

Açık İşletme Kamyonları Duruş Sürelerinin Analizi

Ece Kepekçi

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2011

Delay Analysis of Surface Mining Trucks

Ece Kepekçi

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Mining Engineering

January-2011

Açık İşletme Kamyonları Duruş Sürelerinin Analizi

Ece Kepekçi

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden İşletme Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Hürriyet Akdaş

Ocak-2011

## ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Ece Kepekçi'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Açık İşletme Kamyonları Duruş Sürelerinin Analizi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Hürriyet Akdaş

**İkinci Danışman** :-

**Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Doç. Dr. Hürriyet Akdaş

**Üye** : Prof. Dr. Sermet Anagün

**Üye** : Doç. Dr. Ali Sarışık

**Üye** : Doç. Dr. Haydar Aras

**Üye** : Doç. Dr. Mustafa Önder

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Açık işletmelerde kullanılan makine ve ekipmanlar, üretim ve faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Büyük kapasiteli kamyonların kullanımıyla birlikte, artan yatırım ve operasyonel maliyetler nedeniyle, açık işletmelerde nakliye sistem ve gereksinimlerini analiz etmek gerekmektedir.

Bu tez çalışması ile, Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) açık ocaklarında faaliyette bulunan dekapaj kamyonlarının duruş süreleri üzerine zaman serisi analizleri yapılmıştır. GLİ, açık ocaklarında iki farklı dekapaj kamyonu bulunmakta olup, 73 tanesi 85 short ton kapasiteli ve 10 tanesi de 170 short ton kapasitelidir. Büyük bir iş filosunu oluşturan ve toplamda 83 kamyonun duruş süreleri, 2000 yılından itibaren aylık ve yıllık olarak kayıt altında tutulmaktadır.

Dekapaj kamyonları taşıdıkları malzeme ve markalarına göre üç gruba ayrılarak, duruş tipleri ve süreleri aylık olarak, 9 yıllık süre üzerinde yeniden derlenmiştir. Bu derlenen duruş süreleri üzerinde ayrıntılı zaman serisi analizleri gerçekleştirilmiştir. Zaman serisi analizleri sonucunda elde edilen tahmin modelleri, 2009 yılındaki aylık gerçekleşen, fiili değerler ile karşılaştırılmıştır. Tahmin modellerinin %95 güvenlik aralığında kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmada yapılan 6 analizin sonucunda mevsimsel  $[ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s]$  ve mevsimsel olmayan  $[ARIMA(p,d,q)]$  modellerinin en iyi öngörü verdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dekapaj kamyonları, Dekapaj kamyonlarının duruş süreleri, Operasyonel duruş süreleri, Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri, Zaman serisi, ARIMA

## SUMMARY

The equipment and machines in surface mining play important role for production and all operations. Due to greater truck capacity, increased capital and operating costs, it has become increasingly important to analyze haulage requirements.

In this thesis, all durations related to fixed and operational delays of mining trucks operating in surface mines of Western Lignite Cooperation have been studied by using time series analysis. In surface mines, two types of mining trucks have being operated for lignite production and overburden removal. First type of mining trucks has 85 short ton capacity and there are 73 trucks. Second type of mining trucks has 170 short ton capacity and there are 10 trucks of this type. The fixed and operational delays of all these trucks, become a large fleet including totally 83 mining trucks, have been recorded as monthly-annually from the beginning of 2000 year.

In order to apply time series analyses, first, mining trucks have been classified into three groups depending on material transport and their brands. Then, recorded scheduled-unscheduled fixed delays, operational delays and empty stopping durations have been monthly compiled for past nine years. Time series analyses have been applied on the compiled data for three groups of mining trucks. The obtained prediction models from the results of program outputs have been compared with real durations occurred in 2009. In the results of time series analyses of 6 data sets for this study, it has been found that the best suitable models are the seasonal  $[ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s]$  and non-seasonal  $[ARIMA(p,d,q)]$  models in terms of prediction.

Keywords: Mining trucks, Delay of trucks, Operational delays, Fixed delays, Variable delays, Time series, ARIMA

## TEŞEKKÜR

Danışmanım olduğu günden bu yana, her konuda tecrübelerini ve bilgisini benimle paylaşan, ileri görüşüyle bana yön veren, yapıcı eleştirileri ile olumlu katkılar sağlayan ve iyi bir akademisyen olabilmem için bana her zaman destek olan, Yüksek Lisans tez danışmanım Doç. Dr. Hürriyet AKDAŞ'a çok teşekkür ederim.

Bu tezin gerçekleşebilmesi için sonsuz destek ve katkılarını esirgemeyen, her ihtiyaç duyduğumda yoğun çalışmalarının yanında bana da zaman ayıran, hocam Prof. Dr. Sermet ANAGÜN'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım verilerin temin edilmesi için bana yardımcı olan biricik babam Ahmet KEPEKÇİ'ye, G.L.İ Müessesesi Makine İşletme Şube Müdürlüğünde hizmet veren; Şube Müdürü Tamer TALAY'a, Başmühendis Muhterem ADIGÜZEL'e ve memur Mehmet ASLAN ile G.L.İ Müessesesi Açık İşletme İstihsal Şube Müdürü Mehmet TAKSUK'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın yanı sıra, her ihtiyaç duyduğumda bana verdikleri tüm katkı ve emeklerden dolayı, kıymetli meslektaşım Sadık KUNDAK'a ve kıymetli dostum Melis AKYOL'a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her evresinde maddi ve manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen, her konuda arkamda duran, eğitim ve çalışma hayatımda çok büyük emekleri olan, tez çalışmamın gelişmesi ve sonuçlanması için sabırla beni destekleyen annem, babam, kız kardeşim ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimle...

Ece KEPEKÇİ

Ocak 2011

**İÇİNDEKİLER**

<b>ÖZET.....</b>	<b>v</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>vi</b>
<b>TEŞEKKÜR.....</b>	<b>vii</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>5</b>
2.1. İşletmenin Yeri ve Ulaşımı.....	6
2.2. Kömür Havzasının Jeolojisi.....	6
2.2.1. Stratigrafi.....	6
2.2.1.1. Paleozoyik.....	8
2.2.1.2. Mezozoyik.....	8
2.2.1.3. Senezoyik.....	8
2.2.1.4. Kuvarterner.....	10
2.2.2. Yapısal jeoloji.....	10



2.3. Rezerv Durumu.....	10
2.4. İşletme Faaliyetleri.....	11
2.4.1. Dekapaj faaliyetleri.....	11
2.4.1.1. Delme-patlatma faaliyetleri.....	12
2.4.1.2. Kazı-yükleme-dökme faaliyetleri.....	14
2.4.2. Kömür üretim faaliyetleri.....	15
2.5. Açık İşletme Makine Parkı.....	16
2.6. Makine İşletme Şube Müdürlüğü.....	17
<b>3. ZAMAN SERİLERİ VE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI.....</b>	<b>19</b>
3.1. Zaman Serilerinde Temel Kavramlar.....	19
3.1.1. Zaman serisinin özellikleri.....	20
3.1.2. Zaman serisi analizinin amaçları.....	20
3.1.3. Zaman serisi bileşenleri.....	20
3.1.4. Zaman serisi modelleri.....	23
3.1.5. Zaman serisi grafikleri.....	24
3.1.6. Durağanlık ve durağan olmama.....	24
3.1.6.1. Durağan zaman serileri.....	25
3.1.6.2. Durağan olmayan zaman serileri.....	25
3.1.7. Zaman serisinin adımları.....	26
3.1.8. Otokorelasyon fonksiyonu (ACF).....	26
3.1.9. Kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF).....	27
3.1.10. Hata terimi.....	28

3.1.11. Model seçim kriterleri.....	30
3.2. Zaman Serilerinin Farklı Mühendislik Disiplinlerindeki Uygulamaları.....	31
<b>4. G.L.İ AÇIK İŞLETME KAMYONLARI.....</b>	<b>35</b>
4.1. Mekanik Kamyonlar.....	36
4.2. Elektrikli Kamyonlar.....	41
<b>5. ZAMAN SERİSİ ANALİZİ VE VERİLERE UYGULANMASI.....</b>	<b>46</b>
5.1. Kullanılan Veriler ve Özellikleri.....	46
5.2. Kullanılan Yazılım Hakkında Bilgiler.....	49
5.3. Yazılımın Kullandığı Modeller.....	52
5.3.1. Rastgele yürüyüş modeli.....	52
5.3.2. Basit doğrusal regresyon modeli.....	52
5.3.3. Üstel regresyon modeli.....	53
5.3.4. Karesel regresyon modeli.....	53
5.3.5. S regresyon modeli.....	54
5.3.6. Basit üstel düzleştirme yöntemi.....	54
5.3.7. Holt üstel düzleştirme yöntemi.....	55
5.3.8. Winters üstel düzleştirme yöntemi.....	55
5.3.9. Box – Jenkins modelleri.....	56
5.3.9.1. Mevsimsel olmayan Box – Jenkins modelleri.....	57
5.3.9.1.1. Otoregresif modeller.....	57
5.3.9.1.2. Hareketli ortalama modelleri.....	58
5.3.9.1.3. Otoregresif hareketli ortalama modelleri.....	59

5.3.9.1.4. Entegre edilmiş otoregresif hareketli ortalama modelleri.....	60
5.3.9.2. Mevsimsel Box – Jenkins modelleri.....	60
5.3.9.2.1. Mevsimsel otoregresyon modelleri.....	60
5.3.9.2.2. Mevsimsel hareketli ortalama modelleri.....	62
5.3.9.2.3. Mevsimsel otoregresif hareketli ortalama modelleri.....	62
5.4. Zaman Serisi Analizi.....	63
5.4.1. Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının zaman serisi analizi.....	63
5.4.1.1. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin analizi.....	64
5.4.1.2. Operasyonel duruş sürelerinin analizi.....	73
5.4.2. Wabco 85–D kömür kamyonlarının zaman serisi analizi.....	81
5.4.2.1. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin analizi.....	81
5.4.2.2. Operasyonel duruş sürelerinin analizi.....	88
5.4.3. Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının zaman serisi analizi.....	95
5.4.3.1. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin analizi.....	95
5.4.3.2. Operasyonel duruş sürelerinin analizi.....	105
5.4.4. Toplam Duruş Süreleri.....	114
<b>6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>117</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>	<b>121</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Tez çalışmasının akış diyagramı.....	4
2.1 İşletmenin yeri.....	6
2.2 Havzanın stratigrafik kesiti (Ayaydın, 1987).....	7
2.3 Açık işletme dekapaj faaliyetleri.....	12
2.4 Dekapaj faaliyetinin şematik gösterimi (Destanoğlu vd., 2000).....	14
2.5 Basamakların şematik gösterimi (G.L.İ. tanıtım kataloğu).....	15
3.1 Zaman serisi bileşenleri (Tecim, 1990).....	21
3.2 Olası eğilim gösterimleri (Gürler, 2002).....	21
3.3 Zaman serisi modelleri (Tecim, 1990) a) Toplamsal modeller, b)Çarpımsal modeller.....	23
4.1 Wabco 85-D mekanik kamyon.....	35
4.2 Komatsu 630Es elektrikli kamyon.....	36
4.3 Wabco 85-D kamyonların boyutları (Makine Çalışma Performansları Kataloğu, 2008)(Haulpak 85-D Kataloğu).....	38
4.4 Komatsu 630Es kamyonların boyutları (Specifications&Applications Handbook,2008)(Haulpak 630Es Kataloğu).....	42
4.5 Komatsu 630Es kamyonu yüklemeye yapılıırken.....	43
4.6 Komatsu 630Es kamyon boşaltma yaparken.....	43
4.7 Elektrikli kamyonlarda enerji dönüşüm düzeni (Bilge, 2002).....	44
5.1 İşletmedeki kamyonların duruş nedenleri.....	48
5.2 Zaman serileri analizi için kullanılan modüller.....	50
5.3 Otomatik tahminleme modülünün model seçenekleri.....	50
5.4. Kullanıcı tercihli modülün model seçenekleri.....	51
5.5 Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85- D dekapaj kamyonları için).....	64
5.6 Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için).....	65

### ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.7 Serinin mevsimsel farkı (D=1) alındıktan sonraki ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	66
5.8 Serinin 1. derece farkı (d=1) alındıktan sonraki ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	66
5.9 ACF grafiği: a)gerçek seri için, b)tahmin serisi için (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	70
5.10 ARIMA(1,1,1)x(1,1,2) <sub>12</sub> modelinin tahmin değerleri grafiği.....	71
5.11 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	72
5.12 Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	73
5.13 Operasyonel duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için).....	74
5.14 Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için).....	75
5.15 ACF grafiği: a)gerçek seri için, b)tahmin serisi için (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	77
5.16 ARIMA(1,0,1) modeline uygun zaman serisi grafiği.....	79
5.17 Şekil 5.17. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	80
5.18 Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)....	81

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.19 Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için).....	82
5.20 Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için).....	82
5.21 ACF grafiği: a)gerçek seri için, b)tahmin serisi için (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	85
5.22 ARIMA(0,0,1)x(2,0,2) <sub>12</sub> modeline uygun zaman serisi grafiği.....	86
5.23 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	97
5.24 Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	88
5.25 Operasyonel duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için).....	89
5.26 Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için).....	89
5.27 ACF grafiği: a)gerçek seri için, b)tahmin serisi için (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	92
5.28 ARIMA(0,0,2)modeline uygun zaman serisi grafiği.....	93
5.29 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	94
5.30 Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	95
5.31 Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için).....	96

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.32 Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için).....	97
5.33 Serinin mevsimsel farkı (D=1) alındıktan sonraki ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	98
5.34 Serinin 1.derece farkı (d=1) alındıktan sonraki ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	98
5.35 ACF grafiği: a)gerçek seri için, b)tahmin serisi için_(Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	102
5.36 ARIMA(1,1,1)x(2,1,2) <sub>12</sub> modelinin tahmin değerleri grafiği.....	103
5.37 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	104
5.38 Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	105
5.39 Operasyonel duruşların zaman serisi grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için).....	106
5.40 Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için).....	107
5.41 Serinin mevsimsel farkı (D=1) alındıktan sonraki ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	107
5.42 ACF grafiği: a)gerçek seri için, b)tahmin serisi için (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	110
5.43 ARIMA(2,0,1)x(0,1,2) <sub>12</sub> modelinin tahmin değerleri grafiği	112
5.44 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	113

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)**

<b><u>Sekil</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
5.45	Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	114
5.46	Toplam duruşların 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için).....	115
5.47	Toplam duruşların 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için).....	115
5.48	Toplam duruşların 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için).....	116



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	2006-2010 yılları arası tüvenan kömür üretimi (1000ton)..... 11
2.2	Madencilik faaliyetlerinde aktif kullanılan makine parkı..... 16
2.3	Başmühendislikler bünyesinde bulunan atölyelerin listesi..... 18
4.1	Kamyon kasa yükleme kapasiteleri (Taksuk, 2001)..... 42
4.2	Uyarı lambalarının anlamları..... 45
5.1	Kamyon sayıları ve taşıdıkları malzeme..... 46
5.2	Analizde kullanılan veri setlerinin özellikleri..... 49
5.3	Uygun bulunan modeller(Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)..... 67
5.4	Modellerin hata terimleri ve AIC değeri tablosu (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)..... 68
5.5	ARIMA(1,1,1)x(1,1,2) <sub>12</sub> modelinin parametre değerleri..... 69
5.6	Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)..... 75
5.7	Modellerin hata terimleri tablosu (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)..... 76
5.8	ARIMA(1,0,1) modelinin parametre değerleri..... 76
5.9	Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)..... 83
5.10	Modellerin hata terimleri tablosu (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)..... 83
5.11	ARIMA(0,0,1)x(2,0,2) <sub>12</sub> modelinin parametre değerleri..... 84
5.12	Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)..... 90
5.13	Modellerin hata terimleri tablosu (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)..... 90

### ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

<b><u>Çizelge</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
5.14	ARIMA(0,0,2) modelinin parametreleri değerleri.....	91
5.15	Uygun bulunan modeller (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	99
5.16	Modellerin hata terimleri ve AIC değeri tablosu (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için).....	100
5.17	ARIMA(1,1,1)x(2,1,2) <sub>12</sub> modelinin parametre değerleri.....	101
5.18	Uygun bulunan modeller (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	108
5.19	Modellerin hata terimleri ve AIC değeri tablosu (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için).....	108
5.20	ARIMA(2,0,1)x(0,1,2) <sub>12</sub> modelinin parametre değerleri.....	110

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Geçmişten bugüne, insanoğlu yaşamın her döneminde geleceği merak etmiş, gelecek hakkında araştırmalar yapmış, geleceği öngörebilmeyi istemiştir. Zaman geçtikçe yaşam şartları değişmiş ve gelecekle ilgili masum merak duygusu, yerini ciddi bir ihtiyaca, hatta zorunluluğa bırakmıştır.

Bugünün koşullarıyla, bugünden verilecek pek çok kararın sonucu; gelecek dönemin koşullarıyla, gelecekte alınacaktır. Bu karar, kimi zaman daha küçük ölçekli ve bireysel bazda bir karar (evlilik kararı, ev alma kararı, iş değiştirme kararı vb.) olabileceği gibi; kimi zaman da daha büyük ölçekli ve ülkesel bazda ekonomik, siyasi ya da stratejik bir karar olabilir. Böylesi önemli kararların alınması gereken durumlarda, kararı alacak ister bir birey, ister bir şirket, isterse de bir ülke olsun, elinde gelecekle ilgili öngörülerini bulduğunda, alacağı karar daha doğru ve daha gerçeğçi olacaktır. Alınan doğru kararlar da, olumlu sonuçlar doğuracaktır.

Gelecek dönemde, yaşanabilecek olumsuzlukları bugünden öngörebilmek, olumsuzluğu önlemek için, bugünden tedbirler alınmasını sağlayacaktır. Geçmiş ekonomik gelişmeleri takip ederek, gelecek dönemde yaşanacak ekonomik krizi önceden öngörebilen bir şirketin ya da devletin bugünden alacağı tedbirler sayesinde krizi en az kayıpla atlatması mümkündür. Bir başka örnek verilecek olursa; deprem kuşağında yaşayan bir ülkenin, geçmiş deprem kayıtları ışığında, gelecek dönemlerde yaşanabilecek depremler hakkında öngörüsünün olması, daha depremler yaşanmadan tedbirler almasına olanak sağlayacaktır.

