanmıştır. Bu çalışmada kullanılan nüfus verileri, Türkiye İstatistik Kurumu’ndan(TÜİK) alınmıştır (TUİK, 2010).

Gayri safi yurt içi milli hasıla (GSYMH); buradaki veriler TÜİK yıllıklarından alınmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye’nin sosyo-ekonomik değerleri de gelişmektedir. Türkiye nüfusunun sürekli ve düzenli olarak artmasının yanı sıra GSYMH’nın bazı yıllarda düşüş gösterse de 2005 yılındaki değeri 1998 yılındaki değerinin yaklaşık dört katı olduğu görülmektedir.

Aktivite miktarları; 1990-2009 yılları arasındaki dönem için TÜİK ve Karayolları Genel Müdürlüğü(KGM) yıllıklarından derlenmektedir.

Türkiye’de tüketilen enerji miktarı; buradaki veriler Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) ve Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı (ETKB) kaynakları tarafından alınmaktadır.

Ulaşımında tüketilen enerji miktarı; 1990-2009 yılları arasındaki ulaşım sektöründe tüketilen enerji miktarları ETKB tarafından yayınlan sektörel enerji tüketim raporlarından elde edilmiştir.

Yük taşımacılığında sektörel enerji tüketim miktarları; 1990-2009 yılları arasındaki ulaşım sektöründe tüketilen enerji miktarları ETKB tarafından yayınlan sektörel enerji tüketim raporlarından elde edilmiştir.

3.1.2. Kullanılan verilerin çoğaltılması

Bu çalışmada yer alan veriler içerisinde nüfus, GSYMH, ulaşırmadaki aktivite miktarları ve sektörel enerji tüketimlerinin daha iyi gözlemlenebilmesi için çeşitli oranlar türetilmiştir. Bunlar; kişi başına düşen gayri safi yurt içi milli hasıla değerleri, kişi başına düşen aktivite oranları ve kişi başına düşen sektörel enerji tüketimleri oranları olarak açıklanmaktadır (Çizelge 3.5., Çizelge 3.6., Çizelge 3.7).

Çizelge.3.5.Kişi başına düşen gayri safi yurt içi milli hasıla

Yıllar	Nüfus (Bin Kişi)	GSYMH (Milyon \$)	Kişi Başına GSYMH (\$/Kişi)
1990	56.473	149.195	2.642
1991	57.193	149.156	2.608
1992	58.248	156.656	2.689
1993	59.323	177.332	2.989
1994	60.417	131.639	2.179
1995	61.737	168.080	2.723
1996	62.873	181.077	2.880
1997	64.015	188.735	2.948
1998	65.157	201.561	3.093
1999	66.293	183.214	2.764
2000	67.803	198.403	2.926
2001	68.529	147.254	2.149
2002	69.626	182.559	2.622
2003	70.231	241.269	3.435
2004	71.794	300.581	4.187
2005	72.065	361.478	5.016
2006	72.974	409.324	5.609
2007	70.586	488.959	6.927
2008	71.517	735.623	10.286
2009	72.561	622.428	8.578

Çizelge.3.6.Ulaştırımda yapılan aktivitenin kişi başına düşen oranları

Yıllar	Toplam (Ton- km/Kişi)	Kara yolları (Ton- km/Kişi)	Demir yolları (Ton- km/Kişi)	Deniz yolları (Ton- km/Kişi)	Hava yolları (Ton- km/Kişi)	Boru Hatları (Ton- km/Kişi)
1990	2031,0	1163,6	142,2	128,1	1,9	595,2
1991	1412,0	1083,5	141,5	131,6	1,3	54,1
1992	1493,7	1162,3	143,9	132,5	1,8	53,2
1993	1983,4	1649,3	143,5	135,0	2,6	53,0
1994	1892,4	1572,7	138,0	128,8	3,3	49,6
1995	2142,9	1822,5	139,8	128,5	3,7	48,3
1996	2298,5	1968,2	143,4	127,0	3,8	56,1
1997	2461,1	1942,4	151,8	125,4	4,1	237,5
1998	3019,9	2336,0	129,9	123,9	4,2	425,8
1999	2995,2	2277,4	127,4	123,7	4,3	462,4
2000	3074,0	2382,7	145,9	117,8	4,6	423,0
2001	2787,8	2209,6	110,3	116,5	4,2	347,2
2002	2660,2	2167,5	103,8	114,6	3,9	270,4
2003	2518,9	2166,6	123,4	113,9	3,9	111,1
2004	2511,5	2184,8	131,2	112,9	4,5	78,2
2005	2624,3	2315,0	127,0	127,9	5,4	48,9
2006	2717,2	2431,0	132,6	97,2	6,4	50,0
2007	3378,6	2568,9	140,6	136,1	7,0	526,0
2008	3608,2	2543,9	150,2	155,4	7,2	751,5
2009	3681,9	2561,7	136,1	151,9	7,5	824,7

Çizelge.3.7.Ulaştırımda harcanan enerjinin sektörel kişi başına düşen oranları

Yıllar	Ulaştırma (GJ/Kişi)	Yük Taş. (GJ/Kişi)	Kara yolları (GJ/Kişi)	Demir yolları (GJ/Kişi)	Deniz yolları (GJ/Kişi)	Hava yolları (GJ/Kişi)	Boru Hatları (GJ/Kişi)
1990	6,46	2,93	2,51	0,13	0,12	0,09	0,10
1991	6,08	2,65	2,29	0,13	0,12	0,10	0,01
1992	6,15	2,70	2,32	0,13	0,14	0,10	0,01
1993	7,35	3,76	3,34	0,13	0,14	0,13	0,01
1994	6,87	3,52	3,10	0,13	0,13	0,15	0,01
1995	7,50	3,94	3,41	0,13	0,15	0,24	0,01
1996	7,84	4,28	3,73	0,15	0,14	0,26	0,01
1997	7,42	4,00	3,41	0,14	0,14	0,27	0,04
1998	6,91	3,85	3,24	0,13	0,14	0,26	0,07
1999	7,17	4,09	3,53	0,12	0,13	0,23	0,07
2000	7,42	4,23	3,67	0,13	0,12	0,24	0,07
2001	7,33	4,24	3,64	0,11	0,15	0,28	0,06
2002	6,85	4,08	3,68	0,11	0,15	0,09	0,04

Çizelge.3.7. (Devam) Ulaştırımda harcanan enerjinin sektörel kişi başına düşen oranları

Yıllar	Ulaştırma (GJ/Kişi)	Yük Taş. (GJ/Kişi)	Kara yolları (GJ/Kişi)	Demir yolları (GJ/Kişi)	Deniz yolları (GJ/Kişi)	Hava yolları (GJ/Kişi)	Boru Hatları (GJ/Kişi)
2003	7,39	4,32	3,80	0,12	0,17	0,22	0,02
2004	8,04	4,59	3,86	0,11	0,22	0,39	0,01
2005	8,03	4,62	3,92	0,13	0,23	0,32	0,01
2006	8,61	4,74	4,09	0,13	0,14	0,37	0,01
2007	10,24	5,15	4,32	0,13	0,20	0,40	0,08
2008	9,40	5,19	4,28	0,14	0,23	0,42	0,12
2009	9,18	5,23	4,31	0,13	0,23	0,43	0,13

3.2. Yöntem

Çalışmamızda yöntem olarak ilk aşamada çizelge haline getirilmiş olan veriler grafik ortamında analizi yapılarak yorumlanmaktadır. İkinci aşama olarak tür-tabanlı enerji analizi formülü kullanılarak 2010-2023 yılları arasındaki geleceğe yönelik enerji tüketim tahminleri yapılması planlanmaktadır. Üçüncü aşamada ise Yapay zekâ teknikleri kullanılarak tahmin modelleri oluşturulmaktadır. Verilerin ilk 154 ayına kadar olan kısmı eğitim verisi olarak alınıp 80 aylık kısmı ise test verisi olarak alınmakta ve tahmin modelleri oluşturulmaktadır.

3.2.1. Verilerin analizi

Çalışmamızda yer alan veriler ve bunlardan oluşan oranlar ilk olarak tablolar haline getirilmektedir. Öncelikle 1990-2009 yılları arası değişimleri genel olarak ele alınmaktadır. Daha sonra ise değişkenlerin yıllara göre dalgalanmaları kendi içinde yorumlanmaktadır.

2010-2023 yılları arasında ulaştırma sisteminde tüketilen enerji miktarları yıllık ton-km değeri ile o yıla ait yük taşımacılığının enerji yoğunluğu değerleri tür-tabanlı enerji analizi formülü kullanılarak analizler yapılmaktadır.

Üçüncü veri analizi olarak regresyon ve YSA teknikleri kullanılmaktadır. Yapay Zekâ Tekniklerinden biri olan YSA güçlü tahmin yeteneği olan bir metottur.

3.2.2. Tür tabanlı enerji analizi formülü

Ulaştırma sisteminin enerji verimliliği analizlerinde genellikle tercih edilen yöntem tür bazında tüketilen verileri kullanılarak tür-tabanlı enerji verimliliği analizi yapmaktır. Bu enerji verimliliği analizi tür bazından, türlerde kullanılan araçlar bazına genişletilerek daha detaylı bir analiz yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra, taşınacak yük çeşidine göre de analizler (tük-tabanlı) yapıldığı görülmektedir. Bu çeşit analizler daha çok endüstrileşmiş ülkelerde gerçekleştirilmektedir.

Ulaştırma politikaları geliştirilirken, yük taşımacılığında zamana bağlı enerji tüketim tahminleri yapılması ve enerji verimliliğinin amaçlanması önemlidir. Yük taşımacılığında toplam enerji tüketim tahmini için bir ton-km 'ye düşen enerji miktarının değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Toplam enerji tüketimine ait temel faktörlerin birleştirildiği eşitlik aşağıda verilmektedir.

$$E_{tot} = \sum_k \mu_k \times s_k \times XD, \quad (3.1)$$

Burada; E_{tot} , Toplam enerji tüketimi; μ_k , enerji yoğunluğu (MJ/Tkm) ; s_k , k türü için tür payı yüzdesi,; XD , taşınan toplam ton-km ve

$$\sum_k s_k = 1$$

Eş. 3.1 ile XD talebi ile meydana gelen enerji tüketimi toplam ton-mile XD ile türev pay s_k ve enerji yoğunluğu μ_k 'nın çarpımının bir fonksiyonu olmaktadır. Yük tabanlı enerji verimliliği yaklaşımı ile taşıma ağındaki başlangıç-bitiş noktaları arasındaki yük taşımacılığı hareketleri örgüsünde karşılaştırmalar yapılarak çözüme gidilmesi amaçlanmaktadır. Yani, her bir türün sadece enerji verimliliğindeki ton-km toplamı yönetilmekte ve toplam ton-km'nin türel dağılım değişiklikleri kontrol edilebilmektedir. Daha sonra çözülmüş problemin görüntüsünde kontrol yapılarak yük taşımacılığının dağılımı, ticari mal ağının bileşenlerinde analiz için düzenlenmektedir.

Bu yaklaşımda, taşınan yükün çeşidi dikkate alınmaktadır. Bu amaçla yükler, farklı ticari eşya gruplarına göre değerlendirilmektedir. Her bir ticari eşya grubu bir yük çeşidini temsil etmektedir. Yük diye adlandırdığımız her bir ticari eşya çeşidinin ton-km toplamı dikkate alınarak, toplam tüketilen enerji bulunmaktadır. Yani herhangi bir yük çeşidine göre ton-km 'de harcanan enerji belirlenerek o yük çeşidindeki toplam ton-km

değeri ile o yük çeşidinin taşımacılığında tüketilen toplam enerji tespit edilmektedir. Aşağıdaki denklem ile bu durum ifade edilmektedir.

$$E_{tot} = \sum_c \sum_k \mu_{c,k} s_{c,k} \times XD_c, \quad (3.2)$$

Burada; E_{tot} , toplam enerji tüketimi; μ , enerji yoğunluğu (MJ/Tkm) ; s , türel dağılım yüzdesi; $XD_{c,c}$ yükünün toplam tkm 'si ; c , yük çeşidini gösteren alt simge; k , türü gösteren alt simge;

$$\sum_k s_{c,k} = 1, \forall c,$$

Buradaki, c alt simgesi ile türler ek olarak ticari eşyanın şedidine göre yani farklı yük çeşitlerine göre sınıflandırma yapılmaktadır. Farklı yük gruplarında türel dağılım ve enerji verimliliği gibi kavramların gösterilmesinde kullanılmaktadır. Eş. 3.2 ile ton-km bileşenleri üzerinde odaklanarak, yük grupları ile ayırım yapılmaktadır. Böylece analist, hem taşıma ağırlığı, hem de taşıma mesafesi ölçüsünü düşürmeği sağlayabilmektedir. Yük gruplarına göre tanımlanmış bireysel firmalar ve firmaların grupları, bu bilgilerle kendi sektörlerinin enerji kullanımına olan katkılarını anlayabilmektedirler. Böylece enerji bölümünü öğrenebilmekte ve buna bağlı olarak azaltıcı amaçlar belirleyebilmektedirler. Bundan başka kamu kurumları standartlar belirleyerek yük grupları arasında karşılaştırmalar yapabilmekte, en iyi uygulamaları olan gruplar belirlenerek diğer grupların ilerleme konusunda teşvikte bulunabilmektedirler.

Bu yöntemde toplam enerji tüketimini etkileyen üç önemli eleman vardır. Bunlar; türel verimlilik, türel dağılım ve ton-km olara ifade edilir. Böylece, sadece türel dağılım veya türel verimliliğe bağlı olarak değil, aynı zamanda temel problemlerin etkisini azaltan ton-km trendi kullanılarak kazanım sağlanmış olur. Buna bağlı olarak bütün problemler daha iyi yönetilebilir bir hale gelmektedir. Yük akışının bu şekilde sağlanması ile direk taşıma yapılan toplam ton-km değeri artmaktadır. Buna bağlı olarak ta hava kalitesinin artmasında pozitif yönde gelişmeler olmaktadır.

Enerji politikalarının belirlenmesinde kısa dönem uzun dönem arasındaki farkların ayırt edilmesi önemlidir. Çünkü uzun ve kısa dönem enerji tüketimlerini hesaplamada kullanılan ton-km başına gerekli enerji değerinde büyük farklılıklar olmaktadır. Uzun dönemde kullanılacak bir ton-km için gerekli enerji değerinin bileşenlerini; hareket veya işletme enerjisi, araç yapım enerjisi, araç bakım enerjisi yol

yapım enerjisi, yol bakım enerjisi, işletme tesislerinde harcanan enerjiler, dolambaçlı güzergah enerjisi, erişim enerjisi oluşturmaktadır.

Kısa dönem taşımacılık politikaları için kullanılan bir ton-km için gerekli enerji miktarının bileşenlerine yakıtın kullanılması ile meydana gelen hareket veya işletme enerjisi ve dolambaçlı güzergah enerjileri girmektedir. Yani politikaların kısa dönem etkilerinin enerji verimliliği analizinde yapım ve bakım enerjileri hesaba girmemektedir. Kısa dönem içerisinde meydana gelen türel kaymalarda meydana gelen toplam enerji tüketim değişimleri, bu yöntemle hesaplanabilmektedir. Kısa dönem politika geliştirme yöntemlerinin, iyi gelişmiş ulaştırma sistemlerine sahip ülkelerde yapılması daha uygundur(Cansız,2007).

3.2.3. Regresyon modellerinin oluşturulması

Geçmişte günümüze değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek bilimin uğraşlarından birisi olmuştur. Gerek günlük hayatımızda gerekse bilimsel araştırmalarda karşılaştığımız sorunların çoğunluğu iki (veya daha çok) değişken arasında bir ilişki olup olmadığının saptanması ile ilgilidir. İki değişken arasında bir ilişki bulunup bulunmadığı, eğer varsa bu ilişkinin derecesinin saptanması da istatistiksel çözümlenmelerde sık sık karşılaşılan bir sorundur. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde regresyon ilk akla gelen tekniktir.

İstatistiksel anlamda iki değişken arasındaki ilişki, bunların değerlerinin karşılıklı değişimleri arasında bir bağıllık şeklinde anlaşılır. Gerçekten x değişkeninin değerleri değişirken, buna bağlı olarak y değişkeninin değerleri de değişiyor ise, bu iki değişken arasında bir ilişki bulunduğu söylenebilir.

Regresyonda değişkenlerin bağımlı değişken ve bağımsız değişken(ler) olarak iki gruba ayrılması bir gerekliliktir. Bağımlı değişken, bağımsız değişken(ler) tarafından açıklanmaya çalışılan değişkendir. Genelde regresyonda bağımlı değişken y ve bağımsız değişken(ler) de x ile ifade edilir.

Regresyonda, amaçlardan biri bağımlı değişkenle bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasıdır. Örneğin y ile x arasında $y_i = a + bx_i$ (i=1,2,3,...) gibi doğrusal bir ilişki öngörülüyorsa ilk adım modelin bilinmeyen a ve b parametrelerinin tahmin edilmesidir. Modelin bilinmeyen parametreleri tahmin

edildiğinde bağımsız değişken(ler)'in farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmek regresyonda bir diğer amaçtır. Bağımsız değişken(ler)'in aldığı her farklı değer(ler)'i için bağımlı değişkenin aldığı değer sabit ise ortada araştırılacak bir problem yoktur.

Hem regresyonda hem de varyans çözümlemesinde bağımlı değişken en az eşit aralıklı düzeyde ölçülür. Regresyonda, bazı özel durumlar dışında, bağımsız değişken(ler) de en az eşit aralıklı düzeyde ölçülmelidir. Varyans çözümlemesinde ise bağımlı değişken yine en az eşit aralıklı düzeyde ölçülürken bağımsız değişken(ler) sınıflama ya da sıralama ölçme düzeyinde ölçülür. Bu nedenle regresyon ve varyans çözümlemesinde amaç aynı olmakla beraber hangisinin kullanılacağı bağımsız değişken(ler)in ölçme düzeyine bağlıdır.

Doğrusal regresyon analizi, bağımsız değişken sayısına göre aşağıda gösterildiği gibi iki kısımda incelenmektedir: Bunlar; basit regresyon analizi (Tek bağımsız değişken) ve çok değişkenli doğrusal regresyon (Birden çok bağımsız değişken) analizidir.

3.2.3.1. Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi

İkiden daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir. Çok değişkenli regresyon ilişkisi Y bağımlı değişkeninin X_1, X_2, \dots, X_m gibi m bağımsız değişkenden etkilendiği kabul edilir ve aralarındaki ilişki için doğrusal bir denklem seçilirse Y için regresyon denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m \quad (3.3)$$

Bu denklemde y, bağımsız değişkenler $X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_m=x_m$ değerlerini aldığı anda Y değişkeninin beklenen değerini göstermektedir.

A, b_1, b_2, \dots, b_m regresyon katsayıları basit regresyondakine benzer şekilde, gözlem noktalarının regresyon denkleminin gösterdiği düzlemde olan e_{yi} uzaklıklarının karelerinin toplamı olan,

$$\sum_{i=1}^N e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^N \underbrace{(y_i - a - b_1x_{1i} - b_2x_{2i} - \dots - b_mx_{mi})}_y^2 \quad (3.4)$$

ifadesini minimum yapacak şekilde hesaplanır (Bayazıt ve Oğuz, 2005).

Y' nin X_1 , ve X_2 gibi iki bağımsız değişkene göre regresyon denkleminin en basit hali olarak şu şekli alır:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 \quad (3.5)$$

(3.4) denklemini için (3.5) denklemini minimum yapan regresyon katsayıları aşağıdaki denklem takımını çözerek bulunur:

$$Na + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i} = \sum_{i=1}^N y_i \quad (3.6)$$

$$a \sum_{i=1}^N x_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} = \sum_{i=1}^N x_{1i} y_i \quad (3.7)$$

$$a \sum_{i=1}^N x_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i}^2 = \sum_{i=1}^N x_{2i} y_i \quad (3.8)$$

Bu denklem takımının çözümünüyle regresyon katsayıları için şu ifadeler elde edilir:

$$b_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_{2i} - \bar{x}_2)^2 \right] * \left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)(y_i - \bar{y}) \right] - \left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) \right] * \left[\sum_{i=1}^N (x_{2i} - \bar{x}_2)(y_i - \bar{y}) \right]}{D} \quad (3.9)$$

$$b_2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 \right] * \left[\sum_{i=1}^N (x_{2i} - \bar{x}_2)(y_i - \bar{y}) \right] - \left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) \right] * \left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)(y_i - \bar{y}) \right]}{D} \quad (3.10)$$

$$a = \bar{y} - b_1 x_1 - b_2 x_2 \quad (3.11)$$

Burada:

$$D = \left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 \right] * \left[\sum_{i=1}^N (x_{2i} - \bar{x}_2)^2 \right] - \left[\sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) \right]^2 \quad (3.12)$$

(3.12) denklemlerinin sonucundan görüleceği gibi regresyon denklemini daima (x_1, x_2, y) noktasından geçer. Regresyon denklemindeki a katsayısı $x_1 = x_2 = \dots = x_m = 0$ için y nin beklenen değerini, b_1 katsayısı x_1 değişkeni dışındaki bütün bağımsız değişkenler sabit kalmak üzere x_1 değişkenindeki birim değişikliğe

karşılık y de beklenen değışikliği gösterir. Bu nedenle b_i katsayılarına kısmi korelasyon katsayıları gözüyle bakılabilir (Bayazıt ve Oğuz, 2005).

3.2.3.2. Altı bağımsız değişkenli doğrusal regresyon analizi

Bir bağımsız değişkenli, bir bağımlı değişkenli doğrusal regresyon çok sayıda bağımsız değişkenler için genişletilebilir. Bu çalışmada y değişkeninin x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 ve x_6 bağımsız değişkenlerinin fonksiyonu olduğu kabul edilmiş ve denklem aşağıdaki Şekilde ifade edilebilir.

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 \quad (3.13)$$

Bu çalışmada yukarıdaki denklem çalışılan konuya uyarlanmış ve regresyon katsayıları Excel yardımı ile belirlenmiştir.

3.2.3.3. Determinasyon katsayısı

Bu çalışmanın kalibrasyon ve değerlendirmesinde kullanılan diğer bir parametrede determinasyon katsayısıdır. Çoklu belirlilik katsayısı, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı olarak tanımlanarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R^2 = \frac{\sum \hat{y}_i'^2}{\sum y_i'^2} = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.14)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum y_i'^2} \quad (3.15)$$

$$R^2 = \frac{b_1 \sum y_i'x_{1i}' + b_2 \sum y_i'x_{2i}'}{\sum y_i'^2} \quad (3.16)$$

3.2.4. Yapay sinir ağları modellerinin oluşturulması

YSA insan beyninin çalışma mekanizmasını taklit ederek beynin öğrenme, hatırlama, genelleme yapma yolu ile yeni bilgiler türetebilme gibi temel işlevlerini gerçekleştirmek üzere geliştirilen mantıksal yazılımlardır. Aslında YSA'nın tarihçesi modern bilgisayarlardan daha eskidir ve bu konudaki çalışmalar sinir hücrelerinin bilgi

işleyiş mekanizmasının modellenmesi ile başlamıştır. İlk olarak 1943'te nörofizyolog McCulloch ve mantıkçı Pitts ilk sinir ağı modelini geliştirerek birkaç ara bağlantı kurmaya çalıştılar. 1950'li yıllarda hızlı bir gelişim gösteren bilgisayar teknolojisi üzerine çalışan uzmanlar, sinirbilimcilerle temasa geçerek bu konuda çalışmalar yaptılar. Ancak 1969 yılında Minsky ve Papert yazdıkları bir kitapta bu çalışmaların verimsiz olduğunu söyleyince, araştırmacılar uzun yıllar maddi kaynak bulmakta zorlandılar ve bu konudaki çalışmalar durma noktasına geldi. Sınırlı imkanlara rağmen hala bu konuda çalışan az sayıda bilim adamının gayreti ile düzenlenen konferanslar ve bazı endüstriyel ve finansal kuruluşlarda başarılı ticari uygulamalar sayesinde 1980'lerin başlarından itibaren YSA çalışmaları yeniden ivme kazandı. Günümüzde verilerden yola çıkarak tahminde bulunmayı gerektiren finans ve satış sektöründen, çeşitli mühendislik sektörlerine kadar birçok alanda çalışma alanları bulan YSA'nın, tıp alanında da uygulama çalışmaları devam etmektedir. Şu anda tıp alanındaki uygulamalar daha çok insan vücut parçalarının modellenmesi ve taramalardan elde edilen sonuçlardan (ultrason taraması, kardiogram vb.) hastalıkların tanısının konmasına yöneliktir. Hastalığa nasıl tanı koyduğuna dair özgün bir algoritmaya ihtiyaç duymayan YSA' lar veri örneklerinden öğrenme yoluyla tanı koymaya çalışır. YSA' nın biyokimyasal analizlerde, genetik alanında yapılan çalışmalarda, kardiyoji, gastroenteroloji, onkoloji, nöroloji, jinekoloji ve patolojide tahmin ve teşhis amaçlı kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Üstün özellikleriyle çeşitli avantajlar sunan ve sürekli gelişmekte olan bu teknoloji ile istatistiksel yöntemler arasında önemli ilişkiler söz konusudur. Bu çalışmada YSA'nın genel yapısı ele alınarak istatistiksel yöntemlerle ilişkileri araştırılmıştır.

3.2.4.1.Biyolojik sinir ağları

İnsan beyninin nasıl çalıştığı henüz tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Ancak bu konuda beyni oluşturan milyarlarca sinir hücresinin önemli rol oynadıkları bilinmektedir. Beynin çalışması genel olarak üç aşamadan oluşur. Bunlar; Bilgi girişi, sentezleme - karşılaştırma ve bilgi çıkışı -eylemleridir.

Beynin bu işlevlerini yerine getirebilmesini sağlayan ise temel yapı elemanı olan sinir hücreleri yani nöronlardır. Sinir hücreleri birbirleri ile ilişki halindedirler. Bu sıkı

ilişki, sinirsel işlevin temelini oluşturan bilgi akışını sağlar. Biyolojik sinir ağını oluşturan insan beynindeki nöronlar üç temel bölgeden oluşur. Bunlar; Çekirdek ve soma (hücre gövdesi), dendritler – akson ve sinapslardır.

Çekirdek ve Soma (Hücre gövdesi); Hücrenin gövde kısmında bulunan çekirdek, hücrenin temel işlevlerini belirleyen ve DNA molekülü üzerinde kodlanmış halde bulunan genetik bilgiyi içerir. DNA üzerindeki bilgi, hücrenin bulunduğu ortama, ortamdaki değişimlere ve hücrenin iç çevresine bağlı olarak deşifre edilerek, hücre içi olayların meydana gelmesini sağlar. Hücre etkinliklerine ilişkin yapım/yıkım (metabolizma) faaliyetlerinin büyük bir çoğunluğu ise hücre gövdesinde yürütülür. Hücre gövdesi, jel kıvamındaki hücre plazması (sitoplazma) içinde, mitokondri, golgi aygıtı, endoplazmik retikulum gibi birçok hücre organelini de içeren bölümdür (www.mcatürk.com/Sinir-Sistemimiz_244.htm).

Dendritler ve Akson; Hücre gövdesinden çıkan uzantılardır. Kısa, ağaç dalları biçiminde ve genellikle çok sayıda olan yapılar dendrit adını alır. Diğer hücrelerin aksonlarıyla gelen sinir sinyallerini alarak ait oldukları hücre gövdesine taşırlar. Akson ise uzun ve tek olup, uç kısımlarından genellikle dallanmalar gösterir. Hücre gövdesinde üretilen sinyalleri diğer nöronların dendritlerine taşımakla yükümlüdür.

Sinapslar; Akson ve dendritlerin veri iletişimi amacıyla bir araya geldikleri birleşim yerlerine sinaps adı verilir. Sinapslar, bir hücrede üretilen sinyalleri, yapısına ve biyofiziksel özelliklerine bağlı olarak sonraki hücreye iletirler. Genel olarak bir sinir hücresi, gövde ve dendritleri aracılığıyla sinyalleri alır. Bu sinyaller akson vasıtasıyla, hücre içindeki genel duruma ve gelen tüm sinyallerin toplam etkisine göre diğer bir hücreye aktarılır.

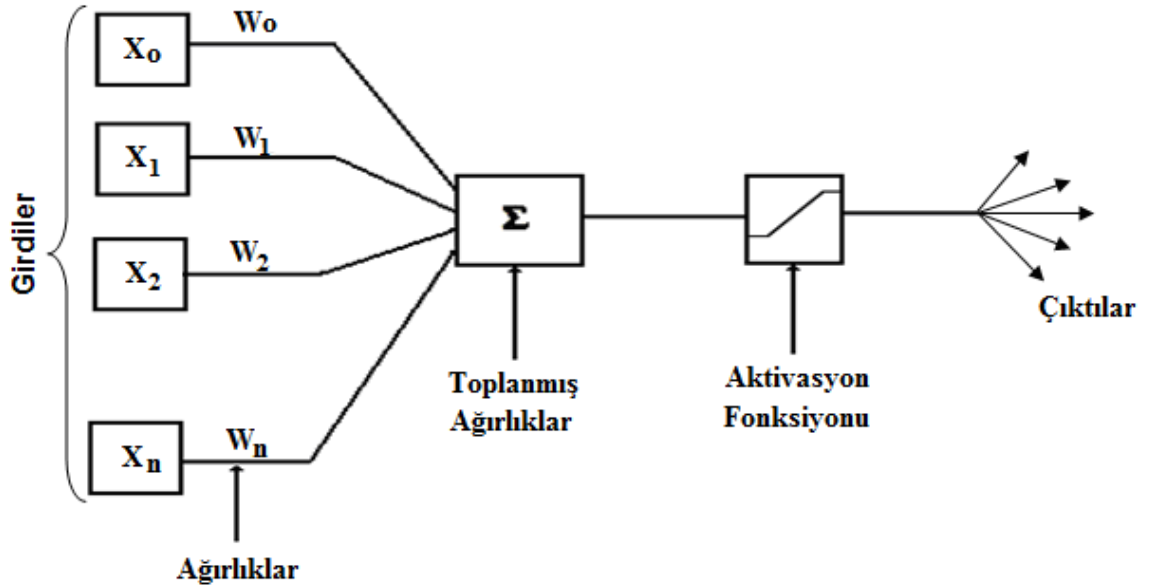
Nöronlar kendi aralarında bağlantılar kurarak, elektrik devrelerine benzer yollarla iletişim sağlayıp, beyin işlevlerinin ortaya çıkmasını sağlayan ana elemanlardır. Bu sistem bir bütün olarak, bir sinir bilimci-nin bile hayal edebileceğinin çok ötesinde bir karmaşıklığa sahiptir.

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantılar ile olur. İnsan beyni doğumdan itibaren sürekli bir öğrenme süreci içindedir. Beyin sürekli bir gelişme gösterir. Bu gelişim sadece yeni beyin hücrelerinin oluşumuyla değil, özellikle nöronlar arasındaki bağlantı ya da diğer bir ifadeyle sinaps sayısının artmasıyla meydana gelir.

Aksonların yeni dalları oluşur ve bu dallar yeni dendritlerle bağlantı kurar. Böylece öğrenme gerçekleşir. Nöronlar arasındaki bağlantılar arttıkça, beyin daha ayrıntılı işlemler yapabilir ve daha çok öğrenmiş olur.