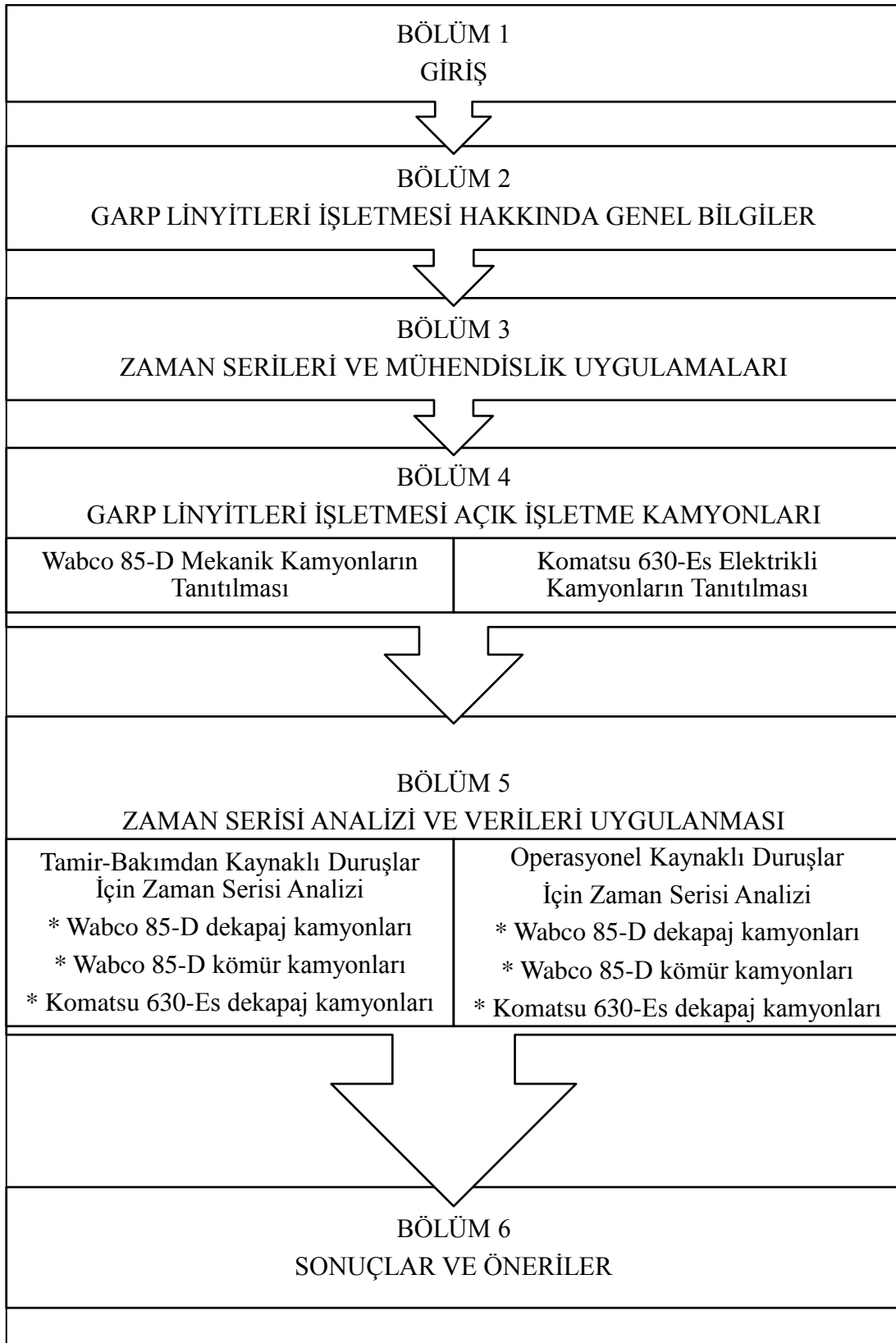
Gelecek için önceden hazırlıkların yapılması, bilinmeyen geleceğin bilimsel yöntemlerle kestirilmesiyle mümkün olmaktadır. Gelecek hakkında bilgi edinebilme ve tahmin yapabilmenin en iyi yollarından birisi, zaman serisi analizidir. Zaman serisi analizi ile, günlük, haftalık, aylık, mevsimlik veya yıllık bazındaki geçmiş döneme ait veriler kullanılarak, serinin ana eğilimi ve özellikleri belirlenmektedir. Serinin gelecekte de aynı özellikleri koruyacağı ve aynı eğilimi göstereceği varsayılarak, seriyi en iyi yansıttığı düşünülen model belirlenir ve bu model yardımı ile serinin gelecek dönem değerleri kestirilmeye çalışılır.

Zaman serileri analizi için yaygın olarak kullanılan yöntemler vardır. Doğrusal zaman serilerinin analizinde oldukça başarılı sonuçlar veren Box-Jenkins modelleri bu tekniklerin en önemlilerindedir. Doğrusal ve durağan süreçlerde ya da durağan olmayan fakat bazı dönüşümlerle durağanlaştırılabilen serilerde Box-Jenkins yöntemi başarılı sonuçlar verebilir. Gelişen bilgisayar olanakları, bu yöntemin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Yöntemin, ana prensibi her dizinin geçmiş değerleri ile açıklanabileceği fikrine dayanır.

Bilindiği üzere, açık maden işletmeciliğinde, büyük miktarlarda örtü tabakası kazısı (dekapaj) ve cevher nakliyesi cevher üretimi için yapılmaktadır. Yıllık olarak planlanan bu üretim faaliyetlerinin koordineli olarak yürütülmesi, hedeflere ulaşılması açısından oldukça önemlidir. Açık işletmelerde her türlü üretim faaliyetleri (kazı, yükleme, nakliyat, patlatma vs.) çok sayıda, farklı ekipman, teçhizat ve makine ile gerçekleştirilmektedir. Bu ekipmanlar içerisinde cevher ve dekapaj taşımaya yapan, büyük kapasiteli kamyonlar önemli yer tutar. Planlanan üretim hedeflerine uygun olarak sayısı ve kapasiteleri belirlenen bu kamyonların verimli kullanılması gereklidir. Bu anlamda, bir filo oluşturan açık işletme kamyonları ile ilgili duruş sürelerinin planlanması, izlenmesi ve incelenmesi üretim hedeflerine ulaşmada önemli katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada Garp Linyitleri İşletmesi açık ocaklarında üretim faaliyetlerinde çalıştırılan, 83 adet kamyonun oluştuğu bir filo ele alınmıştır. Filoyu oluşturan her bir kamyonun 2000-2009 yılları arasındaki aylık duruş süreleri, G.L.İ. Müessesesi Makine İşletme Şube Müdürlüğüne tutulmuş olup, ileriye dönük olarak da kayıtların tutulmasına devam edilmektedir. 2000-2009 yılları arasındaki duruş süreleri yeniden tasnif edilmiş ve düzenlenmiştir. 2000-2008 yılları arasındaki tasnif edilmiş olan aylık duruş süreleri zaman serisi analizi ile değerlendirilerek, 2009 yılına ait kestirimler yapılmıştır. 2009 yılına ait tahminsel analizlerin sonuçları, 2009 yılına ait gerçek duruş süreleri ile karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışması, genel olarak 6 bölümden oluşmaktadır. Tez çalışmasının akış diyagramı Şekil 1.1'de verilmektedir. İlk bölümde, tez çalışması hakkında kısa bir giriş yapılmış ve çeşitli bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, çalışmada kullanılan kamyonların bulunduğu, Türkiye Kömür İşletmelerine bağlı Garp Linyitleri İşletmesi kısaca tanıtılmıştır. İşletmenin kuruluşu ve yeri, açık işletmelerde kullanılan üretim yöntemi ve işletmenin makine parkı ile makine parkının tamir-bakım işlerinden sorumlu şube müdürlüğü kısaca tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan zaman serilerinin genel özellikleri üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde, G.L.İ. açık işletmelerinde kullanılan 2 farklı kamyonun özellikleri verilmiştir. Beşinci bölümde, çalışmada kullanılan veri seti ile yazılım tanıtılmış, yazılımın kullandığı modeller tanımlanmış ve çalışmada uygulanan tüm analizler ayrıntılı açıklanmıştır. Son bölümde ise, analiz sonuçları ve bazı önerilere yer verilmiştir.



Şekil 1.1. Tez çalışmasının akış diyagramı

## BÖLÜM 2

### GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Ülkemizdeki linyit işletmeciliğinin tarihi pek eski sayılmamakla birlikte, bu konudaki ilk çalışmalar 1914-1918 savaş yıllarında Soma'da başlamış; daha sonra Amasya Çelttek İşletmesiyle devam etmiştir.

Devlet eliyle yapılan linyit işletmeciliği ilk defa 16.02.1938 tarihinde Etibank'a bağlı olarak Değirmisaz İşletmesinin kurulmasıyla başlamıştır. Daha sonra 18.05.1939 tarihinde Tunçbilek ve 23.09.1939 tarihinde Soma İşletmeleri Yunus Nadi Şirketi'nden devir alınarak faaliyete geçmiştir. Bu üç işletme 01.01.1940 tarihinde birleştirilerek, Etibank'a bağlı "Mahdut Mesuliyetli Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi" kurulmuştur.

Etibank'a bağlı olarak 01.01.1940 tarihinde Kütahya ili Tavşanlı İlçesi Tunçbilek Beldesinde kurulan "Mahdut Mesuliyetli Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi" 15.09.1957 tarihinden itibaren 6974 sayılı kanunla kurulan "Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (T.K.İ) bünyesine dahil edilmiştir. Başlangıçta Balıkesir'de bulunan Müessese merkezi, 2.Dünya Savaşı sırasında Tavşanlı'ya nakledilmiştir. 1940 yılından itibaren 'Müessese' adı altında faaliyet gösteren Garp Linyitleri İşletmesi (G.L.İ.), T.K.İ'nin yapılanmasındaki değişiklik nedeniyle, 01.09.1995 tarihinden itibaren "G.L.İ. Bölge Müdürlüğü" adı altında faaliyet göstermektedir.

## 2.1. İşletmenin Yeri ve Ulaşımı

Linyit damarı ve işletme Tunçbilek beldesindedir. Tunçbilek beldesi, Tavşanlı-Domaniç karayolu üzerinde olup Tavşanlı ilçesinin kuzeyinde, Tavşanlı'ya 13 km, Kütahya'ya 63 km uzaklıktadır (Şekil 2.1). İşletmeyi çevreye bağlayan 2.karayolu ise, 65 kmlik Tunçbilek-Domaniç-İnegöl yoludur. Ayrıca, Kütahya-Balıkesir demiryoluna Tavşanlı istasyonundan 11 km uzaklıktadır.



Şekil 2.1. İşletmenin yeri

## 2.2. Kömür Havzasının Jeolojisi

### 2.2.1. Stratigrafi

Tunçbilek kömür havzasında en yaşlı birim olarak paleozoik yaşlı metamorfik şist ve kristalize kireçtaşları ile paleozoik üzerinde diskordan olarak kretase yaşlı ultra bazik kayalar bulunmaktadır (Ayaydın, 1987). Temel üzerinde diskordan olarak bulunan neojen; miyosen (Tunçbilek Serisi) ve pliosen (Domaniç Serisi) ile temsil edilmektedir (Şekil 2.2).



Üst Sistem	Sistem	Ast Sistem	Seri	Kalınlık (m)	Rumuz	Formasyon	
				25	Al	Alüvyon	
				5	Ym	Yamaç Molozu	
Senozoyik	Tersiyer	Neojen	Pliyosen	100-125	Pl <sub>4</sub>	Kireç Taşı	
				450	Pl <sub>3</sub>	Tüfit	
			Miyosen	50-150	M <sub>3a</sub>	Kumtaşı- Konglomera	
					M <sub>3b</sub>	Kireçtaşı	
				400-450	M <sub>2</sub>	Marn, Killi-Siltli Marn	
				50-150	M <sub>1</sub>	Kumtaşı-Konglomera	
			Paleosen	?	T <sub>g</sub>	Granit	
			Mesozoyik	Kretase	?	T <sub>s</sub>	Ultrabazik Kayaçlar-Serpantin
			Paleozoyik		?	Tk	Kristalize Kireçtaşı-Mermer
					?	Tmş	Metamorfik Şist

Şekil 2.2. Havzanın stratigrafik kesiti (Ayaydın, 1987)

### 2.2.1.1. Paleozoyik

Metamorfik şist (Tmş) : Havzanın kuzeyinde dar bir alanda görülmektedir. Yeşilimsi gri ve kahverengi gri renktedir.

Kristalize kireçtaşı (Tk) : Havzanın kuzeyinde oldukça geniş alanlarda ve batısında dar bir alanda görülmektedir.

### 2.2.1.2. Mezozoyik

Paleozoik üzerinde diskordan bulunan mezozoik birimleri ultra bazik kayalardan oluşmuştur. Havzanın çevresi tamamen ultra bazik kayalarla kaplıdır. Ultra bazik kayalar genellikle Hazburgit ve Dünitlerden meydana gelmiştir. Serpantinleşme oldukça yaygındır. Grimsi, yeşilimsi siyah renklidir.

### 2.2.1.3. Senezoyik

Havzada Senezoyik, Paleosen yaşlı granit sokulumu miyosen ve pliyosen yaşlı gölsel çökellerle, kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları ile temsil edilmiştir.

- *Paleosen* : Havzanın kuzeybatısında görülmektedir. Granadiyorit karakterinde olan bu sokulum, Uludağ granitleri ile ilişkilidir.
- *Miyosen* : Miyosen; kumtaşı – konglomera (M1), marn (M2), kireçtaşı (M3a) ve kumtaşı-konglomera (M3b) olmak üzere dört birime ayrılmıştır.
  - a) Kumtaşı - Konglomera (M1) : Bu birim güneyde görülmektedir. Çoğunlukla serpantin, kuvars ve kireçtaşı çakılları görülmekte olup, orta kalın ve belirgin tabakalanmalıdır. Kumtaşı ve konglomera seviyeleri aralanmalı olup içinde yer yer ekonomik değeri olmayan merceksel linyit damarları mevcuttur. Bu birim üzerine konkordan olarak marn (M2) birimi gelmektedir.

- b) Marn (M2) : Havzanın güneyinde, özellikle işletme sahalarında geniş alanlarda görülmektedir. Marnın alt seviyelerinde, ekonomik linyit oluşumu mevcuttur. Bu birimin kalınlığı 400-450 metre civarındadır.
- c) Kireçtaşı (M3a) : Havzada Soğucak, Böçen, Ömerler dolaylarında oldukça geniş alanlar kaplar. Genellikle kireçtaşı ve silisifiye kireçtaşından oluşmuştur.
- d) Kumtaşı - Konglomera (M3b) : Havzanın güneyinde görülmektedir. Genellikle gevşek tutturulmuş kumtaşı - konglomera ve kil ara katkılarında oluşmuştur. Kumtaşı - konglomera birimiyle birlikte miyosen serileri tamamlanmış, üzerine pliyosen çökelleri gelmiştir.
- *Pliyosen* : Miyosen yaşlı birimler üzerinde konkordan olarak bulunur. Pliyosen ise; tüfit (PL3), kireçtaşı (PL2), bazalt (V) ve kireçtaşı (PL4) olmak üzere dört birime ayrılmıştır.
- a) Tüfit (PL3) : Havzada oldukça geniş alanlarda görülmektedir. Genellikle açık beyazımsı gri renkli olup bol biotitlidir. Feldispatlar, genellikle altere olmuştur. Yer yer çakıllı tüfit, seyrek olarak aglomera karakterindedir. Tüfit birimi içerisinde yaş belirtecek herhangi bir fosil bulunamamıştır. Stratigrafik konumu ve eski çalışmalara dayanılarak yaşı pliyosen olarak kabul edilmiştir. Bu birimin kalınlığı 450 metre civarındadır. Bu birim içerisinde, ara katkı olarak bulunan kireçtaşı (PL2) ve bazalt (V) birimleri yer almaktadır. Tüfit birimi üzerinde ise, konkordan olarak kireçtaşı (PL4) birimi bulunmaktadır.
- b) Kireçtaşı (PL2) : Tüfit (PL3) birimi içerisinde ara katkı şeklinde görülen bu birim, sahanın doğusuna doğru kamalanmaktadır. Havzanın kuzeybatısında ise, kireçtaşı (PL2) biriminin kalınlığı artmakta ve tüfit biriminin üst seviyeleriyle yanal geçişli olduğu görülmektedir. Her iki kireçtaşının gözlemsel ayrılması oldukça güç olup stratigrafik konumları nedeniyle ayrılabilir. Her iki kireçtaşının gözlemsel ayrılması oldukça güç olup stratigrafik konumları nedeniyle ayrılabilir.
- c) Kireçtaşı (PL4) : Havzanın kuzeyini tamamen kaplamaktadır. Tüfit birimi üzerinde konkordan olarak bulunan bu birim sahanın bazı kesimlerinde tüfit birimi ile yanal ve dikey geçişlidir. Sahanın doğusunda yer yer bazaltlar üzerine doğrudan gelen bu birim, sahanın kuzeybatısında kireçtaşı (PL2) birimi ile dikey geçerlidir.

#### 2.2.1.4. Kuvarterner

Daha yaşlı birimler üzerine diskordan olarak bulunan kuvarterner, yamaç molozu (Ym) ve alüvyon (Al) ile temsil edilmektedir. Yamaç molozu, havzada sadece Dededüz Tepesi'nin kuzeyinde; alüvyon ise, akarsu vadilerinde görülmektedir.

#### 2.2.2. Yapısal jeoloji

Neojen havzasında yapısal olarak önemli olabilecek fay ve kıvrım eksenlerine rastlanılmamaktadır. Genelde, havzanın belirli aralıklarla çökmesine bağlı olarak normal faylar gelişmiştir. Sahanın tektoniğine yönelik jeofizik – rezistivite ve kömürlü zonun tavan kotuna göre yapılan yapı – kontur haritalarında fayların genelde kuzey güney doğrultusunda geliştikleri gözlenmiştir. Tabakalar, 5°-20° eğimle kuzeydoğuya doğrudur (Bilge, 2002).

### **2.3. Rezerv Durumu**

Kaliteli linyit özelliklerine sahip rezervler ülkemizde sınırlıdır. Yalnız Tunçbilek ve Soma havzalarında oluşan yaklaşık 500 milyon ton civarındaki bu rezervlerden yapılan üretimler, ağırlıklı olarak teshin ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Tunçbilek Bölgesinde damarın kalorifik değer itibarı ile en kaliteli kısmı en üstte yer almaktadır. İkinci derecede kaliteli zon, damarın alt bölümü olup, en fakir kısmı orta bölümdür.