YSA algoritmaları, canlı organizmada bulunan biyolojik sinir yapısı modellenerek oluşturulmuşlardır. Taklit edilen yapay sinir hücreleri birbirleriyle çeşitli şekillerde bağlanarak YSA'yı oluştururlar ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenirler. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma, hatırlama, sonuç çıkarma yeteneğine sahiptirler. YSA hesap lamalarının gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının yani nöronların birbirleri arasındaki yoğun bağlantıdan kaynaklanmaktadır.

Matematiksel olarak modellenmiş bir biyolojik nöron Şekil 3.1.'de görülmektedir. Bu nöronlar Mc Culloch-Pits nöronu olarak bilinirler. Birbirleriyle bağlanarak ağı oluştururlar. Bir nöron diğer nörondan sinyalleri alır, bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Her bir nöron şiddetine göre gelen sinyali ya sönümlendirir ya da iletir. Giriş değerlerinin her biri bir bağlantı ağırlığıyla çarpılır. Nöronlar giriş bilgilerini ağırlıklandırdıktan sonra, doğrusal olarak toplar ve eşik bu bilgiyi doğrusal veya doğrusal olmayan bir fonksiyonda işleyerek çıktı bilgisine dönüştürür. Bu çıktıyı hücreye bağlantısı olan diğer nöronlar giriş bilgileri olarak alırlar. YSA'da en uygun ağırlık setinin belirlenmesi için yapılan ağ hesaplamaları iki aşamadan oluşur:



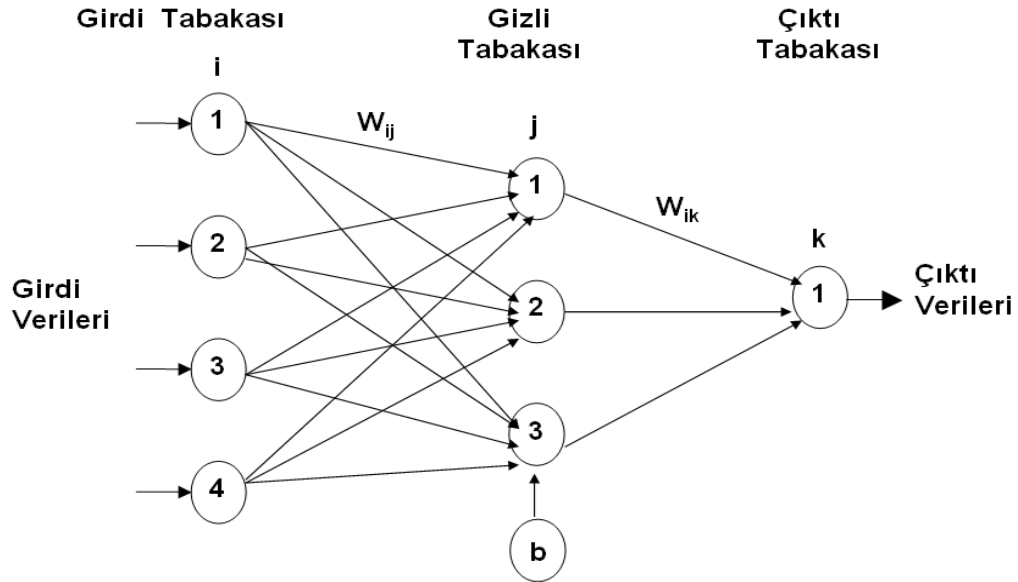
Şekil 3.1. Yapay sinir hücresi modeli; X_i , giriş değerleri; W_i , bağlantı ağırlığıdır.

Öğrenme; Ağlar örneklerle eğitilirler. İki öğrenme stratejisi söz konusudur:

a- Danışmanlı öğrenme: Ağa giriş-çıkış vektörleri şeklinde ayrıntılı eğitim örnekleri verilmektedir. Örneğe ait hem giriş hem de çıkış değerleri ağa sunulur ve her iterasyonda örneğe ait çıkış değerleri ile ağin çıkış değerleri karşılaştırılarak ağin hatası hesaplanır. Bu hata minimum olana kadar ağ, nöronlar arasındaki ağırlıkları düzelterek iterasyona devam eder. YSA'da en yaygın öğrenme biçimidir.

b- Danışmansız öğrenme: Ağa sadece giriş veri grubu sunulur ve bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değeri üretecek şekilde ağin kendisinin uygun ağırlıkları düzenlemesi istenir.

Hatırlama (Test etme): Ağin öğrenmesi sonucu elde edilen ağırlık grubu kullanılarak ağa benzer bir probleme ait giriş değerleri verilir ve bu probleme çözüm getirmesi istenir. YSA, ağin kullanıldığı veri setine göre sınıflandırılabilir. Temel olarak veriler kategorik ve sayısal olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Kategorik veriler ile çalışan ağlar ister danışmanlı ister danışmansız öğrenme kullansın, sınıflandırma ağları olarak bilinirler. Kantitatif veriler kullanan, danışmanlı eğitim almış YSA ise genellikle regresyon analizi amaçlıdır.



Şekil 3.2. Üç tabakalı YSA şeması.

Şekil 3.2'de W_{ij} ve W_{jk} bağlantı ağırlıkları, bir önceki girdi verilerinin işlem yapılan eleman üzerindeki etkisini ifade eden katsayı değerleridir. Başlangıçta rastgele ağırlık değerleri alan bu katsayılar, eğitime sürecinde tahmin edilen çıktılarla gerçek

çıkıktı değerleri karşılaştırılarak devamlı değişmekte ve hataları minimum yapan bağlantı ağırlık değerleri ayarlanıncaya kadar hatalar geriye doğru yayılmaktadır. Şekil 3.1. ve 3.2' deki gizli ve çıkıktı tabakalarındaki her bir hücre, önceki tabakadan gelen verilerin toplam fonksiyonu (net)'e girmesini sağlar. Bu fonksiyon hücreye gelen net girdiyi hesaplayarak aşağıdaki eşitliği belirlemektedir.

$$net_{pj} = \sum_{i=1}^N W_{ij} X_{pi} + b_j \quad (3.17)$$

3.17 denkleminde; N girdi vektörünün boyutu, b_j , bias (tarafllılık, eşik) sabiti, W_{ij} , i ve j tabakaları arasındaki ağırlıklar kümesi, X_i , p örneği için i tabakasının girdi kümesidir.

Bu çalışmada da, en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonu (tanımlama) olan Sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon ve k tabakalarındaki her bir hücrede, net değerini doğrusal olmayan bir tanımlama fonksiyonundan geğirerek $f(net)$ çıkıktısını üretmekte ve 3.17. denklemindeki gibi ifade edilmektedir.

$$f(net) = \frac{1}{1 + e^{-net}} \quad (3.18)$$

YSA, yapısal olarak da sınıflandırılabilir. Yapısal olarak YSA, bilginin akış yönüne bağlı olarak, nöronlar arasındaki bağlantıların yapısı bakımından ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere iki ana grupta toplanır. Bunlar; ileri beslemeli ağlar ve geri beslemeli ağlardır.

İleri Beslemeli Ağlar; Ara sınırlardan geçerek giriş katından çıkış katına doğru bilgi akışının yalnız bir yönde ilerlediği ağlardır. Giriş tabakası, gizli tabaka ve çıkış tabakası olmak üzere 3 tabakadan oluşurlar. Ağ üzerinde bilgi akışı giriş tabakasından çıkış tabakasına doğru ilerler. Yani nöronlar arka arkaya beslenirler.

Geri Beslemeli Ağlar; Herhangi bir sinirin çıkışından girişine doğru bilgi akışının ilerlediği ağlardır. Bu tür ağ yapısında geri besleme bağlantıları söz konusudur.

Ayrıca hem ileri besleme hem de geri yayılma olarak tanımlanabilecek ağ yapıları da mevcuttur. Tüm YSA modelleri içinde en çok kullanılan ağlar geri yayılma ile eğitilen çok tabakalı ileri beslemeli ağlar (Back Propagation Network), radial tabanlı ağlar, Hopfield ve Kohonen sayılabilir. Geri yayılmalı YSA hem kullanışlı hem de güvenilir olmasından dolayı en çok kullanılan ağ türüdür. En önemli özelliği kestirim (prediction) ve sınıflandırma işlemleri için oldukça uygun olması ve doğrusal olmayan

yapı içeren modellerde oldukça kullanışlı olmasıdır. Bu tip ağların kullanıldığı birkaç çalışma şöyle özetlenebilir. Acil servise başvuran hasta sayısı üzerine atmosferik değişimlerin etkisi araştırılmak istenmiş ve etkiler ileri beslemeli geri yayımlı YSA algoritması ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde YSA'nın başarısı %80 olarak bulunmuştur. Bir başka çalışmada ise ratlarda 3 uyku-uyanıklık döngüsüne ait elektrofizyolojik kayıtlar yardımıyla bu evrelerin sınıflandırması yapılmış ve kullanılan ağın başarı oranı yaklaşık %95 bulunmuştur. Yine EEG dalga kayıtlarının girdi verisi olarak kullanıldığı bir diğer çalışmada ileri beslemeli geri yayımlı YSA modeli kullanılmış ve EEG paternine göre denekler uyanık-tetikte, uykulu-uyuşuk ve uykuda olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflama başarısı %94-%96 arasında bulunmuştur.

3.2.4.2. Biyolojik ve YSA'nın temel farkları

YSA, temel olarak biyolojik sinir sistemini örnek alsa da canlı sistemin ileri düzeyde karmaşıklığı, canlıdaki etkinlik ve kapasitede bir sinir ağı tasarımına şu anda izin vermemektedir. Canlı sistemlerde hücreler, hücre uzantıları ve bunlar arasındaki bağlantılar çok dinamik ve değişken bir yapılanma gösterirler. Canlı bir hücrenin hem yapısal hem de biyokimyasal olarak geçirdiği değişiklikleri hesaplayabilmek oldukça karmaşık bir işlem dizisi gerektirir. Ayrıca biyolojik sinir ağları her öğrenmeden sonra hem yapısal hem de kimyasal birtakım değişiklikler göstererek adapte olma özelliğine sahiptirler. Bunun yanı sıra, veri iletişim noktaları olan sinapsların ileri düzeyde uyarlanabilir yapılar olması, bir tek sinapsın bile veri iletişimini modellemeyi güçleştirmektedir. Sinapslar, geçirdikleri verinin tipi ve karşı hücrede uyandırdıkları yanıtı göre bir dizi düzenleme işlevini de gerçekleştirirler.

Tüm bunlarla birlikte, canlılardaki sinir sistemi sadece nöronlardan kurulmamıştır; sinir sisteminde sinir hücrelerinin yaklaşık 50 katı kadar sayıya ulaşabilen ara hücreler (glia hücreleri) de bulunur ve bunların sinir sisteminin bilgi-işlem süreçlerindeki rolleri halen tartışmalıdır. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında en gelişmiş sinir ağları bile canlılardaki sinir sisteminin, sadece bilimsel olarak bilinen kısmına dair kaba bir model/benzetim olarak kabul edilebilir.

3.2.4.3. YSA ve istatistiksel yöntemler

YSA uygulamalarında istatistiksel bağlantıların büyük önemi vardır. İstatistikte doğrusal olmayan modeller için kullanılan yöntemler bazı YSA algoritmalarını eğitmek için kullanılmaktadır. YSA terminolojisinde istatistiksel çıkarımın anlamı, ham veriden genelleme yapmayı öğrenmektir. YSA ve istatistiksel yöntemler arasında önemli bir kesişim kümesi vardır. Örneğin en küçük kareler yöntemi YSA modellerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla beraber model geliştirmede YSA ile istatistikte kullanılan yaklaşımlar tamamen farklı olabilir. Değişik eğitime kriterleri, değişik istatistiksel özelliklere sahip farklı tahmin yöntemleridir. Örneğin aritmetik ortalama, basit bir geri yayılma ağ ile kolayca hesaplanabilir. Bunun için, aritmetik ortalama formülünün ağ içinde kullanılması yeterlidir. Sonuçta hesaplanma şekli ne olursa olsun çıktı olarak aritmetik ortalama elde edilir. YSA'nın klasik ve modern istatistiksel yöntemlere ek olarak kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Geri beslemeli YSA, daha çok optimizasyon problemlerinde kullanılırlar. En popüler geri beslemeli ağ tiplerinden biri Kohonen ağlarıdır. Kullanımı zor ancak çok güçlüdür. Uyarlamalı vektör ölçümü için Kohonen ağları, k ortalamalı kümeleme analizine çok benzemektedir. Kohonen kendi kendini organize edebilen haritaları, temel eğriler ve yüzeylere ayrı bir yaklaşımdır.

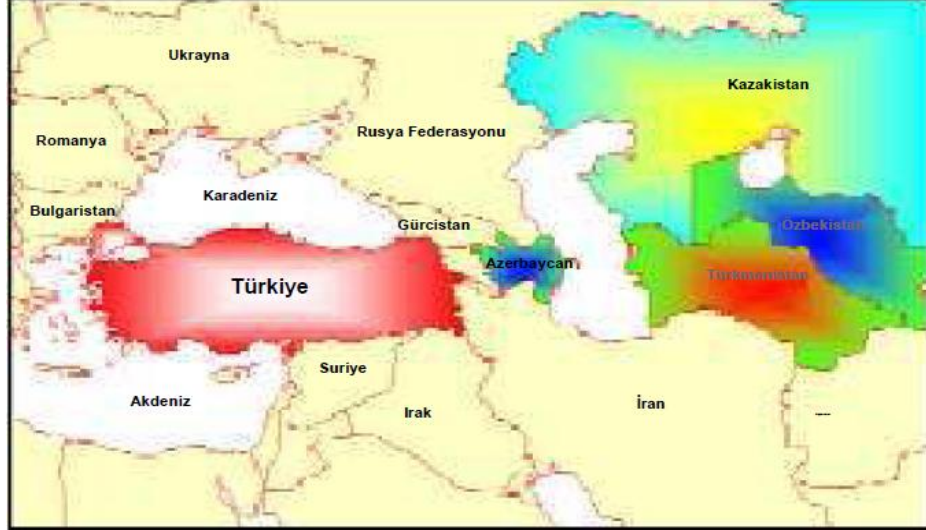
Geri yayılma YSA, özellikle zaman serileri analizinde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Geri yayılım algoritmasının yeni olmadığı, aslında bilinen bir istatistiksel yöntem olan stokastik yaklaşım olduğu ileri sürülmektedir.

Genel olarak danışmanlı öğrenme ile eğitilen YSA regresyon analizi ve ayırma analizi amacıyla kullanılmaktadır. Danışmansız öğrenme ile eğitilen YSA, sınıflama (cluster) analizi ve veri indirgemedede kullanılmaktadırlar.

YSA ile klasik istatistiksel yöntemler arasındaki en temel farklılık istatistiksel yöntemlerin, modele alınacak değişkenlerin yapısı hakkında bilgiye gereksinim duyması ve birtakım varsayımları göz önüne almasıdır. YSA ise değişkenlerin yapısı hakkında bilgi istemez ve ön şart gerektirmez. Yani istatistiksel yaklaşımlar, varsayılan bir modele dayanır ancak YSA veriye dayanır.

3.2.5. Türkiye'deki boru hatlarının genel durumu

Bu bölümde, ülkemizde halen mevcut olan, yapım aşamasında olan ve yapılması planlanan petrol ve doğal gaz boru hatları hakkında bilgiler verilmektedir. Söz konusu bu boru hatları Türkiye'yi uluslararası arenada bir enerji koridoru haline getirmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Türkiye enerji köprüsü

3.2.5.1. Mevcut ham petrol boru hatları

Irak-Türkiye HPBH; Irak - Türkiye Ham Petrol Boru Hattı Sistemi, Irak'ın Kerkük ve diğer üretim sahalarından elde edilen ham petrolü Ceyhan (Yumurtalık) Deniz Terminali'ne ulaştırmaktadır. 35 Milyon ton yıllık taşıma kapasitesine sahip bulunan söz konusu boru hattı, 1976 yılında işletmeye alınmış ve ilk tanker yüklemesi 25 Mayıs 1977'de gerçekleştirilmiştir.

1983 yılında başlayıp, 1984 yılında tamamlanan I. Tevsi Projesi ile hattın kapasitesi 46,5 Milyon ton/yıl'a yükseltilmiştir. I. Boru Hattı'na paralel olan ve 1987 yılında işletmeye alınan II. Boru Hattı ile de yıllık taşıma kapasitesi 70,9 Milyon ton'a ulaşmıştır (Anonim, 2011. www.botas.gov.tr).

Dünya petrol piyasası açısından Kerkük-Yumurtalık Ham Petrol Boru Hattı sahip olduğu kapasiteyle küçümsenmeyecek bir öneme sahip. Fakat hattın sürekli saldırı ve sabotajlara maruz kalmasıyla petrolde yaşanan kesintiler küresel petrol piyasasına olumsuz yansımakta ve bu da fiyatların dalgalanmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla,

hattın güvenliğini sağlanması ve tam kapasiteyle çalışması dünya petrol piyasalarındaki ham petrolün fiyatını düşürecek özellikle de ham petrole bağlı ekonomilerde önemli bir maliyet indirimine katkı sağlayacaktır. Tabii transit ülke konumunda olan Türkiye de bu kesintilerden nasibini alıyor. Örneğin, Körfez Krizi sonrasında hattan 6 yıl boyunca petrol akması Türkiye'nin yaklaşık 2 milyar dolarlık gelir kaybına sebep olmuştur. Şimdilerde ise bu kayıp yıllık ortalama 200–300 milyon dolar civarındadır (Parlar, 2003).

Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı, Körfez Krizi sırasında Birleşmiş Milletlerin (BM) Irak'a uyguladığı ambargo nedeniyle Ağustos 1990'da işletmeye kapatılmıştır. BM'nin 14 Nisan 1995 tarih ve 986 sayılı kararına istinaden, 16 Aralık 1996 tarihinde, sınırlı petrol sevkiyatı için tekrar işletmeye açılmış olup, altışar aylık dönemler itibarıyla petrol sevkiyatına devam edilmektedir.

Birleşmiş Milletler tarafından Irak'a verilen izinler doğrultusunda 2009 yılında Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı ile taşınan ham petrol miktarı 167,600 bin varildir (Anonim, 2011. www.botas.gov.tr).

Ceyhan-Kırıkkale HPBH; Kırıkkale Rafinerisi ham petrol ihtiyacını karşılayan bu boru hattı, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'ndan Ekim 1983 tarihinde devralınmış olup, Eylül 1986 tarihinde işletmeye açılmıştır. 448 km uzunluğundaki hattın yıllık taşıma kapasitesi ise 5 Milyon ton'dur. Ceyhan Deniz Terminali'nden başlayarak, Kırıkkale Rafinerisi'nde son bulan boru hattı üzerinde 2 pompa istasyonu, 1 pig istasyonu ve 1 adet dağıtım terminali mevcuttur. Ceyhan-Kırıkkale Ham Petrol Boru Hattı ile 2009 yılında 20.173 bin varil ham petrol taşınmıştır (Anonim, 2011. www.botas.gov.tr).

Batman-Dörtyol HPBH; Batman ve çevresinden çıkarılan ham petrolü tüketim noktalarına ulaştırmak üzere 4 Ocak 1967 tarihinde Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı tarafından işletmeye açılan bu hattın mülkiyeti, 10 Şubat 1984 tarihinde BOTAŞ'a devredilmiştir. Boru hattı, Batman'dan İskenderun Körfezi'ne ulaşarak, Dörtyol'da son bulmaktadır. Yıllık taşıma kapasitesi 3,5 Milyon ton olan boru hattının uzunluğu ise 511 km olup çapı 18" 'dir. Hat üzerinde, Batman, Diyarbakır (Pirinçlik) ve Kahramanmaraş (Sarıl)'da olmak üzere 3 adet pompa istasyonu mevcuttur. Batman Terminali tank sahasında her birinin kapasitesi 25.000 m³ olan 7 adet ham petrol depolama tankı bulunmaktadır. Pirinçlik'te 4 adet Sarıl'da 4 adet olmak üzere toplam 8 adet depolama

tankı mevcuttur. Dörtyol'daki tank sahasında her birinin kapasitesi 25.000 m³ olan 7 adet depolama tankı vardır. 2009 yılında, Batman-Dörtyol Ham Petrol Boru Hattı ile taşınan ham petrol miktarı 12.210 bin varildir (Anonim, 2011. www.botas.gov.tr).

Şelmo-Batman HPBT; Selmo sahasında üretilen ham petrol Batman Terminali'ne taşıyan boru hattının uzunluğu 42km olup, yıllık taşıma kapasitesi 800.000 ton' dur. Selmo-Batman Ham Petrol Boru Hattı ile 2002 yılında 691 bin varil ham petrol taşınmıştır. 2007 yılından itibaren bu hattan petrol taşınması durdurulmuştur (Anonim, 2011. www.botas.gov.tr).

Bakü-Tiflis-Ceyhan HPBH; BTC hattı ile Azerbaycan'da üretilen ham petrol, boru hattı ile Gürcistan üzerinden Ceyhan'daki deniz terminaline, buradan da tankerlerle dünya pazarlarına ulaştırılmaktadır. Boru hattı 2009 yılında 285.492 bin varil ham petrol taşımıştır (Anonim, 2011. www.botas.gov.tr).

Türkiye boru taşımacılığındaki boru hatlarının geçiş güzergahı şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Boru hatlarının geçiş güzergahı

Türkiye tarihinin en önemli bölgesel projesi olan BTC hattı, Azerbaycan kesimi 440 km, Gürcistan kesimi 260 km ve Türkiye kesimi 1074 km olmak üzere toplam 1774 km uzunluğundadır. Resmi açılışı 13 Temmuz 2006'da yapılan, günlük 1 milyon varil ve yıllık 50 milyon ton kapasitesi bulunan hat, yaklaşık 4 milyar dolara mal olmuştur. Projenin esas süresi 40 yıl olmakla birlikte, katılımcılarının talep etmesi durumunda, 10'ar yıllık dönemler halinde iki kez uzatılması mümkündür. ([www. BTC Türkiye Direktörlüğü](http://www.BTC.TürkiyeDirektörlüğü)).

3.2.5.2.Yapılması planlanan ham petrol boru hatları

Trans Anadolu (Samsun-Ceyhan) HPBH; Samsun-Ceyhan hattı olarak bilinen, Trans Anadolu petrol boru hattı ile Karadeniz'e çıkarılan petrolün kuzey-güney geçişi ile Ceyhan Terminali'ne ulaştırılması hedeflenmektedir. Boru hattının toplam uzunluğunun 550 km uzunlukta olması planlanmaktadır.

Burgaz-Dedeğaç HPBH; Bulgaristan, Rusya ve Yunanistan'ın ortak projesi olan ve yaklaşık 15 yıldır müzakere edilen projeye, Rusya'nın Novorossisk Limanı'ndan yüklenecek petrolün, önce Bulgaristan'ın Burgaz limanına, oradan da boru hattıyla Yunanistan'ın Ege kıyısındaki Dedeğaç kentine taşınması amaçlanmaktadır. 155 kilometresi Bulgaristan'da, 125 kilometresi de Yunanistan'da olmak üzere toplam 280 kilometre uzunluğunda olması planlanmaktadır.

Akdeniz (Med Stream) HPBH; Akdeniz boru hattı projesi ile Türkiye'den İsrail'e uzanacak boru hattından petrol, doğal gaz, elektrik ve fiber optik kablo ulaştırılması hedeflenmektedir. İlk varış noktasının İsrail olması planlanan projenin ilerleyen dönemde Kızıldeniz üzerinden Hindistan, Çin ve Tayvan'ı içine alacak şekilde genişletilmesi planlanmaktadır. Ancak çeşitli enerji unsurlarının taşınmasını öngören projenin merkezini Rusya ve Azerbaycan petrollerinin boru hattı ile Akdeniz üzerinden İsrail'e taşınması oluşturmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1.Yük Taşımacılığında Enerji Analizi

Yük taşımacılığında tüketilen enerjinin miktarı 1990-2009 yılları arasında, 1990 yılında 165,70 PJ'den 2009 yılında 379,59 PJ değerine çıkmaktadır. Yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarı 1990-2009 yılları arasında %129'luk bir artış göstermektedir(Çizelge 4.1). 1990-2009 yılları arasında bazı yıllarda düşüş görülse de genel olarak düzenli bir seyir takip edilmektedir (Şekil 4.1).Yük taşımacılığında tüketilen enerjide en büyük değer 379,59 PJ ile 2009 yılında görülürken, en küçük değer ise 151,67 PJ ile 1991 yılında görülmektedir.

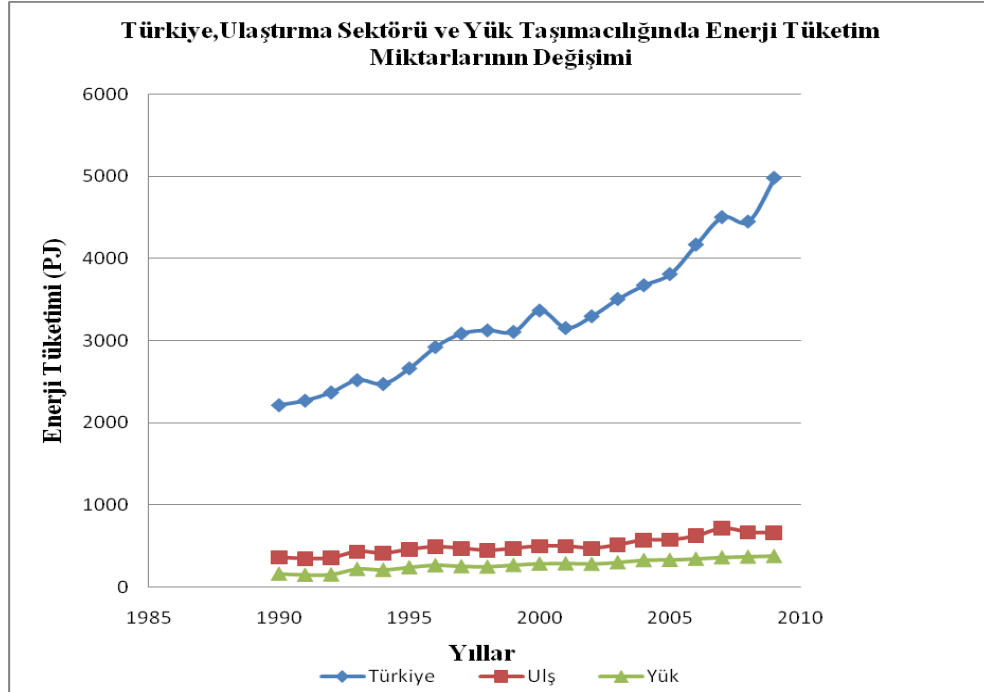
Yük taşımacılığında tüketilen enerjinin artışı, Türkiye toplam enerji tüketiminde görülen artışa paralellik gösterse de, artış hızında daha büyüktür. Bundan dolayı yük taşımacılığında tüketilen enerjinin, Türkiye'de tüketilen toplam enerjideki payı 1990 yılında %7,47 iken 2009 yılında %7,62'ye artmaktadır. 1990-2009 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığı sektörünün Türkiye toplam enerji tüketimindeki payı, dalgalı bir seyir izleyerek artmaktadır (Şekil 4.2).Yük taşımacılığında tüketilen enerjinin, Türkiye'de tüketilen toplam enerjideki en büyük payı %9,21 ile 2001 yılında görülürken, en küçük pay ise %6,62 ile 1992 yılında olmaktadır (Çizelge 4.1).

Yük taşımacılığında tüketilen enerjinin, ulaştırma sektöründe tüketilen enerjideki payı 1990 yılında %45,40 iken, 2009 yılında %57'ye artmaktadır. 1990-2009 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığı sektörünün Türkiye toplam enerji tüketimindeki payı dalgalı bir seyir izleyerek artmaktadır (Şekil 4.2).Yük taşımacılığında tüketilen enerjinin, Türkiye'de tüketilen toplam enerjideki en büyük payı %59,52 ile 2002 yılında görülürken en düşük payı ise %43,58 ile 1991 yılında olmaktadır (Çizelge 4.1).

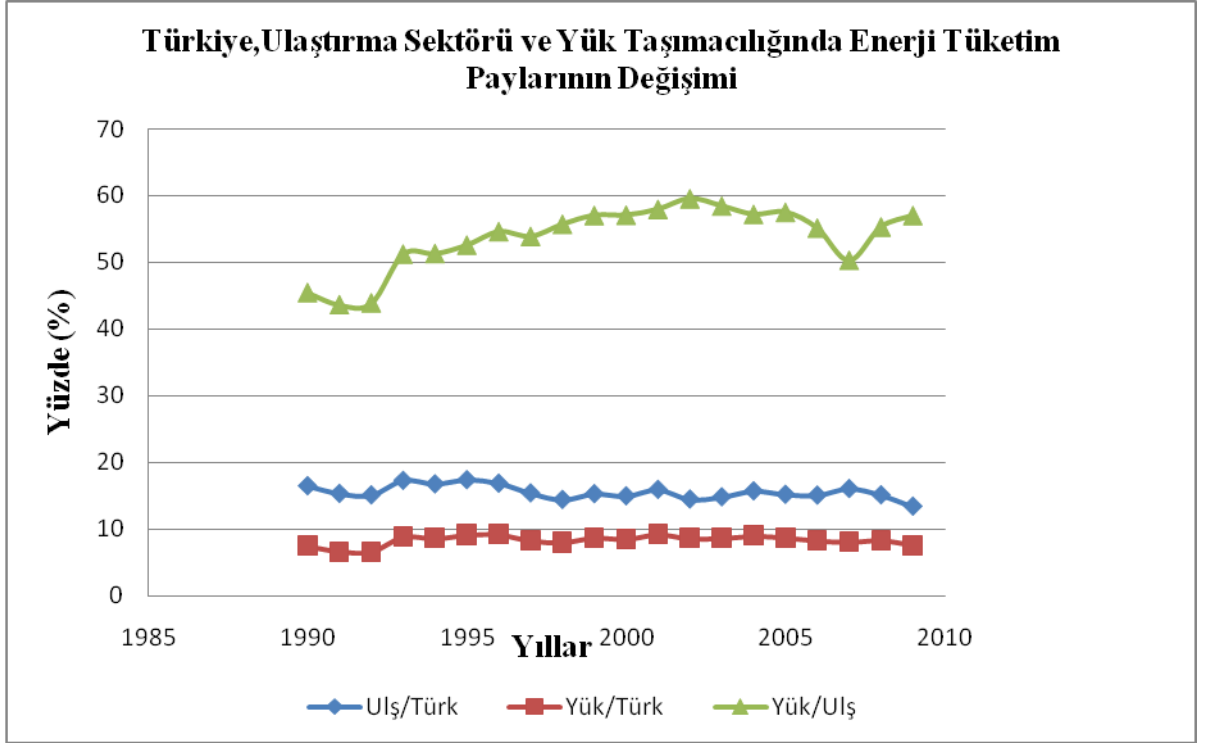
Yük taşımacılığında kişi başına tüketilen enerji Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi 1990 yılında 2,93 GJ/Kişi iken 2009 yılında 5,23 GJ/Kişi değerine çıkmaktadır. Kişi başına tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında %78'lik bir artış göstermektedir. Türkiye'de kişi başına tüketilen enerjide bazı yıllarda bazı yıllarda düşme görülse de genel olarak düzenli bir artış gerçekleşmektedir (Şekil 4.3). Yük taşımacılığında kişi başına düşen enerji miktarının en büyük değeri 5,23 MJ/Kişi ile 2009 yılında görülürken, en küçük değeri ise 2,65 MJ/Kişi ile 1991 yılında görülmektedir.