Rezerv sahası içinde yeraltı ve açık ocak sınırları günümüz teknolojik ve ekonomik koşulları göz önünde bulundurularak ve büyük atımlı faylar dikkate alınarak belirlenmiş olup, rezervin büyük bir bölümü yeraltı işletmesi ile üretilebilecek durumdadır. Buna karşılık G.L.İ.'de yapılan yıllık üretimin yaklaşık %85'i açık ocak sahalarından yapılmaktadır (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1. 2006-2010 yılları arası tüvenan kömür üretimi (1000 ton)

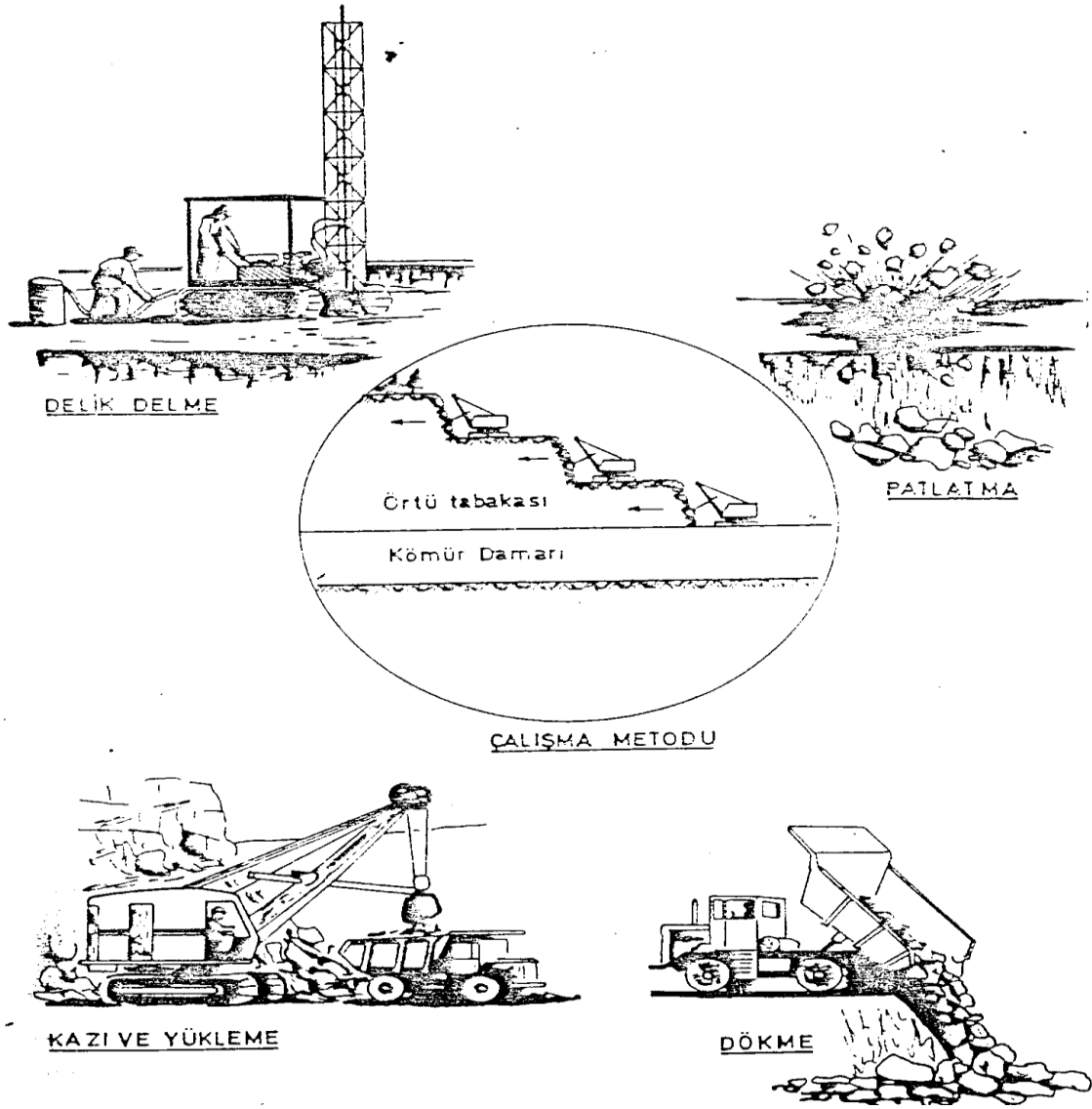
	2006	2007	2008	2009	2010 (10 Aylık)
	FİİLİ	FİİLİ	FİİLİ	FİİLİ	FİİLİ
ÖMERLER MKNZ.	361	307	205	175	282
ÖMERLER KLASİK	293	285	190	44	0
BÜYÜKDÜZ	384	756	956	964	830
YERALTI TOPLAM	1038	1348	1351	1183	1112
<b>AÇIKOCAK</b>	<b>4726</b>	<b>4568</b>	<b>5650</b>	<b>5218</b>	<b>3693</b>
TUNÇBİLEK TOPLAM	5764	5916	7001	6401	4805

## 2.4. İşletme Faaliyetleri

Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek üretim sahasında hem açık ocak, hem de yeraltından üretim yapılmaktadır. Bu bölümde sadece işletmenin açık ocak faaliyetleri hakkında genel bilgi verilmektedir. Delik delme, patlatma, kazı, yükleme ve taşıma işlemlerinin yer üstünde yapıldığı işletmelere “açık işletme” denmektedir. Açık ocakların üretim yöntemi, dekapaj (kazı – yükleme – taşıma – serme) ve kömür üretimi (kömür kazı –yükleme – taşıma) olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir.

### 2.4.1. Dekapaj faaliyetleri

Açık ocaklarda, kömür yatağının üretilebilmesi için üzerindeki örtü tabakasının kaldırılarak başka bir yere taşınması ve serilerek depo edilmesi işlemine “dekapaj” denmektedir. Dekapaj; delme, patlatma, yükleme, taşıma ve dökme faaliyetlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Açık işletme dekapaj faaliyetleri

#### 2.4.1.1. Delme – patlatma faaliyetleri

Kömür üzerindeki örtü tabakası, doğrudan kazılabilecek özellikte değildir. Bu nedenle kazıdan önce 9 inç çaplı delik makineleri ile ortalama 9 metre aralıklarla, sıra arası 7 metre olarak delme işlemi yapılmaktadır. Kuru deliklere, ANFO (Amonyum Nitrat - Mazot karışımı), sulu deliklere ise emülsiyon patlayıcı kullanılarak, örtü tabakası gevşetilmektedir.

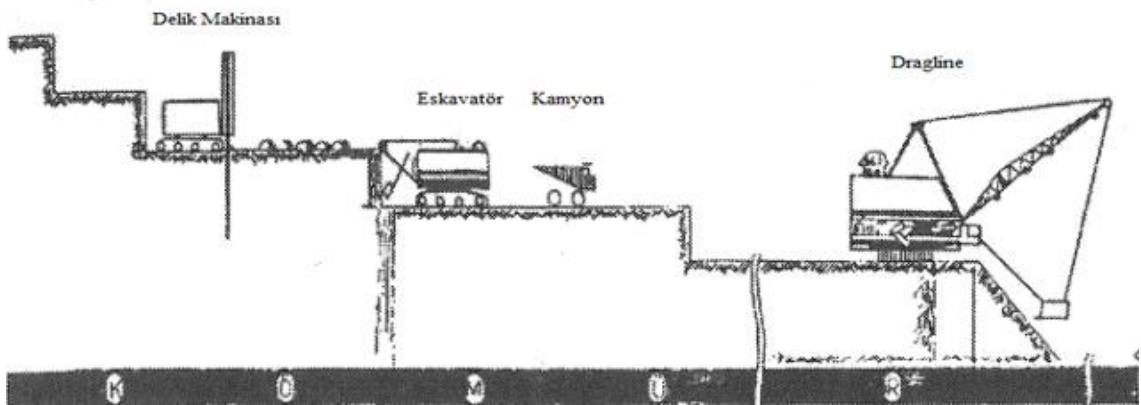
Delikler dikdörtgen düzeninde delinmekte olup, delik boyları 15-20 metre arasındadır. Delik delme makinesinin delme işlemi bittikten sonra tijler delikten çıkarılırken deliğin 1-2 metresi makinenin çıkardığı pasa tarafından dolduğundan, faydalı delik boyu 14-18 metre kalmaktadır.

23 cm çapında ve 15 metre boyunda deliklerde, 200-225 kg ANFO ve 3 kg dinamit (yemleme) kullanılmaktadır. Deliklerde çift sıkılama yapılmakta ve işin gereğince dikey ya da yatay gecikme verilerek, yerleşim alanlarına olan uzaklıklarda hesaplanmak suretiyle yeterli gruplar halinde patlatma yapılmaktadır. Ocakta hazırlanan grupların delik adetleri görevli hazırlık başçavuşu tarafından tespit edilmektedir.

Ocaklarda, infilaklı fitil ve eksel – nonel sistemi adı verilen iki cins patlatma söz konusudur. Yüksek patlama hızına sahip infilaklı fitil ile gerçekleştirilen atımlar, genellikle sarsıntı problemi olmayan yerlerde yapılmaktadır. İnfilaklı fitil esasen tamamı patlayıcı olan bir malzeme olup, deliğe bir yemleme ile salınır. Üstüne gerekli miktarda ANFO konulduktan sonra, 1.sıra delikler ve 2.sıra delikler kendi aralarında bağlanır. Daha sonrada bir elektrikli kapsül (220 V) vasıtasıyla patlatılır. Bu fitiller ısı, nem ve çekme gerilmesine karşı dayanıklı üretilmişlerdir. Elektrikli kapsüle duyarlı, yüksek ses ve hava şokuna sahiptirler. Eksel – nonel sistemi ile gerçekleştirilen atımlar ise; sarsıntı problemi olan yerlerde tercih edilir. Fitilli atıma göre pahalıdır. Bu atımda önce dikey gecikme, sonra yatay gecikme sağlanır. Dikey gecikmede taban sıkısı (dolgu) ile üst sıkı arasında 25 milisaniye zaman farkı olduğu için önce üst sıkı daha sonra taban sıkısı patlar. Bir grupta mevcut tüm deliklerde bu gecikme verildiği için 20 deliklik bir grupta 40 adet dikey patlama, 20 adet yüzey patlaması meydana gelir.

### 2.4.1.2. Kazı – yükleme – dökme faaliyetleri

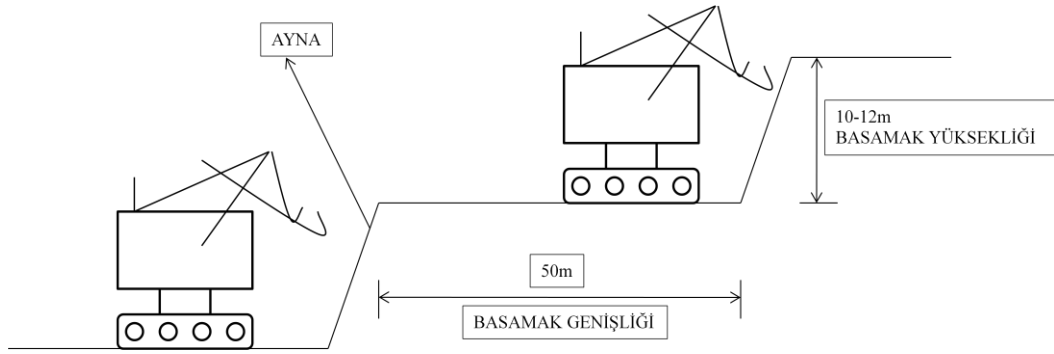
Açık işletmecilik faaliyetlerinde uygulanacak üretim sistemi ve uygun ekipman seçiminde; yıllık dekapaj kazı ve kömür üretim miktarları, topografya, kömür damarının eğimi, yapısı ve damar kalınlığı, örtü tabakası ve ara kesme tabakalarının kalınlığı ve mekanik özellikleri, iklim (yağış ve sıcaklık) ve drenaj durumu belirleyicidir. Tunçbilek açık ocak işletmelerinde genellikle örtü tabakasının sert olması, havzanın faylarla bloklara ayrılması, arazinin engebeli olması ve kömür - dekapaj oranının yükselmesi nedeni ile ocakların derinleşmesi gibi faktörlerden ötürü, ekskavator + kamyon sistemi ve dragline sistemi ile dekapaj kazısı gerçekleştirilmektedir. Ekskavator + kamyon sistemi ile çalışan panolarda, kömürün üzerindeki örtü tabakası delme-patlatma ile gevşetildikten sonra, 10-12 metrelik dilimler halinde ekskavatorlarla kazılıp, 85 ve 170 short tonluk kamyonlarla kömürü alınmış veya kömürsüz sahalara taşıyıp dökülmektedir. Dragline sistemi ile çalışılan panolarda ise; örtü tabakası, ekskavator + kamyon sistemiyle belirli bir kalınlığa indirildikten sonra kömür damarı üzerinde kalan 15-25 metre kalınlığındaki örtü tabakası dragline ile alınıp, yandaki kömürü alınmış sahaya aktarılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Dekapaj faaliyetinin şematik gösterimi (Destanoğlu vd., 2000)



Basamaklara verilen yükseklik ve genişliklerin arazinin yapısı ile makinelerin kazı yüksekliğine göre ayarlanması gereklidir. Tunçbilek İşletmesi açık ocaklarında basamak yükseklikleri 10-12 metre arasında planlanmaktadır. Kazı esnasında iş makinesinin verimli çalışması, hareketli araçların manevralarını kolaylıkla yapması, kademe kademe çalışan ocaklarda üst kademede çalışan iş makinelerinin emniyetli bir şekilde çalışmalarının sağlanması, basamak genişliği ile doğrudan ilgilidir. Üst kademede çalışan bir makinenin, bir alt kotunda çalışan makine için lağım atılacağına, üst kademede makinenin rahatlıkla hareket edebileceği bir alan olması gerekmektedir. G.L.İ. açık ocaklarında kademeli olarak alt alta çalışan makinelerin arasındaki basamak genişliği yaklaşık 50 metredir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Basamakların şematik gösterimi (G.L.İ. tanıtım kataloğu)

#### 2.4.2. Kömür üretim faaliyetleri

Açık ocaklarda dekapaj faaliyeti sonucunda üzeri açılarak üretilen tüvenan kömür, ekskavatörler ve bunların yedeği olarak kullanılan yükleyiciler vasıtasıyla kazılmaktadır. Kömürün özelliği ve kırılkan yapısı dolayısıyla, delme patlatma yapılmadan ekskavatör kazı gücü ile aynadan kazılıp yüklenmektedir. Üretilen kömür, kamyonlar ile yıkama tesislerine, kriblaj tesislerine ve termik santrale nakledilmektedir. İyi kalitedeki kömürler doğrudan kriblaj tesislerine verilirken, bozuk kalitedeki kömürler ise lavvarlara ve termik santrale verilmektedir.

## 2.5. Açık İşletme Makine Parkı

İşletmede çok büyük bir makine parkı bulunmaktadır. Yapılan bu çalışma, açık ocakta kullanılan kamyonlar üzerine yapıldığından; işletmenin sadece aktif madencilik faaliyetlerinde kullandığı açık ocak makinelerinin tablosu oluşturulmuştur. Aktif olarak açık ocaklar için kullanılan bu iş makinelerinin türleri ve sayıları Çizelge 2.2'deki tabloda verilmektedir. Bu çalışma, sadece ağır kamyonlar ve onların duruş sürelerinin analizi üzerine yapılmıştır.

Çizelge 2.2. Madencilik faaliyetlerinde aktif kullanılan makine parkı

Türü	Markası	Modeli	Alım yılı	Kapasitesi	Adedi
Dragline	Marion	7820-G	1937	40 yd <sup>3</sup>	1
	Page	736	1970	20 yd <sup>3</sup>	1
Ekskavatör	PH	1900 AL	1983-86	10 yd <sup>3</sup>	7
	PH	2300 XP	1983-87	20 yd <sup>3</sup>	5
	Komatsu	PC1000	1993-2004	6,5 yd <sup>3</sup>	2
	Hitachi	EX1200-5C	2004-07	6,54 yd <sup>3</sup>	3
	Komatsu	PC 1100	1998-99	6,54 yd <sup>3</sup>	2
Yükleyici	Caterpillar	955-L	1979-82	2,5 yd <sup>3</sup>	1
	Volvo	BM-4400	1986-2004	2,5 yd <sup>3</sup>	2
	Komatsu	WA-800-2	1998	10,5 yd <sup>3</sup>	3
	Komatsu	WA-800-3	2004-06	14,3 yd <sup>3</sup>	1
Ağır İş Kamyonu	Wabco	85-D	1985	85 short ton	73
	Haulpak	630ES	1998	170 short ton	10
Buldozer	Caterpillar	D-8K	1977	-	8
	Komatsu	D 155A-1	1983-86	-	17
	Komatsu	D 355A-3	1986	-	5
	Komatsu	275-A	2004-05	-	1
Paydozer	Caterpillar	824-C	1985-2004	-	3
Grayder	Komatsu	GD705R-2	1983-2004	-	1
	Caterpillar	16 H	1997	-	3
Delik Delme Makinesi	Ingersol-rand	DM-50	1985	9 inç	7

## **2.6. Makine İşletme Şube Müdürlüğü**

Açık ocaklarda çalışan ağır iş makinelerinin ve Müessese genelindeki tüm makinelerin tamir, bakım vb. işleri, Makine İşletme Şube Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Çalışma kapsamında, Makine İşletme Şube Müdürlüğü ile temasa geçilerek, çalışma için gereken tüm bilgiler bu birimden temin edilmiştir. Makine İşletme Şube Müdürlüğü bünyesinde, makine işletme, bakım-onarım ve imalat başmühendisliği olmak üzere 3 başmühendislik bulunmaktadır. Şubede, 1 adet şube müdürü, 3 adet başmühendis, 3 adet elektrik mühendisi, 6 adet makine mühendisi yönetiminde 616 adet işçi bulunmaktadır. Ayrıca şube bünyesinde 30'a yakın atölye Müessese genelindeki tüm makinelere hizmet vermektedir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Başmühendislikler bünyesinde bulunan atölyelerin listesi

Başmühendislik	Bulunan atölyeler
Makine İşletme Başmühendisliği	Ağır kamyon şase tamir atölyesi
	Ağır kamyon şanzıman tamir atölyesi
	Ağır kamyon motor arıza atölyesi
	Ağır kamyon kaynak-kaporta tamir atölyesi
	Ağır kamyon lastik tamir-montaj atölyesi
	Ağır kamyon yıkama-yağlama atölyesi
	Ağır kamyon boyahanesi
	Hidrolik atölyesi
	Radyatör atölyesi
	Diferansiyel ve hidrolik silindirlere tamir atölyesi
	Ekskavatör tamir atölyesi
	Açık ocak elektrik servisi
	Açık ocak yüksek gerilim-dağıtım-trafo ve şaft sahası
Bakım-Onarım Başmühendisliği	Buldozer, grayder, delik makinesi, lastikli ve paletli yükleyici atölyesi
	Dozer tamir-kaynak atölyesi
	Motor test-tecrübe atölyesi
	Hafif vasıta onarım atölyesi
	Motor revizyon atölyesi
	Turbo yakıt pompası bakım-onarım atölyesi
	Yağlama atölyesi
	Boyahane
	Oto-elektrik servisi
İmalat Başmühendisliği	Büyük torna atölyesi
	Küçük torna atölyesi
	Tesviye atölyesi
	Kaynak atölyesi
	Model ve dökümhane atölyesi
	Resimhane

## BÖLÜM 3

### ZAMAN SERİLERİ VE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI

#### 3.1. Zaman Serilerinde Temel Kavramlar

Gelecek olayları ya da koşulları tahmin etme işlemine öngörü denmektedir. Öngörü karar verme sürecinde vazgeçilmez bir unsurdur. Örneğin, bir şirketin üretim planlama bölümünün gelecek dönemdeki üretim miktarları hakkında sürekli bir öngörüsünün olması, şirket politikalarını belirlemek ve yatırım yönü hakkında kararlar vermek noktasında şirkete büyük faydalar sağlayarak, şirketin büyümesine katkıda bulunabilmektedir (Kadılar, 2005).