Çizelge 4.1. Ulaştırma sektöründe ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin Türkiye’de tüketilen enerji ile karşılaştırılması

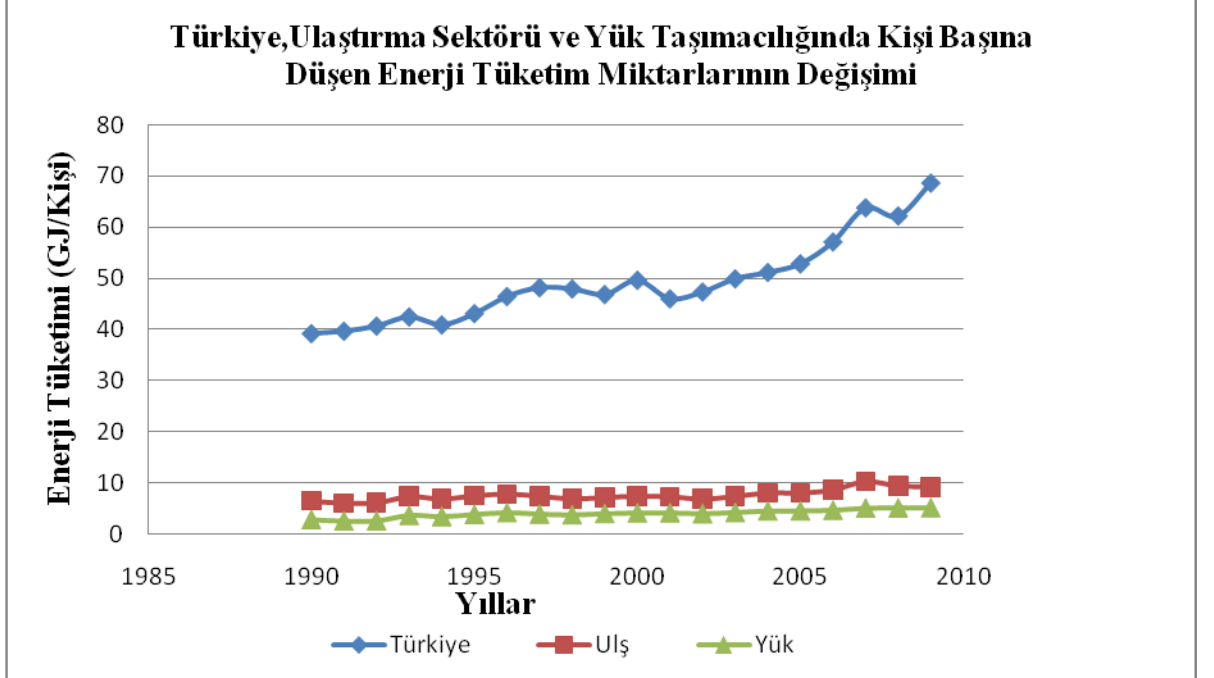
Yıllar	Enerji Tüketimi (PJ)			Enerji Tüketim Payları (PJ)			Kişi Başına Düşen Enerji (MJ/Kişi)		
	Türkiye	Ulaş	Yük	Ulaş/Türk	Yük/Türk	Yük/Ulaş	Türkiye	Ulaş	Yük
1990	2218	365	165,70	16,46	7,47	45,40	39,28	6,46	2,93
1991	2273	348	151,67	15,31	6,67	43,58	39,74	6,08	2,65
1992	2373	358	156,99	15,09	6,62	43,85	40,74	6,15	2,70
1993	2523	436	223,18	17,28	8,85	51,19	42,53	7,35	3,76
1994	2476	415	212,76	16,76	8,59	51,27	40,98	6,87	3,52
1995	2666	463	243,29	17,37	9,13	52,55	43,18	7,50	3,94
1996	2925	493	269,10	16,85	9,20	54,58	46,52	7,84	4,28
1997	3089	475	255,84	15,38	8,28	53,86	48,25	7,42	4,00
1998	3128	450	250,58	14,39	8,01	55,68	48,01	6,91	3,85
1999	3110	475	270,82	15,27	8,71	57,01	46,91	7,17	4,09
2000	3370	503	286,95	14,93	8,51	57,05	49,70	7,42	4,23
2001	3157	502	290,76	15,90	9,21	57,92	46,07	7,33	4,24
2002	3300	477	283,93	14,45	8,60	59,52	47,40	6,85	4,08
2003	3510	519	303,19	14,79	8,64	58,42	49,98	7,39	4,32
2004	3677	577	329,85	15,69	8,97	57,17	51,22	8,04	4,59
2005	3813	579	332,87	15,18	8,73	57,49	52,91	8,03	4,62
2006	4172	628	346,03	15,05	8,29	55,10	57,17	8,61	4,74
2007	4506	723	363,32	16,05	8,06	50,25	63,84	10,24	5,15
2008	4452	672	371,42	15,09	8,34	55,27	62,25	9,40	5,19
2009	4983	666	379,59	13,37	7,62	57,00	68,67	9,18	5,23



Şekil 4.1. Türkiye, ulaştırma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.2 Türkiye,ulaşıma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin payının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.3 Türkiye,ulaşıma sektörü ve yük taşımacılığında tüketilen enerjinin miktarının kişi başına değişiminin gösterilmesi

4.1.1.Türlere göre enerji tüketimi

4.1.1.1.Enerji tüketim miktarları

Yük taşımacılığında karayollarında tüketilen enerji 1990 yılında 141,62 PJ iken 2009 yılında 312,84 PJ 'ye çıkmıştır.1990 yılı ile 2009 yılı arasında karayollarında tüketilen enerjide % 120'lik bir artış olmuştur(Çizelge 4.2). Karayollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında bazı yıllarda azalsa da genelde düzenli bir şekilde artmaktadır (Şekil 4.4).Karayollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında en yüksek 312,84 PJ ile 2009 yılında, en küçük değeri ise 130,95 PJ ile 1991 yılında gerçekleşmektedir.

Yük taşımacılığında demiryollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında 7,14 PJ'den 9,44 PJ'ye çıkarak %32 artmaktadır(Çizelge 4.2).Demiryollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında bazı yıllar çok az miktarda azalsa da genelde bir artış göstermektedir (Şekil 4.4).Demiryollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında en yüksek 10,27 PJ ile 2008 yılında, en küçük değeri ise 7,14 PJ ile 1991 yılında görülmektedir.

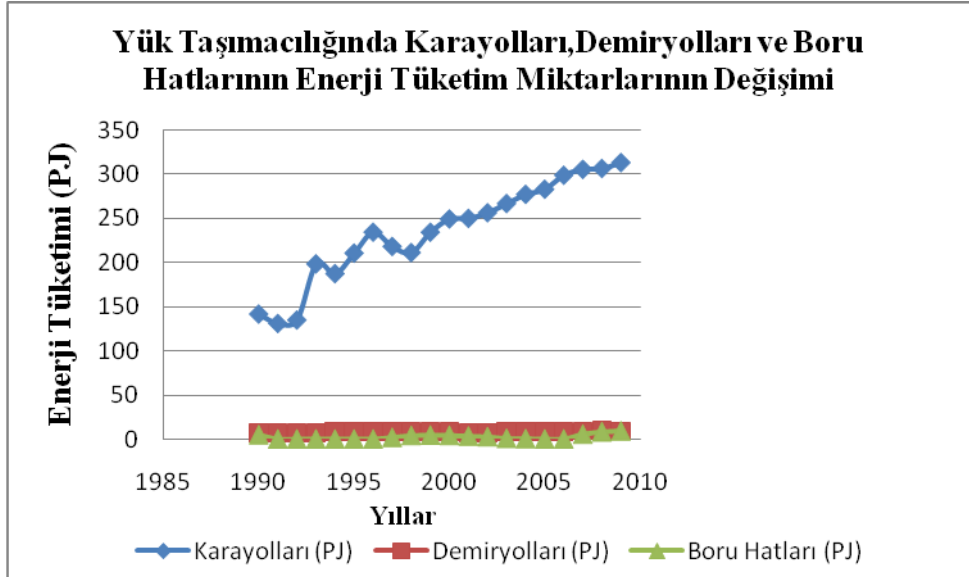
Denizyollarında tüketilen enerji 1990 yılında 6,56 PJ iken 2009 yılında 16,42 PJ'ye yükselmektedir. Tüketilen enerjide 1990-2009 yılları arasında %150'lik bir artış gözlemlenmektedir(Çizelge 4.2).Denizyollarında tüketilen enerji Şekil 4.5'de görüldüğü gibi 2003 yılından sonra diğer yıllara göre ciddi bir artış olmuş 2006 yılından sonrada ciddi bir düşüş yaşamış fakat sonraki yıllarda düzenli bir seyir izlemektedir. Denizyollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında en yüksek 16,90 PJ ile 2005 yılında, en küçük değeri ise 6,56 PJ ile 1990 yılında gerçekleşmektedir.

Havayollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında 4,99 PJ'den 31,29 PJ'ye çıkarak %527 artmaktadır (Çizelge 4.2).Havayollarında tüketilen enerji Şekil 4.5'de yer aldığı gibi 1994 yılında sert bir çıkış gösterse de 2001 yılında da sert bir iniş sergilemiştir.2005 yılından itibaren ise düzenli bir şekilde artmaktadır. Havayollarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında en yüksek 31,29 PJ ile 2009 yılında, en küçük değeri ise 4,99 PJ ile 1990 yılında gerçekleşmektedir.

Boru hatlarında ise tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında, 1990 yılında 5,39PJ iken 2009 yılında 9,60 PJ değerine yükselmektedir.1990-2009 yılları arasında boru hatlarında tüketilen enerjide %78'lik artış olmuştur.

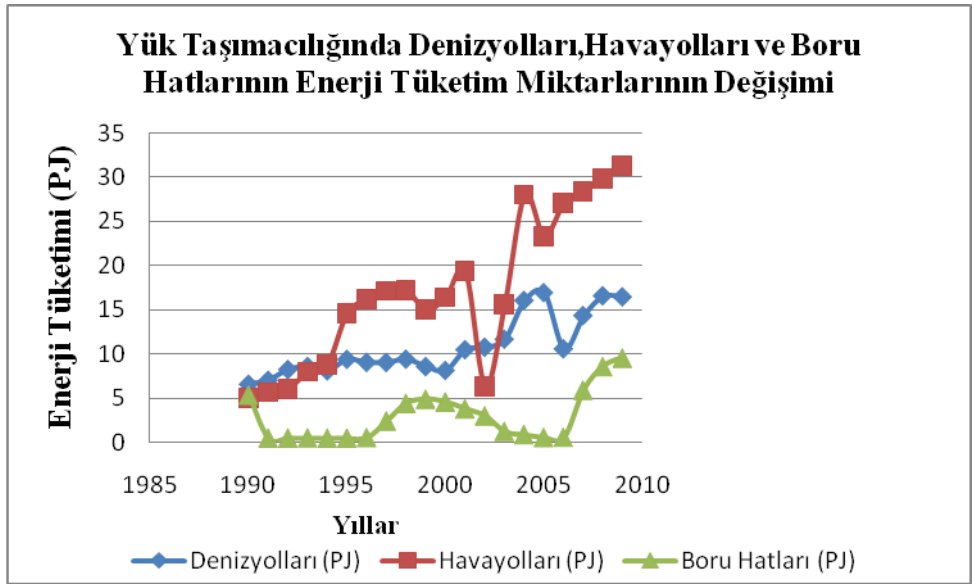
Çizelge 4.2. Yük taşımacılığında türlere göre enerji tüketim miktarları

Yıllar	Toplam (PJ)	Kara yolları (PJ)	Demir yolları (PJ)	Deniz yolları (PJ)	Hava yolları (PJ)	Boru Hatları (PJ)
1990	165,70	141,62	7,14	6,56	4,99	5,39
1991	151,67	130,95	7,51	7,01	5,70	0,50
1992	156,99	134,92	7,31	8,22	6,03	0,51
1993	223,18	198,35	7,77	8,56	7,98	0,52
1994	212,76	187,29	8,09	8,07	8,83	0,48
1995	243,29	210,51	8,33	9,37	14,60	0,48
1996	269,10	234,22	9,12	9,03	16,16	0,57
1997	255,84	218,08	9,20	9,02	17,10	2,44
1998	250,58	211,16	8,37	9,39	17,21	4,45
1999	270,82	234,12	8,23	8,55	15,00	4,92
2000	286,95	249,10	8,73	8,11	16,41	4,60
2001	290,76	249,76	7,38	10,46	19,34	3,82
2002	283,93	256,18	7,68	10,74	6,31	3,02
2003	303,19	266,54	8,12	11,64	15,64	1,25
2004	329,85	276,90	8,06	16,02	27,97	0,90
2005	332,87	282,72	9,35	16,90	23,33	0,57
2006	346,03	298,56	9,25	10,56	27,07	0,59
2007	363,32	305,18	9,48	14,31	28,40	5,95
2008	371,42	306,19	10,27	16,55	29,79	8,62
2009	379,59	312,84	9,44	16,42	31,29	9,60



Şekil 4.4. Yük taşımacılığında karayollarında, demiryollarında ve boru hatlarında enerji tüketiminin değişiminin gösterilmesi

Şekil 4.5’de de görüleceği gibi Körfez Savaşı yıllarına denk gelen dönemlerde özellikle Irak-Türkiye Boru Hattından ham petrol girişi durdurulduğundan tüketilen enerjide kısmen bir düşüş yaşanmaktadır. Buna karşın Körfez Savaşının sona ermesi ile yeniden vanaların açılması ve de Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru hattının devreye girmesi ile beraber 2005 yılından itibaren boru hatlarında tüketilen enerjide artış gözlenmeye başlanmıştır. Boru hatlarında tüketilen enerji 1990-2009 yılları arasında en yüksek 9,60 PJ ile 2009 yılında, en küçük değeri ise 0,48 PJ ile 1994 ve 1995 yıllarında gerçekleşmektedir.



Şekil 4.5. Yük taşımacılığında denizyollarında,havayollarında ve boru hatlarında enerji tüketiminin değişiminin gösterilmesi

4.1.1.2.Enerji tüketim payları

1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığı türlerin enerji tüketim paylarını incelediğimizde karayolları 1990 yılında %85,47 ‘lik bir paya sahipken 2009 yılında %82,42 ‘lik bir pay sahibi olmaktadır (Çizelge 4.3). Karayollarının payı 1990-2009 yılları arasında inişli-çıkışlı bir yol izlemektedir.(Şekil 4.6).Karayollarının yük taşımacılığı payı en çok %90,23 ile 2002 yılında en az ise %82,42 ile 2009 yılında olmaktadır.

1990-2009 yılları arasında demiryollarının yük taşımacılığında enerji tüketim payı %4,31 ‘den 2,49’a inmektedir (Çizelge 4.3).Demiryollarının enerji tüketim payı

düzgün bir şekilde azalmaktadır (Şekil 4.6). Demiryollarının payı en yüksek %4,95 ile 1991 yılında, en az ise %2,44 ile 2004 yılında gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.3. Yük taşımacılığında tüketilen enerjide türlerin enerji tüketim payları

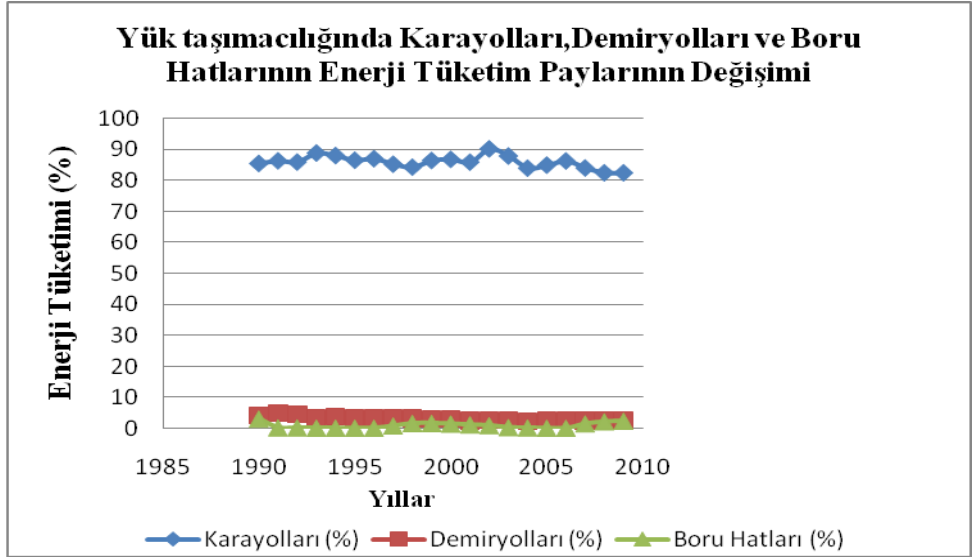
Yıllar	Karayolları (%)	Demiryolları (%)	Denizyolları (%)	Havayolları (%)	Boru Hatları (%)
1990	85,47	4,31	3,96	3,01	3,25
1991	86,34	4,95	4,62	3,76	0,33
1992	85,94	4,66	5,24	3,84	0,32
1993	88,87	3,48	3,84	3,58	0,23
1994	88,03	3,80	3,79	4,15	0,23
1995	86,53	3,42	3,85	6,00	0,20
1996	87,04	3,39	3,36	6,01	0,21
1997	85,24	3,60	3,53	6,68	0,95
1998	84,27	3,34	3,75	6,87	1,78
1999	86,45	3,04	3,16	5,54	1,82
2000	86,81	3,04	2,83	5,72	1,60
2001	85,90	2,54	3,60	6,65	1,31
2002	90,23	2,70	3,78	2,22	1,06
2003	87,91	2,68	3,84	5,16	0,41
2004	83,95	2,44	4,86	8,48	0,27
2005	84,93	2,81	5,08	7,01	0,17
2006	86,28	2,67	3,05	7,82	0,17
2007	84,00	2,61	3,94	7,82	1,64
2008	82,44	2,77	4,46	8,02	2,32
2009	82,42	2,49	4,33	8,24	2,53

Denizyollarının yük taşımacılığındaki enerji tüketim payı miktarı 1990-2009 yılları arasında %3,96'dan %4,33' çıkmaktadır (Çizelge 4.3).Denizyollarının enerji tüketim payı Şekil 4.7'de görüldüğü gibi düzenli bir şekilde azalmasına karşın son yıllarda artmaktadır. Denizyolları enerji tüketimindeki payı en yüksek %5,24 ile1992 yılında, en düşük payı ise %2,83 ile 2000 yılında gerçekleşmektedir.

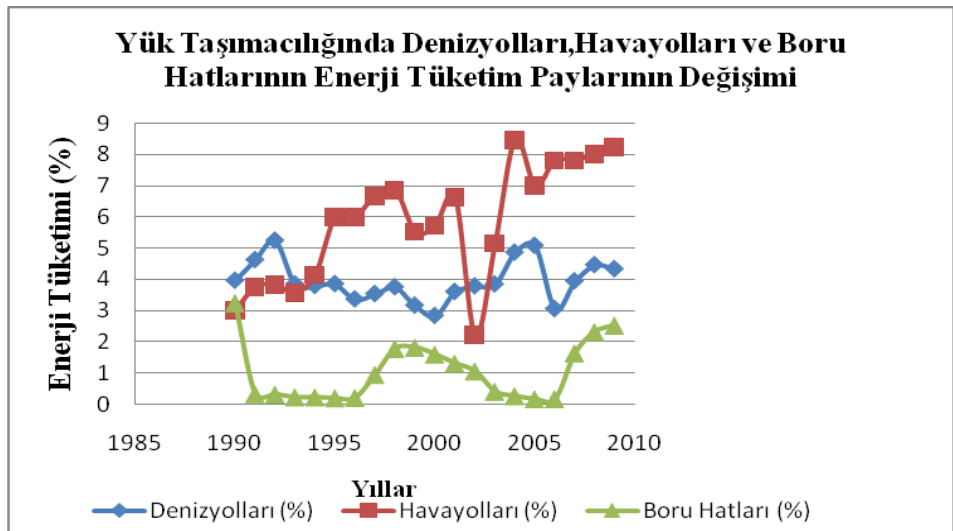
Havayollarının yük taşımacılığındaki enerji tüketim payı 1990-2009 yılları arası %3,01'den %8,24'e yükselmektedir (Çizelge 4.3).Havayollarının yük taşımacılığındaki enerji tüketim payı Şekil 4.7'de de görüldüğü gibi her ne kadar inişli-çıkışlı bir yol takip etse de son iki yıldır bir yükseliş gözlenmektedir. Havayolları yük taşımacılığında

tüketilen enerji de en yüksek payı %8,24 ile 2009 yılında, en az payı da %2,22 ile 2002 yılında almaktadır.

1990-2009 yılları arasında Boru Hatları ile yapılan taşımacılıkta tüketilen enerji payı %3,25'ten %2,53'e düşmektedir (Çizelge 4.3).Şekil 4.7'de yer aldığı gibi Boru Hatları ile yapılan taşımada tüketilen enerji payı inişli-çıkışlı düzgün olmayan bir seyir izlemektedir. Boru hatlarının en yüksek payı %3,25 ile 1990 yılında, en düşük payı ise %0,17 ile 2005 ve 2006 yıllarında gerçekleşmektedir.



Şekil 4.6. Yük taşımacılığında karayolları, demiryolları ve boru hatlarında enerji tüketim paylarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.7. Yük taşımacılığında karayolları, demiryolları ve boru hatlarında enerji tüketim paylarının değişiminin gösterilmesi

4.1.1.3. Kişi başına düşen enerji miktarı

1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığında karayolları için kişi başına düşen enerji 2,51 MJ/Kişi'den 4,31 MJ/Kişi'ye %71 oranında artmaktadır (Çizelge 4.4). Karayollarında kişi başına düşen enerji Şekil 4.8'de de görüldüğü gibi 1990-2009 yılları arasında bazı yıllar azalsa da genelde dalgalı bir seyir izleyerek artmaktadır. Karayollarında kişi başına düşen enerji miktarı payı en çok 4,32 MJ/Kişi ile 2007 yılında en az ise 2,29 MJ/Kişi ile 1991 yılında olmaktadır.

1990-2009 yılları arasında demiryolları için tüketilen kişi başına düşen enerji miktarı 0,13 MJ/Kişi'den 0,13 MJ/Kişi'ye gelerek bir değer kaybına uğramamıştır (Çizelge 4.4). Demiryollarında kişi başına tüketilen enerji miktarı çok az değişerek düz bir seyir izlemektedir (Şekil 4.8). Demiryollarında kişi başına düşen en yüksek değer 0,15 MJ/Kişi ile 1996 yılında, en az değer ise 0,11 MJ/Kişi ile 2001, 2002 ve 2004 yıllarında gerçekleşmektedir.

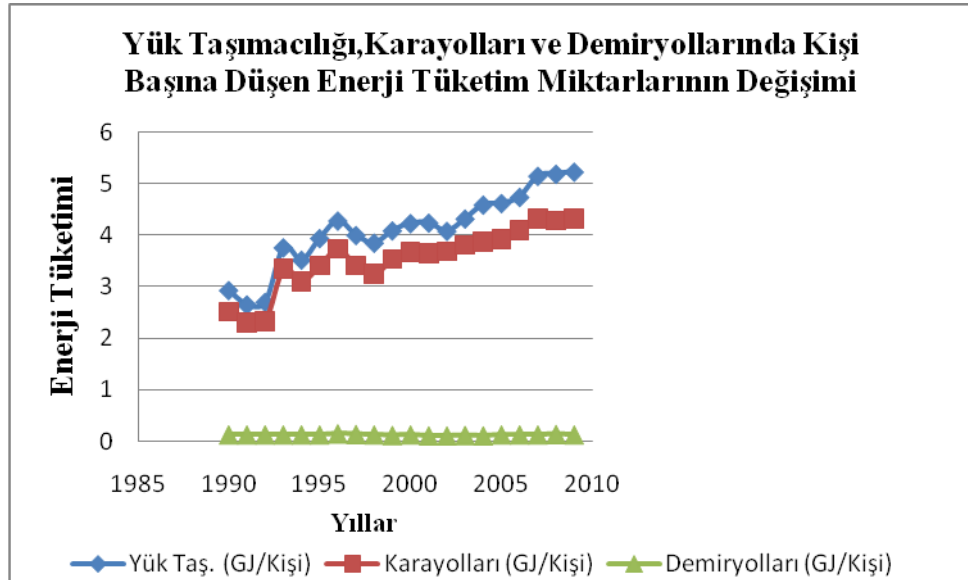
Denizyollarında yük taşımacılığında kişi başına düşen enerji miktarı 1990-2009 yılları arasında 0,12 MJ/Kişi'den 0,23 MJ/kişi'ye çıkarak %91 oranında yükselmektedir (Çizelge 4.4). Denizyollarında kişi başına tüketilen enerji Şekil 4.9'da da görüldüğü gibi düz bir seyir izlerken 2003 yılından sonra ivmelenerek artmaktadır. Denizyollarında kişi başına tüketilen enerji miktarı payı en yüksek 0,23 MJ/Kişi ile 2005, 2008 ve 2009 yıllarında, en düşük payı ise 0,12 MJ/Kişi ile 1990, 1991 ve 2000 yıllarında gerçekleşmektedir.

Havayollarının yük taşımacılığındaki kişi başına düşen enerji miktarı 1990-2009 yılları arası 0,09 MJ/Kişi'den 0,43 MJ/Kişi'ye yükselerek %377 oranında artmaktadır (Çizelge 4.4). Havayollarının yük taşımacılığındaki kişi başına düşen enerji tüketim miktarı Şekil 4.9'da da görüldüğü gibi düzensiz artış ve azalışlarla bir yol takip etmektedir. Havayolları yük taşımacılığında tüketilen kişi başına enerji miktarı en yüksek değerini 0,43 MJ/Kişi 2009 yılında, en az değeri de 0,09 MJ/Kişi ile 1990 ve 2002 yıllarında almaktadır.

1990-2009 yılları arasında Boru Hatları ile yapılan taşımacılıkta kişi başına tüketilen enerji miktarı 0,10 MJ/Kişi'den 0,13 MJ/Kişi'ye artarak %10 oranında yükselmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Yük taşımacılığında türlere göre kişi başına düşen enerji miktarı

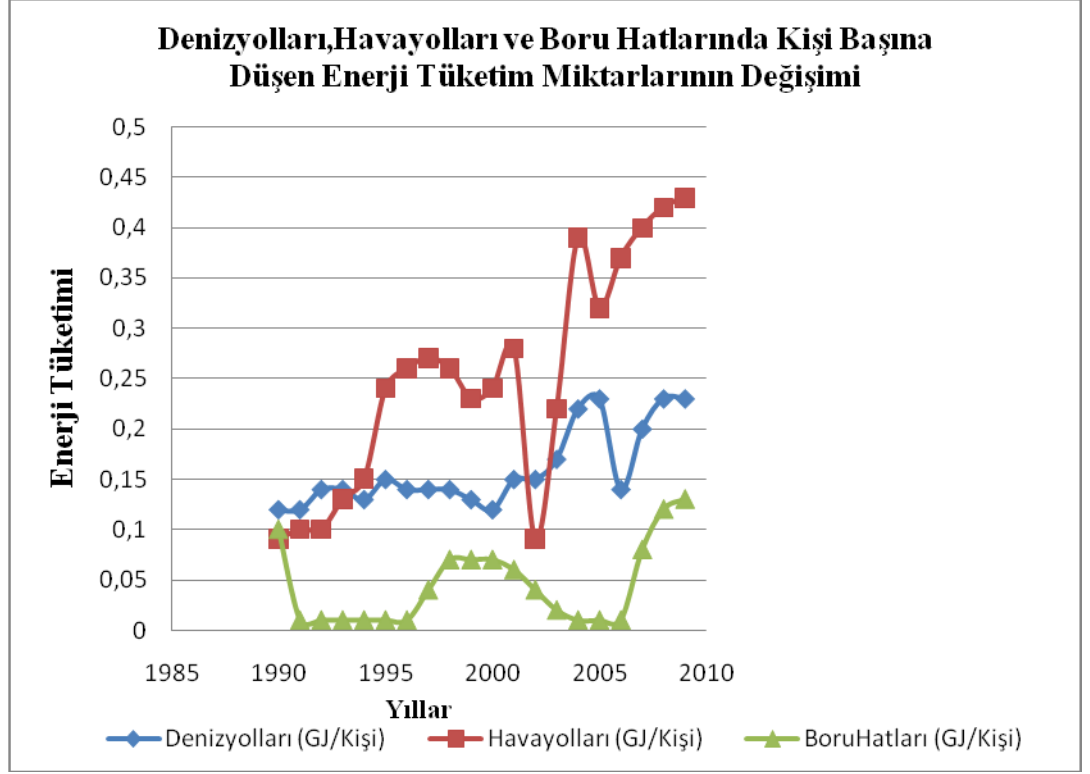
Yıllar	Ulaştırma (GJ/Kişi)	Yük Taş. (GJ/Kişi)	Kara yolları (GJ/Kişi)	Demir yolları (GJ/Kişi)	Deniz yolları (GJ/Kişi)	Hava yolları (GJ/Kişi)	Boru Hatları (GJ/Kişi)
1990	6,46	2,93	2,51	0,13	0,12	0,09	0,10
1991	6,08	2,65	2,29	0,13	0,12	0,10	0,01
1992	6,15	2,70	2,32	0,13	0,14	0,10	0,01
1993	7,35	3,76	3,34	0,13	0,14	0,13	0,01
1994	6,87	3,52	3,10	0,13	0,13	0,15	0,01
1995	7,50	3,94	3,41	0,13	0,15	0,24	0,01
1996	7,84	4,28	3,73	0,15	0,14	0,26	0,01
1997	7,42	4,00	3,41	0,14	0,14	0,27	0,04
1998	6,91	3,85	3,24	0,13	0,14	0,26	0,07
1999	7,17	4,09	3,53	0,12	0,13	0,23	0,07
2000	7,42	4,23	3,67	0,13	0,12	0,24	0,07
2001	7,33	4,24	3,64	0,11	0,15	0,28	0,06
2002	6,85	4,08	3,68	0,11	0,15	0,09	0,04
2003	7,39	4,32	3,80	0,12	0,17	0,22	0,02
2004	8,04	4,59	3,86	0,11	0,22	0,39	0,01
2005	8,03	4,62	3,92	0,13	0,23	0,32	0,01
2006	8,61	4,74	4,09	0,13	0,14	0,37	0,01
2007	10,24	5,15	4,32	0,13	0,20	0,40	0,08
2008	9,40	5,19	4,28	0,14	0,23	0,42	0,12
2009	9,18	5,23	4,31	0,13	0,23	0,43	0,13



Şekil 4.8. Yük taşımacılığında karayolları, demiryolları ve boru hatlarında kişi başına düşen enerji tüketim miktarlarının değişiminin gösterilmesi

Şekil 4.9'da da yer aldığı gibi Boru Hatları ile yapılan taşımada kişi başına tüketilen enerji miktarı düz bir seyir izlerken 2006 yılından itibaren ivmelenerek

artmaktadır. Boru hatlarının kişi başına düşen enerji miktarındaki en yüksek değeri 0,13 MJ/Kişi ile 2009 yılında, en düşük miktarı ise 0,01 MJ/Kişi ile 1991,1992,1993,1994,1995,1996,2004,2005 ve 2006 yıllarında gerçekleşmektedir.