Geçmişte yaşanan olaylara, durumlara veya bilgilere bakarak gelecek hakkında yapılan tahminlerde iki türlü yönteme başvurulmaktadır. Bu yöntemlerden biri subjektif temellere dayanan nitel (kalitatif) yöntemler; diğeri ise, istatistiksel modellere dayanan nicel(kantitatif) yöntemlerdir. Zaman serisi analizleri nicel yöntemlerden oluşmaktadır. Eğer elimizde geçmiş yıllara ait veriler bulunuyorsa, zaman serileri yardımı ile bu verileri kullanarak gelecek yıllar hakkında öngörüde bulunabiliriz.

Zaman serileri ortalamadan gösterdiği sapmalara göre, durağan ve durağan olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Zaman serilerinde durağanlık çok önemli bir kavramdır. Ele alınan zaman serisinin ortalaması ve varyansı simetrik bir değişme göstermiyorsa, bu tür zaman serilerine durağan olmayan zaman serileri denir. Durağan olmayan zaman serileri üzerinde çalışmak bizi yanlış yollara yönlendirebilir. Bunun için, bu veriler üzerinde çalışırken serinin durağanlaştırılması gerekmektedir.

### 3.1.1. Zaman serilerinin özellikleri

Değişkenlerin zaman içinde yapılan ölçümleri ya da gözlemleri zaman serisini oluşturur. Düzenli bir zaman içinde gözlenen ardışık verilere zaman serisi verileri denir. Gözlenen verilerin zaman içerisinde ardışık bir biçimde olması zorunlu bir koşul değildir. Fakat düzenli zaman aralıklarında dizinin gelişimini takip etmesi doğru analiz açısından önemlidir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010).

Zaman serisi verileri arasındaki ilişki zamanla ters orantılıdır. Yani, zamanca birbirine yakın veriler arasındaki benzerlik zamanca birbirinden uzak veriler arasındaki benzerlikten çok fazladır. Bu durumda, zaman serisi verileri bağımsız değildir (Erdoğan, 2006).

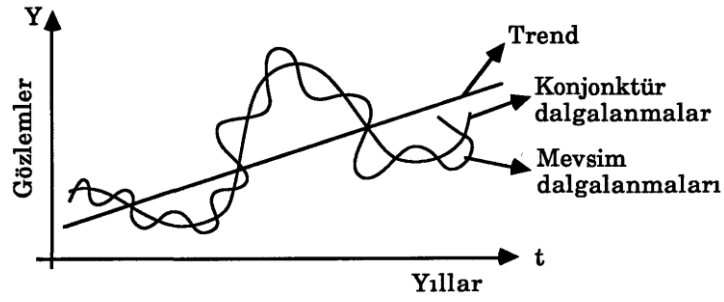
### 3.1.2. Zaman serisi analizinin amaçları

Zaman serisi analizi gelecekteki değişkenleri tahmin eden modeller geliştirdiği için önemlidir. Bir zaman serisini yapmaktaki nedenler aşağıdaki gibidir.

- Tanımlama (grafiksel, sayısal, özellik)
- Açıklama (açıklayıcı değişkenler)
- Kestirim (gelecek yıllar hakkında tahmin, öngörü)
- Kontrol

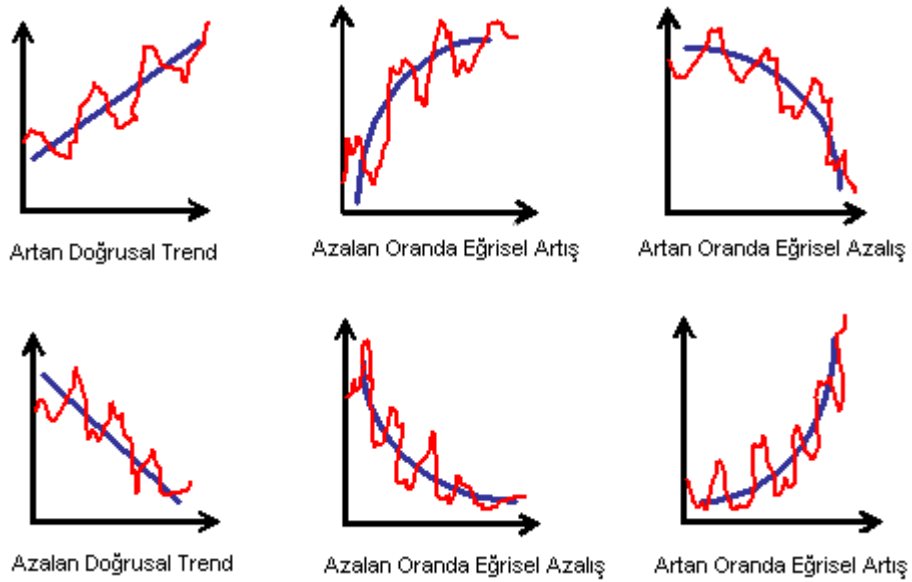
### 3.1.3. Zaman serisi bileşenleri

Bir zaman serisi; trend (eğilim) bileşeni, mevsimsel bileşen (mevsimsel dalgalanma), devresel bileşen (döngüsel dalgalanma veya konjonktürel hareketler), düzensiz bileşen (hata terimi) olmak üzere dört bileşenden oluşur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Zaman serisi bileşenleri (Tecim, 1990).

**1. Trend (Eğilim) Bileşeni:** Bir serinin belli bir dönem boyunca yukarıya (artış yönünde) ya da aşağıya (azalış yönünde) doğru hareketine (genel eğilimine) trend denir. Serinin doğrusal, parabolik vb. eğilimini gösterir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Olası eğilim gösterimleri (Gürler, 2002)

**2. Mevsimsel Bileşen:** Serinin kısa dönemde (1 yıldan az) kendini tekrarlama eğilimini gösterir. Serinin her yıl içinde belirli aylarda bir artışa ya da azalışa sahip olması mevsimsel dalgalanmayı oluşturur. Bu dalgalanmanın uzunluğu periyodu verir. Periyoda sahip, bir başka deyişle mevsimsel dalgalanmaya sahip serilere, mevsimsel (periyodik) seri adı verilir. Mevsimsel dalgalanmalar için yaz aylarında dondurma tüketiminin artması ya da kış aylarında klima satışlarının azalması gibi örnekler verilebilir.

**3. Devresel Bileşen:** Serinin uzun dönemde (1 yıldan fazla) kendini tekrarlama eğilimini gösterir. Bir trend doğrusu ya da eğrisi etrafındaki uzun dönem dalgalanmalar devresel harekettir.

**4. Düzensiz Bileşen:** Serinin hareketi belirli bir yapıya uymuyor ve seri hiçbir şekilde modellenemiyorsa; bu tür hareketlere, düzensiz hareketler denmektedir. Hareketler düzensiz olduğundan bu tür hareketlere sahip serilerin tahmini ve örgüsü yapılamaz. Çünkü bu serilerin gelecekte nasıl bir harekete sahip olacağı bilinemez.

Zaman serisinin yukarıda anlatılan dört bileşenden oluştuğu düşünülerek, fonksiyonel bir ilişki Eşitlik (3.1)'deki gibi yazılabilir.

Zaman Serisi:  $f$  (Trend, Mevsimsel Hareketler, Konjonktürel Hareketler, Düzensiz Hareketler)

$$z_t = f ( T_t, C_t, S_t, I_t ) \quad (3.1)$$

Burada,

$z_t$ ;  $t$  dönemindeki serinin gözlem değerleri,

$T_t$ ; trend,

$C_t$ ; konjonktürel etki,

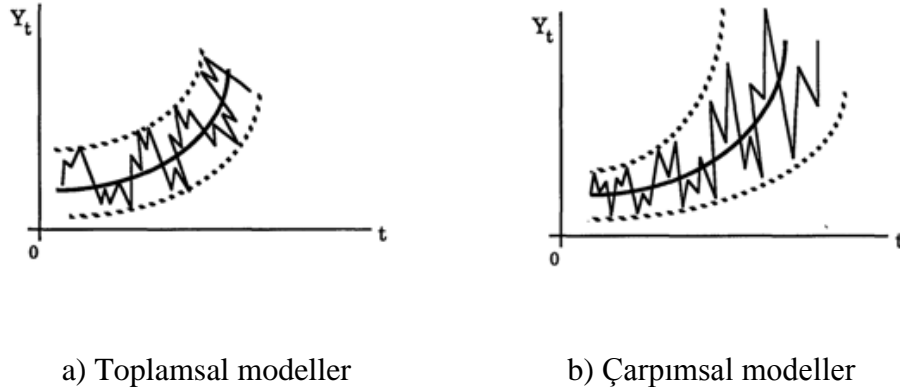
$S_t$ ; mevsimsel etki,

$I_t$ ; düzensiz hareketlerdir.



### 3.1.4. Zaman serisi modelleri

Tek değişkenli zaman serisi modeli, zaman serisini oluşturan bileşenler açısından toplamsal ve çarpımsal modeller olmak üzere iki farklı biçimde ifade edilir.



şekil 3.3. Zaman serisi modelleri (Tecim, 1990).

1. Toplamsal Modeller, Eşitlik (3.2)'de gösterilmiştir.

$$z_t = T_t + C_t + S_t + I_t \quad ; \quad t=1, 2, \dots, T \quad (3.2)$$

2. arpımsal Modeller, Eşitlik (3.3)'de gösterilmiştir.

$$z_t = T_t \times C_t \times S_t \times I_t \quad ; \quad t=1, 2, \dots, T \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.3)'de gösterilen çarpımsal modeldeki serinin logaritması Eşitlik (3.4)'te görüldüğü gibi alındığında, çarpımsal model Eşitlik (3.5)'deki toplamsal modele dönüşür.

$$\log z_t = \log (T_t \times C_t \times S_t \times I_t) \quad (3.4)$$

$$\log z_t = \log T_t + \log C_t + \log S_t + \log I_t \quad (3.5)$$

Zaman serisinin, sistematik değişim gösteren ilk üç bileşeni regresyon ile modellenir. Bu sebepten bu bileşenleri modellemek kolaydır. Zaman serilerinde asıl önemli olan, düzensiz (rastgele) bileşenin modellenmesidir.

### 3.1.5. Zaman serisi grafikleri

Zaman serisini oluşturan gözlemlerin zaman boyunca seyrini gösteren saçılım diyagramlarının yapısını, aynı zamanda kabaca söz konusu olan serinin özelliğini de ortaya koyar. Zaman serisi grafiğinin x ekseninde zaman (gün, ay, yıl, gibi), y ekseninde serinin değerleri yer almaktadır. Bu sayede serinin zaman boyunca bir eğilimi, bir rassal yapıyı, bir mevsimsel etkiyi, bir konjonktürel kalıbı içerip içermediği ve hangi dönemde en düşük, hangi dönemde en yüksek değerlere ulaştığı incelenebilmektedir. Dolayısıyla veri setinin zaman boyunca gösterdiği seyir, serinin nasıl bir matematiksel kalıba sahip olduğu hakkında önemli bilgiler verir. Ayrıca bu grafikler, serinin sahip olduğu kalıpların istatistiksel modelleme süresince ele alınmasına da yardımcı olur.

### 3.1.6. Durağanlık ve durağan olmama

Herhangi bir zaman serisi modeli geliştirildiğinde elde edilen stokastik sürecin zamana bağlı olarak değişip değişmediğinin bilinmesi gerekir. Şayet stokastik sürecin niteliği zaman boyunca değişiyorsa; yani seri durağan değilse, serinin geçmiş ve gelecek yapısını basit bir cebirsel modelle ifade etmek mümkün değildir. Eğer stokastik

süreç zaman boyunca sabit ise, yani seri durağan ise, serinin geçmiş değerleri kullanılarak seriye ait sabit katsayılı bir model elde edilebilir. Durağan serilerde, serinin ortalaması zamanla değişmez. Gerçek dünyadaki zaman serilerinin çoğu durağan değildir ve serinin ortalaması zamanla değişir. Seri genellikle azalan veya artan bir eğilime sahip olur. Bazen serideki büyük dalgalanmalardan dolayı da durağanlık ortadan kalkar. Şayet seri durağan değilse, seriyi uygun modele oturtabilmek için önce durağan hale getirmek gerekir.

#### 3.1.6.1. Durağan zaman serileri

Durağanlık, bir zaman serisinin davranışının geçmişte, şimdi ve gelecekte benzer olduğu anlamına gelmektedir. Aşağıda belirtilen üç özellik  $z_t$  serisi için geçerliyse,  $z_t$  serisi durağan bir seridir.

- Seri, sabit bir değer etrafında değişim gösterir, yani seri sabit ortalamalıdır.
- $z_t$ 'nin zamana bağlı olmayan, sonlu bir varyansı vardır.
- $z_t$ 'nin iki değeri arasındaki kovaryansı sadece bu iki değer arasındaki zamansız uzaklığına bağlıdır (Erdoğan,2006).

#### 3.1.6.2. Durağan olmayan zaman serileri

Durağan olmama serinin davranışının geçmiş, şimdi ve gelecekteki davranışlarının benzer olmayacağı anlamına gelir. Durağan olmayan zaman serileri durağan serilerden farklı olarak aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Serinin değerleri belirli bir değer etrafında dağılmaz ve sabit ortalamaya sahip değildir.
- Varyans zaman bağlıdır ve sonsuza yaklaşan bir örneklem periyodu gibi sonsuza gider.
- Gözlemler arasındaki ilişki, gözlemlerin birbirine uzaklığı arttıkça azalmaz (Erdoğan, 2006).

### 3.1.7. Zaman serisinin adımları

Zaman serisi modeli kurmada üç temel adım vardır. Bunlar; tanımlama, tahmin-test yapma ve uygulamadır. Bu adımlardan ilki olan tanımlama adımı, veri setini analize hazırlamayı ve potansiyel modelleri teşhis ederek model seçmeyi kapsamaktadır. Tahmin ve test yapma adımında ise, potansiyel modellerdeki parametrelerin tahminleri yapılır ve model seçme kriterleri kullanılarak en iyi model seçilir. En iyi modelin seçilmesi bu adımın sonlandırılarak üçüncü adıma geçilmesine olanak sağlamaz. Son adıma geçmeden önce, seçilen en uygun modelin ayırt edici kontrolü yapılır ve bu modelin yeterli olup olmadığına bakılır. Benzetilen (simüle edilen) serinin otokorelasyon (ACF) fonksiyonu, orijinal serinin otokorelasyon (ACF) fonksiyonu ile karşılaştırılır. Eğer iki otokorelasyon fonksiyonu birbirinden oldukça farklı görünüyorsa, modelin geçerliliği üzerine şüpheye düşülür ve yeniden model belirleme aşamasına geri dönülür. Eğer model yeterli görülürse; son adım olan uygulama adımına geçilir. Uygulama adımında ise kontrol amacıyla model kullanılır ve böylece zaman serisi analizi başarılı sonuçlar alınarak gerçekleştirilmiş olur (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010).

### 3.1.8. Otokorelasyon fonksiyonu (ACF)

Bir stokastik süreci tamamen tanımlamak mümkün değildir. Bunun için süreci kısmen tanımlayan otokorelasyon fonksiyonu model oluşturmada önemli bir yere sahiptir. Otokorelasyon fonksiyonu, herhangi bir seride komşu veri noktaları arasında ne kadar korelasyon olduğunu gösterir (Erdoğan, 2002).

Örneğin,  $z_t$  ile  $z_{t+k}$  arasındaki otokorelasyon dendiğinde;  $(z_1, z_{1+k}), (z_2, z_{2+k}), \dots, (z_t, z_{t+k})$  veri çiftleri arasındaki ilişki anlamına gelmektedir. Tüm gecikmelere ait otokorelasyon katsayısı değerleri otokorelasyon fonksiyonunu (ACF) oluşturmaktadır. Otokorelasyon katsayısı, Eşitlik (3.6)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{t-k} (z_t - \bar{z})(z_{t+k} - \bar{z})}{\sum_{t=1}^t (z_t - \bar{z})^2} \quad ; \quad k = 1, 2, \dots, (t-2) \quad (3.6)$$

Burada,

$z_t$ ; orijinal seri,

$z_{t+k}$ ; k dönem erken zaman serisi,

$\bar{z}$ ; zaman serisinin ortalaması,

$r_k$ ; k'ncü gecikmeye ait otokorelasyon değeri anlamına gelmektedir (Kadılar, 2005).

### 3.1.9. Kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF)

Otokorelasyon fonksiyonu, bir zaman serisinde iki nokta arasındaki ilişkiyi araştırmakta yararlı bir ölçüdür. Ancak, bazen bu iki nokta arasındaki ilişki araştırılırken, bu noktalar arasında kalan gözlemlerin etkisinin arındırılması zaman serisi hakkında daha fazla bilgi edinmemizi sağlar. Bu şekilde hesaplanan ilişki, iki nokta arasındaki kısmi otokorelasyondur (Erdoğan, 2002).

Kısmi otokorelasyon katsayısı diğer değişkenler sabitken, yani bu değişkenlerin etkilerinin olmadığı varsayıldığında, iki değişken arasındaki ilişkinin miktarını verir. Örneğin;  $z_t$  ile  $z_{t+k}$  arasındaki kısmi otokorelasyon denildiğinde,  $(z_{t-1}, z_{t-2}, \dots, z_{t-k+1})$  gecikmeli serilerinin etkileri ihmal edildiğinde  $z_t$  ile  $z_{t+k}$  arasındaki ilişki miktarlarını verir. Kısmi otokorelasyon katsayısı, Eşitlik (3.7)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$r_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} (r_{k-1, j})(r_{k-j})}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} (r_{k-1, j})(r_j)} \quad (3.7)$$

Burada,

$r_k$ ; k gecikmeli otokorelasyon katsayısı,

$r_{kj}$ ; j'inci gecikmeli serinin etkisi yok edildiğinde k gecikmeli kısmi otokorelasyon katsayısı, yani  $r_{kj} = r_{k-1, j} - (r_{kk})(r_{k-1, k-j})$  olmaktadır (Kadılar, 2005).

### 3.1.10. Hata terimi

Bir modelin ele alınan seriye uygun olup olmadığının tespiti hata teriminin incelenmesi ile yapılabilmektedir. Bir modelin doğruluğu, modelden elde edilen tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki farkın, bir başka deyişle hata teriminin küçüğü ile doğru orantılı olmaktadır. Hata terimi, Eşitlik (3.8)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$e_t = z_t - \hat{z}_t \quad (3.8)$$

Burada,

$e_t$  ; hata terimi,

$z_t$  ; serinin gerçek değeri,

$\hat{z}_t$  ; serinin tahmin değeridir.

Eğer model doğru oluşturulmuşsa hata serisinin ( $e_t$ ) ortalamasının sıfıra yakın olması beklenir. Bir başka deyişle,  $\sum_{t=1}^T e_t = 0$  eşitliğinin sağlanması istenir. Hata serisi tamamıyla rastgele hareketlere sahip olmalı ve ele alınan zaman serisi ile ilgili hiçbir bilgi taşımamalı dolayısıyla modellenememelidir.

Yaklaşık 30 yılı aşkın bir süredir literatürde, ele alınan zaman serileri için en doğru tahminin yapılabilmesi amacıyla en uygun modelin bulunulmasına çalışılmıştır. Bu modellerin karşılaştırılmasında kullanılan hata ölçümlerin ise güvenilir, uygun, yapılışı kolay, anlaşılır, duyarlı ve karar verme işlemine yardımcı olmasına dikkat edilmiştir. Bu ölçüm değerleri en küçük olan model, veriye en uygun modeldir. Ancak, bu istatistiklerin sadece uygun modeller içinden en uygun modeli saptayabilmek amacıyla kullanıldığı unutulmamalıdır (Kadırlar, 2005; Atlas, 2000).

- Tahminlerin Hata Kareleri Ortalaması [RMSE (root mean squared error)]

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (3.9)$$

- Ortalama Mutlak Hata [MAE (mean absolute error)]

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (3.10)$$

- Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi [MAPE (mean absolute percentage error)]

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100(\%) \quad (3.11)$$

- Ortalama Hata [ME (mean error)]

$$ME = \frac{y_i - \hat{y}_i}{n} \quad (3.12)$$

- Ortalama Hata Yüzdesi [ MPE (mean percentage error)]

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i}}{n} \times 100 \quad (3.13)$$

### 3.1.11. Model seçim kriterleri

Bazı durumlarda seriye uygun birden fazla model olabilir. Başka bir deyişle, birden fazla modelin tüm katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunabilir. Bu durumda bu modellerden seriye en uygun modelin seçimi için bir takım kriterler geliştirilmiştir. İyi bir uyum için ideal olan, AIC veya SIC değerleri mümkün olduğu kadar küçük olan modeli seçmektir.

- Akaike Bilgi Kriteri (AIC)

Akaike bilgi kriteri (AIC) modeldeki terimlerin sayısını dikkate alarak, modelin uyumunun iyiliğini ölçen bir kriterdir. Uygun modeller içinden en uygun modeli seçmek için kullanılan kriterler arasında en yaygın kullanılanıdır (3.14).

$$AIC = t \ln \sigma_e^2 + 2M \quad (3.14)$$

Mevsimsel olmayan Box-Jenkins modelleri için  $M = p+q$  ; mevsimsel Box-Jenkins modelleri için,  $M = p+q+P+Q$  olmaktadır. Modelde sabit terim olduğunda, parametre sayısına bir eklemek gerekmektedir.

- Schwartz Bilgi Kriteri

Schwartz bilgi kriteri, AIC gibi aynı karar kurallarının uyguladığı bir istatistiktir. SIC aynı zamanda Bayes Bilgi Kriteri (BIC) olarak da adlandırılır (3.15).

$$SIC = t \ln \sigma_e^2 + M \ln t \quad (3.15)$$



### 3.2. Zaman Serilerinin Farklı Mühendislik Disiplinlerindeki Uygulamaları

Zaman serisi analizi, geçmiş değerleri kullanarak gelecekteki değerleri öngörme işlemini gerçekleştirebildiğinden pek çok alanda bu analiz ile çalışmalar yapılmıştır. Bu analizlerin sıklıkla uygulanabildiği alanlar, geçmişe ait verilerin kaydedilebildiği alanlardır. Yapılan literatür araştırmasında, özellikle istatistik ve ekonomi alanında çok sayıda yayınlanan makale ve hazırlanan yüksek lisans, doktora tezleri olduğu açıkça görülmüştür. Zaman serileri ile ilgili istatistik ve ekonomi alanında yapılan çalışmalar kadar yoğun olmasa da; mühendislik alanında da pek çok çalışma yapılmıştır. Farklı mühendislik disiplinlerinde zaman serileri ile yapılan çalışmaların bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Kutlar ve Elevli (1999), dünya bakır üretiminin doğrusal zaman serileri tahminlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bakır üretimi için Avrupa kıtası, Asya kıtası, Amerika kıtası, ABD, Şili ve Dünya geneli olmak üzere yedi farklı veri seti için yedi farklı analiz yapılmıştır. Box-Jenkins yaklaşımı ve Eviews adlı yazılım kullanılmıştır.

Yaman vd. (2001), Ankara hızlı ray sistemindeki istasyonda bekleyen yolcu yoğunluğunun modellenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kızılay-Ankaray istasyonunda bekleyen yolcuların güvenlik kameralarıyla algılanan gri-seviye görüntüleri bilgisayar ortamına aktarılmış, görüntü segmentasyon işlemleri ile yolcuların görüntüleri arka plandan ayrılmış ve ayrılan görüntüler görüntü güçlendirme metotları ile belirginleştirilmiştir. Netleşen görüntülerin gri-seviye histogramlarından yolculara ait alansal bilgiler çıkarılmış ve hesaplanan yolcu sayısı ile gözle sayılan yolcu sayısı arasındaki ilişkiler incelenerek Ankara hızlı ray ulaşım sisteminde tren sefer aralıklarının optimizasyon işlemine giriş verileri sağlanacak hale getirilmiştir. Elde edilen bu sayısal bilgiler zaman serisi verileri olarak kullanılıp hafta içi yolcu gelişlerinin ARIMA modelleri yardımı ile modellenmesi yapılmıştır. Sonuçta bu model kullanılarak, söz konusu hizmet sisteminde dinamik çizelgeleme sürecine veri hazırlanması sağlanmıştır.

Çevik ve Yürekli (2003), Yeşilırmak nehri aylık akım serisinin modellenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yeşilırmak nehri üzerinde bulunan, 1402 numaralı akım gözlem istasyonunda 1939 - 1995 yılları arasında ölçülmüş olan aylık akım miktarları veri olarak kullanılmıştır. Durağan olmayan veriler trend ve mevsimsellik açısından durağanlaştırılmış ve oluşturulan çok sayıda ARIMA modeli içinden seriye en uygununun ARIMA(1,0,0)x(0,1,1) olduğuna karar verilmiştir. Elde edilen bu modelle, gelecekte Yeşilırmak nehrinin aylık akım miktarlarının tahminlenebileceği söylenmiştir.

Dooley ve Lenihan (2005), metal fiyatlarının tahminlenmesinde zaman serilerini kullanmışlardır. Gelecekteki kurşun ve çinko fiyatları iki model üzerinden tahminlenmeye çalışılmış ve ARIMA modellemesinin, gecikmeli ileriye yönelik fiyat modellemesinden daha iyi öngörü sonuçları sağladığı söylenmiştir.

Ediger vd. (2006), Türkiye'nin fosil yakıt üretiminin muhtemel eğrisinin öngörüsünü yapabilmek üzerine bir çalışma yapmışlardır. 1950 - 2003 yılları arasındaki üretim verileri kullanılarak regresyon analizi, ARIMA ve SARIMA modelleri ile fosil yakıt üretim öngörüsü için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada fosil yakıt üretiminin gün geçtikçe azalacağı ve 2038'de de sona ereceği öngörülmüştür. Ayrıca fosil yakıt üretim ve tüketim değerleri arasındaki uçurumun gittikçe arttığı ve 2030'da 2000 yılında olduğunun yaklaşık iki katına ulaşacağı da söylenmektedir.

Gündoğdu ve Akkaya Aslan (2008), sulanan alanlarda çok yıllık taban suyu tuzluluk haritalarının zaman serileri ile oluşturulması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Marmara Bölgesi'nde bulunan Mustafa Kemalpaşa Sulama Projesi'ne ait 200 adet gözlem kuyusunda 1990 - 2000 yılları için sulama isteğinin en fazla olduğu temmuz aylarında ölçülen taban tuzluluk değerleri veri olarak kullanılmıştır. Bu 11 yıllık veriler ile zaman serisi modellemesi yapılmış ve taban suyu tuzluluk haritası oluşturulmuştur.

2008'de Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'nde Mehmet İlker Bek tarafından 'Zaman serisi analizi ve tarımsal uygulaması' başlıklı yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. 1988 - 2006 yılları arasındaki aylık süt verimi değerleri veri olarak kullanılmıştır. Veri seti için sekiz ayrı model denenmiş ve bunlar içinden seriyi en iyi

temsil eden modelin  $ARIMA(0,1,7) \times (1,0,1)$  olduğuna karar verilmiştir. İleriye dönük iki yıllık tahminler bu model üzerinden SPSS adlı yazılım kullanılarak yapılmıştır.

İbrahim vd. (2009), Malezya'nın gelecekteki hava kalitesinin tahminlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Malezya yarım adasının hem doğu sahilindeki bazı yerlerden (Terengganu, Pahang ve Kelantan), hem de batı sahilindeki bazı yerlerden (Hulu Kelang) aylık periyotta ölçülen karbon monoksit ve nitrojen dioksit konsantrasyonları veri olarak kullanılmıştır. Bu değerler Box-Jenkins yaklaşımı ile modellenmiştir. Sonuçta, Malezya'nın batısında da doğusunda da 1996'dan bu yana karbon monoksit ve nitrojen dioksit konsantrasyonlarının tutarlı bir yükselme eğiliminde olduğu söylenmiştir. Bunun yanı sıra da, 2016 yılına kadar bu konsantrasyon değerleri tahminlenmiş ve bu sonuçların NAAQS ve DOE Malezya limitlerini aşmadığı söylenmiştir.

Özdemir ve Bahadır (2010), zaman serileri ile küresel iklim değişikliği öngörüsü oluşturulan bir çalışma yapmışlardır. Denizli meteoroloji istasyonuna ait 1975 - 2009 yılları arasındaki günlük sıcaklık, yağış ve buharlaşma değerleri veri olarak kullanılmıştır. Bu verilerin değişim eğilimi Box- Jenkins yaklaşımı ile belirlenmiş ve 6 yıllık tahminlemesi yapılmıştır. Bu tahminlemeye göre; Denizli'nin gelecek yıllarda daha kurak iklim şartları yaşayacağı ve küresel ısınmadan etkileneceği söylenmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında, zaman serileri analizi ile modellenen ve öngörüsü yapılan, makine duruşlarının ya da arızalarının veri olarak kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak zaman serisi analizi kullanılmasa da, farklı analiz teknikleri ile makine arızaları üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

Eleвли ve Yılmaz (2009), maden ekipmanlarının öncelikli arıza tiplerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bir maden işletmesinde faaliyet gösteren 15 adet 30 tonluk kamyon filosunun, 2006 – 2008 yılları arasında yaptıkları arıza tiplerinin sıklığı tamir süreleri üzerinden değerlendirilmiştir. Arıza tipleri, motor arızaları, diferansiyel arızaları ve şanzıman arızaları olmak üzere üç ana grupta

toplanmış ve motor arızaları için on iki alt grup, diferansiyel arızaları için sekiz alt grup, şanzıman arızaları için dokuz alt grup oluşturulmuştur. Pareto analizi ve logaritmik serpmeye diyagramı ile bu yirmi dokuz alt grup değerlendirilerek öncelikli arıza türleri belirlendikten sonra, her bir arıza türünün muhtemel sebeplerinin tespiti için işletmenin bakım atölyesinin desteği ile ağaç diyagramları oluşturulmuştur.

Aydemir ve Sipahioğlu (2004), makine arıza zamanlarının, yapay sinir ağları ile modellenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kağıt sektöründe faaliyet gösteren bir firmada peçete üretimi yapan farklı kapasiteli iki üretim hattı için makine arızaları arasında geçen süreyi tahminleyecek çok katmanlı bir yapay sinirsel ağ (YSA) modeli geliştirmişlerdir. Bu amaçla öncelikle makine arızalarına etki eden faktörler ve düzeyleri sıralanmıştır. Bu faktörler ışığında geçmiş beş yıla ait veriler derlenerek; deney tasarımı ile parametre değerleri ve ağ mimarisi belirlenmiş, yapay sinir ağları eğitilmiştir. Öğrenme metodu olarak geri yayılım algoritması, öğrenme fonksiyonu olarak lojistik fonksiyon ve yazılım olarak Qwiknet kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, yaklaşık %90 doğrulukla arıza zamanlarının önceden tahminlenebileceği belirlenmiştir.

## BÖLÜM 4

### G.L.İ AÇIK İŞLETME KAMYONLARI

G.L.İ. Açık İşletmelerinde kömür ve dekapaj işleri için iki tip kamyon kullanılmaktadır. Bu kamyonların birinci tipi, 85 short ton kapasiteli olup mekanik özelliktedir (Şekil 4.1). İkinci tipi ise, 170 short ton kapasiteli, elektrik tahriklidir (Şekil 4.2). İşletmede; 73 adet Wabco 85-D mekanik kamyon ve 10 adet Komatsu 630Es elektrikli kamyon, dekapaj işlerinde ve kömür üretiminde aktif olarak kullanılmaktadır. Bu kamyonlar ana yapı (şase, damper, motor vs.) olarak benzerlik gösterirken aktarma organları ve fren sistemlerinde farklılıklar göstermektedirler.



Şekil 4.1. Wabco 85-D mekanik kamyon



Şekil 4.2. Komatsu 630Es elektrikli kamyon

#### 4.1. Mekanik Kamyonlar

Mekanik kamyonlar ana şase, damper, motor, aktarma organları, hidrolik sistem, hava sistemi ve fren sisteminden oluşmaktadır. Ana şase yüksek kaliteli çelik sacdan kaynaklı konstrüksiyon olarak yapılmaktadır. Kritik yük taşıyan bölümleri için çelik döküm malzemeler kullanılmaktadır. Damperlerde yüksek kaliteli çelik sacdan taban ve yan plakalar güçlendirilerek V tipi konstrüksiyon olarak yapılmaktadır. Damperlerden baştan başa egzoz gazı geçirilerek nemli malzemenin yapışması önlenmektedir (Komatsu,1985; Cat 777, 1985). Bu kamyonlarda motordan sonra güç aktarılan aksamlar sırasıyla; 1.şaft, diferansiyel, konverter, şanzıman, 2.şaft, diferansiyel, nihai tahrik (cer) ve lastiklerdir. Bu bölümde mekanik kamyon olarak, işletmede kullanılan Wabco 85-D kamyona yer verilmiştir.

- Wabco 85-D kamyonların teknik özellikleri

85-D Wabco kamyonlar Cummins KT-2300-C veya DDAD 92-T-V 16 motorlar ile donatılmışlardır. Allison DP 8961 şanzımanla teçhiz edilen bu kamyonların azami hızı 66 km/saattir.

Motor tarafından üretilen güç tork konverter pompasına bağlı olan volan tarafından pompaya iletilir. Bu pompa temas halinde olduğu yağı dönerek türbine fırlatır, türbin döner böylece güç şanzımana gelmiş olur. Şanzımana gelen güç bir dizi dişli grubu ve kavrama sistemlerini geçtikten sonra şafta, oradan da diferansiyel, akslar ve planet dişlilerden geçerek tekerleklere ulaşır. Tekerleklerden birisi patinaj yapmaya başladığında orada sarf edilmesi gereken güç diferansiyel tarafından diğer tekerlere iletilerek, araca büyük bir tırmanma gücü kazandırır.

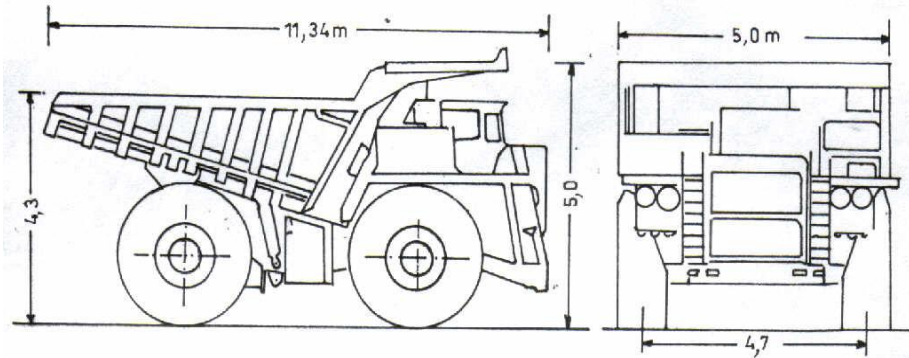
Aracın sevk ve idaresinde sürücüye kolaylık sağlamak amacıyla direksiyon sistemi hidrolik basınçla çalışacak şekilde imal edilmiştir. Ayrıca direksiyon hidrolik pompasının arızalanma ihtimaline karşı olağan üstü durumlarda kullanmak üzere acil durum direksiyon pompası da bu araçlarda bulunmaktadır. Kamyonu kullanırken gerekli bilgileri sürücüye veren gösterge ve lambaların bulunduğu panel araç kabininin ön tarafına yerleştirilmiştir. Böylece sürücülerin her an bu lamba ve göstergeleri görebilmeleri sağlanmıştır.