Şekil 4.9. Denizyolları, havayolları ve boru hatlarında kişi başına düşen enerji tüketim miktarlarının değişiminin gösterilmesi

4.1.2. Türlerine göre aktivite miktarları

4.1.2.1. Aktivite miktarları

Yük taşımacılığında toplam aktivitenin 1990-2009 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde 1990-2009 yılları arasında aktivite miktarında 114.694 Milyon Ton-km'den 267.164 Milyon Ton-km'ye çıkarak %132'lik bir artış göstermektedir (Çizelge 4.5). Toplam aktivite miktarı Şekil 4.10'da da görüldüğü gibi bazı yıllar azalsa da genelde artmaktadır. 1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığında en yüksek aktivite miktarı 267.164 Milyon Ton-km ile 2009 yılında olurken en düşük aktivite ise 80.758 Milyon Ton-km ile 1991 yılında olmaktadır.

Karayolları yük taşımacılığına 1990-2009 yılları arasındaki aktivite miktarı 65.710 Milyon Ton-km'den 185.881 Milyon Ton-km'ye çıkararak %182'lik artış göstermiştir (Çizelge 4.5). Karayollarındaki aktivite miktarı 1999-2009 yılları arasında genellikle dalgalı bir seyir izlemektedir (Şekil 4.11). Karayollarında aktivite miktarının en yüksek olduğu değer 185.881 Milyon Ton-km ile 2009 yılında, en düşük olduğu değer ise 61.969 Milyon Ton-km ile 1991 yılında gerçekleşmektedir.

1999-2009 yılları arasında demiryollarının yük taşımacılığındaki aktivite miktarı 8.031 Milyon Ton-km'den 9.879 Milyon Ton-km'ye yükselmiştir. Demiryollarındaki aktivite miktarındaki artış 1999-2009 yılları arasında %23 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5). Demiryollarındaki aktivite miktarı Şekil 4.12'de yer aldığı gibi 1999-2005 yılları arasında düz bir seyir izlemektedir. Yük taşımacılığında demiryollarının en yüksek aktivite değeri 10.739 Milyon Ton-km ile 2008 yılında, en düşük değeri ise 8.031 Milyon Ton-km ile 1990 yılında olmaktadır.

Denizyollarında yük taşımacılığında aktivite miktarı 1990-2009 yılları arasında 7.234 Milyon Ton-km'den 11.025 Milyon Ton-km'ye çıkararak %52 oranında yükselmektedir (Çizelge 4.5). Denizyollarında kişi başına tüketilen enerji Şekil 4.12'de de görüldüğü gibi düz bir seyir izlerken 2007 yılından sonra ivmelenerek artmaktadır. Denizyollarında aktivite miktarı en yüksek 11.114 Milyon Ton-km ile 2008 yılında, en düşük miktarı ise 7.093 Milyon Ton-km ile 2006 yılında gerçekleşmektedir.

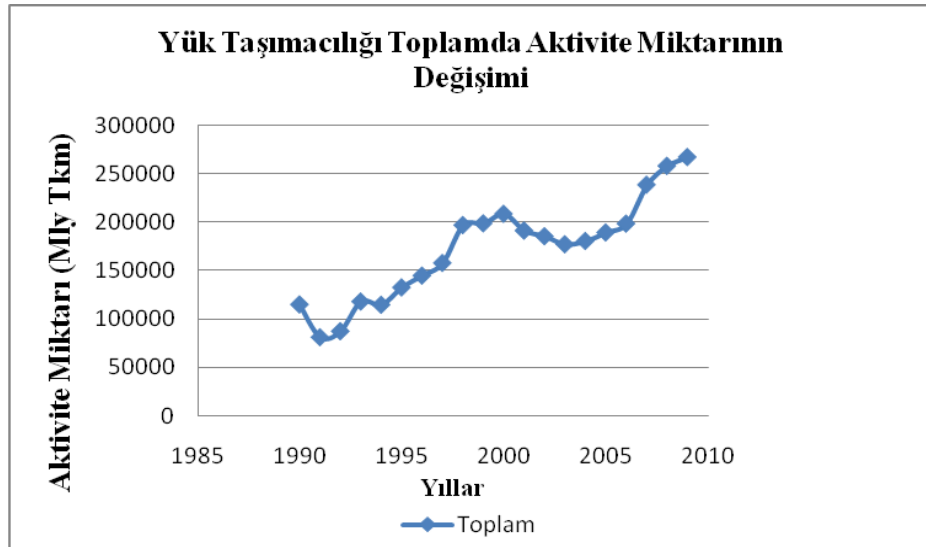
Yük taşımacılığında havayollarının aktivite miktarı 1990-2009 yılları arası 107 Milyon Ton-km'den 541 Milyon Ton-km'ye çıkararak %405 oranında artmaktadır (Çizelge 4.5). Havayollarının yük taşımacılığındaki aktivite miktarı Şekil 4.13'de de görüldüğü gibi 2000-2002 arasında bir düşüş yaşasa da daha sonra tekrar düzenli bir artışa geçmiştir. Havayolları yük taşımacılığında aktivite miktarı en yüksek değerini 541 Milyon Ton-km ile 2009 yılında, en düşük değeri ise 76 Milyon Ton-km ile 1991 yılında almaktadır.

1990-2009 yılları arasında Boru Hatları ile yapılan yük taşımacılığında aktivite miktarı 33.612 Milyon Ton-km'den 59.838 Milyon Ton-km'ye yükselerek %78 oranında bir değer almıştır. Boru hatlarındaki aktivite miktarı Şekil 4.14'de de görüldüğü üzere 1991-1996 yılları arasında düz bir yol izlerken 1996 yılından itibaren sert bir yükselişe geçmiş ve 2002 yılından itibaren tekrar inişe geçmiştir. 2006 yılından itibaren ise tekrar yükselmektedir. Boru hatlarında aktivite miktarındaki en yüksek

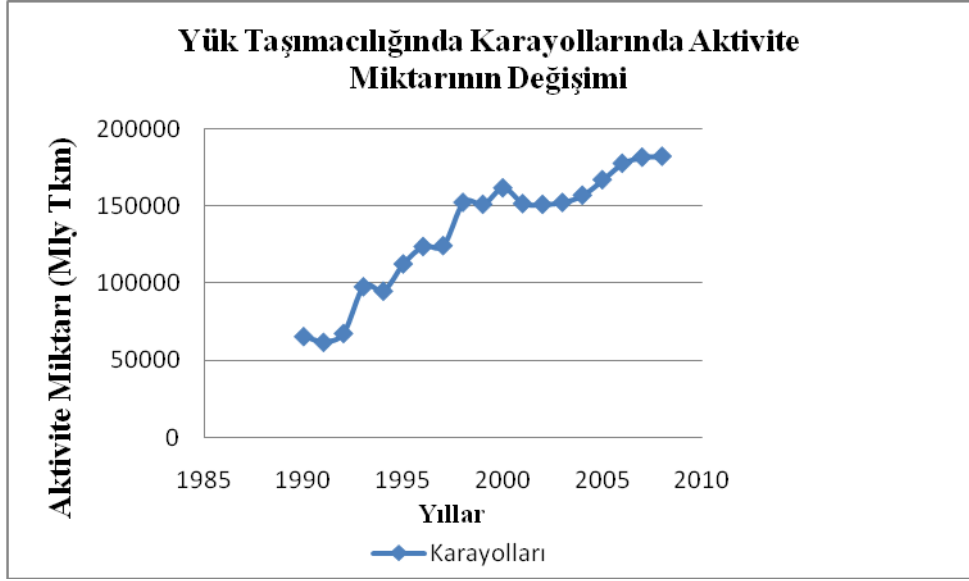
değeri 59.838 Milyon Ton-km ile 2009 yılında, en düşük değeri ise 2.983 Milyon Ton-km ile 1995 yılında gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.5. Yük taşımacılığında türlerin aktivite miktarları

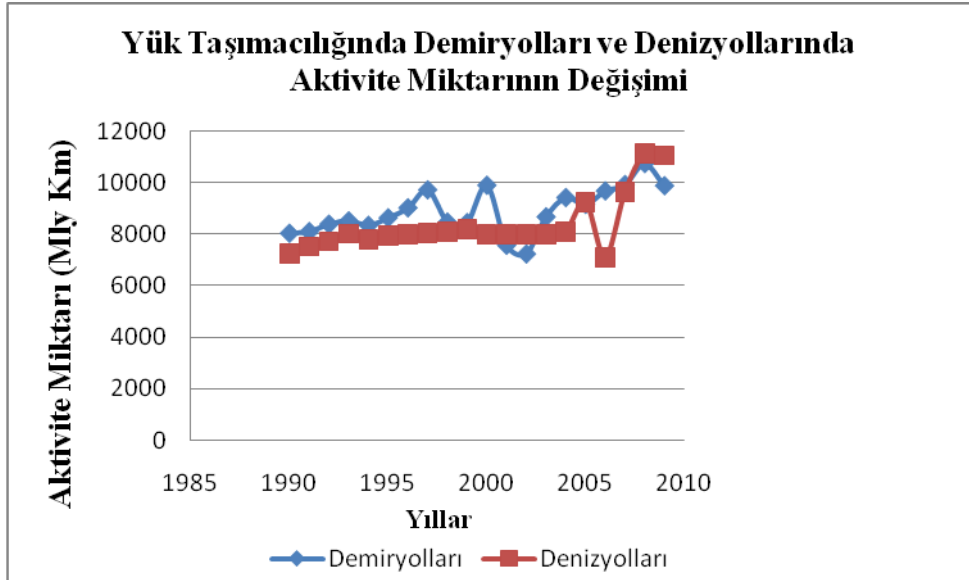
Yıllar	Toplam (Ton-km*10 ⁶)	Kara yolları (Ton-km*10 ⁶)	Demir yolları (Ton-km*10 ⁶)	Deniz yolları (Ton-km*10 ⁶)	Hava yolları (Ton-km*10 ⁶)	Boru Hatları (Ton-km*10 ⁶)
1990	114.694	65.710	8.031	7.234	107	33.612
1991	80.758	61.969	8.093	7.528	76	3.092
1992	87.006	67.704	8.383	7.716	102	3.101
1993	117.662	97.843	8.511	8.010	152	3.146
1994	114.334	95.020	8.338	7.781	198	2.997
1995	132.296	112.515	8.632	7.935	231	2.983
1996	144.513	123.748	9.018	7.982	240	3.525
1997	157.548	124.340	9.717	8.025	263	15.203
1998	196.770	152.210	8.466	8.075	274	27.745
1999	198.558	150.974	8.446	8.200	286	30.652
2000	208.424	161.552	9.895	7.987	310	28.680
2001	191.044	151.421	7.562	7.981	285	23.795
2002	185.217	150.912	7.224	7.982	275	18.824
2003	176.908	152.163	8.669	7.996	276	7.804
2004	180.308	156.853	9.417	8.106	321	5.611
2005	189.122	166.831	9.152	9.220	392	3.527
2006	198.287	177.399	9.676	7.093	468	3.651
2007	238.480	181.330	9.921	9.610	491	37.128
2008	258.049	181.935	10.739	11.114	515	53.746
2009	267.164	185.881	9.879	11.025	541	59.838



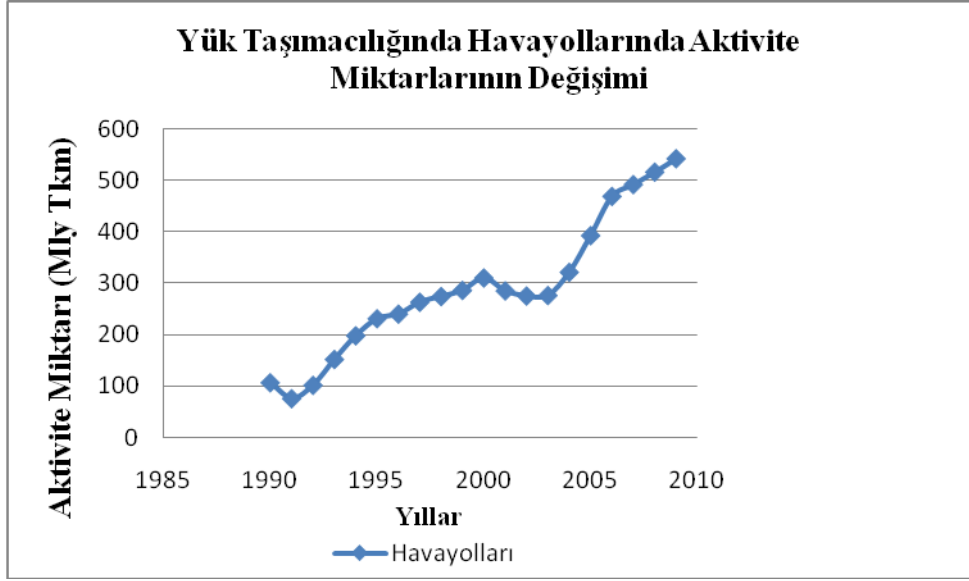
Şekil 4.10. Yük taşımacılığında toplamda aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



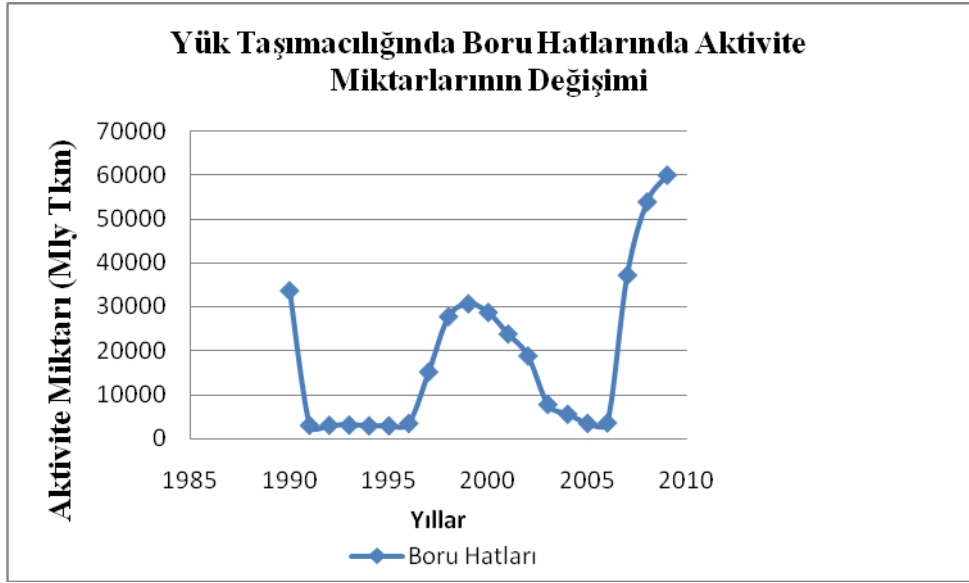
Şekil 4.11. Yük taşımacılığında karayollarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.12. Yük taşımacılığında demiryolları ve denizyollarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.13. Yük taşımacılığında havayollarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.14 Yük taşımacılığında boru hatlarında aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi

4.1.2.2. Aktivite payları

Yük taşımacılığında karayollarının aktivite payı, 1990 yılında %57,29 iken 2009 yılında %69,58'e çıkmaktadır (Çizelge 4.6). Karayollarının aktivite payı 1990-2009 yılları arasında genelde dalgalı bir seyir izlerken 2006 yılından itibaren bir düşüş gözlenmektedir (Şekil 4.15). Karayollarının yük taşımacılığındaki aktivite payı en

yüksek %89,47 ile 2006 yılında, en düşük ise %57,29 ile 1990 yılında gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.6. Yük taşımacılığında türlerin aktivite payları

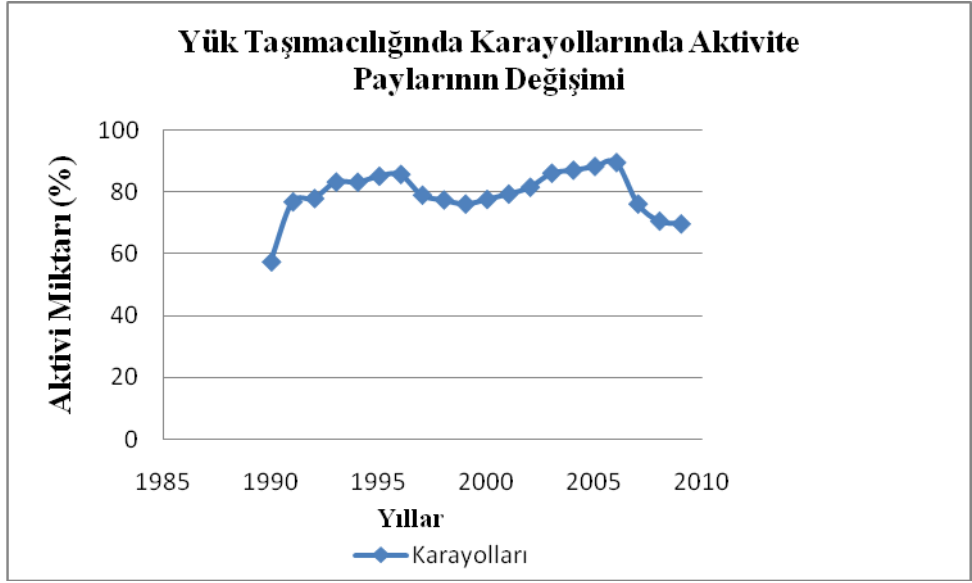
Yıllar	Kara yolları (%)	Demir yolları (%)	Deniz yolları (%)	Hava yolları (%)	Boru Hatları (%)
1990	57,29	7,00	6,31	0,09	29,31
1991	76,73	10,02	9,32	0,09	3,83
1992	77,82	9,63	8,87	0,12	3,56
1993	83,16	7,23	6,81	0,13	2,67
1994	83,11	7,29	6,81	0,17	2,62
1995	85,05	6,52	6,00	0,17	2,25
1996	85,63	6,24	5,52	0,17	2,44
1997	78,92	6,17	5,09	0,17	9,65
1998	77,35	4,30	4,10	0,14	14,10
1999	76,04	4,25	4,13	0,14	15,44
2000	77,51	4,75	3,83	0,15	13,76
2001	79,26	3,96	4,18	0,15	12,46
2002	81,48	3,90	4,31	0,15	10,16
2003	86,01	4,90	4,52	0,16	4,41
2004	86,99	5,22	4,50	0,18	3,11
2005	88,21	4,84	4,88	0,21	1,86
2006	89,47	4,88	3,58	0,24	1,84
2007	76,04	4,16	4,03	0,21	15,57
2008	70,50	4,16	4,31	0,20	20,83
2009	69,58	3,70	4,13	0,20	22,40

Yük taşımacılığında demiryollarının aktivite payı 1990-2009 yılları arasında %7,00'den %3,70'e düşmüştür (Çizelge 4.6).Şekil 4.16'da da görüldüğü üzere yük taşımacılığında demiryollarındaki aktivite arada çıkışlar gösterse de genelde düzenli bir şekilde azalmaktadır. Demiryollarındaki aktivite payı en yüksek payı %10,02 ile 1991 yılında, en düşük payı ise %3,70 ile 2009 yılında gerçekleşmektedir.

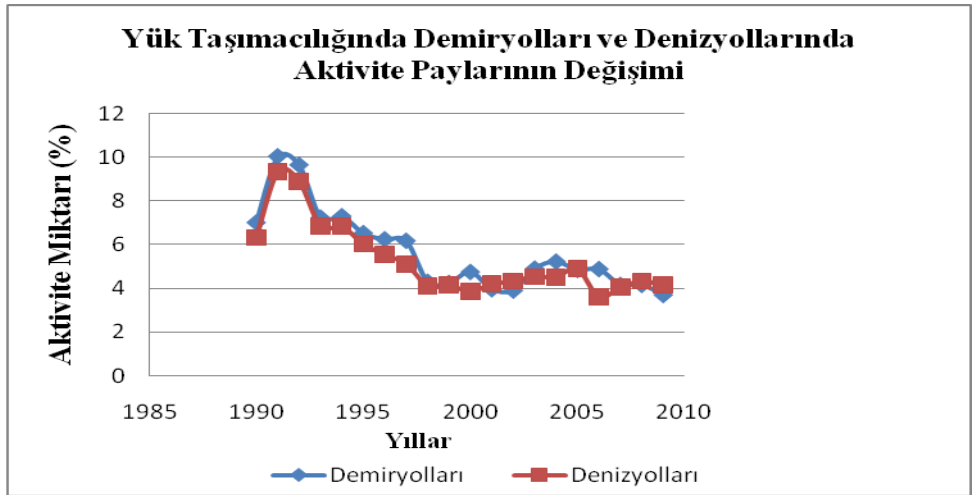
1990-2009 yılları arasında denizyollarındaki yük taşımacılığında aktivite payı 1990 yılında %6,31'den 2009 yılında %4,13'e gerilemektedir (Çizelge 4.6).Denizyollarındaki aktivite payı yılları arasında şekilden de anlaşılacağı üzeri arada çıkışlar gösterse de genelde düzenli bir düşüş seyri göstermektedir (Şekil 4.16).

Denizyollarında en yüksek aktivite payı %9,32 ile 1991 yılında, en düşük aktivite payı da %3,58 ile 2006 yılında gerçekleşmektedir.

Yük taşımacılığında havayollarındaki aktivite payı %0,09'dan %0,20'ye yükselmektedir (Çizelge 4.6). Havayollarındaki aktivite payı 1990-2009 yılları arasında genelde düz bir seyir izlemektedir (Şekil 4.17). Havayollarının yük taşımacılığındaki aktivite payı en yüksek değeri %0,24 ile 2006 yılında, en düşük değeri ise %0,09 ile 1990 ve 1991 yıllarında gerçekleşmektedir.



Şekil 4.15. Yük taşımacılığında karayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi

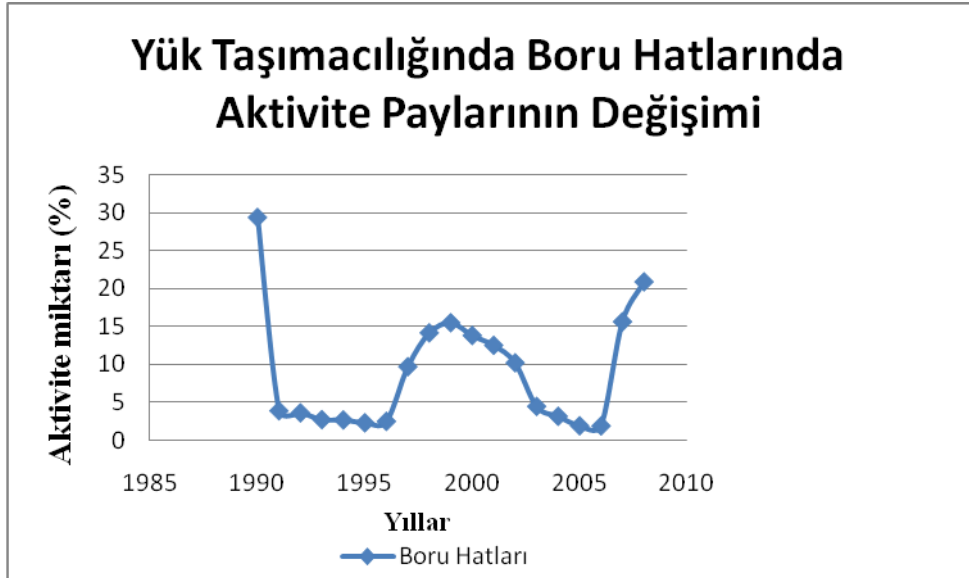


Şekil 4.16. Yük taşımacılığında demiryolları ve denizyollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.17. Yük taşımacılığında havayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi

Boru hatlarında yük taşımacılığında aktivite payı 1990 yılında %29,31 iken 2009 yılında %22,40'a düşmektedir (Çizelge 4.6). Şekil 4.18'den de anlaşılacağı üzere boru hatlarındaki aktivite payı 1990-2009 yılları arasında düzensiz iniş-çıkışlar göstermektedir. Boru hatlarındaki aktivite payı en yüksek değeri %29,31 ile 1990 yılında, en düşük değeri ise %1,84 ile 2006 yılında gerçekleşmektedir.



Şekil 4.18. Yük taşımacılığında boru hatlarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi

4.1.2.3.Kişi başına düşen aktivite miktarları

Kişi başına düşen aktivite miktarı 1990 yılında 2031,0 Ton-km/Kişi iken 2009 yılında 3681,9 Ton-km/Kişi değerine yükselerek %81 oranında artış göstermektedir (Çizelge 4.7). 1990-2009 yılları arasında kişi başına düşen aktivite miktarında bazı yıllarda düşme görülse de genel olarak düzenli bir artış gerçekleşmektedir (Şekil 4.19). Yük taşımacılığı sektöründe kişi başına düşen aktivite miktarında en yüksek değer 3681,9 Ton-km/Kişi ile 2009 yılında, en düşük değer ise 1412,0 Ton-km/Kişi ile 1991 yılında gerçekleşmektedir.

Yük taşımacılığında karayollarında kişi başına düşen aktivite miktarı 1990 yılında 1163,6 Ton-km/Kişi iken 2009 yılında 2561,7 Ton-km/Kişi yükselerek %120oranında atmaktadır (Çizelge 4.7).Karayollarında kişi başına düşen aktivite miktarı arada düşse de genelde düzenli bir artış göstermektedir (Şekil 4.19). Karayollarında yük taşımacılığındaki kişi başına düşen aktivite miktarı en yüksek 2568,9 Ton-km/Kişi ile 2007 yılında, en düşük ise 1083,5 Ton-km/Kişi 1991 yılında gerçekleşmektedir.

Yük taşımacılığında demiryollarının kişi başına düşen aktivite miktarı 1990-2009 yılları arasında 142,2 Ton-km/Kişi'den 136,1 Ton-km/Kişi'ye düşmüştür (Çizelge 4.7).1990-2009 yılları arasında demiryollarında kişi başına düşen aktivite miktarında %4'lük bir düşüş gerçekleşmektedir. Şekil 4.20'de de görüldüğü üzere yük taşımacılığında demiryollarındaki kişi başına düşen aktivite miktarı genelde düz bir seyir izlemektedir. Demiryollarındaki kişi başına düşen aktivite miktarında en yüksek değer 151,8 Ton-km/Kişi ile 1997 yılında, en düşük değer ise 103,8 Ton-km/Kişi ile 2002 yılında gerçekleşmektedir.

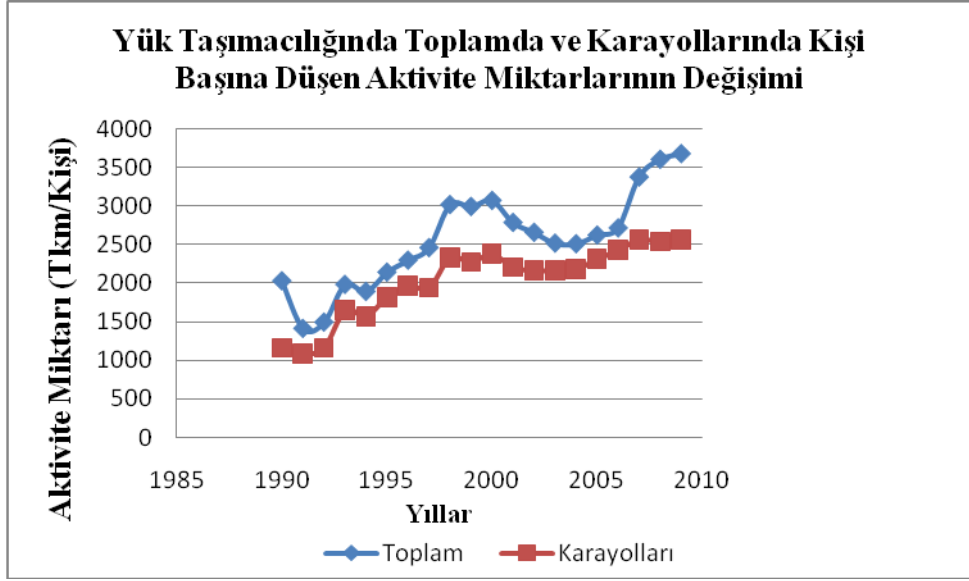
1990-2009 yılları arasında denizyollarındaki yük taşımacılığında kişi başına düşen aktivite miktarı 1990 yılında 128,1 Ton-km/Kişi'den 2009 yılında 151,9 Ton-km/Kişi'ye yükselerek %18 oranında artmaktadır (Çizelge 4.7). Denizyollarındaki kişi başına düşen aktivite miktarı 1990-2009 yılları arasında Şekil 4.20'den de anlaşılacağı üzere arada inişler ve çıkışlar gösterse de genelde düzenli bir seyir göstermektedir. Denizyollarında en yüksek kişi başına düşen aktivite miktarı 155,4 Ton-km/Kişi ile 2008 yılında, en düşük aktivite miktarı ise 97,2 Ton-km/Kişi ile 2006 yılında gerçekleşmektedir.

Yük taşımacılığında havayollarındaki kişi başına düşen aktivite miktarı 1,9 Ton-km/Kişi'den 7,5 Ton-km/Kişi'ye çıkararak %294 oranında yükselmektedir (Çizelge 4.7). Havayollarındaki kişi başına düşen aktivite miktarı 1990-2009 yılları arasında genelde düz bir seyir izlemektedir (Şekil 4.21).Havayollarının yük taşımacılığındaki kişi başına düşen aktivite miktarı en yüksek değeri7,5 Ton-km/Kişi ile 2009 yılında, en düşük değeri ise 1,3 Ton-km/Kişi ile 1991 yılında gerçekleşmektedir.