Wabco 85-D kamyonların fren sistemleri hava ile kontrol edilen hidrolik basınçlı, çiftli sistemdir. Balatalı tip tekerlek frenlerine gerekli basıncı sağlamak üzere iki ayrı hidrolik devresine iki ayrı hava devresiyle kumanda edilir. Ana fren sistemi hava basıncında her hangi bir düşme olduğu taktirde, frenin otomatik olarak devreye girmesi acil fren valf röleleri tarafından sağlanır. Normal servis freninin daha uzun çalışma ömrüne sahip olması için araç seyir halinde iken şanzıman retarder freni kullanılmalıdır. Şanzıman retarder frenine sürücü kabininde bulunan ayak pedalına bağlı bir valf tarafından kumanda edilir. Servis freninde her hangi bir arıza oluştuğunda sürücünün kullanabileceği ayrıca bir acil durum fren sistemi de araca yerleştirilmiştir.

Ön panele yerleştirilmiş olan acil durum fren sistemi sadece olağan üstü durumlarda kullanılmalıdır. Kamyonun normal çalışma periyodunda bu fren kullanılmamalıdır.

Wabco 85-D kamyonlarda önde 2, arkada 4 olmak üzere; toplam 6 adet lastik olup, maksimum çalışma ömrüne sahip olacak şekilde imal edilmişlerdir. Lastikler 42 kat veya 36 kat çelik kuşak ve radyal yapıda olup ağır çalışma koşullarına göre dizayn edilmişlerdir.

Wabco 85-D kamyonların uzunluğu 11,34 metre, genişliği 5 metre ve kasasının yerden yüksekliği 4,3 metredir (Şekil 4.2).



Şekil 4.3. Wabco 85-D Kamyonların Boyutları (Makine Çalışma Performansları Kataloğu, 2008)(Haulpak 85-D Kataloğu).



Wabco 85-D kamyonların katalog bilgileri aşağıda verilmektedir.

- **Cummins Motor**

Silindir sayısı	: 12
Çalışma zaman sayısı	: 4 zamanlı
Nominal fren gücü	: 900 HP, 2100 Devir / Dakika 'da
Volan gücü	: 858 HP, 2100 Devir / Dakika 'da
Test şartları	: 152 metre yükseklik 29 °C
Maksimum tork	: 2475 ft-lb 1500 Devir / Dakika'da
Silindir çapı	: 159 mm
Strok	: 159 mm
Silindirleri toplam hacmi	: 38 litre

- **Detroit Diesel Motor**

Silindir sayısı	: 16
Nominal fren gücü	: 860 HP, 2100 Devir / Dakika 'da
Test şartları	: 152 metre yükseklik 29 °C
Maksimum tork	: 2372 ft-lb 1400 Devir / Dakika'da
Silindir çapı	: 123 mm
Silindirleri toplam hacmi	: 24 litre

- **Şanzuman**

Standart	: Üzerinde lock-up, tork konverter ve retarderde bulunan Allison DP 8961 şanzuman
Elektrikli vites değiştirme	: Allison

- **Çalışma Hızı**

<u>İleri</u>	<u>km / saat</u>	<u>mil / saat</u>
1.Vites	11	7
2.Vites	20	13
3.Vites	28	18
4.Vites	36	23
5.Vites	48	30
6.Vites	66	41
<u>Geri</u>	8	5

- **Kasa**

*Dekapaj Tipi* : 19 mm (0,75 İnç) kalınlıkta yüksek dayanımlı

Tek parça çelik taban, ön ve yan çelik kasa plakaları

Kasa üzerinde şasiye oturma yastık kirişi

Eksoz gazı ile ısıtılan kasa pimleri.

*Kömür Tipi* : 19 mm (0,75 inç) kalınlıkta yüksek dayanımlı (125000 Psi-862 MPa)

İki parça çelik taban yanlarda ve tabanda oluklu kirişler ön taraf öne doğru meyilli kasa üzerinde şasiye oturma yastık kirişi

- **Frenler**

Ön fren ebadı : 76 \* 25cm ( 30 \* 10 İnç )

Arka fren ebadı : 76 \* 30cm ( 30 \* 12 İnç )

## 4.2. Elektrikli Kamyonlar

Mekanik kamyonların ana yapısı aynı kalmak şartıyla; şaft, tork konverter, şanzıman ve diferansiyel gibi üniteleri kaldırılarak kamyonun hareketi elektriksel üniteler ile sağlandığında, bu tip kamyonlara elektrikli ya da elektrik tahrikli kamyonlar denilmektedir (Zıypak, 2007).

Elektrikli kamyonlar, dizel-elektrik tahriklidir. Doğru akım ile çalışan elektrikli motorlar için gerekli enerji, dizel motor ve alternatör sistemiyle sağlanır. Elektrikli kamyonların elektrik motorları, 1963 yılında General Motor Firması tarafından üretilmeye başlanmıştır. Bu tarihten sonra elektrikli kamyonların; Wabco, Euclid, Dart, Wiseda ve Haulpak-Komatsu gibi değişik tip ve modellerde olmak üzere üretimleri çeşitlenerek artmış ve kullanımları yaygınlaşmaya başlamıştır. Elektrikli kamyonların tonajları 85 ile 320 short ton arasında değişmektedir. Açık işletme madenciliğinde daha çok 120 ile 170 short ton arası kamyonlar tercih edilmektedir. Bu bölümde, elektrikli kamyon olarak, işletmede kullanılan Komatsu 630Es kamyonu yer verilmiştir.

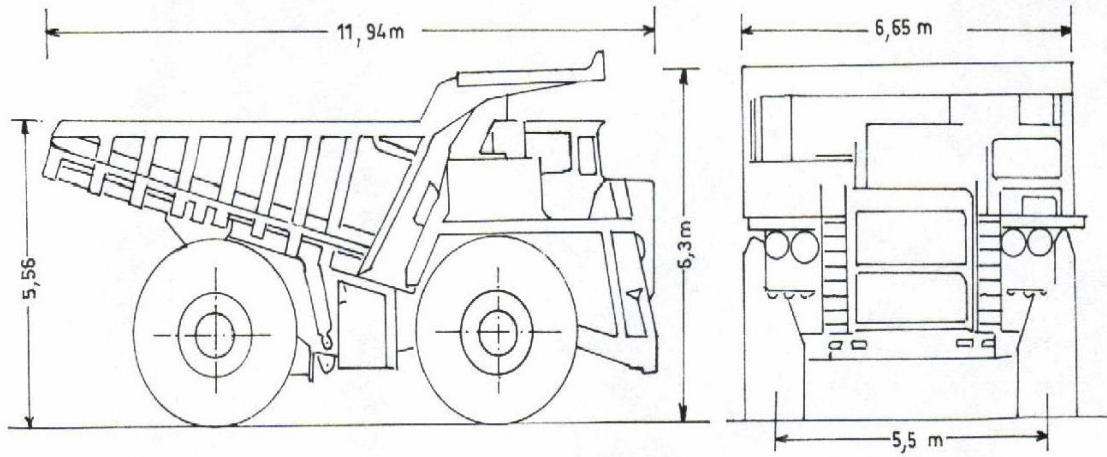
- Komatsu 630Es kamyonların teknik özellikleri

Çalışma ağırlığı 277,273 kg olan Komatsu 630Es tipi 170 short tonluk kamyon büyük boyutlu bir iş makinesi olup, arkadan damperlidir. Kamyonlar kasaları hariç, yurt dışından temin edilmiştir. Kamyon kasaları ülkemizde Polar Firması tarafından üretilmiş ve montajı yapılmıştır. Orijinal dizayn ölçülerinde opsiyonel olarak Tunçbilek Bölgesi dekapaj malzemesi özelliklerine göre kasaların yük kapasitesi; silme 77 m<sup>3</sup> ve yığma 103 m<sup>3</sup> olup, iç genişliği 6,3 metre ve derinliği 2,35 metredir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Kamyon kasa yükleme kapasiteleri (Taksuk, 2001)

Kasa Tipi	Kasa Yükleme Kapasitesi(m <sup>3</sup> )	
	Silme	Yığma
Standart	69	97
Opsiyonel	54	84
Opsiyonel	63	92
Opsiyonel	77	103
Opsiyonel	89	111

Dekapaj malzemesinin kasa yüzeyine yapışmasını önlemek için, kasanın alt ve üst boşluklarından egsoz gazı geçirilerek kasanın ısınması sağlanmaktadır. Kasanın yerden yüksekliği 5,56 metredir (Şekil 4.3)



Şekil 4.4. Komatsu 630Es Kamyonların Boyutları (Specifications&Applications Handbook,2008)(Haulpak 630Es Kataloğu)

Maksimum yükleme yüksekliği 8,6 metre olan 20yd<sup>3</sup>'lk elektrikli ekskavatör tarafından kolaylıkla yığma yüklemesi yapılabilir (Şekil 4.4).



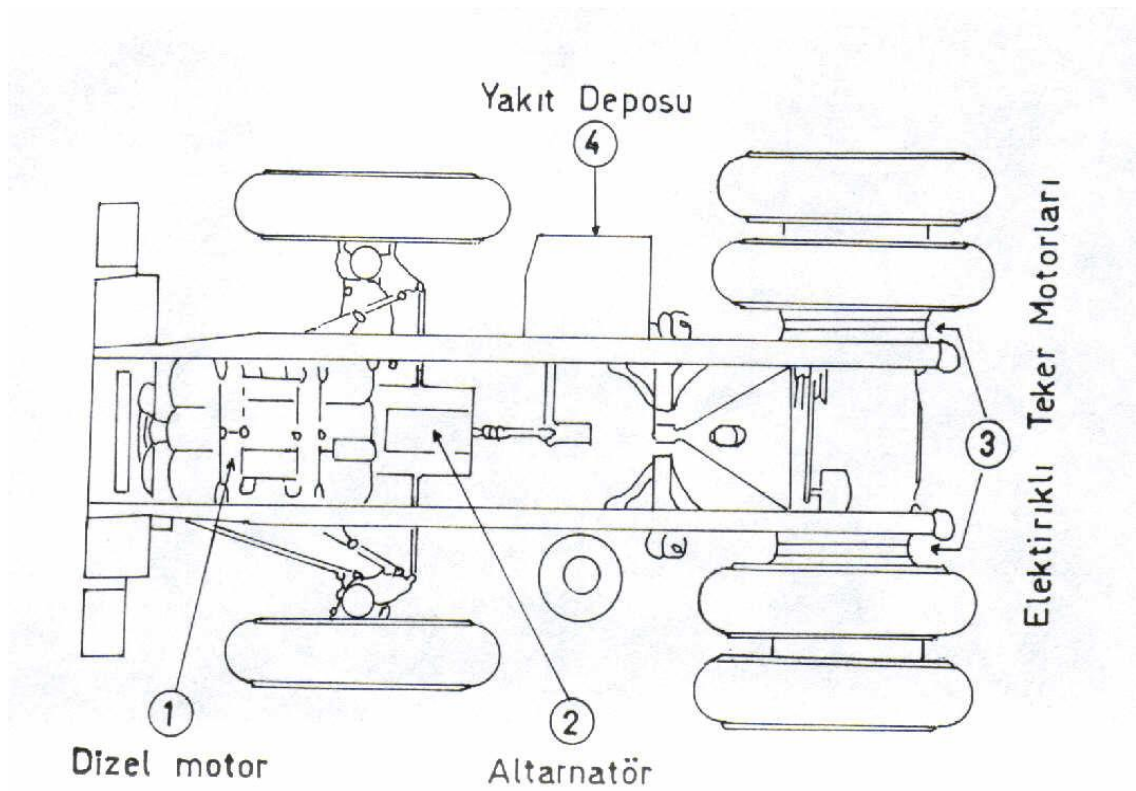
Şekil 4.5. Komatsu 630Es kamyona yükleme yapılırken

Döküm sahasındaki, boşaltma sırasında 45° eğik duruma geçen damperli kasanın üst noktasının yerden yüksekliği 12 metredir (Şekil 4.5).



Şekil 4.6. Komatsu 630Es kamyon boşaltma yaparken

Elektrikli kamyonun ön kısmında; 16 silindirli, 1600-1800 hp'lık Cummins damgalı dizel motor bulunmaktadır. 3000 litrelik akaryakıt tankı ile beslenen dizel motorda üretilen çeviri gücü alternatöre iletilir. Dizel motorun arkasında bulunan ve aldığı çeviri gücünü elektrik enerjisine dönüştüren alternatör, GE-GTA-22 tipindedir ve 24V/100A gücünde enerji üretmektedir. Üretilen alternatif akım, doğru akıma rektife edilerek, arka teker eksen yuvalarına monte edilmiş olan elektrikli teker motorlarına iletilir. Sağ arka ve sol arka olmak üzere iki tane olan elektrikli teker motorları, doğru akım enerjisini bünyelerine monte edilmiş özel şanzıman düzeni vasıtası ile mekanik enerjiye dönüştürmektedirler (Şekil 4.6).



Şekil 4.7. Elektrikli kamyonlarda enerji dönüşüm düzeni (Bilge, 2002)

Fren sistemi tüm hidrolik düzeni kapsamaktadır. Frenlerde bulunan özel yaylı dizayn sayesinde, hidrolik basıncının aniden düşmesiyle oluşabilecek arızalanmalar en aza indirgenmektedir. Ayrıca, mevcut diğer bir düzen yardımı ile kaygan zeminde hareket halinde olan kamyonun fren yapması halinde, ön tekerlerin frenleme gücü azaltılarak direksiyon kontrolünün kolaylaşması sağlanmaktadır. Bu özel sistemi devreye sokabilmek için, sürücü kabinindeki ‘kaygan yol’ düğmesine basmak yeterli olmaktadır.

Kamyonun dışında iki tarafına monte edilen üçlü uyarı lambaları ile kamyonu yapılan yüklemenin ne aşamada olduğu hakkında ekskavatör operatörünün ve kontrol elemanlarının uzaktan bilgilenmelerine olanak sağlanmaktadır. Bu üçlü uyarı lambaları yeşil, sarı ve kırmızı olmak üzere üç farklı renktedir ve bu renklerin işletmede yükleme durumuna karşılık gelen farklı anlamları vardır (Çizelge 4.2)

Çizelge 4.2. Uyarı lambalarının anlamları

Yanan Renk	Anlamları
YEŞİL	Yüklemenin %50’si tamamlandı
YEŞİL + SARI	Yüklemenin %90’ı tamamlandı
YEŞİL + SARI + KIRMIZI	Yüklemenin %100’ü tamamlandı

Bu kamyonun bir diğer özelliği ise, elektronik kontrol sistemine sahip olmasıdır. Sistem operasyon kontrolü (hız kontrolü vb.), arıza teşhisi, veri toplama işlemlerini gerçekleştirmektedir. Ayrıca, kamyonu yüklenen dekapaj malzemesini ton, kamyonun tur zamanını ise dakika olarak ölçebilen bir sistem de işletmenin makine grubu tarafından kamyonlara entegre edilmiştir.

## BÖLÜM 5

### ZAMAN SERİSİ ANALİZİ VE VERİLERE UYGULANMASI

#### 5.1. Kullanılan Veriler ve Özellikleri

Garp Linyitleri İşletmesinde, 1985 yılında alımı gerçekleştirilmiş olan 73 adet Wabco 85-D kamyon ve 1996 yılında alımı gerçekleştirilmiş olan 10 adet Komatsu 630Es kamyon bulunmaktadır. Wabco 85-D kamyonların 53 tanesi dekapaj işinde, 20 tanesi kömür üretiminde, Komatsu 630Es kamyonların tamamı dekapaj işinde kullanılmaktadır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Kamyon sayıları ve taşıdıkları malzeme

Kamyon marka-model	Model yılı	Taşıyan malzeme	Kamyon sayısı
Wabco 85-D	1985	Dekapaj malzemesi	53
		Kömür	20
Komatsu 630Es	1996	Kömür	10

Çalışma kapsamında, Çizelge 5.1’de de görülen, işletmedeki üretimde aktif çalışan ve toplam 83 adet kamyonun oluştuğu bir filonun duruş süresi verileri kullanılmaktadır. Kamyonlar, taşıdıkları malzeme farklılıkları ile marka-model farklılıkları göz önünde bulundurularak üç farklı gruba ayrılarak değerlendirilmiştir.

Bunlar;

- Dekapaj malzemesi taşıyan 53 adet Wabco 85-D kamyonlar,
- Dekapaj malzemesi taşıyan 10 adet Komatsu 630Es kamyonlar,
- Kömür taşıyan 20 adet Wabco 85-D kamyonlardır.