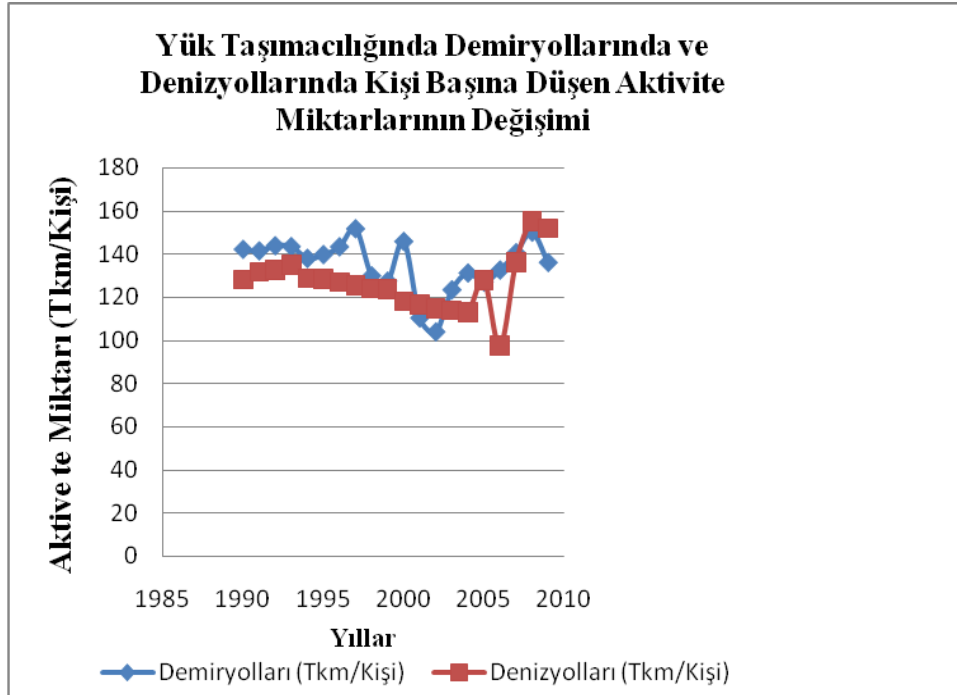
Çizelge 4.7. Yük taşımacılığında türlere göre kişi başına düşen aktivite miktarları

Yıllar	Toplam (Ton-m/Kişi)	Kara yolları (Ton-m/Kişi)	Demir yolları (Ton-m/Kişi)	Deniz yolları (Ton-m/Kişi)	Hava yolları (Ton-m/Kişi)	Boru Hatları (Ton-m/Kişi)
1990	2031,0	1163,6	142,2	128,1	1,9	595,2
1991	1412,0	1083,5	141,5	131,6	1,3	54,1
1992	1493,7	1162,3	143,9	132,5	1,8	53,2
1993	1983,4	1649,3	143,5	135,0	2,6	53,0
1994	1892,4	1572,7	138,0	128,8	3,3	49,6
1995	2142,9	1822,5	139,8	128,5	3,7	48,3
1996	2298,5	1968,2	143,4	127,0	3,8	56,1
1997	2461,1	1942,4	151,8	125,4	4,1	237,5
1998	3019,9	2336,0	129,9	123,9	4,2	425,8
1999	2995,2	2277,4	127,4	123,7	4,3	462,4
2000	3074,0	2382,7	145,9	117,8	4,6	423,0
2001	2787,8	2209,6	110,3	116,5	4,2	347,2
2002	2660,2	2167,5	103,8	114,6	3,9	270,4
2003	2518,9	2166,6	123,4	113,9	3,9	111,1
2004	2511,5	2184,8	131,2	112,9	4,5	78,2
2005	2624,3	2315,0	127,0	127,9	5,4	48,9
2006	2717,2	2431,0	132,6	97,2	6,4	50,0
2007	3378,6	2568,9	140,6	136,1	7,0	526,0
2008	3608,2	2543,9	150,2	155,4	7,2	751,5
2009	3681,9	2561,7	136,1	151,9	7,5	824,7

Boru hatlarında yük taşımacılığında aktivite payı 1990 yılında 595,2 Ton-km/Kişi iken 2009 yılında 824,7 Ton-km/Kişi'ye yükselerek %38 oranında artış göstermektedir (Çizelge 4.7).Şekil 4.22'den de anlaşılacağı üzere boru hatlarındaki kişi başına düşen aktivite miktarı 1990-2009 yılları arasında düzensiz iniş-çıkışlar göstermektedir. Boru hatlarındaki kişi başına düşen aktivite miktarında en yüksek değer 824,7 Ton-km/Kişi ile 2009 yılında, en düşük değeri ise 48,3 Ton-km/Kişi ile 1995 yılında gerçekleşmektedir.



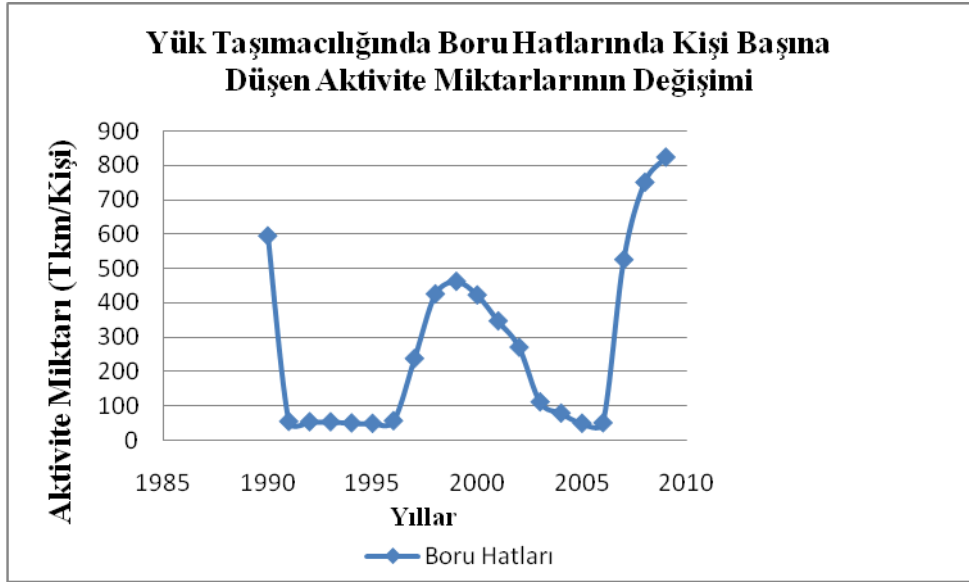
Şekil 4.19. Yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.20. Yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.21. Yük taşımacılığında havayollarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.22. Yük taşımacılığında boru hatlarında kişi başına düşen aktivite miktarlarının değişiminin gösterilmesi

4.1.3. Türlerine göre enerji yoğunluğu

1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığı sektöründe enerji yoğunluğu 1,44 MJ/Ton-km'den 1,42 MJ/Ton-km'ye düşmektedir (Çizelge 4.8). Enerji yoğunluğu 1990-2009 yılları arasında %1'lik bir azalış göstermektedir. Şekil 4.23'den de görüleceği üzere 1990-2009 yılları arasında enerji yoğunluğu değerleri dalgalı bir seyir izleyerek

azalmaktadır. Yük taşımacılığı sektöründe enerji yoğunluğu en yüksek değeri 1,90 MJ/Ton-km ile 1993 yılında, en düşük değeri ise 1,27 MJ/Ton-km ile 1998 yılında görülmektedir.

Yük taşımacılığı sektöründe karayollarında enerji yoğunluğu değeri 1990 yılında 2,16 MJ/Ton-km iken 2009 1,68 MJ/Ton-km'e gerileyerek % 22 oranında azalmaktadır (Çizelge 4.8). Karayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri 1990-2009 yılları arasında 2006 yılına kadar inişli-çıkışlı bir seyir izlemekte fakat 2006 yılından itibaren sabit bir şekilde devam etmektedir (Şekil 4.23). Karayollarındaki enerji yoğunluğunun en yüksek olduğu değer 2,16 MJ/Ton-km ile 1990 yılında, en küçük değeri ise 1,39 MJ/Ton-km ile 1998 yılında olmaktadır.

Yük taşımacılığında demiryollarında enerji yoğunluğu 0,89 MJ/Ton-km'den 0,96 MJ/Ton-km'ye çıkarak %7'lik bir artış gerçekleşmektedir (Çizelge 4.8). 1990-2009 yılları arasında demiryollarında enerji yoğunluğu Şekil 4.24'de yer aldığı gibi ilk yıllarda inişli-çıkışlı bir seyir almakta iken son dört senede sabit bir şekilde seyre devam etmektedir. Demiryollarındaki enerji yoğunluğunun en yüksek olduğu değer 1,06 MJ/Ton-km ile 2002 yılında, en düşük olduğu değer ise 0,86 MJ/Ton-km ile 2004 yılında görülmektedir.

Denizyollarında yük taşımacılığındaki enerji yoğunluğu 1990-2009 yılları arasında 0,91 MJ/Ton-km'den 1,49 MJ/Ton-km 'ye yükselerek %63 oranında bir artış gerçekleşmektedir (Çizelge 4.8). 2000 yılına kadar inişli-çıkışlı bir seyir takip eden denizyollarındaki enerji yoğunluğu değerleri, 2000 yıldan itibaren ivmelenerek artış göstermiş, 2005 yılından itibaren tekrar azalarak son dört yılda da sabit bir seyir izlemektedir (Şekil 4.24). Denizyollarındaki enerji yoğunluğunun en yüksek olduğu değer 1,98 MJ/Ton-km ile 2004 yılında, en düşük olduğu değer ise 0,91 MJ/Ton-km ile 1990 yılında görülmektedir.

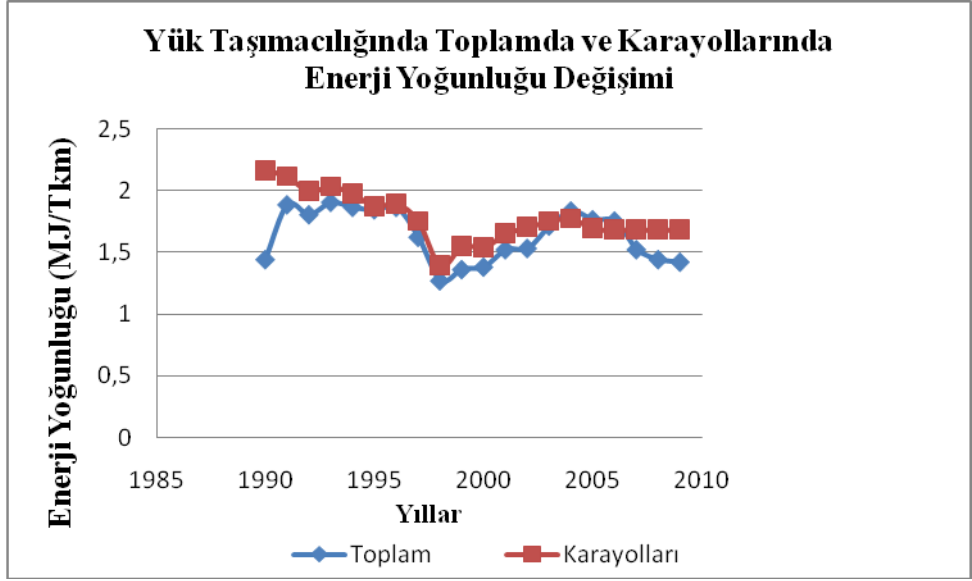
1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığında havayollarında enerji yoğunluğu 46,64 MJ/Ton-km'den 57,84 MJ/Ton-km değerine çıkarak %24 oranında bir artış gerçekleşmektedir (Çizelge 4.8). Havayollarında enerji yoğunluğu Şekil 4.25'de de görüldüğü üzere 2001 yılına kadar dalgalı bir seyir izlemiş, 2001 yılında sert bir iniş yapıp 2002 yılında tekrar ivmelenerek artmış, 2005 yılında tekrar düşüşe geçerek son dört yılını sabit bir seyirde gerçekleştirmektedir. Havayollarındaki enerji yoğunluğunun en

yüksek olduğu değeri 87,13 MJ/Ton-km ile 2004 yılında, en düşük olduğu değer ise 22,95 MJ/Ton-km ile 2002 yılında görülmektedir.

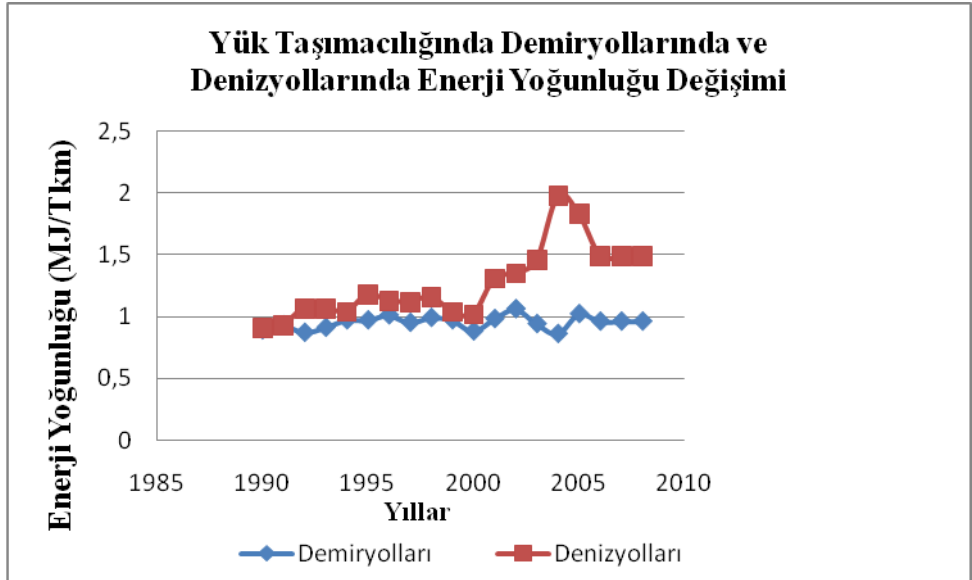
Boru hatları ile yapılan yük taşımacılığında 1990-2009 yılları arasında enerji yoğunluğu 1990 yılında 0,16 MJ/Ton-km iken 2009 yılın da 0,16 MJ/Ton-km değerinde sabit kalmış ve her hangi bir artış gerçekleşmemektedir (Çizelge 4.8). Boru hatlarındaki enerji yoğunluğu değerleri 1990-2009 yılları arasında sadece 1993 yılında bir artış göstermiş ve daha sonraki yıllarda sabit bir seyirle yoluna devam etmektedir (Şekil 4.26). Boru hatlarındaki enerji yoğunluğunun en yüksek olduğu değeri 0,17 MJ/Ton-km ile 1993 yılında görülmektedir. Bundan sonraki yılların tümünde 0,16 MJ/Ton-km olan en düşük değer görülmektedir.

Çizelge 4.8. Yük taşımacılığında türlere göre enerji yoğunluğu miktarları

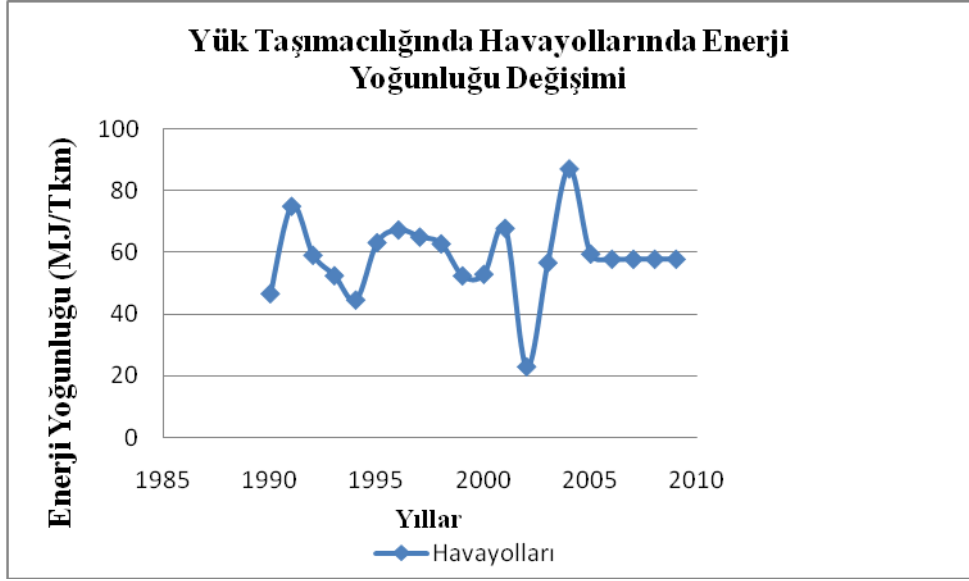
Yıllar	Toplam (MJ/Ton-km)	Kara yolları (MJ/Ton-km)	Demir yolları (MJ/Ton-km)	Deniz yolları (MJ/Ton-km)	Hava yolları (MJ/Ton-km)	Boru Hatları (MJ/Ton-km)
1990	1,44	2,16	0,89	0,91	46,64	0,16
1991	1,88	2,11	0,93	0,93	75,00	0,16
1992	1,80	1,99	0,87	1,07	59,12	0,16
1993	1,90	2,03	0,91	1,07	52,50	0,17
1994	1,86	1,97	0,97	1,04	44,60	0,16
1995	1,84	1,87	0,97	1,18	63,20	0,16
1996	1,86	1,89	1,01	1,13	67,33	0,16
1997	1,62	1,75	0,95	1,12	65,02	0,16
1998	1,27	1,39	0,99	1,16	62,81	0,16
1999	1,36	1,55	0,97	1,04	52,45	0,16
2000	1,38	1,54	0,88	1,02	52,94	0,16
2001	1,52	1,65	0,98	1,31	67,86	0,16
2002	1,53	1,70	1,06	1,35	22,95	0,16
2003	1,71	1,75	0,94	1,46	56,67	0,16
2004	1,83	1,77	0,86	1,98	87,13	0,16
2005	1,76	1,69	1,02	1,83	59,52	0,16
2006	1,75	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2007	1,52	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2008	1,44	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2009	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16



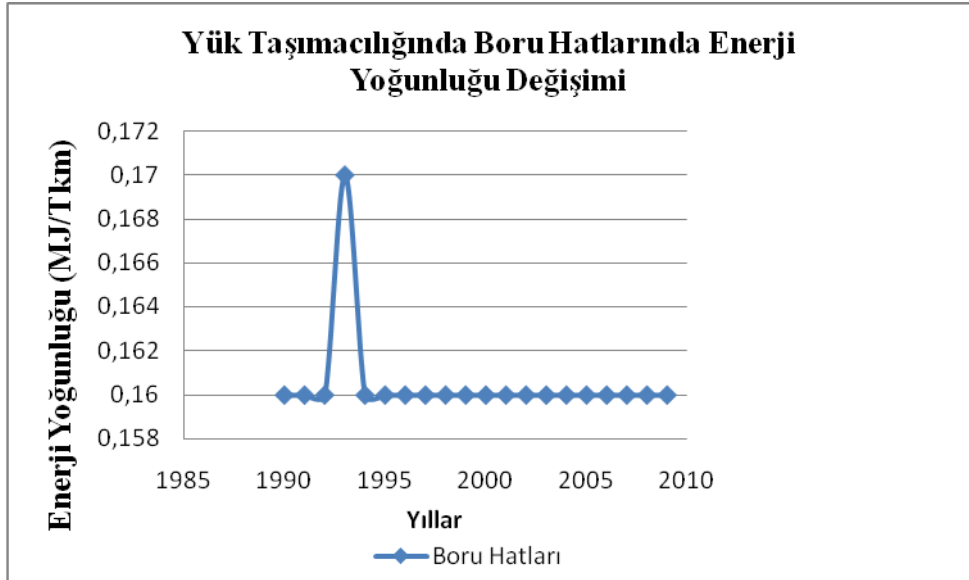
4.23. Yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.24. Yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.25. Yük taşımacılığında havayollarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.26. Yük taşımacılığında boru hatlarında enerji yoğunluğunun değişiminin gösterilmesi

4.2.2010-2023 Yılları Arasında Yük Taşımacılığında Enerji Analizi

2010-2023 yılları arasında yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarını tahmin etmek için öncelikle o yıllar arasında gerçekleşen aktivite miktarının tahmini yapılmaktadır. Daha sonra Materyal ve Yöntem kısmında bahsedilen tür-tabanlı enerji analizi formülü kullanılmaktadır. Tür-tabanlı enerji analizi formülünde yük

taşımacılığında enerji tüketim miktarı, yıllık ton-km değeri ile o yıla ait yük taşımacılığının enerji yoğunluğu değerleri kullanılarak bulunmaktadır.

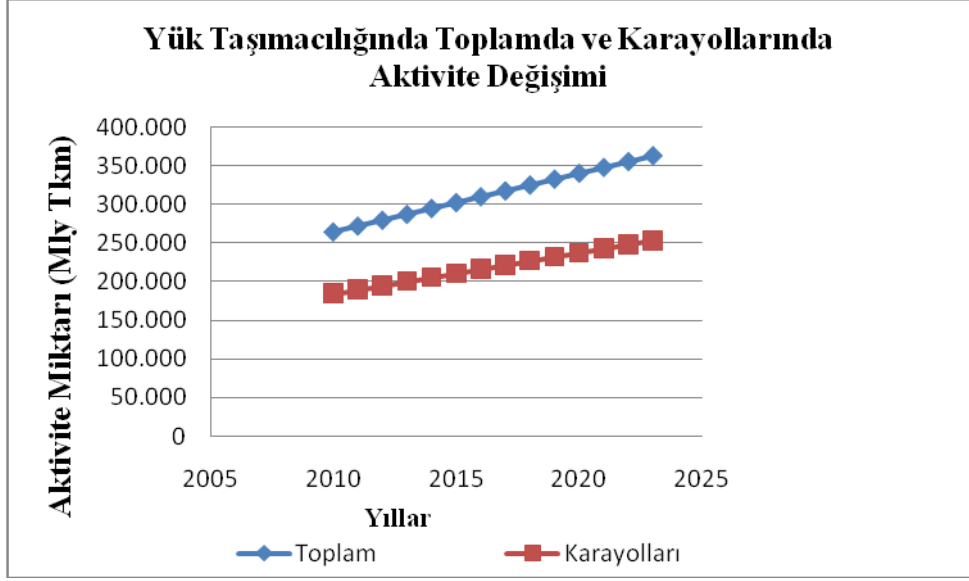
4.2.1. Aktivite miktarı tahminleri

2010-2023 yılları arası yük taşımacılığının aktivite miktarı olan yıllık ton-km değerinin tahmini için 1990-2009 yılları arasının verilerinden yararlanılmaktadır. 1999-2009 yılları arasının yıllık ortalama artış miktarı olan 7623 Milyon Ton-km değeri 2009 yılı verisinin üzerine her yıl katlanacak şekilde 2023 yılına kadar eklenmektedir. Böylece 2010-2023 yılları arasındaki dönem için yıllık ton-km değerleri bulunmaktadır. Bu değerler türlerin yük taşımacılığındaki payları ile çarpılarak türlere göre ton-km değerleri hesaplanmaktadır. 2010-2023 yılları arasında yük taşımacılığının türel dağılımı 2009 yılının türel dağılımı ile aynı kabul edilmektedir. Yani 2010-2023 yılları arasında türel dağılımın değişmediği düşünülmektedir. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığındaki yıllık Ton-km değerleri Çizelge 4.9'da yer almaktadır.

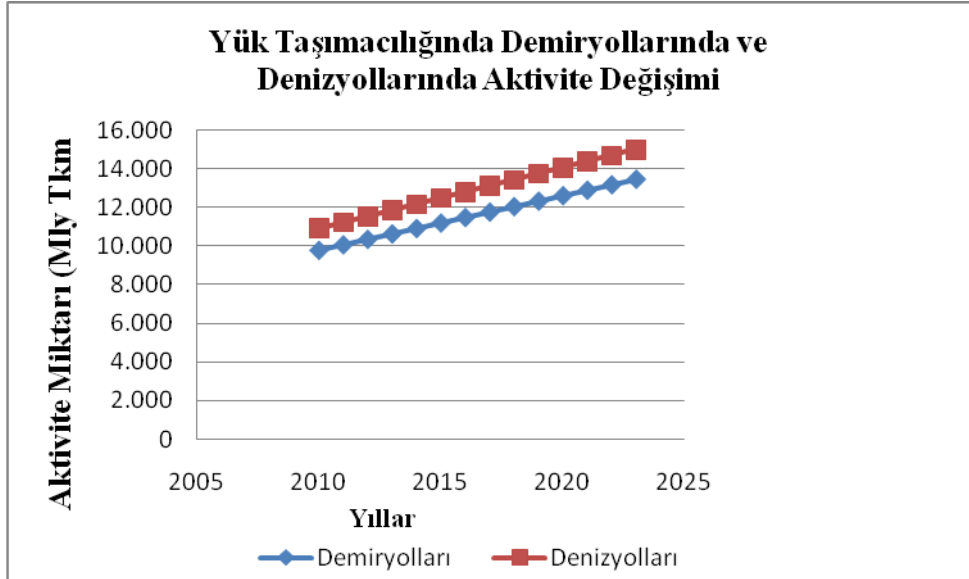
Çizelge 4.9. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında aktivitenin türlere göre miktarı

Yıllar	Toplam (Ton- km*10 ⁶)	Kara yolları (Ton- km*10 ⁶)	Demir yolları (Ton- km*10 ⁶)	Deniz yolları (Ton- km*10 ⁶)	Hava yolları (Ton- km*10 ⁶)	Boru Hatları (Ton- km*10 ⁶)
2010	264.164	183.805	9.774	10.910	528	59.173
2011	271.787	189.109	10.056	11.225	544	60.880
2012	279.410	194.413	10.338	11.540	559	62.588
2013	287.033	199.718	10.620	11.854	574	64.295
2014	294.656	205.022	10.902	12.169	589	66.003
2015	302.279	210.326	11.184	12.484	605	67.710
2016	309.902	215.630	11.466	12.799	620	69.418
2017	317.525	220.934	11.748	13.114	635	71.126
2018	325.148	226.238	12.030	13.429	650	72.833
2019	332.771	231.542	12.313	13.743	666	74.541
2020	340.394	236.846	12.595	14.058	681	76.248
2021	348.017	242.150	12.877	14.373	696	77.956
2022	355.640	247.454	13.159	14.688	711	79.663
2023	363.263	252.758	13.441	15.003	727	81.371

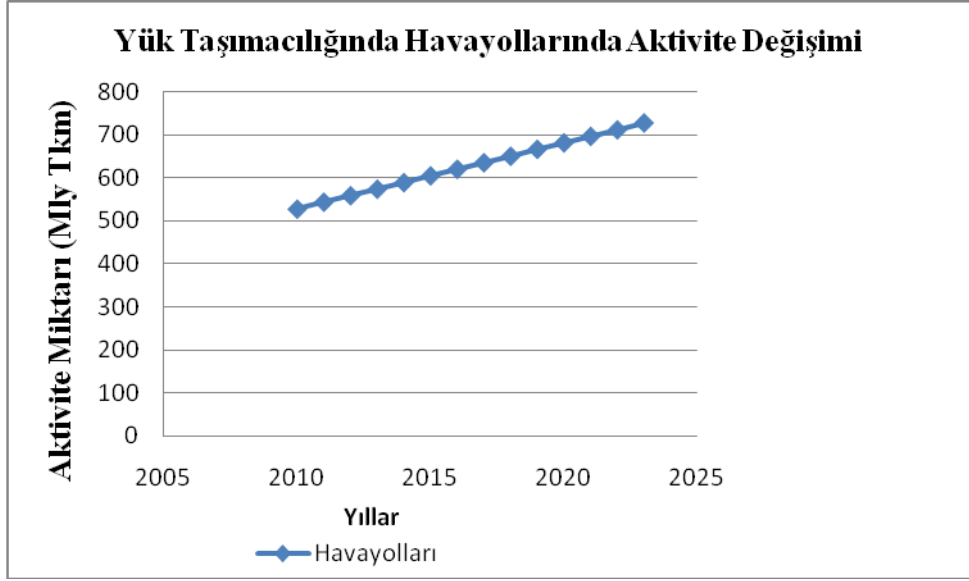
2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığı türlerinin sahip oldukları aktivite miktarları Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da da gösterilmektedir.



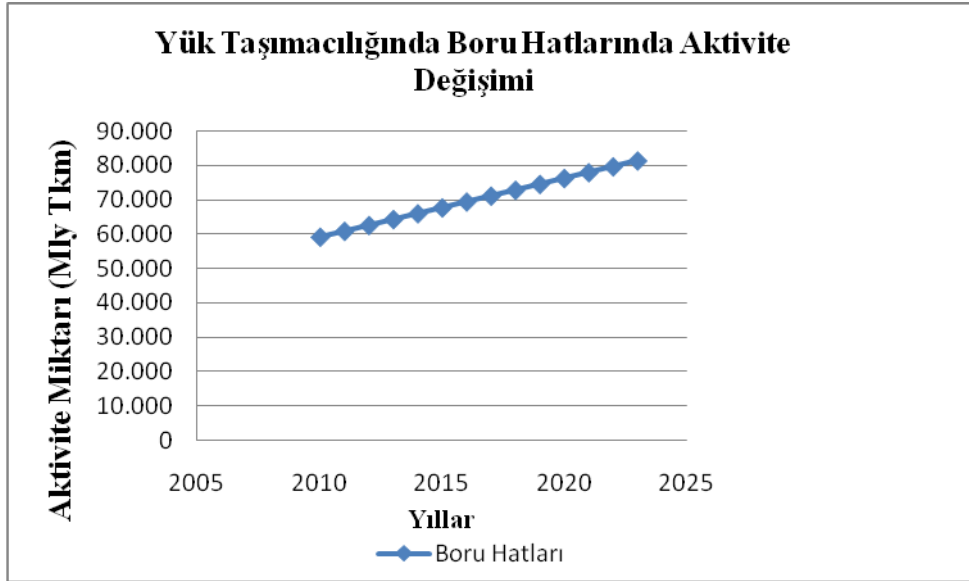
Şekil 4.27. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında aktivite değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.28. 2010-2023 yılları arası dönemde demiryollarında ve denizyollarında aktivite değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.29. 2010-2023 yılları arası dönemde havayollarında aktivite değişiminin gösterilmesi

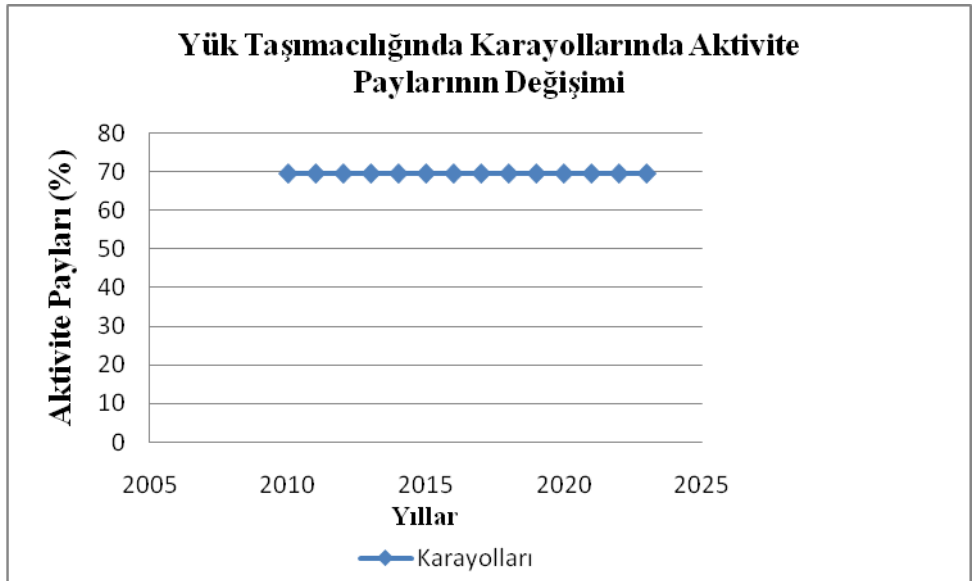


Şekil 4.30. 2010-2023 yılları arası dönemde boru hatlarında aktivite değişiminin gösterilmesi

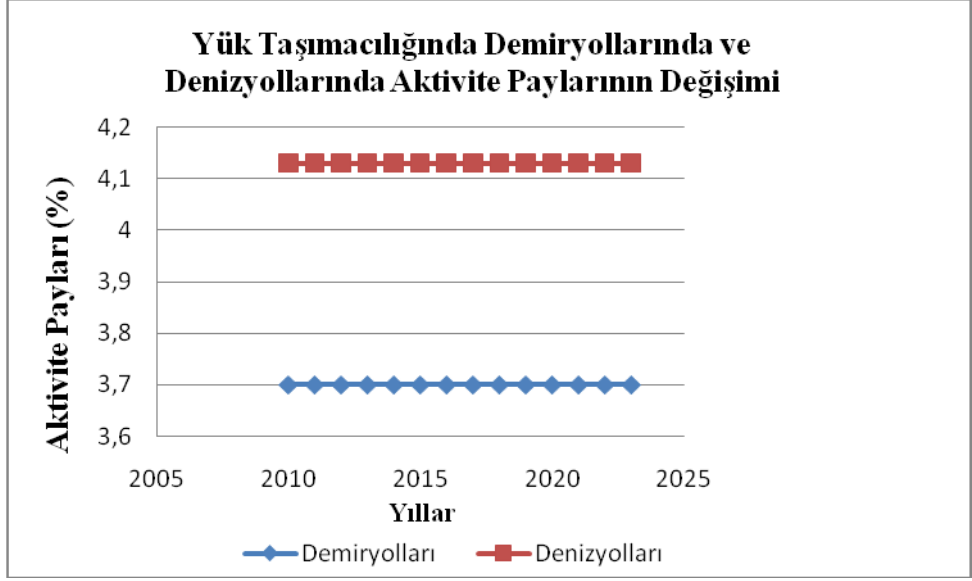
Karayolları, demiryolları, denizyolları, havayolları ve boru hatlarının 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında sahip oldukları paylar Çizelge 4.10'da verilmektedir. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığı türlerinin sahip olduğu taşımacılık paylarının yıllara göre değişimleri Şekil 4.31, Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de grafik olarak gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında türlerin aktivite payları

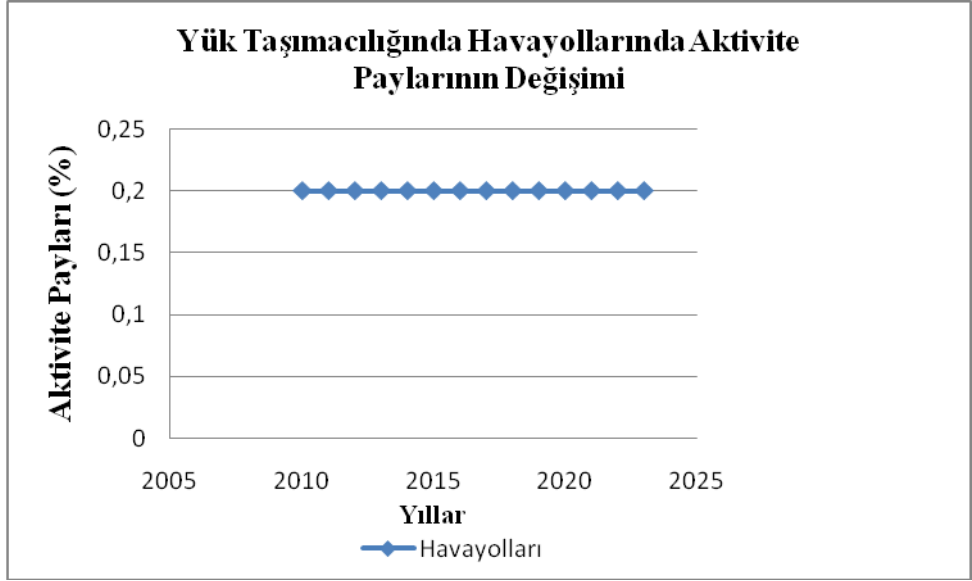
Yıllar	Karayolları (%)	Demiryolları (%)	Denizyolları (%)	Havayolları (%)	Boru Hatları (%)
2010	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2011	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2012	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2013	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2014	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2015	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2016	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2017	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2018	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2019	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2020	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2021	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2022	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4
2023	69,58	3,7	4,13	0,2	22,4



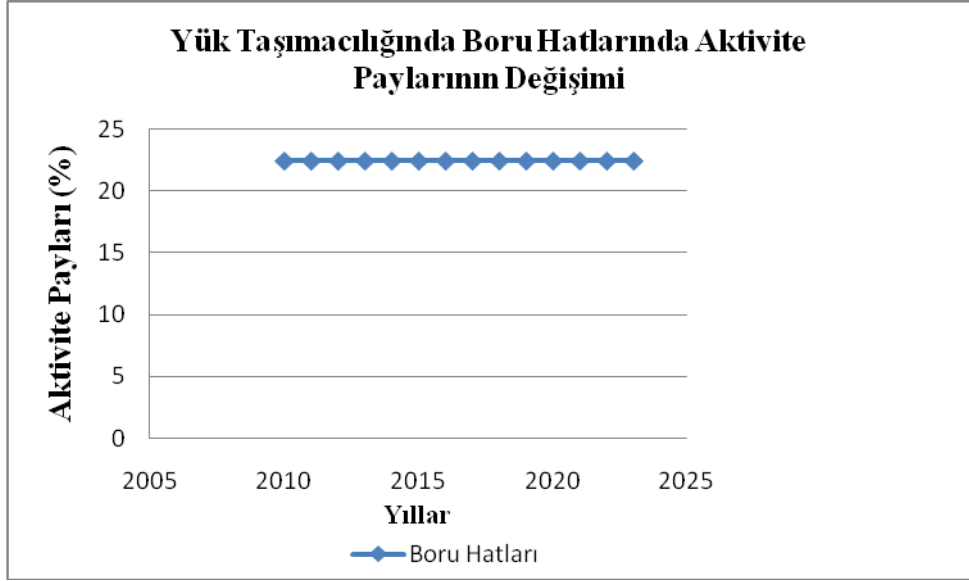
Şekil 4.31.2010-2023 yılları arası dönemde karayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.32. 2010-2023 yılları arası dönemde demiryollarında ve denizyollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.33. 2010-2023 yılları arası dönemde havayollarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.34. 2010-2023 yılları arası dönemde boru hatlarında aktivite paylarının değişiminin gösterilmesi

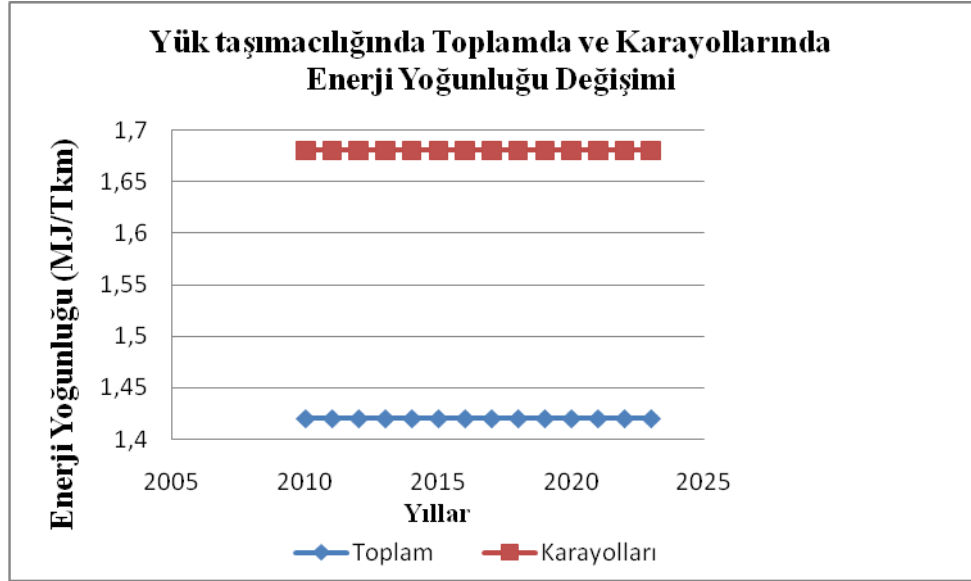
4.2.2. Enerji yoğunlukları

1990-2009 yılları arasındaki dönem için yapılan enerji analizinde 2009 yılı için yük taşımacılığında bulunan enerji yoğunlukları değerleri 2010-2023 yılları arasındaki dönem için kullanılacak enerji yoğunluğu değerleri olarak kabul edilmektedir. 2010-2023 yılları arasında enerji yoğunluğu değerlerinde değişiklik olmadığı düşünülmektedir.

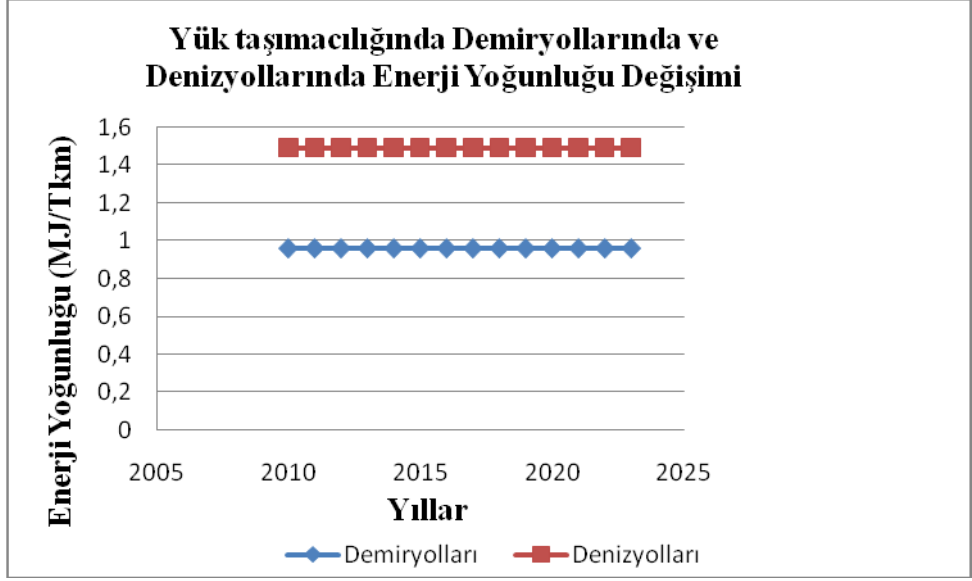
Çizelge 4.11’de 2010-2023 yılları arasındaki dönem için bulunan enerji yoğunluğu değerleri yer almaktadır. Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37 ve Şekil 4.38’de 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığı türlerinin sahip olduğu enerji yoğunluğunun yıllara göre değişimleri grafik ortamında gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. 2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında türlere göre enerji yoğunluğu miktarları

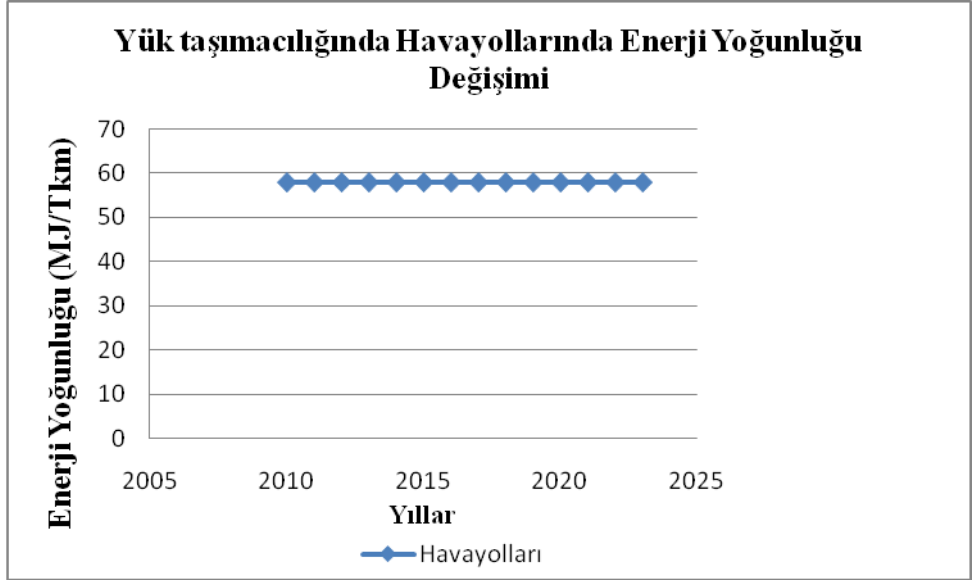
Yıllar	Toplam (MJ/Ton-km)	Karayolları (MJ/Ton-km)	Demiryolları (MJ/Ton-km)	Denizyolları (MJ/Ton-km)	Havayolları (MJ/Ton-km)	Boru Hatları (MJ/Ton-km)
2010	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2011	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2012	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2013	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2014	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2015	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2016	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2017	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2018	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2019	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2020	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2021	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2022	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16
2023	1,42	1,68	0,96	1,49	57,84	0,16



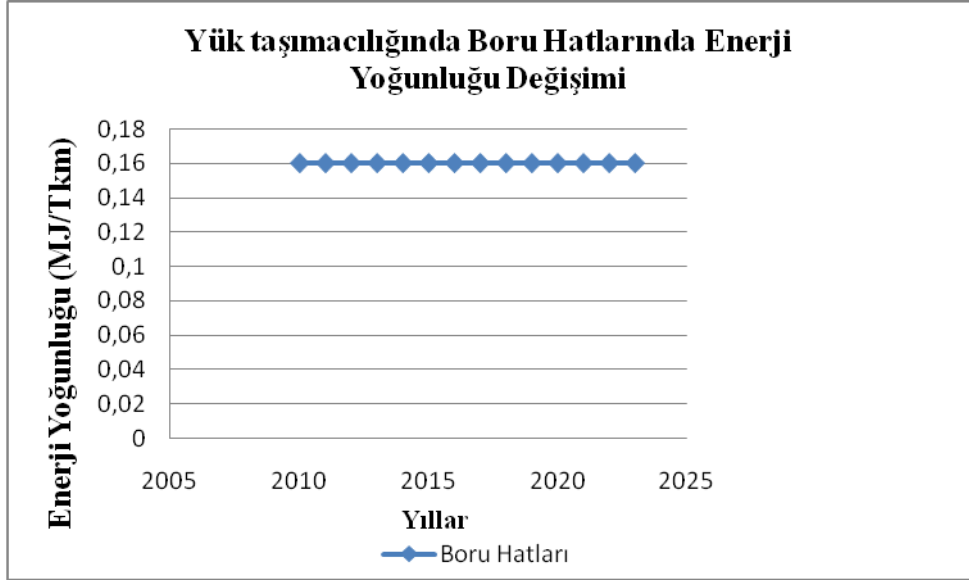
Şekil 4.35.2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında karayollarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.36.2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.37.2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında havayollarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.38. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında boru hatlarında enerji yoğunluğu değişiminin gösterilmesi

4.2.3. Enerji tüketim tahminleri

Ulaştırma sisteminde yük taşımacılığının 2010-2023 yılları arasındaki dönem için aktivite miktarları ve enerji yoğunluklarına göre bulunan yıllık enerji tüketim miktarı Çizelge 4.12’de yer almaktadır. Yük taşımacılığının toplam enerji tüketimi 2010 yılında 374.439 TJ olurken 2023 yılında 514.960 TJ olmaktadır. 2010-2023 yılları arasında yük taşımacılığında tüketilen toplam enerji miktarında %37 oranında artış olmaktadır.

Karayolları yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarı 2010 yılında 308.792 TJ olurken 2023 yılında 424.633 TJ’e çıkmaktadır. 2010-2023 yılları arasında %37’lik bir artış gerçekleşmektedir.

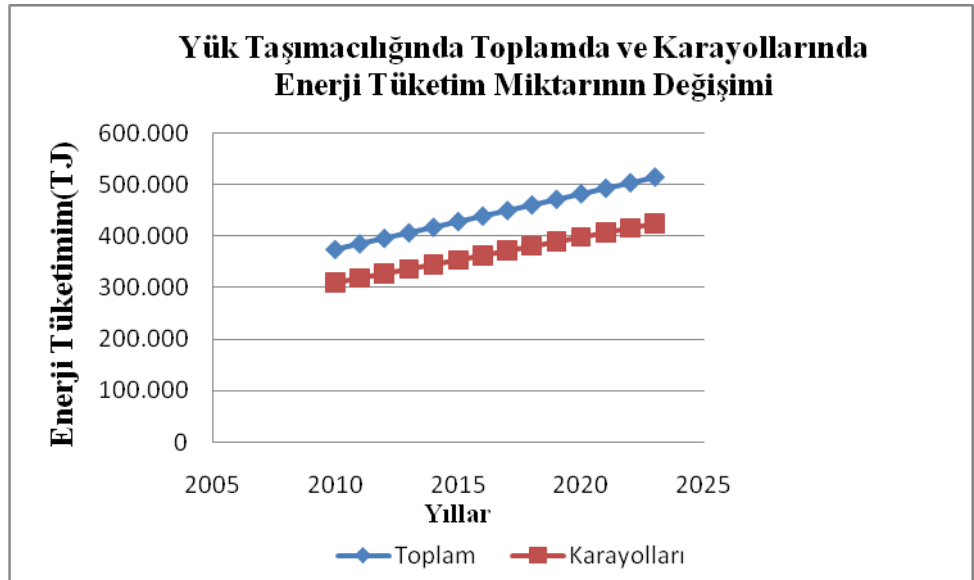
Demiryolları yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarı 2010 yılında 9.383 TJ olurken 2023 yılında 12.903 TJ’e çıkmaktadır. 2010-2023 yılları arasında %37’lik bir artış gerçekleşmektedir.

Denizyolları yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarı 2010 yılında 16.256 TJ olurken 2023 yılında 22.354 TJ’e çıkmaktadır. 2010-2023 yılları arasında %37’lik bir artış gerçekleşmektedir.

Havayolları yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarı 2010 yılında 30.540 TJ olurken 2023 yılında 42.050 TJ'e yükselmektedir.2010-2023 yılları arasında havayollarında tüketilen enerjide %37 oranında bir artış gerçekleşmektedir.

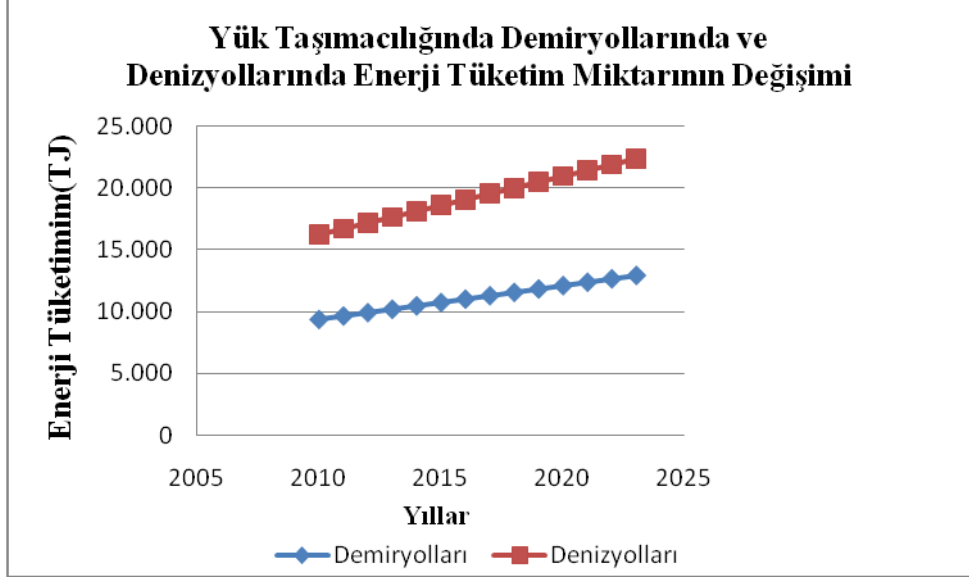
Çizelge 4.12.2010-2023 yılları arasındaki dönemde yük taşımacılığında türlere göre enerji tüketim miktarları

Yıllar	Toplam (TJ)	Karayolları (TJ)	Demiryolları (TJ)	Denizyolları (TJ)	Havayolları (TJ)	Boru Hatları (TJ)
2010	374.439	308.792	9.383	16.256	30.540	9.468
2011	385.288	317.703	9.654	16.725	31.465	9.741
2012	396.080	326.614	9.924	17.195	32.333	10.014
2013	406.871	335.526	10.195	17.662	33.200	10.287
2014	417.663	344.437	10.466	18.132	34.068	10.560
2015	428.512	353.348	10.737	18.601	34.993	10.834
2016	439.304	362.258	11.007	19.071	35.861	11.107
2017	450.096	371.169	11.278	19.540	36.728	11.380
2018	460.887	380.080	11.549	20.009	37.596	11.653
2019	471.736	388.991	11.820	20.477	38.521	11.927
2020	482.528	397.901	12.091	20.946	39.389	12.200
2021	493.319	406.812	12.362	21.416	40.257	12.473
2022	504.111	415.723	12.633	21.885	41.124	12.746
2023	514.960	424.633	12.903	22.354	42.050	13.019

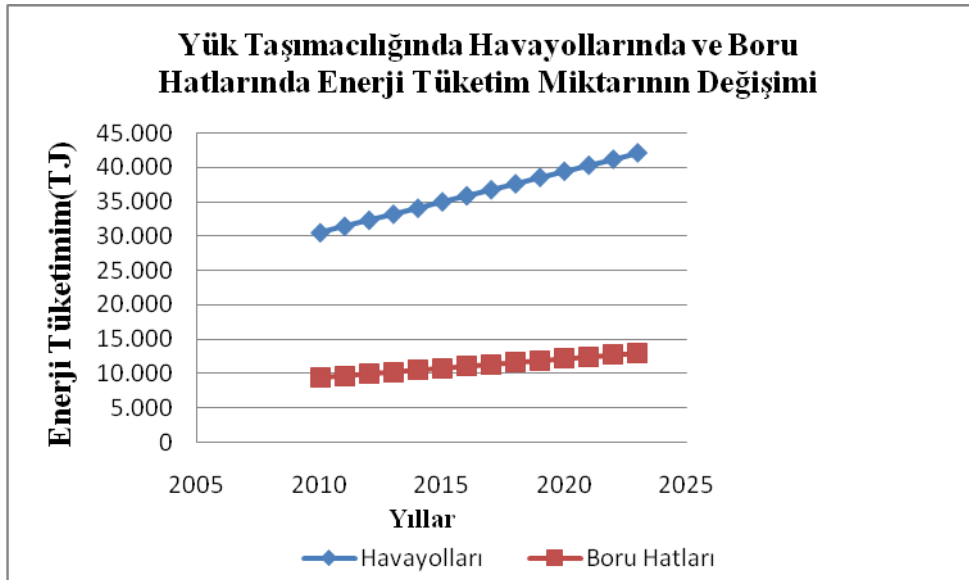


Şekil 4.39.2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında toplamda ve karayollarında enerji tüketim miktarındaki değişiminin gösterilmesi

Boru hatlarında gerçekleştirilen yük taşımacılığında 2010-2023 yılları arasındaki dönemde tüketilen enerji miktarı 9.468 TJ'den 13.019 TJ'ye yükselmektedir. 2010-2023 yılları arasında %37'lik bir artış gerçekleşmektedir



Şekil 4.40. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında demiryollarında ve denizyollarında enerji tüketim miktarındaki değişiminin gösterilmesi



Şekil 4.41. 2010-2023 yılları arası dönemde yük taşımacılığında havayollarında ve boru hatlarında enerji tüketim miktarındaki değişiminin gösterilmesi

Şekil 4.39,Şekil 4.40 ve Şekil 4.41’de Türkiye’de yük taşımacılığında türlerin enerji tüketim miktarlarının 2010-2023 arasında yıllara göre değişimi grafik ortamında gösterilmiştir.

4.3.Yük Taşımacılığında Gelecek Senaryolar İle Enerji Analizi

Türkiye’de ulaştırma sisteminde yük taşımacılığında gelecek senaryolar ile 2010-2023 yılları arası dönemde türel dağılımlardaki değişimler dikkate alınarak modeller oluşturulmakta ve enerji verimliliği tahminleri yapılmaktadır. Farklı türlerin desteklenmesi ile değişecek türel yük taşımacılığı dağılımının enerji tüketimine olan etkisi incelenmektedir.

4.3.1.Senaryoların tanıtımı

Senaryo 1

Türkiye’de ulaştırma sisteminde boru hatlarının desteklenmesini yani ulaştırma sistemi içerisinde taşımacılık payının büyümesini modelleyen senaryodur. Senaryo 1’e göre boru hatlarının yük taşımacılığı payı artarken, karayollarının türel payı azalmakta, demiryolları, denizyolları ve havayollarının türel payı ise değişmemektedir. Boru hatlarının payındaki artış miktarı 1990-2009 yılları arasında boru hatlarının yük taşımacılığı türel payındaki yıllık ortalama düşüş miktarı olan %0,36’dır.Boru hatlarındaki bu artış miktarının karayollarının yük taşımacılığındaki türel payında yıllık %0,36 düşüş ile karşılandığı planlanmaktadır.

Senaryo 2

Türkiye’de ulaştırma sisteminde havayollarının desteklenmesini yani ulaştırma sistemi içerisinde taşımacılık payının büyümesini modelleyen senaryodur. Senaryo 2’e göre havayollarının yük taşımacılığı payı artarken, karayollarının türel payı azalmakta, demiryolları, denizyolları ve boru hatlarının türel payı ise değişmemektedir. Havayollarının payındaki artış miktarı 1990-2009 yılları arasında havayollarının yük taşımacılığı türel payındaki yıllık ortalama düşüş miktarı olan %0,006’dır.Havayollarındaki bu artış miktarının karayollarının yük taşımacılığındaki türel payında yıllık %0,006 düşüş ile karşılandığı planlanmaktadır.

Senaryo 3

Türkiye’de ulaştırma sisteminde denizyollarının desteklenmesini yani ulaştırma sistemi içerisinde taşımacılık payının büyümesini modelleyen senaryodur. Senaryo 3’e göre denizyollarının yük taşımacılığı payı artarken, karayollarının türel payı azalmakta, demiryolları, havayolları ve boru hatlarının türel payı ise değişmemektedir. Denizyollarının payındaki artış miktarı 1990-2009 yılları arasında denizyollarının yük taşımacılığı türel payındaki yıllık ortalama düşüş miktarı olan %0,11’dir. Denizyollarındaki bu artış miktarının karayollarının yük taşımacılığındaki türel payında yıllık %0,11 düşüş ile karşılandığı planlanmaktadır.

Senaryo 4

Türkiye’de ulaştırma sisteminde demiryollarının desteklenmesini yani ulaştırma sistemi içerisinde taşımacılık payının büyümesini modelleyen senaryodur. Senaryo 4’e göre demiryollarının yük taşımacılığı payı artarken, karayollarının türel payı azalmakta, denizyolları, havayolları ve boru hatlarının türel payı ise değişmemektedir. Demiryollarının payındaki artış miktarı 1990-2009 yılları arasında demiryollarının yük taşımacılığı türel payındaki yıllık ortalama düşüş miktarı olan %0,017’dir. Demiryollarındaki bu artış miktarının karayollarının yük taşımacılığındaki türel payında yıllık %0,17 düşüş ile karşılandığı planlanmaktadır.

4.3.2.Senaryoların analizi

Senaryolar 2010-2023 yılları arasında uygulanmaktadır. Senaryolardan elde edilen sonuçlar Kısım 4.2’de işlenen Türkiye ulaştırma sisteminin 2010-2023 yılları arasındaki halihazır tahminleri ile karşılaştırılmaktadır.

Senaryoların analizini yapmak için Kısım 4.2’de bulunan 2010-2023 yılları arası aktivite miktarı tahmini ve enerji yoğunluğu değerlerinden faydalanılmaktadır. 2010-2023 yılları arasındaki mevcut aktivite miktarından, senaryolarda belirlenen aktivite payları yardımıyla, türlerin yıllara göre aktivite miktarları tespit edilmektedir. Daha sonra türlerin aktivite miktarları ile Kısım 4.2’de belirlenen enerji yoğunlukları kullanılarak, türlerde yıllara göre enerji tüketim miktarları belirlenmektedir. Buradan her bir senaryoya göre ulaştırma sektöründe yük taşımacılığının yıllara göre veya kümülatif enerji tüketim miktarları hesaplanmaktadır. Kısım 4.2’de yer alan 2010-2023

yılları arası ulaştırma sektörü yük taşımacılığında meydana gelen enerji tüketim miktarları ile senaryoların sonuçları karşılaştırılarak her bir senaryonun enerji verimliliği oranları yıllara göre veya kümülatif olarak bulunmaktadır.

4.3.3.Senaryoların yıllara göre sonuçları

4.3.3.1.Enerji tüketim tahminleri

2010-2023 yılları arasındaki dönemin halihazır durumundaki yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarları ve yük taşımacılığının gelecek senaryolarda tüketilen enerji miktarlarının yıllara göre sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Senaryo 1 ile elde edilen enerji tüketim değerleri incelendiğinde,2010 yılında enerji tüketim değeri 373.361 TJ olurken, 2023 yılında513.478 TJ olmaktadır (Çizelge 4.13). 2010-2023 yılları arasında enerji miktarındaki artış %37 olmaktadır. Şekil 4.42’de görüldüğü gibi enerji tüketimi düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 2 ile bulunan enerji tüketim değerlerinde, Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi 2010 yılında enerji tüketim değeri 374.422 TJ olurken, 2023 yılında 514.937 TJ olmaktadır. 2010-2023 yılları arasında enerji miktarındaki artış %37 olmaktadır. Şekil 4.42’de görüldüğü gibi senaryo 2’deki enerji tüketim değerleri düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 3 ile elde edilen enerji tüketim değerleri incelendiğinde, 2010 yılında enerji tüketim değeri 374.117 TJ olurken, 2023 yılında 514.518 TJ olmaktadır (Çizelge 4.13). 2010-2023 yılları arasında enerji miktarındaki artış %37 olmaktadır. Şekil 4.42’de görüldüğü gibi enerji tüketimi düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 4 ile bulunan enerji tüketim değerlerinde, Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi 2010 yılında enerji tüketim değeri 373.930 TJ olurken, 2023 yılında 514.260 TJ olmaktadır. 2010-2023 yılları arasında enerji miktarındaki artış %37 olmaktadır. Şekil 4.42’de görüldüğü gibi senaryo 4’deki enerji tüketim değerleri düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Çizelge 4.13. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji tüketim miktarları

Yıllar	Halihazır (TJ)	1.Senaryo (TJ)	2.Senaryo (TJ)	3.Senaryo (TJ)	4.Senaryo (TJ)
2010	374.439	373.361	374.422	374.117	373.930
2011	385.288	384.179	385.271	384.957	384.764
2012	396.080	394.940	396.062	395.739	395.541
2013	406.871	405.700	406.853	406.522	406.318
2014	417.663	416.461	417.644	417.304	417.095
2015	428.512	427.279	428.493	428.144	427.930
2016	439.304	438.039	439.284	438.926	438.707
2017	450.096	448.800	450.076	449.709	449.484
2018	460.887	459.561	460.867	460.491	460.261
2019	471.736	470.379	471.715	471.331	471.095
2020	482.528	481.139	482.506	482.113	481.872
2021	493.319	491.900	493.297	492.895	492.649
2022	504.111	502.660	504.088	503.678	503.426
2023	514.960	513.478	514.937	514.518	514.260

4.3.3.2. Enerji verimliliği tahminleri

Enerji verimliliği miktarları, Kısım 4.2’de bulunan halihazır yük taşımacılığı enerji tüketim miktarları ile senaryolarda tahmin edilen enerji tüketim miktarları arasındaki farkla belirlenmektedir. Çizelge 4.14’de senaryolar ile yük taşımacılığında ulaşılan enerji verimliliği miktarları, yıllara göre verilmektedir.