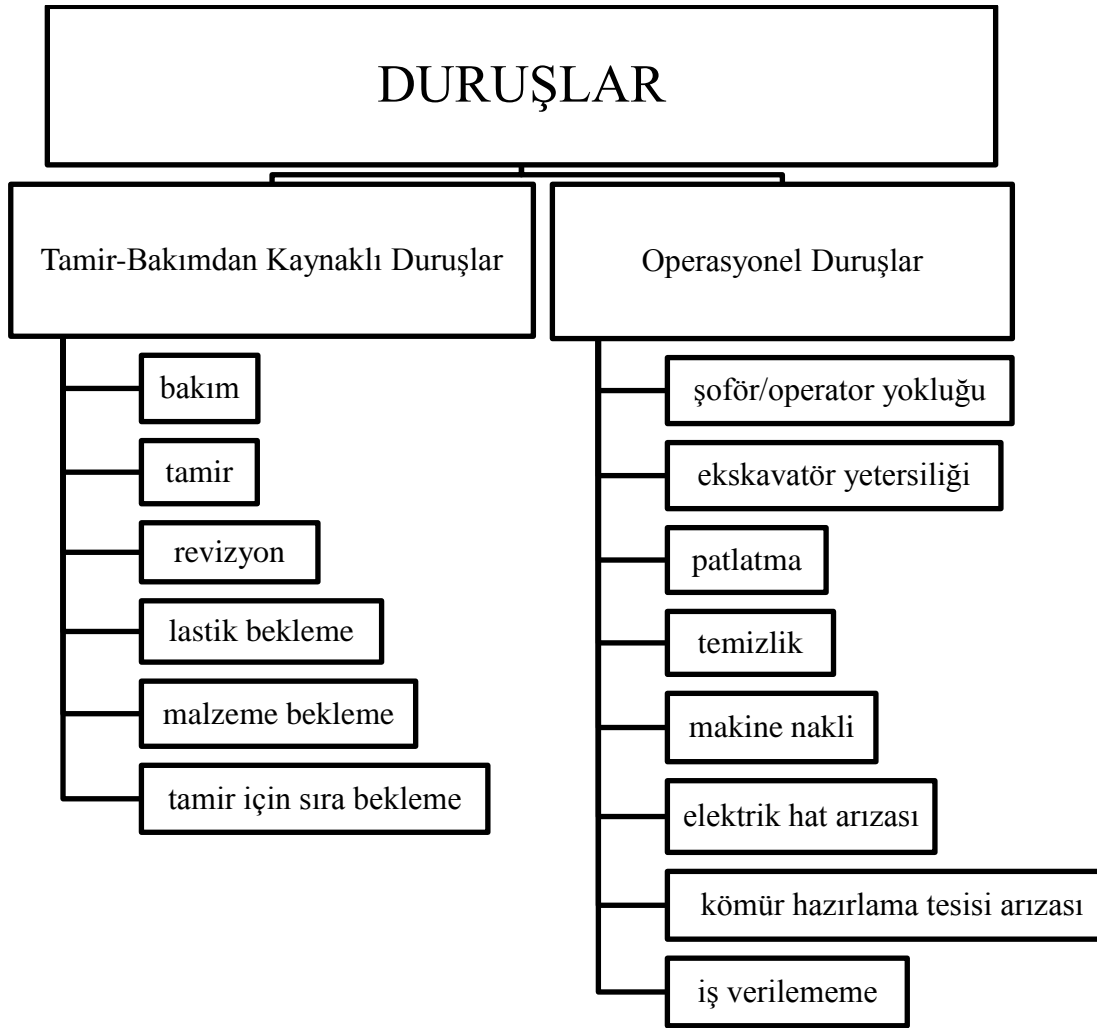
İşletmede kamyonların gün içindeki tüm duruşları, nedenleri ve süreleri ile birlikte her vardiya sonunda, vardiya raporlarına elle kaydedilmekte, daha sonra bilgisayar ortamına aktarılarak, tüm duruşlar sistematik kayıt altına alınmaktadır.

İşletme, kamyon duruşlarını iki ana başlık altında toplamıştır. Bunlar, tamir – bakımdan kaynaklı duruşlar ve operasyonel duruşlardır. Tamir-bakımdan kaynaklı duruşları; bakımdan kaynaklı, tamirden kaynaklı, revizyondan kaynaklı, lastik beklemeden kaynaklı, malzeme beklemeden kaynaklı ve tamir için sıra beklemeden kaynaklı duruşlar oluşturmaktadır. Operasyonel duruşları ise; şoför/operator yokluğundan kaynaklı, ekskavatör yetersizliğinden kaynaklı, patlatmadan kaynaklı, dozer veya greyder ile yapılan temizlikten kaynaklı, makine naklinden kaynaklı, elektrik hat arızasından kaynaklı, kömür hazırlama tesisi arızasından kaynaklı ve iş verilememeden kaynaklı duruşlar oluşturmaktadır (Şekil 5.1). Diğer bir deyişle, tamirden kaynaklı duruşlar makinecilik temelli duruşlar iken; operasyonel duruşlar madencilik temelli duruşlardır. Çalışmada veri olarak kullanılan kamyonların duruş süreleri Müessese'deki Makine İşletme Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve duruş süreleri saat bazında derlenmiştir. İşletmenin gizlilik prensibi nedeniyle, kullanılan veri setine çalışmada yer verilmemiştir.

İşletmede kamyon duruşları, iki ana başlık altında değerlendirilmesine rağmen; çalışma kapsamında, her kamyon grubu için 2 adet zaman serisi analizi gerçekleştirilmiştir.

Bunlar;

- Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi analizi,
- Operasyonel duruşların zaman serisi analizi,



Şekil 5.1. İşletmedeki kamyonların duruş nedenleri

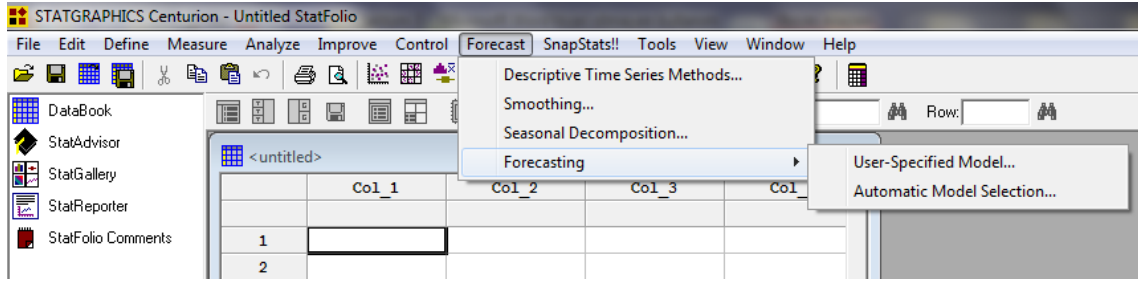
Çalışma kapsamında, yukarıda da belirtildiği gibi üç gruba ayrılan kamyonların, 2000-2008 yılları arasındaki duruş süreleri; tamir-bakımdan kaynaklı duruşlar ve operasyonel duruşlar başlığı altında toplanmak sureti ile tasnif edilmiştir. Verilerin dokuz yıllık olduğu ve her yıla ait aylık veriler olarak düzenlendiği göz önünde bulundurulduğunda, her kamyon grubu için 108'er veri seti üzerinden zaman serisi analizinin gerçekleştirildiği anlaşılmalıdır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Analizde kullanılan veri setlerinin özellikleri

Taşınan malzeme	Dekapaj malzemesi	Dekapaj malzemesi	Kömür
Kamyon grupları	Wabco 85-D	Komatsu 630Es	Wabco 85-D
Kamyon sayıları	53 adet	10 adet	20 adet
Analiz için oluşturulan veri setleri	Tamir-bakımdan kaynaklı duruşlar		
	Operasyonel duruşlar		
	Toplam duruşlar		
Analiz için oluşturulan veri setlerinin veri sayısı	108 adet		
Analiz için oluşturulan veri setlerinin özelliği	Aylık		
Analiz için kullanılan zaman dönemi	2000-2008 yılları arası		
Öngörüsü yapılan zaman dönemi	2009 yılı		
Her analiz için öngörü sayısı	12 adet		

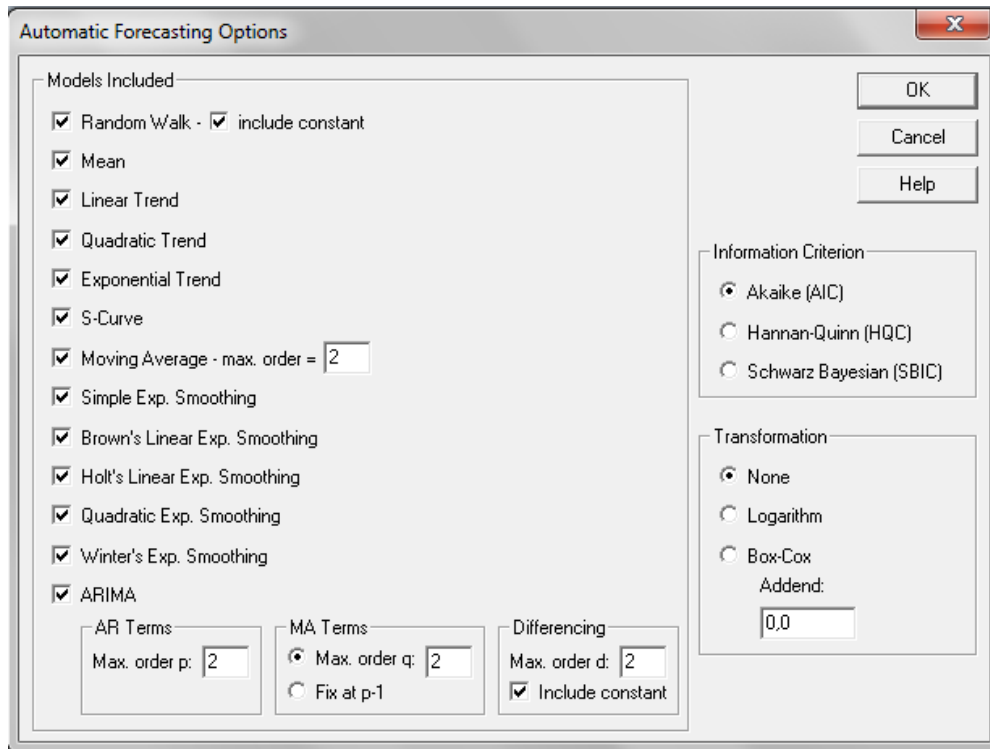
### 5.2.Kullanılan Yazılım Hakkında Bilgiler

Zaman serisi analizi yapabilen çok sayıda yazılım (SPSS, Minitab, Statistica, Statgraphics, Eviews v.b.) mevcuttur. Bu çalışmada, Statgraphics adlı yazılım kullanılmıştır. Yazılımda, zaman serileri analizi için iki modül mevcuttur. Bunlardan biri otomatik tahminleme modülü; diğeri ise, kullanıcı tercihli modüldür (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Zaman serileri analizi için kullanılan modüller

Otomatik tahminleme modülü sayesinde; her veri seti için çok sayıda model içinden, veri seti için uygun olan ondan fazla modeli belirleyebilmekte ve bu modeller içinden de, model seçme kriterlerini kullanarak veri setine en uygun modeli seçebilmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Otomatik tahminleme modülünün model seçenekleri

Kullanıcı tercihli modülde ise; kullanıcılar çalıştıkları veri seti için, istekleri doğrultusunda değişkenler girerek farklı modeller deneyebilmektedir (Şekil 5.4). Bu tez çalışması kapsamında, programın iki modülü de aktif kullanılmıştır. Ayrıca program, oluşturulan modelin tahmin değerlerini türetmekte ve istenilen tüm grafiklerini oluşturabilmektedir. Çalışmanın analizleri, programın yasal sitesinden indirilen demo versiyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5.4. Kullanıcı tercihli modülün model seçenekleri

### 5.3. Yazılımın Kullandığı Modeller

Yazılım, analizi yapılan her seri için uygun olan birkaç model öngörebilme özelliğine sahiptir. Bu nedenden, yazılımın; çalışmada kullanılan 6 veri setine uygun olarak öngörebilme olasılığı olan modeller hakkında kısa açıklamalara yer verilmiştir.

#### 5.3.1. Rastgele yürüyüş modeli

Stokastik zaman serilerinin en basiti, rastgele yürüyüş sürecidir. Rastgele yürüyüş süreci, sabit bir ortalama etrafında dağılmaz ve varyansı da sabit değildir. Model, Eşitlik (5.1)'de verilmektedir.

$$z_t = z_{t-1} + e_t \quad (5.1)$$

Burada,

$z_{t-1}$  ;  $z_t$  serisinin bir gecikmeli değerini,

$e_t$  ; sıfır ortalamaya sahip bağımsız olarak dağılmış tesadüfi değişkenleri ifade eder (Erdoğan, 2002).

#### 5.3.2. Basit doğrusal regresyon modeli

Bu modelin kullanımı, doğrusal eğilime sahip ve mevsimsel olmayan serilerde uygun olmaktadır. Bu serilerin şekli, aşağıya ya da yukarıya doğru eğimli düz bir çizgi şeklindedir. Doğrusal regresyon modeli, Eşitlik (5.2)'deki gibidir.

$$z_t = a + bt \quad (5.2)$$

Bu denklemde  $t$ 'ye örneklem büyüklüğünden daha büyük değerler verilirse, serinin öngörü değerleri bulunur. Regresyon katsayısı, bir başka deyişle eğim ( $b$ ) pozitif olduğunda, seride yukarıya doğru eğilim; eğim negatif olduğunda seride aşağıya doğru eğilim olmaktadır (Kadılar, 2005).

### 5.3.3. Üstel regresyon modeli

Bu model, eğrisel eğilime sahip ve mevsimsel olmayan serilerde uygulanmaktadır. Üstel model, Eşitlik (5.3)'de verilmektedir.

$$z_t = a \exp(bt) \quad (5.3)$$

Burada,  $\exp$  ifadesi; üstel (eksponansiyel) fonksiyonu temsil etmektedir. Eğer bu eşitliğin her iki tarafının da, doğal logaritması alınır, Eşitlik (5.4) biçimde yazılır.

$$\ln(z_t) = \ln a + bt + e_t \quad (5.4)$$

Burada  $\ln a$ ; regresyon denkleminin sabit terimidir. Üstel regresyon modelinin uygulanabilmesi için, öncelikle orijinal serinin logaritması alınmalı ve sonra zaman değişkeni ile regresyonu yapılmalıdır (Kadılar, 2005).

### 5.3.4. Karesel regresyon modeli

Karesel regresyon modelinin uygulanması için uygun olan seriler, üstel regresyon modelindeki eğilim yapısına sahip serilerdir. Ancak, bu serilerde eğilim artış hızı üstel modeldekilere göre daha yavaştır. Diğer bir deyişle, üstel regresyon modeline uygun serilerin eğilimi, karesel regresyon modeline uygun serilere göre daha diktir. Üstel ve karesel modellere uygun serilerin grafikleri birbirlerine çok benzediği için, seriye hangi modelin daha iyi uyum sağlayacağını kararına, sadece grafikteki eğim şekline bakarak varmak yanlış sonuçlar doğurabileceğinden, modellerin hata

değerlerine bakılarak uygun modele karar verilmelidir. Karesel model Eşitlik (5.5)'de gösterilmektedir.

$$z_t = a + b_1t + b_2t^2 + e_t \quad (5.5)$$

Bu modelin uygulanabilmesi için, trendin karesel biçimini temsil eden  $b_2$  regresyon katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. Eğer  $b_2$  anlamsız bulunursa, serinin eğrisel eğilime değil doğrusal eğilime sahip olduğu anlaşılır (Kadılar, 2005).

#### 5.3.5. S regresyon modeli

Serinin yapısı Eşitlik (5.6)'da verildiği gibidir. Serinin tahmin değerleri ise, Eşitlik (5.7) de verilen regresyon denklemi ile elde edilmektedir (Kadılar, 2005).

$$z_t = \exp(a + b/t) \quad (5.6)$$

$$\ln(z_t) = a + b(1/t) + e_t \quad (5.7)$$

#### 5.3.6. Basit üstel düzleştirme yöntemi

Bu yöntem; eğilime ve mevsimsel dalgalanmaya sahip olmayan, sadece bir ortalama düzey etrafında hareket eden serilerinin analizinde uygulanmaktadır. Bu yöntemde serinin tahmini Eşitlik (5.8) ile yapılmaktadır (Kadılar, 2005).



$$z_{t+1} = S_t = \alpha z_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (5.8)$$

Burada,

$z_{t+1}$ ; bir sonraki (gelecek) dönemin yani  $(t+1)$ 'nci dönemin tahmini,

$S_{t-1}$ ; son döneme ait tahmini,

$z_t$ ; son döneme ait gerçek değeri,

$\alpha$ ; düzeltme katsayısını göstermektedir.

### 5.3.7. Holt üstel düzeltme yöntemi

Eğilime sahip ve mevsimsel dalgalanması olmayan serilerin tahmin işleminde Holt üstel düzeltme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde öngörü işlemi, Eşitlik (5.9) ile yapılmaktadır.

$$z_{t+f} = a_t + b_t (f) \quad (5.9)$$

Burada  $f$ , öngörünün yapılacağı dönem sayısını göstermektedir. Eşitlik (5.10)'da  $\alpha$ ; ortalama düzeyin düzeltme katsayısını, Eşitlik (5.11)'de  $\gamma$ ; eğimin düzeltme katsayısını göstermektedir (Kadılar, 2005).

$$a_t = \alpha z_t + (1 - \alpha) (a_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5.10)$$

$$b_t = \gamma (a_t - a_{t-1}) + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad (5.11)$$

### 5.3.8. Winter üstel düzeltme yöntemi

Eğilime ve mevsimsel dalgalanmaya sahip serilerin tahmininde, Winter üstel düzeltme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem, önce serinin ortalama düzeyine, yani eğilimine ve sonra mevsimsel bileşenine uygulanmaktadır. Toplamsal modele uygun serilerde tahmin değerinin elde edilmesinde Eşitlik (5.12); çarpımsal modele uygun serilerde tahmin değerinin elde edilmesinde Eşitlik (5.13) kullanılmaktadır.

$$\hat{Z}_{t+1} = a_t + b_t + M_{t+1} (t + 1 - s) \quad (5.12)$$

$$\hat{Z}_{t+1} = (a_t + b_t) M_{t+1} (t + 1 - s) \quad (5.13)$$

Burada,

$\hat{Z}_{t+1}$ ; bir sonraki dönem (t+1) için öngörü değerini,

$a_t$ ; t dönemindeki ortalama düzeyin düzleştirme tahminini,

$b_t$ ; t dönemindeki eğim için düzleştirme tahminini,

$M_{t+1} (t + 1 - s)$ ; (t + 1 - s) döneminde yapılan (t + 1) dönemi için düzleştirme tahminini göstermektedir (Kadılar, 2005).

### 5.3.9. Box-Jenkins Modelleri

Çalışmada kullanılan Statgraphics yazılımının zaman serisi verilerine uyguladığı en özel modeller, Box-Jenkins modelleridir. Buraya kadar anlatılan diğer modellerin hep belirli kısıtları ve koşulları bulunmaktadır. Box-Jenkins modelleri çok daha esnek modeller olduğundan ve zaman serisi verileri ile çok daha fazla uygunluk gösterdiğinden çalışmada yapılan analizlerin hemen hepsinin sonucunda farklı yapıda Box-Jenkins modelleri elde edilmiştir. Bu nedenle, Box-Jenkins modelleri hakkında ayrıntılı bilgi devam eden bölümlerde verilmektedir.