Senaryo 1 ile ulaşılan sonuçlara göre, 2010 yılında enerji verimliliği değeri 1.078 TJ olurken, 2023 yılında 1.482 TJ olmaktadır (Çizelge 4.14). Şekil 4.43’te görüldüğü gibi enerji verimliliği düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 2 ile bulunan enerji verimliliği değerlerinde, Çizelge 4.14’de görüldüğü gibi 2010 yılında enerji verimliliği değeri 17 TJ olurken, 2023 yılında 23 TJ olmaktadır. Şekil 4.43’te görüldüğü gibi senaryo 2’deki enerji verimliliği değerleri düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 3 ile elde edilen enerji verimliliği değerleri incelendiğinde, 2010 yılında enerji verimliliği değeri 322 TJ olurken, 2023 yılında 442TJ olmaktadır (Çizelge 4.14). Şekil 4.43’te görüldüğü gibi enerji verimliliği düz bir seyir izleyerek azalmaktadır.

Senaryo 4 ile bulunan enerji verimliliği değerlerinde, Çizelge 4.14’de görüldüğü gibi 2010 yılında enerji verimliliği değeri 509 TJ olurken, 2023 yılında 700 TJ

olmaktadır. Şekil 4.43'te görüldüğü gibi senaryo 4'deki enerji verimliliği değerleri düz bir seyir izleyerek önemli miktarlarda artmaktadır.

Çizelge 4.14. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği miktarları

Yıllar	1.Senaryo (TJ)	2.Senaryo (TJ)	3.Senaryo (TJ)	4.Senaryo (TJ)
2010	1.078	17	322	509
2011	1.109	17	331	524
2012	1.140	18	341	539
2013	1.171	18	349	553
2014	1.202	19	359	568
2015	1.233	19	368	582
2016	1.265	20	378	597
2017	1.296	20	387	612
2018	1.326	20	396	626
2019	1.357	21	405	641
2020	1.389	22	415	656
2021	1.419	22	424	670
2022	1.451	23	433	685
2023	1.482	23	442	700

4.3.3.3. Enerji verimliliği oranları

Enerji verimliliği oranları, Kısım 4.2'de bulunan halihazır yük taşımacılığı enerji tüketim miktarları ile senaryolarda tahmin edilen enerji verimliliği miktarlarının oranlanması ile bulunmaktadır. Çizelge 4.15'de senaryolar ile yük taşımacılığında ulaşılan enerji verimliliği oranları, yıllara göre verilmektedir.

Senaryo 1 ile ulaşılan sonuçlara göre, 2010 yılında enerji verimliliği oranı %0,29 olurken, 2023 yılında %0,29 olmaktadır (Çizelge 4.15). Şekil 4.44'te görüldüğü gibi enerji verimliliği oranları düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 2 ile bulunan enerji verimliliği oranlarında, Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi 2010 yılında enerji verimliliği değeri %0,00 olurken, 2023 yılında %0,00 olmaktadır. Şekil 4.44'te görüldüğü gibi senaryo 2'deki enerji verimliliği oranları düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 3 ile elde edilen enerji verimliliği oranları incelendiğinde, 2010 yılında enerji verimliliği değeri % 0,09 olurken, 2023 yılında %0,09 olmaktadır (Çizelge 4.15). Şekil 4.44'te görüldüğü gibi enerji verimliliği düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 4 ile bulunan enerji verimliliği oranlarında, Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi 2010 yılında enerji verimliliği oranı %0,14 olurken, 2023 yılında %0,14 olmaktadır. Şekil 4.44'te görüldüğü gibi senaryo 4'deki enerji verimliliği oranları düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Çizelge 4.15. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği oranları

Yıllar	1.Senaryo (%)	2.Senaryo (%)	3.Senaryo (%)	4.Senaryo (%)
2010	0,29	0,00	0,09	0,14
2011	0,29	0,00	0,09	0,14
2012	0,29	0,00	0,09	0,14
2013	0,29	0,00	0,09	0,14
2014	0,29	0,00	0,09	0,14
2015	0,29	0,00	0,09	0,14
2016	0,29	0,00	0,09	0,14
2017	0,29	0,00	0,09	0,14
2018	0,29	0,00	0,09	0,14
2019	0,29	0,00	0,09	0,14
2020	0,29	0,00	0,09	0,14
2021	0,29	0,00	0,09	0,14
2022	0,29	0,00	0,09	0,14
2023	0,29	0,00	0,09	0,14

4.3.4 Senaryoların yıllara göre kümülatif sonuçları

4.3.4.1 Kümülatif enerji tüketim tahminleri

Çizelge 4.16'da 2010-2023 yılları arasındaki dönemin halihazır durumunda yük taşımacılığında tüketilen kümülatif enerji miktarlarının yanı sıra, yük taşımacılığı gelecek senaryolarda tüketilen kümülatif enerji miktarlarının yıllara göre sonuçları yer almaktadır.

Senaryo 1 ile elde edilen kümülatif enerji tüketim değerleri incelendiğinde, 2010 yılında kümülatif enerji tüketim değeri 373.361 TJ olurken, 2023 yılında 6.207.876 TJ olmaktadır (Çizelge 4.16). Şekil 4.45'de görüldüğü gibi kümülatif enerji tüketimi, düz bir büyüme ile gelişmektedir.

Senaryo 2 ile bulunan kümülatif enerji tüketim değerlerinde, Çizelge 4.16'da görüldüğü gibi 2010 yılında kümülatif enerji tüketim değeri 374.422 TJ olurken, 2023

yılında 6.225.515 TJ olmaktadır. Şekil 4.45’de görüldüğü gibi senaryo 2’deki kümülatif enerji tüketim değerleri, düz bir seyir izleyerek artmaktadır.

Senaryo 3 ile elde edilen kümülatif enerji tüketim değerleri incelendiğinde, 2010 yılında kümülatif enerji tüketim değeri 374.117 TJ olurken, 2023 yılında 6.220.444 TJ olmaktadır (Çizelge 4.16). Şekil 4.45’de görüldüğü gibi kümülatif enerji tüketimi, düz bir büyüme ile gelişmektedir.

Senaryo 4 ile bulunan kümülatif enerji tüketim değerlerinde, Çizelge 4.16’da görüldüğü gibi 2010 yılında kümülatif enerji tüketim değeri 373.930 TJ olurken, 2023 yılında 6.217.332 TJ olmaktadır. Şekil 4.45’de görüldüğü gibi senaryo 4’deki kümülatif enerji tüketim değerleri, düz bir büyüme ile gelişmektedir.

Çizelge 4.16. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji tüketim miktarları

Yıllar	Halihazır (TJ)	1.Senaryo (TJ)	2.Senaryo (TJ)	3.Senaryo (TJ)	4.Senaryo (TJ)
2010	374.439	373.361	374.422	374.117	373.930
2011	759.727	757.540	759.693	759.074	758.694
2012	1.155.807	1.152.480	1.155.755	1.154.813	1.154.235
2013	1.562.678	1.558.180	1.562.608	1.561.335	1.560.553
2014	1.980.341	1.974.641	1.980.252	1.978.639	1.977.648
2015	2.408.853	2.401.920	2.408.745	2.406.783	2.405.578
2016	2.848.157	2.839.959	2.848.029	2.845.709	2.844.285
2017	3.298.253	3.288.759	3.298.105	3.295.418	3.293.769
2018	3.759.140	3.748.320	3.758.972	3.755.909	3.754.030
2019	4.230.876	4.218.699	4.230.687	4.227.240	4.225.125
2020	4.713.404	4.699.838	4.713.193	4.709.353	4.706.997
2021	5.206.723	5.191.738	5.206.490	5.202.248	5.199.646
2022	5.710.834	5.694.398	5.710.578	5.705.926	5.703.072
2023	6.225.794	6.207.876	6.225.515	6.220.444	6.217.332

4.3.4.2 Kümülatif enerji verimliliği tahminleri

Kümülatif enerji verimliliği miktarları, Kısım 4.1’de bulunan halihazır yük taşımacılığı kümülatif enerji tüketim miktarları ile senaryolarda tahmin edilen kümülatif enerji tüketim miktarları arasındaki farkla belirlenmektedir. Çizelge 4.17’de senaryolar ile yük taşımacılığında ulaşılan kümülatif enerji verimliliği miktarları, yıllara göre verilmektedir.

Senaryo 1 ile ulaşılan sonuçlara göre, 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği değeri 1.078TJ olurken, 2023 yılında 17.918 TJ olmaktadır (izelge 4.17). Şekil 4.46’da görüldüğü gibi kümülatif enerji verimliliği, artan bir ivme ile büyümektedir.

Senaryo 2 ile bulunan kümülatif enerji verimliliği değerlerinde, izelge 4.17’de görüldüğü gibi 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği değeri 17 TJ olurken, 2023 yılında 279 TJ olmaktadır. Şekil 4.46’da görüldüğü gibi senaryo 2’deki kümülatif enerji verimliliği, artan bir ivme ile gelişmektedir.

Senaryo 3 ile edilen kümülatif enerji verimliliği değerleri incelendiğinde, 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği değeri 322 TJ olurken, 2023 yılında 5.350 TJ olmaktadır (izelge 4.17). Şekil 4.46’da görüldüğü gibi kümülatif enerji verimliliği, artan bir ivme ile azalmaktadır.

Senaryo 4 ile bulunan kümülatif enerji verimliliği değerlerinde, izelge 4.17’de görüldüğü gibi 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği değeri 509 TJ olurken, 2023 yılında 8.462 TJ olmaktadır. Şekil 4.46’da görüldüğü gibi senaryo 4’deki kümülatif enerji verimliliği değerleri, artan bir ivme ile artmaktadır.

Çizelge 4.17.2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği miktarları

Yıllar	1.Senaryo (TJ)	2.Senaryo (TJ)	3.Senaryo (TJ)	4.Senaryo (TJ)
2010	1.078	17	322	509
2011	2.187	34	653	1.033
2012	3.327	52	994	1.572
2013	4.498	70	1.343	2.125
2014	5.700	89	1.702	2.693
2015	6.933	108	2.070	3.275
2016	8.198	128	2.448	3.872
2017	9.494	148	2.835	4.484
2018	10.820	168	3.231	5.110
2019	12.177	189	3.636	5.751
2020	13.566	211	4.051	6.407
2021	14.985	233	4.475	7.077
2022	16.436	256	4.908	7.762
2023	17.918	279	5.350	8.462

4.3.4.3 Kümülatif enerji verimliliği oranları

Kümülatif enerji verimliliği oranları, Kısım 4.2’de bulunan halihazır yük taşımacılığı kümülatif enerji tüketim miktarları ile senaryolarda tahmin edilen kümülatif enerji verimliliği değerlerinin oranlanması ile bulunmaktadır. Çizelge 4.18’de senaryolar ile yük taşımacılığında ulaşılan kümülatif enerji verimliliği oranları, yıllara göre verilmektedir.

Çizelge 4.18. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği oranları

Yıllar	1.Senaryo (%)	2.Senaryo (%)	3.Senaryo (%)	4.Senaryo (%)
2010	0,29	0,00	0,09	0,14
2011	0,29	0,00	0,09	0,14
2012	0,29	0,00	0,09	0,14
2013	0,29	0,00	0,09	0,14
2014	0,29	0,00	0,09	0,14
2015	0,29	0,00	0,09	0,14
2016	0,29	0,00	0,09	0,14
2017	0,29	0,00	0,09	0,14
2018	0,29	0,00	0,09	0,14
2019	0,29	0,00	0,09	0,14
2020	0,29	0,00	0,09	0,14
2021	0,29	0,00	0,09	0,14
2022	0,29	0,00	0,09	0,14
2023	0,29	0,00	0,09	0,14

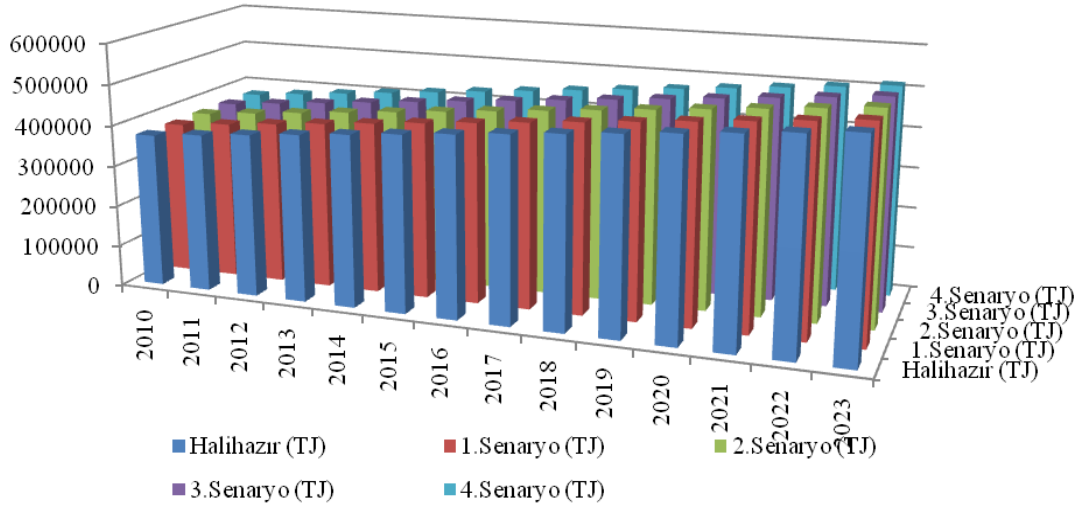
Senaryo 1 ile ulaşılan sonuçlara göre, 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği oranı %0,29 olurken, 2023 yılında % 0,29 olmaktadır (Çizelge 4.18). Şekil 4.47’de görüldüğü gibi kümülatif enerji verimliliği oranları, düz bir seyir ile artmaktadır.

Senaryo 2 ile bulunan kümülatif enerji verimliliği oranlarında, Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği değeri %0,00 olurken, 2023 yılında %0,00 olmaktadır. Şekil 4.47’de görüldüğü gibi senaryo2’deki kümülatif enerji verimliliği oranları, düz bir seyir ile artmaktadır.

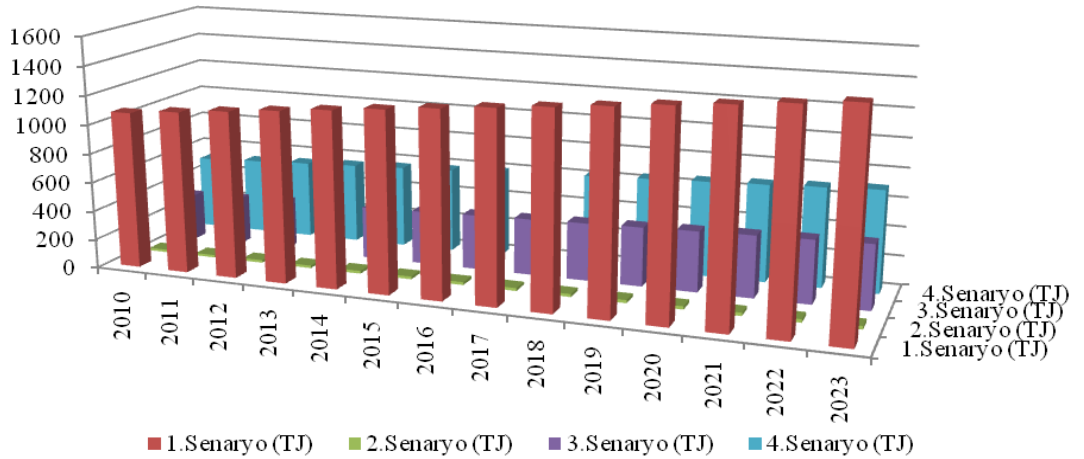
Senaryo 3 ile elde edilen kümülatif enerji verimliliği oranları incelendiğinde, 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği değeri %0,09 olurken, 2023 yılında %0,09

olmaktadır (Çizelge 4.18). Şekil 4.47’de görüldüğü gibi kümülatif enerji verimliliği, düz bir seyir izleyerek azalmaktadır.

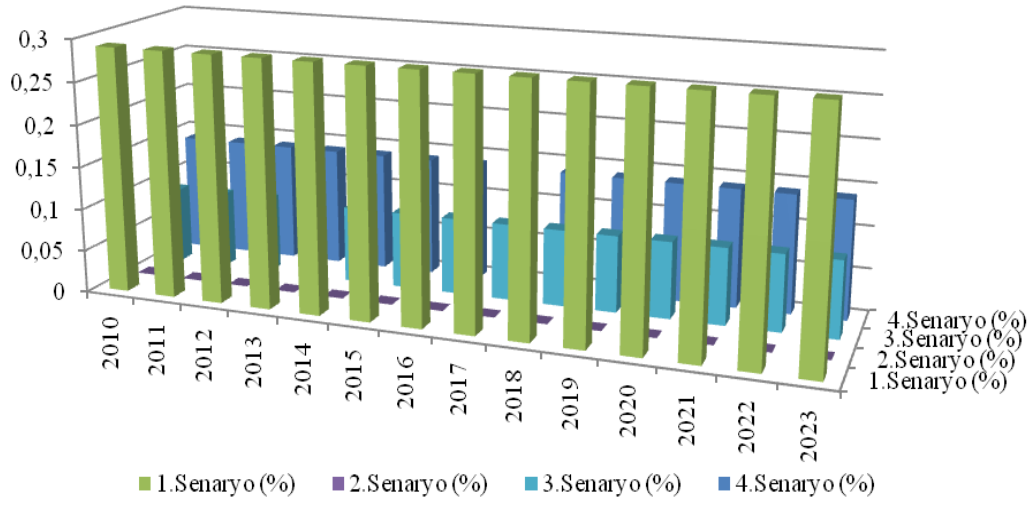
Senaryo 4 ile bulunan kümülatif enerji verimliliği oranlarında, Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi 2010 yılında kümülatif enerji verimliliği oranı %0,14 olurken, 2023 yılında %0,14 olmaktadır. Şekil 4.47’de görüldüğü gibi senaryo 4’deki kümülatif enerji verimliliği oranları, düz bir seyir izleyerek artmaktadır.



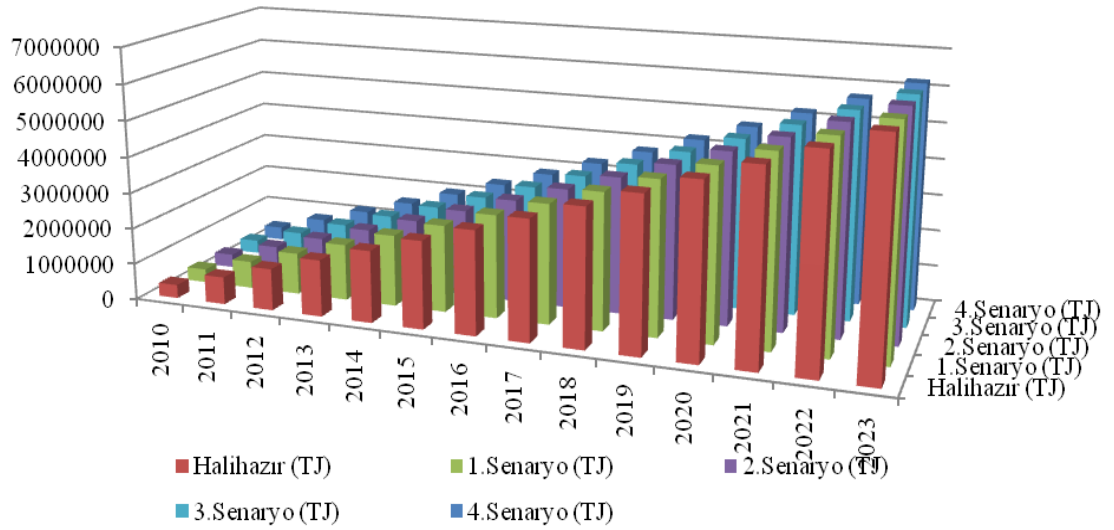
Şekil 4.42. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji tüketim miktarları



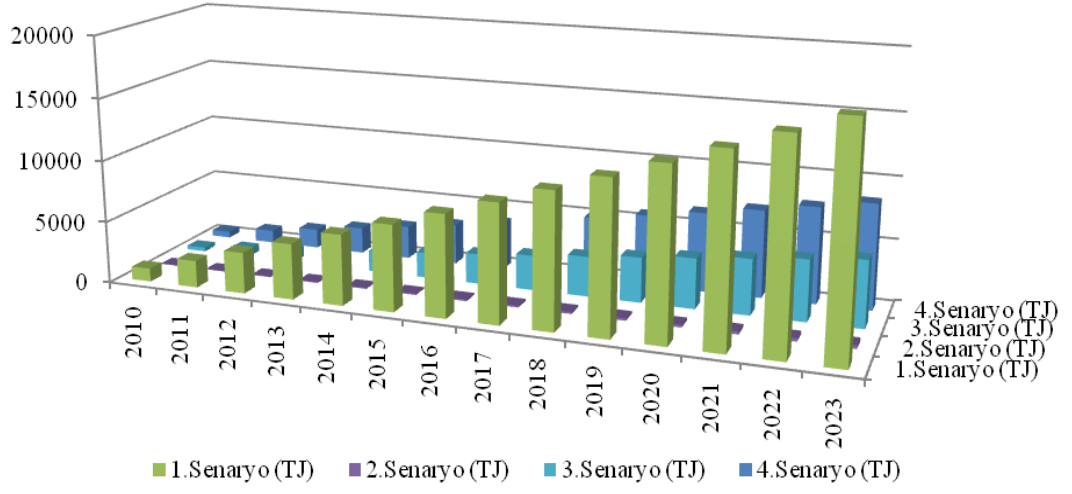
Şekil 4.43. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği miktarları



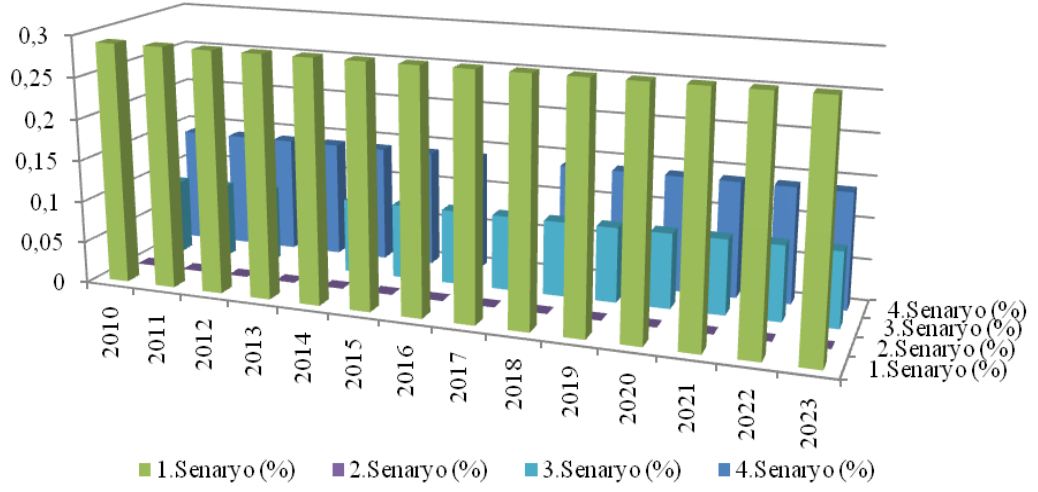
Şekil 4.44. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre enerji verimliliği oranları



Şekil 4.45. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji tüketim miktarları



Şekil 4.46. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği miktarları

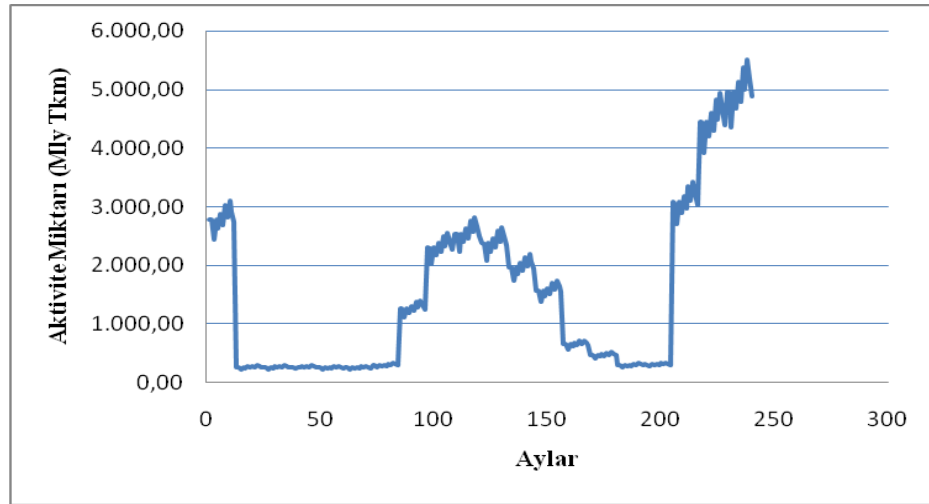


Şekil 4.47. 2010-2023 arası yük taşımacılığı gelecek senaryolarında yıllara göre kümülatif enerji verimliliği oranları

4.4.YSA ve MLR Modelleri ile Boru Hatlarında Aylık Aktivite Miktarlarının Tahmini

4.4.1. Uygulama alanı ve tanıtılması

Bu çalışmada; Türkiye’de ulaştırma sektöründe yük taşımacılığında boru hatlarındaki aylık aktivite miktarının tahmini için Yapay Sinir Ağları modeli kullanılmıştır. Bu amaçla benzer konularda (YSA) uygulamaları incelenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. YSA ve diğer klasik modeller için kullanılan veriler aşağıdaki gibidir: Ulaştırma sektöründe yük taşımacılığında boru hatlarına ait aylık aktivite miktarı verileri BOTAS’tan (Boru Taşımacılığı Anonim Şirketi) alınmış, aktivite verileri düzenleme sonrasında kaydırılarak altı adet veri haline getirilmiş, adı geçen yöntemlere uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan buharlaşma verilerinin aylara göre değişimleri Şekil 4.48’de verilmiştir.



Şekil 4.48. Ocak 1990 ile Aralık 2009 tarihleri arası boru hatları aylık aktivite miktarları

Bu veriler göz önünde bulundurularak hem model gelişimi (eğitimi) hem de doğruluğu (test) sergilenecektir. Bu yüzden model doğruluğunun kontrolü için ilk 154 aylık veri eğitimde kullanılmıştır. Geriye kalan 80 aylık veri geliştirilmiş modelin geçerliliğini doğrulamak amacıyla test aşamasında kullanılmıştır. Gözlemlenmiş ortak verilerin istatistiksel özetleri, eğitim verisi ve test verisi olarak, istatistiksel metotlar kullanılarak hesaplanmış ve bu özetler Çizelge 4.19’de gösterilmiştir. Çizelge 4.19’da eğitim verileri ve test verilerinin istatistiksel parametre değişimleri ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.19. Boru hatlarındaki aktivitenin eğitim ve test verileri istatistiksel parametre değişimleri

Veri Grubu	Veri Tipi	Parametreler		
		X max	X min	X ort
Eğitim Verileri	A.T.A.M (Mly Tkm)	3099,03	217,16	1260,789
Test Verileri	A.T.A.M (Mly Tkm)	5128,12	256,77	1795,712

A.T.A.M: Aylık toplam aktivite miktarı

Girdi ve çıktı veri değişkenlerinin hacimsel ve büyük değerlerden oluşması nedeniyle, bütün değişkenleri içeren girdi ve çıktı verileri denklem 4.1'i kullanarak eğitim ve test aşamalarında 0.1 ve 0.9 arasında normalize edilmiştir. Böylece iterasyon aşamasında X_{min} aktivite değerlerinin olduğu zamanların eğitim ve test aşamasına etkisi azaltılmış olacaktır.

$$x = 0.1 + 0.9 \left(\frac{x_i}{x_{max}} \right) \quad (4.1)$$

4.4.2. Boru hatları uygulamaları

Bu çalışmada, YSA'da Türkiye'de ulaştırma sektöründe yük taşımacılığında boru hatlarında aktivite problemini tanımlarken bir gizli katmanlı çok tabakalı algılayıcı seçilmiştir. Çok tabakalı algılayıcının en yaygın öğrenim yöntemi olan geriye yayılım algoritması (BPA), girdi ve çıktı veri seti için kullanılmıştır. İleri beslemeli Bayes regülarizasyon yayılım algoritması, Marquardt Levenberg Metodu uygulanarak ve MATLAB koduyla yazılmıştır. MATLAB da oluşturulan YSA modelinde, çok sayıda deneme yapılarak, iterasyon sayısı, öğrenme ve momentum oranı için sırası ile 1000, 0.1, 0.95 değerleri alınmıştır.

YSA'nın Boru hatlarındaki aktivite verisine uygulanması iki adımdan oluşmuştur. İlk adım sinir ağlarının eğitimidir. Bu adımda, aylık aktivite miktarları girdi olarak kullanılmıştır. Boru hatlarında aylık aktivite modellerinin geliştirilmesi amacıyla YSA, ilk veri setinin bir başka deyişle ilk 154 aylık gözlemlerden oluşan eğitim verisinin kullanımıyla eğitilmiştir. Eğitim aşaması tamamlandıktan sonra çok tabakalı algılayıcılar son 80 aylık gözlemlerden oluşan test verilerine uygulanmıştır. Belirli bir

problem için uygun bir ağ yapımı saptamak, ağ topolojisi, hesap karmaşıklığını ve genelleme yapabilme yetisini bire bir ilgilendirdiğinden önemli bir konudur (Ciğizoğlu, 2003-b). Bu yüzden, yaygın olarak kullanılan test ve hata metotlarından yola çıkılarak gizli katman nodlarına ve gizli katman sayısına karar verilir. Farklı çok tabakalı algılayıcı yapıları denedikten sonra bu çalışmada 6 katmanlı ve tek gizli tabakalı çok tabakalı algılayıcı yapısı seçilmiştir. Her bir model için en düşük karesel hata (MSE), toplam karesel hata (MAE) ve model tahminleri ve gözlemlenen değerler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Sonuçları da model tahmini ve gözlem verilerinin performanslarını karşılaştırmak için kullanılmıştır. MSE ve MAE aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$MSE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N Y_{i_{gözlem}} - Y_{i_{tahmin}} \right)^2 \quad (4.2)$$

ve

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_{i_{gözlem}} - Y_{i_{tahmin}}| \quad (4.3)$$

Burada N data set sayılarını ve Y_i boru hatları aylık aktivite verilerini göstermektedir. Hidrolojik verilerin Stokastik modelleri regresyon, zaman dizimi ve olasılık modelleri kullanarak da elde edilebilir. Bu teknikler değişkenler arasında lineer ilişkinin olduğunu varsaymaktadır (Ciğizoğlu ve Kişi, 2006). Her ne kadar boru hatları aktivite miktarı varyasyonu probleminin çözümü lineer olmayan bir yaklaşım gerektirse de, YSA ile stokastik modelleme yöntemlerini karşılaştırabilmek için bu çalışmada otoregresif ve çoklu lineer değişkenli regresyon modelleri kullanılmıştır. Farklı sayıda girdi kombinasyonları ve gizli tabaka sayısı, çok tabakalı algılayıcıdan en iyi sonucu almak amacıyla denenmiş ve bu modeller MLR modelleriyle karşılaştırılmıştır.

4.4.3. Aylık aktivitenin miktarının tahmin edilmesi

Yapılan çalışmada YSA ve MLR model uygulamalarında Botaş'tan elde edilen ve düzenlenen veriler $(t-1)$, $(t-2)$, ..., $(t-6)$ zaman aralığına kadar ötelenmiş ve modellemede kullanılan girdi ve çıktı veri dosyaları oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada, YSA modeli ile boru hatlarında aktivite miktarının belirlenmesi problemi çözülürken, bir gizli katmanlı MLP (Çok tabakalı algılayıcı) seçilmiştir. MLP'nin en yaygın öğrenim yöntemi olan geriye yayılım algoritması (BPA), girdi ve çıktı veri seti için kullanılmıştır.

Boru hatlarında tespit edilen aktivite verilerine YSA modelinin uygulanması iki adımdan oluşmaktadır. İlk adım sinir ağlarının eğitimi, ikinci adım test aşamasıdır. Eğitim aşamasında 154 aylık boru hatlarında tespit edilen aktivite miktarları kullanılmıştır. Eğitim aşaması tamamlandıktan sonra MLP'ler diğer 80 aylık gözlemlerden oluşan test verilerine uygulanmıştır. Benzer şekilde MLR modeli için aynı eğitim ve test verileri kullanılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda Çizelge 4.20'de verilmiştir. Bu tip çalışmalarda unutulmaması gereken şeylerden birisi, YSA için uygun bir ağ yapısı belirlemektir. Bu konu hesap karmaşıklığını ve genelleme yapabilme yetisini bire bir ilgilendirdiğinden önemli bir konu olduğu Cığizoğlu (2003-b) tarafından birçok makalede bildirilmektedir. Bu nedenle, eğitim aşamasında çok sayıda deneme sonrasında MLP yapısı belirlenmiştir. Bu çalışma için, en verimli MLP yapısı olarak 6 nodlu, bir gizli tabakalı ve bir çıktı nöronu olan YSA modeli seçilmiştir.

Çizelge 4.20. Boru hatlarında kullanılan bütün modellerde test verileri için elde edilen MSE, MAE ve R parametrelerinin karşılaştırılması

Modeller	Giriş Kombinasyonları	MSE (10^6 Tkm)	MAE (10^6 Tkm)	R
MLR	A.T.A.M	203925	214	0,97
YSA	A.T.A.M	286097	230	0,98

MSE: Ortalama karesel hata; MAE: Mutlak Ortalama hata; R: Korelasyon katsayısı

Bu uygulamalar sonucunda modellerin performansını göstermek amacıyla Çizelge 4.20 verilmiştir. Çizelge 4.20 incelendiğinde, test verileri için en uygun modelin, YSA modeli olduğu ve en yüksek korelasyon ($R=0,98$) ve en düşük MSE (203925) ve MAE (214) hatası verdiği açıkça görülmektedir. Bunun yanı sıra yine aynı

test verileri için MLR modelinin $R=0,97$ korelasyon ve yüksek hata değerleri verdiği gözlenmiştir.

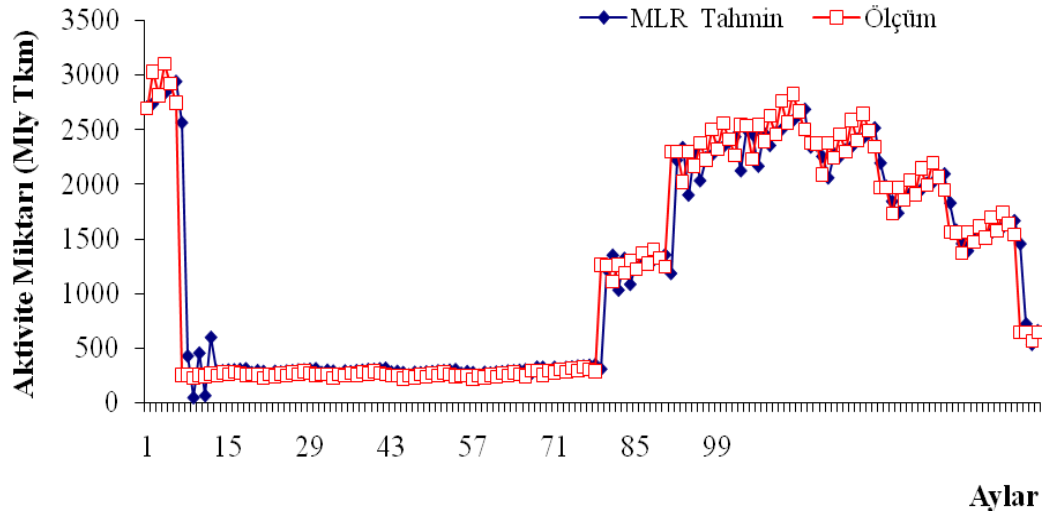
Şekillerden de anlaşılacağı üzere ilk girdi kombinasyonu için hem YSA hem de MLR'nin performansının uyum gösterdiği korelasyon katsayılarında açıkça görülmektedir. Diğer sonuçlardan da görülebileceği üzere model tahminlerinin daha dağınık olduğu ve bunun da yüksek MSE, MAE ve daha düşük R değerleri verdiği gözlenmiştir.

Şekil 4.49'da MLR eğitim sürecinde sonuç tahminleri ile ölçüm değerleri karşılaştırması görülmektedir. Şekil 4.50'de test süreci için MLR aylık aktivite miktarı tahminleri ve tespit edilen değerler karşılaştırılmış, Şekil 4.51'de bu ilişki saçılma diyagramı formatında verilmiştir.

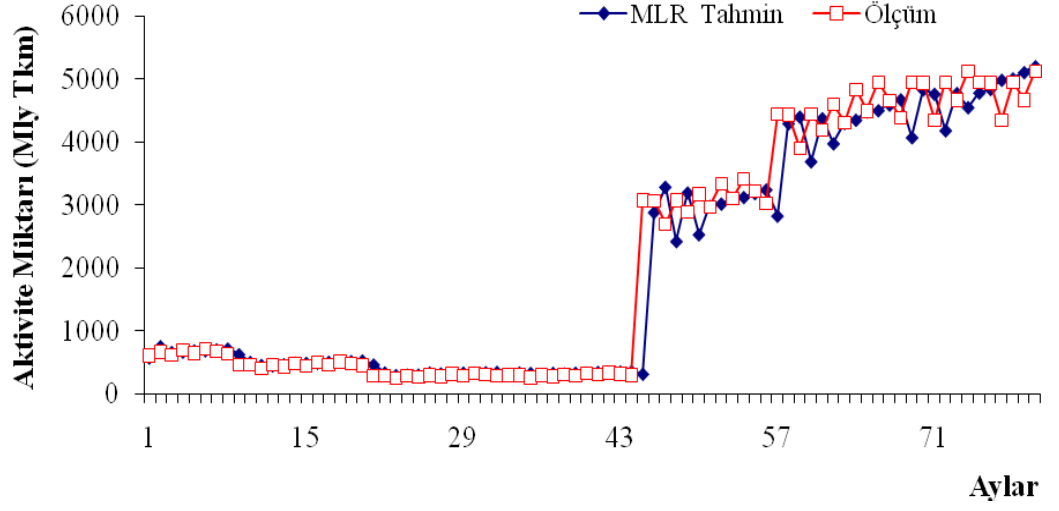
MLR model ile eğitim verileri kullanılarak oluşturulan aşağıdaki denklem test verilerine uygulanmıştır.

$$y = 0.011 + 0.918x_1 + 0.151x_2 - 0.191x_3 + 0.173x_4 - 0.224x_5 + 0.127x_6 \quad (4.4)$$

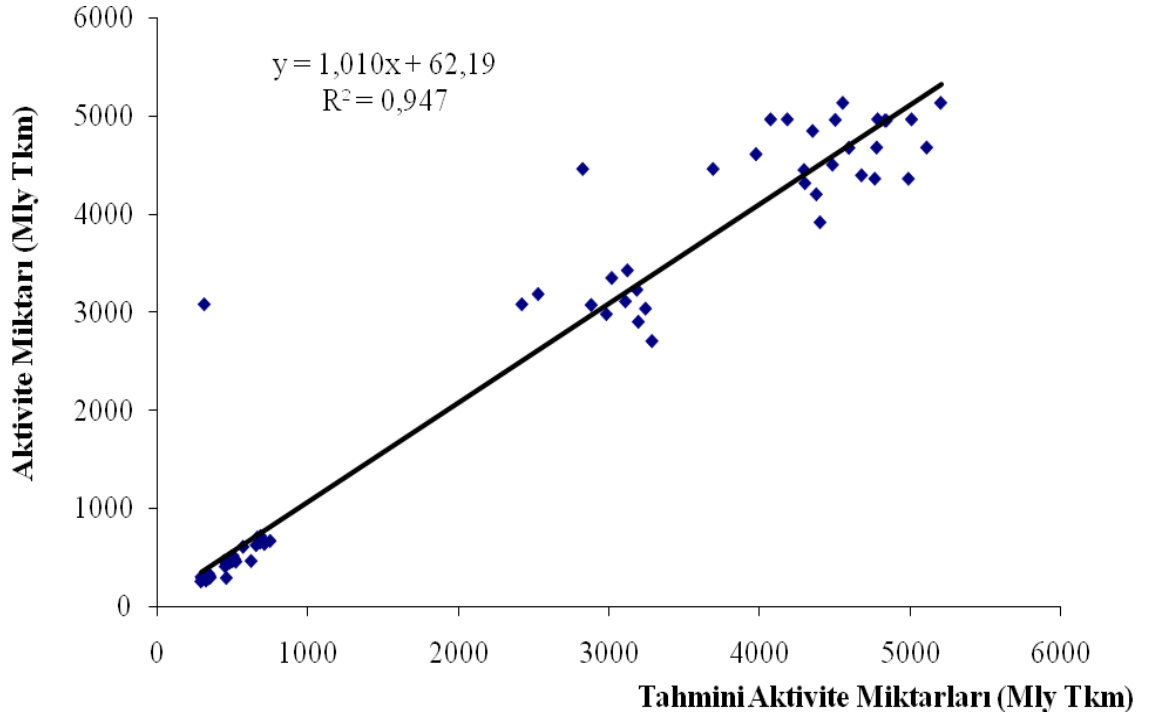
Eğitimde de elde edilen ve test içinde kullanılan bu denklemin sonucunda Çizelge 4.20' de görüldüğü gibi $R=0.97$ ile iyi sayılabilecek bir sonuç vermiştir.



Şekil 4.49. MLR metodu ile eğitimde elde edilmiş aktivite miktarı sonuçları ve ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.50. MLR metodu ile test de elde edilmiş aktivite miktarı sonuçları ve ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

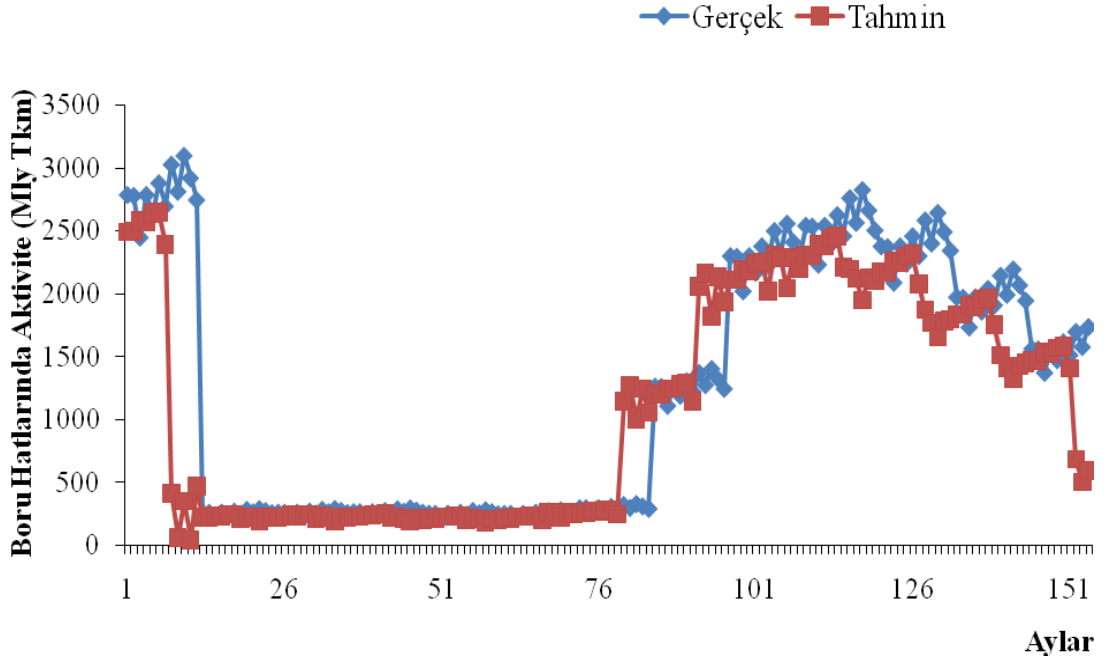


Şekil 4.51. MLR sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı

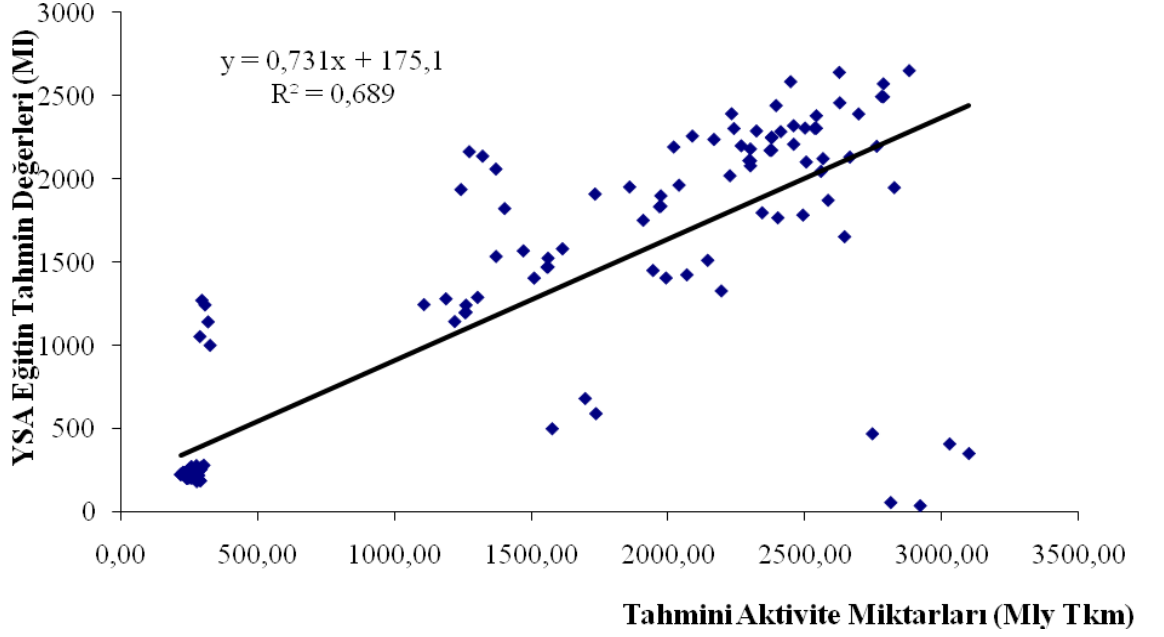
Bu çalışma için kurulan YSA modelinde eğitim ve test verileri için ayrı ayrı tahmin sonuçları ve gözlemlenen boru hatlarındaki aktivite miktarları sırasıyla Şekil

4.52, 4.53, 4.54, 4.55’ de verilmiştir. Çizelge 4.20’ de görüldüğü gibi YSA modelinin test verileri için % 98’ lük bir korelasyonla gerçek değerlere yaklaştığı belirlenmiştir.

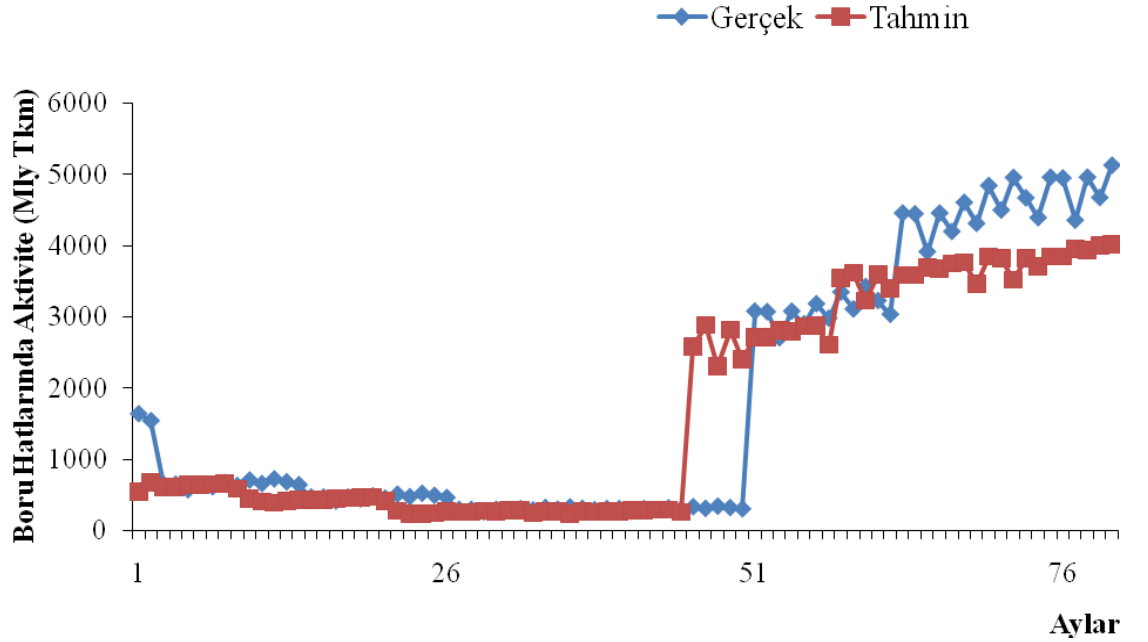
Bütün veriler ve olayın fiziği dikkate alındığında, YSA modelinin diğer klasik metoda göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, YSA modelinin çok değişkenli bir yapıya sahip olmasına rağmen çok iyi sonuçlar elde edilmesidir.



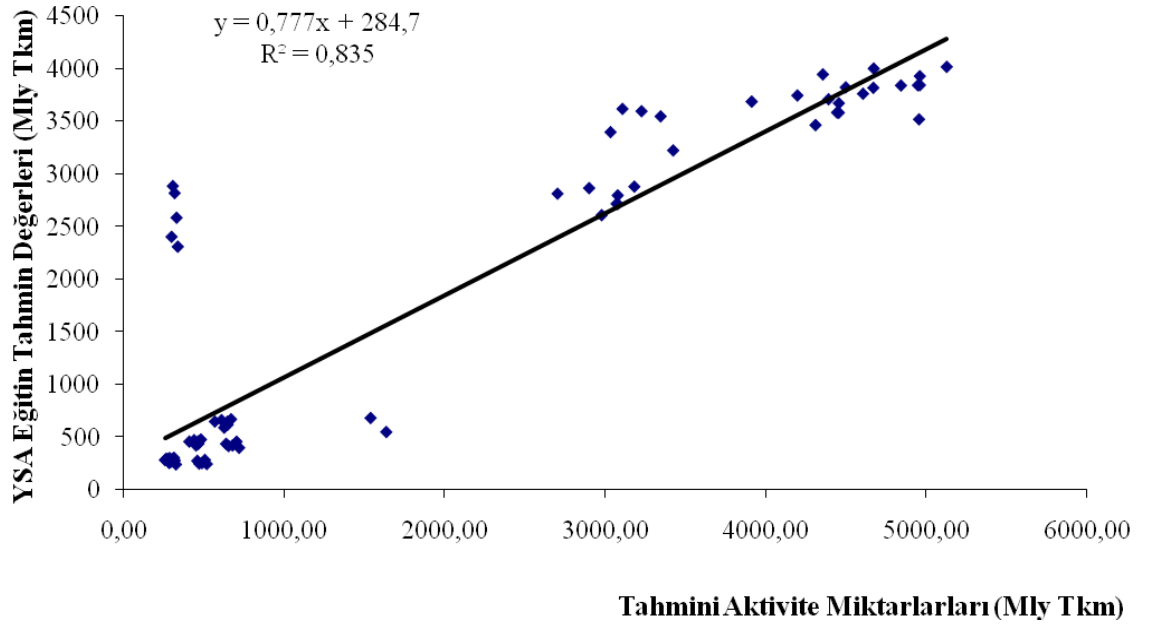
Şekil 4.52. YSA modelinde aylık aktivite miktarı eğitim sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.53. YSA eğitim sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı



Şekil 4.54. YSA modelinde aylık aktivite miktarı test sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Yük taşımacılığı enerji analizi

Türkiye’de ulaştırma sisteminde yük taşımacılığında 1990-2009 yılları arasında yapılan yük taşımacılığı analizinde, karayollarının ortalama enerji yoğunluğu 1,78 MJ/Tkm bulurken demiryollarının ortalama enerji yoğunluğu 0,95 MJ/Tkm, denizyollarının ortalama enerji yoğunluğu 1,28 MJ/Tkm, havayollarının ortalama enerji yoğunluğu 58,35 MJ/Tkm ve son olarak da boru hatlarının ortalama enerji yoğunluğu 0,16 MJ/Tkm bulunmuştur. Yük taşımacılığında en verimli tür boru hatları olurken ikinci sırada demiryolları, üçüncü sırada denizyolları ve daha sonrada sırasıyla karayolları ve havayolları takip etmektedir. Boru hatları bu enerji verimliliğini 1990-2009 yılları arasında sürekli sürdürmüştür.

Türkiye yük taşımacılığında gelişim karayolları ve havayolları lehine olurken, demiryolları, denizyolları ve boru hatlarının aleyhine olmaktadır. Böylece Türkiye ulaştırma sistemindeki türel dağılımın enerji verimliliğine ters olarak geliştiği görülmektedir. Diğerlerine oranla daha verimli olan boru hatları, demiryolları ve denizyollarının türel payları sürekli olarak düşüş göstermektedir. Birim taşımacılık başına daha çok enerji tüketen karayolları ve havayollarının ise türel payları sürekli artmaktadır.

1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığındaki verilerin enerji analizinde en verimli tür çıkan boru hatlarının türel payı bazı dönemler artsa da daha sonra tekrar çok sert bir şekilde düşüşe geçmektedir. Bunun en büyük sebebi Türkiye’nin etrafındaki komşularının özellikle Irak’ın istikrarsızlığıdır.1991 ve 2003 yıllarında Irak’ta yaşanan savaşlar sırasında Irak’tan Türkiye’ye ham petrol taşıyan iki boru hattı tamamen kapatılmış ve bu süreçte iki boru hattında yük taşımacılığı yapılamamıştır. Özellikle bu savaş dönemlerinde yaşanan boru hatlarıyla yük taşımacılığındaki sıkıntılar boru hatlarının türel payının azalmasında ciddi etki yaratmıştır. Bu sebeplerin ortadan kalkması ile birlikte boru hatları ile yük taşımacılığında türel payın sürekli artacağı tahmin edilmektedir.1990-2009 yılları arasında yük taşımacılığında en verimsiz tür olan havayollarının türel payının sürekli arttığı da unutulmamalıdır. Denizyolları 1990-1991 arasında türel payda ciddi bir çıkış gösterse de daha sonraki

yıllarda sürekli azalmıştır. Demiryolları da tıpkı denizyollarında olduğu gibi 1990-1991 arasında türel payda bir çıkışa geçmiş fakat daha sonra da sürekli azalmıştır. Demir, deniz ve boru hatlarına göre enerji verimliliği az olan karayollarının türel payı ise sürekli artmaktadır.

Türel payda sürekli artış olan karayolları enerji yoğunluğunda da sürekli bir düşüş olmaktadır. Karayollarında 1990 yılında 2,16 MJ/Tkm olan enerji yoğunluğu 2009 yılında 1,68 MJ/Tkm değerine düşmüştür. Türel payı artarken enerji yoğunluğu değeride artan havayollarında 1990 yılında enerji yoğunluğu değeri 46,64 MJ/Tkm iken 2009 yılında artarak 57,84 MJ/Tkm değerine yükselmiştir. Demiryollarında ise enerji yoğunluğu değeri 1990 yılında 0,89 MJ/Tkm iken 0,96 MJ/Tkm değerine yükselmiştir. Demiryollarında enerji yoğunluğundaki bu artışa rağmen türel payda azalma gözlenmektedir. Denizyollarında enerji yoğunluğu 1990 yılında 0,91 MJ/Tkm değerinden 2009 yılında 1,49 MJ/Tkm değerine yükselmiş fakat türel payda ise sürekli bir azalış devam etmektedir. Boru hatlarında ise enerji yoğunluğu değeri 1990-2023 yılları arasında 0,16 MJ/Tkm değerinde sabit kalmış fakat türel paydaki azalış devam etmiştir

Gelecek senaryolarla enerji analizi

Türkiye’de ulaştırma sisteminde yük taşımacılığı için geliştirilen 4 farklı gelecek senaryolarının sonuçları incelendiğinde, senaryo 1 % 0,29’luk kümülatif enerji verimliliği oranı ile en verimli senaryo olmaktadır. Senaryo 2,3 ve 4’ün kümülatif enerji verimliliği oranları ise sırasıyla %0,00,%0,09 ve 0,14 olmaktadır. Farklı türlerin desteklenmesini amaçlayan senaryoların verimlilik oranları göstermektedir ki yük taşımacılığında boru hatlarının desteklenmesi enerji verimliliğinin sebebi olmaktadır. Bundan dolayı boru hatlarının desteklenmesine göre düzenlenen senaryo 1 en verimli senaryo olmaktadır.

YSA ve MLR metotları ile boru hatlarında aktivite tahmini

Türkiye’de ulaştırma sektöründe yük taşımacılığında boru hatlarında aylık aktivite miktarları Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tahmin edilmiştir. Çok katmanlı YSA modeli tahminleri, boru hatları aylık aktivite miktarları ile tespit edilen gerçek değerler

arasında geleneksel istatistiksel ve stokastik modeller ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, ortalama aylık aktivite miktarı parametre olarak kullanılmıştır. Bu uygulamada sunulan YSA modeli, geleneksel modellerle karşılaştırıldığında daha doğru tahminlerde bulunmuştur.

Ampirik bağları anlatmak için sıklıkla kullanılan çok değişkenli lineerli regresyon modeli problemin çözümünde oldukça doğru sonuçlar vermiştir. Bu metot, bazı veri kombinasyonlarında sağlıklı tahminler ve aylık aktivite eğilimleri için iyi sayılabilecek korelasyon değerleri sağlayabilmiştir. Yine de, YSA'nin gösterdiği performans MLR modeline göre daha iyi sonuç vermiştir.

Fakat burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, YSA modelinin çok değişkenli bir yapıya sahip olmasına rağmen çok iyi sonuçlar elde edilebilmesidir. Bütün veriler ve olayın gerçekleştiği fiziki ortam dikkate alındığında YSA modeli doğadaki fiziksel olayları modellemek için daha uygundur.

KAYNAKLAR

- Cansız,Ö.Faruk,.2007.**Enerji Politikalarının Ulaştırma Sistemlerinin Optimizasyonu ile Geliştirilmesi ve Uygulamadan Elde Edilen Getirilerin Ortaya Konması.** Doktora Tezi,.Gazi Üniversitesi.
- Demir,.Faruk,.2007.**Enerji Güvenliği, enerji ekonomisi, enerji diplomasisi.** Altinküre Yayınları, s. 39. Ankara,
- Türkiye İstatistik Kurumu.<http://www.tuik.gov.tr>.2010
- Devlet Planlama Teşkilatı.<http://www.dpt.gov.tr>.2009
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.<http://www.enerji.gov.tr>.2010
- Işık, H., 2008. **Bilişim Teknolojileri Dergisi**, Cilt: 1, Sayı: 3, s 27-33.
- Taşkın, A., 1999. **The Caspian Oils and Alternative Pipelines.** Yüksek Lisans Tezi,. Fatih Üniversitesi, s 172.
- Verdiyev, R., 2000. **Bakü-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi'nin Türkiye Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi.** Yüksek Lisans Tezi,.Uludağ Üniversitesi, s 135.
- Güzel, Y., 2001. **Caspian Oil and Pipeline Issues.** Yüksek Lisans Tezi,. Hacettepe Üniversitesi, s 160.
- Yüksel, M., 2006. **Bakü-Ceyhan Petrol Boru Hattı ve Türkiye Ekonomisine Etkileri.** Yüksek Lisans Tezi,.Abant İzzet Baysal Üniversitesi,. s 172.
- www.mcaturk.com/Sinir-Sistemimiz_244.htm.
- Parlar, S., 2003. **Barbarlığın Kaynağı Petrol.** Anka Yayınları, s. 566. İstanbul.
- Bayazıt, M., 1996. **İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri.** İTÜ
- Bayazıt, M., and Oğuz, B., 2005. **Mühendisler için istatistik.**
- Cigizoglu, H.K., 2003b. **Estimation, forecasting and extrapolation of flow data by artificial neural networks.** Hydrological Sciences Journal 48 (3), 349–361.

Cigizoglu, H.K., and Kisi, O., 2006. **Methods to improve the neural network performance in suspended sediment estimation.** *Journal of Hydrology* 317 (2006) 221–238.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Kırıkhan'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Kırıkhan'da tamamladım. 2003 yılında girdiğim Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2007 yılında mezun oldum. Eylül 2007 tarihinde Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ulaştırma Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladım.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında, düşüncelerinden ve bilgilerinden istifade ettiğim bunun yanında ilgi ve yardımlarını aldığım, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu yüksek lisans çalışmasının ders ve tez aşamasında, değerli görüş, katkı ve bilgilerini esirgemeyen, tüm M.K.Ü. İnşaat Mühendisliği bölümü öğretim üyelerine en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez aşamasında bana destek olan Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk CANSIZ, Yrd. Doç. Dr. Fatih ÜNEŞ, Yrd. Doç. Dr. Turan ASLAN, Doç. Dr. Faruk Fırat ÇALIM, Yrd. Doç. Dr. Alpaslan KAYA ve İnş. Yük. Müh. Hakan VARÇİN ile İnş. Müh. Fatma Gülhan AKKURT'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında sabırla bana destek veren babama sonsuz teşekkürler ederim.