Box-Jenkins yaklaşımı, zaman serileri analizi için oldukça yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Yöntemin bu kadar popüler olmasının nedeni, ele alınan herhangi bir serinin durağan olsun olmasın, mevsimsel unsur içersin içermesin bilgisayar paket programları ile bir çözüme kavuşturulabilmesidir. Box-Jenkins (1976) yaklaşımı zaman serileri analizinde ve ön raporlamada (kestirimde) uygulanan genel ARIMA modelleri ile eş anlamlıdır.

Box-Jenkins yöntemi sırasıyla; seriye uygun modeli belirleme, modelin tahmini, tanısal denetimi ve öngörü işlemlerini içermektedir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için öncelikle serinin eğilimden ve mevsimsel dalgalardan arındırılmış olmasına, yani serinin durağan olmasına dikkat edilmelidir.

Box-Jenkins modelleri, mevsimsel modeller ve mevsimsel olmayan modeller olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mevsimsel olmayan Box-Jenkins modelleri genel olarak,  $ARIMA(p,d,q)$  şeklinde gösterilmektedir. Burada;  $p$  otoregresyon (AR) modelinin derecesini,  $q$  hareketli ortalama (MA) modelinin derecesini ve  $d$  fark alma işleminin sayısını göstermektedir. Mevsimsel Box-Jenkins modelleri ise, genelde  $ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$  biçiminde ifade edilmektedir. Burada;  $P$  mevsimsel regresyon (SAR) modelinin derecesini,  $Q$  mevsimsel hareketli ortalama (SMA) modelinin derecesini,  $D$  mevsimsel fark alma işleminin sayısını ve  $s$  periyodu göstermektedir.

### 5.3.9.1. Mevsimsel olmayan Box-Jenkins modelleri

Bu modeller otoregresyon modeli AR ( $p$ ), hareketli ortalama modeli MA ( $q$ ) ve otoregresif hareketli ortalama modeli ARMA ( $p,q$ ) olarak üç farklı şekilde olmaktadır. Bu modellerde eğer seri kendiliğinden durağan değilse, yani seride eğilim varsa serinin farkı alınarak seri durağan hale getirilir. Bu durumda ilgili modele  $I(d)$  terimi eklenir. Bu nedenle mevsimsel olmayan Box-Jenkins modelleri genel olarak  $ARIMA(p,d,q)$  biçiminde gösterilir.

#### *5.3.9.1.1. Otoregresif modeller [AR(p)]*

Sonlu sayıda dereceyi içeren otoregresif bir [AR(p)] modelinin gösterimi Eşitlik (5.14)'de verilmiştir.

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + e_t \quad (5.14)$$

Burada,

$\phi_i$ ; otoregresif modelin katsayıları,

$e_t$ ; ortalaması sıfır ve sabit varyanslı hata terimi anlamına gelmektedir.

- AR(1) modeli:

(5.14) numaralı model  $p = 1$  için Eşitlik (5.15)'e dönüşmektedir. Bu istatistiksel model, birinci dereceden otoregresif model olarak adlandırılır ve AR(1) olarak sembolize edilir (Işığışık, 1994).

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + e_t \quad (5.15)$$

- AR(2) modeli

(5.14) numaralı model  $p = 2$  için Eşitlik (5.16)'ya dönüşmektedir. Bu istatistiksel model, ikinci dereceden otoregresif model olarak adlandırılır ve AR(2) olarak sembolize edilir (Işığışık, 1994).

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + e_t \quad (5.16)$$

### 5.3.9.1.2. Hareketli ortalama modelleri [MA(q)]

Sonlu sayıda dereceyi içeren bir hareketli ortalama [MA(q)] modelinin gösterimi Eşitlik (5.17)'de verilmiştir.

$$z_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (5.17)$$

Burada,  $\theta_i$ ; hareketli ortalama modelinin katsayılarıdır.

- MA(1) modeli

(5.17) numaralı model,  $q = 1$  için (5.18)'deki eşitliğe dönüşür. Bu istatistiksel model, birinci dereceden hareketli ortalama modeli olarak adlandırılır ve MA(1) olarak sembolize edilir (Işığışık, 1994).

$$z_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} \quad (5.18)$$

- MA(2) modeli

(5.17) numaralı model,  $q = 2$  için (5.19)'daki eşitliğe dönüşür. Bu istatistiksel model, ikinci dereceden hareketli ortalama modeli olarak adlandırılır ve MA(2) olarak sembolize edilir (Işığışık, 1994).

$$z_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} \quad (5.19)$$

### 5.3.9.1.3. Otoregresif hareketli ortalama modelleri [ARMA(p,q)]

Birçok süreç pür otoregresif veya pür hareketli ortalama süreci ile modellenemez. Başka bir ifade ile zaman serisi modeli hem AR, hem de MA bileşenleri p ve q'ncü derece olmak üzere ARMA(p,q) olarak tanımlanabilir (Erdoğan, 2002).

Sonlu sayıda derece içeren bir otoregresif hareketli ortalama ARMA(p,q) Eşitlik (5.20)'deki gibi gösterilir.

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (5.20)$$

- ARMA(1,1) modeli

(5.20) numaralı model,  $p = 1$  ve  $q = 1$  için Eşitlik (5.21)'e dönüşmüştür. Bu istatistiksel model birinci dereceden karma otoregresif hareketli ortalama modeli olarak adlandırılır ve ARMA(1,1) olarak sembolize edilir (Işığışık, 1994).

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1} \quad (5.21)$$

- ARMA(2,2) modeli

(5.20) numaralı, model  $p = 2$  ve  $q = 2$  için Eşitlik(5.22)'ye dönüşmüştür. Bu istatistiksel model ikinci dereceden karma otoregresif hareketli ortalama modeli olarak adlandırılır ve ARMA(2,2) olarak sembolize edilir (Işığışık, 1994).

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} \quad (5.22)$$

#### 5.3.9.1.4. Entegre edilmiş otoregresif hareketli ortalama modelleri [ARIMA(p,d,q)]

Durağan olmayan seriler, entegre edilmiş (integrated) otoregresif hareketli ortalama modelleri ile modellenebilir. Uygulamada en sık kullanılan durağan olmayan ARIMA modelleri; IMA(0,1,1), IMA(0,2,2), ARIMA(1,1,1)'dir. Bu modellerin genel gösterimi ARIMA(p,d,q) şeklindedir (Işığışık, 1994).

#### 5.3.9.2. Mevsimsel Box-Jenkins modelleri

Mevsimsel Box-Jenkins modellerinin istatistiksel analizleri mevsimsel olmayan Box-Jenkins modelleri ile aynı mantıkta yapılmaktadır. Mevsimsel modeller; mevsimsel otoregresyon (SAR), mevsimsel hareketli ortalama (SMA) ve mevsimsel otoregresif hareketli ortalama modelleri (SARMA) olmaktadır. Bu modellerin belirlenebilmesi için serilerin muhakkak durağanlaştırılması gerekir. Yani, fark işlemi ile eğilimden arındırılmış; mevsimsel fark işlemi ile de mevsimsellikten arındırılmış olması şarttır.

##### 5.3.9.2.1. Mevsimsel otoregresyon modelleri

Derecesi P, periyodu s olan SAR(P)<sub>s</sub> mevsimsel otoregresyon modeli, Eşitlik (5.23)'de gösterilmektedir.

$$(1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_p B^{ps}) z_t = e_t \quad (5.23)$$

Burada,  $\Phi_p$ ; mevsimsel otoregresyon modelinin katsayılarıdır.

Birinci dereceden ve periyodu 12 olan mevsimsel otoregresyon modeli, (5.23) numaralı modelde, P=1 ve s=12 için Eşitlik (5.24)'e dönüşmüştür. Bu model SAR(1)<sub>12</sub> modeli olarak adlandırılmaktadır.

$$(1 - \Phi B^{12}) z_t = e_t \quad (5.24)$$

Burada,  $\Phi$ ; SAR(1) modelinin katsayısı olmaktadır.

Aynı mantık ile, ikinci dereceden ve periyodu 12 olan mevsimsel otoregresyon modeli, (5.23) numaralı modelde,  $P=2$  ve  $s=12$  için Eşitlik (5.25)'e dönüşmüştür. Bu model SAR(2)<sub>12</sub> modeli olarak adlandırılmaktadır.

$$(1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24}) z_t = e_t \quad (5.25)$$

Burada,

$\Phi_1$  ; SAR(1) terimine ait katsayı,

$\Phi_2$  ; SAR(2) terimine ait katsayıdır.

Buraya kadar anlatılan mevsimsel otoregresyon modelleri ile ilgili bilgiler basit mevsimsel modeller için de geçerlidir. Bu tür modeller günlük hayattaki zaman serilerini açıklamak için genellikle yeterli olmamaktadır. Dolayısıyla, Çarpımsal Box-Jenkins Modelleri diye adlandırılan mevsimsel ve mevsimsel olmayan bileşenleri içeren modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür modellere örnek olarak ARIMA(1,1,0)x(1,1,0)<sub>12</sub> modeli verilebilir. Bu model hem AR(1) terimini, hem de SAR(1) terimini içermektedir. Dolayısıyla, bu modelde her iki terimin etkileşimi mevcuttur. Eşitlik (5.26)'da ARIMA(1,1,0)x(1,1,0)<sub>12</sub> modeli gösterilmektedir.

$$(1 - \phi B)(1 - \Phi B^{12})(1 - B)(1 - B^{12}) z_t = e_t \quad (5.26)$$

Eşitlik (5.27)de ise, ARIMA(1,1,0)x(1,1,0)<sub>12</sub> modelinin açık hali görülmektedir.

$$z_t = (\phi+1)z_{t-1} - \phi z_{t-2} + (\Phi+1)z_{t-12} - (\phi\Phi+\Phi+\phi+1)z_{t-13} + (\phi\Phi+\phi)z_{t-14} - \Phi z_{t-24} + (\phi\Phi + \Phi) z_{t-25} - \phi\Phi z_{t-26} + e_t \quad (5.27)$$

Burada,  $\phi\Phi$ ; katsayısı modeldeki etkileşimi göstermektedir.

### 5.3.9.2.2. Mevsimsel hareketli ortalama modelleri

Çarpımsal mevsimsel hareketli ortalama modeline örnek olarak, ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)<sub>12</sub>, Eşitlik (5.28)'de verilmiştir. Eşitlik (5.29)'da ise, ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)<sub>12</sub> modelinin açık hali görülmektedir.

$$(1 - B)(1 - B^{12})z_t = (1 - \theta B)(1 - \Theta B^{12})e_t \quad (5.28)$$

$$z_t = z_{t-1} + z_{t-12} + z_{t-13} + e_t - \theta e_{t-1} - \Theta e_{t-12} + \theta\Theta e_{t-13} \quad (5.29)$$

Burada,

$\theta$ ; mevsimsel hareketli ortalama [SMA(1)] teriminin katsayısıdır.

$\theta\Theta$ ; katsayısı modeldeki etkileşimi göstermektedir.

### 5.3.9.2.3. Mevsimsel otoregresif hareketli ortalama modelleri

En genel Box-Jenkins modeli olan ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q)<sub>s</sub> modeli, Eşitlik (5.30)'da gösterilmektedir. Bu modele Karma Çarpımsal Box-Jenkins Modeli adı da verilmektedir (Kadılar, 2005).

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps})(1 - B)^d (1 - B^s)^D z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)(1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs})e_t \quad (5.30)$$



#### 5.4. Zaman Serisi Analizi

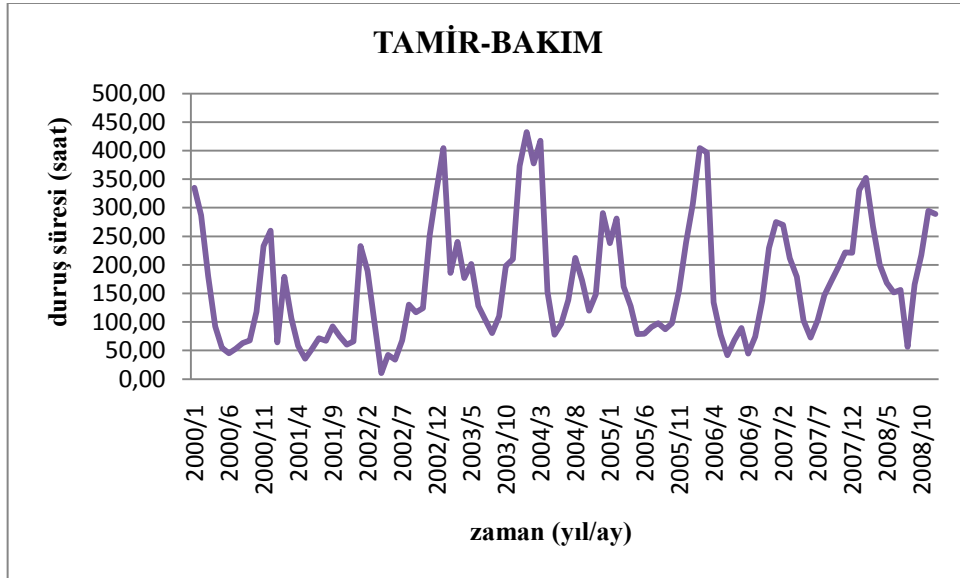
Zaman serisi analizine tabii tutulacak serinin her şeyden önce durağan olması gerektiğinden; çalışmada kullanılan yazılım, model belirleme aşamasından önce serinin durağanlaştırılması işlemini otomatik olarak yapmakta ve durağan seriye göre model belirlemektedir. Aksi halde, seri durağanlaştırılmadan yapılan analizlerin doğru sonuç vermesi imkansızdır. Çalışmada kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir. Yazılım tarafından, veri seti için uygun bulunan zaman serisi modelleri tablo halinde verilmektedir. Sonrasında ise, bu uygun olan modeller içinden veri setine en uygun olan modelin seçim aşaması vardır. Bu aşama için yazılım, uygun olan tüm modeller için, pek çok hata terimi (RMSE, MAE, MAPE, ME, MPE) hesaplamaktadır. Bu hata terimlerinin yanı sıra bir de, en yaygın olarak kullanılan model seçim kriterleri olan Akaike Bilgi Kriterini (AIC), tüm uygun modeller için hesaplamaktadır. Uygun olan modeller içinden, bu kriter değerinin en küçüğüne sahip olan model, seriye en uygun model olmaktadır (Kadılar, 2005). En uygun model belirlendikten sonra, orijinal serinin otokorelasyon fonksiyonu ve tahmin serisinin otokorelasyon fonksiyonu programda çizdirilerek karşılaştırılmaktadır. Benzer olmaları durumunda tahmin için kullanılan modelin, veri seti için iyi bir model olduğu söylenebilmekte ve son işlem olan ön raporlama işlemi gerçekleştirilerek belirlenen model üzerinden kamyon gruplarına ait 2009 arıza süreleri tahminlenmektedir. İşletmeden temin edilen 2009 yılının tüm aylarının gerçek değerleri ile zaman serisi analiziyle tahmin edilen 2009 yılının tüm aylarının tahmin değerleri karşılaştırılmaktadır.

##### 5.4.1. Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının zaman serisi analizi

İşletmede dekapaj malzemesi taşımakta kullanılan 53 adet Wabco 85-D kamyon bulunmaktadır. Bu kamyonlara, çalışma kapsamında iki analiz uygulanmıştır. İlkinde kamyonların *tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri*, ikincisinde kamyonların *operasyonel duruş süreleri* analize tabii tutulmuştur.

#### 5.4.1.1. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin analizi

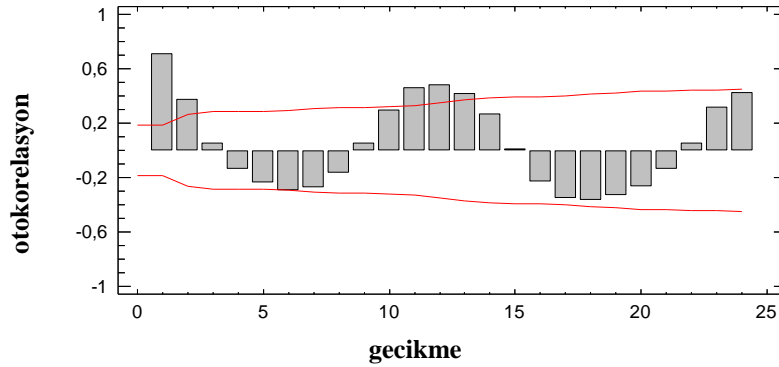
Dekapaj malzemesi taşıyan Wabco 85-D kamyonların 2000-2008 yılları arası tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin zaman serisi grafiği Şekil 5.5’de verilmiştir. Bu grafik, veri setinin zaman içinde nasıl davrandığının görülmesine ve veri setinin yorumlanmasına katkı sağlamaktadır. Grafikte pik yapan değerler çoğunlukla kış aylarına rastlamaktadır. Açık ocak madencilik faaliyetlerinin kış aylarında hava şartları nedeniyle yavaşladığı ve zaman zaman durduğu düşünüldüğünde, kış aylarında tamir-bakımdan kaynaklı duruşların pik yapması anlaşılır olmaktadır. Kış aylarındaki tamir-bakımdan kaynaklı duruşların artmasının nedeni, kamyonların rutin bakımlarının kış aylarında yapılmasıdır. Duruşların en az olduğu dönemler genelde madencilik faaliyetlerinin yoğun yapıldığı dönemler olmaktadır. Ancak grafikten de görüldüğü gibi, duruş süreleri sıfır değerine ulaşmamaktadır. Bunun nedeninin, madenciliğin aktif yapıldığı dönemlerdeki arızalanmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.5. Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için)

Zaman serisi analizlerinde, ACF ve PACF grafiklerine göre seriye uygun olabilecek model belirlenir (Kadılar, 2005). Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların oluşturduğu serinin otokorelasyon grafiğine bakıldığında, ACF(1), ACF(12) ve ACF(24)'e karşılık gelen gecikmelerde pozitif otokorelasyonlar birbirine benzer yapı göstermektedir (Şekil 5.6). Ayrıca ACF(6) ve ACF(18)'e karşılık gelen gecikmelerde negatif otokorelasyonlar birbirine benzer yapı göstermektedir. Bu benzerlik; hem ilerleyen pozitif gecikmelerde hem de ilerleyen negatif gecikmelerde simetrik olarak devam etmektedir.

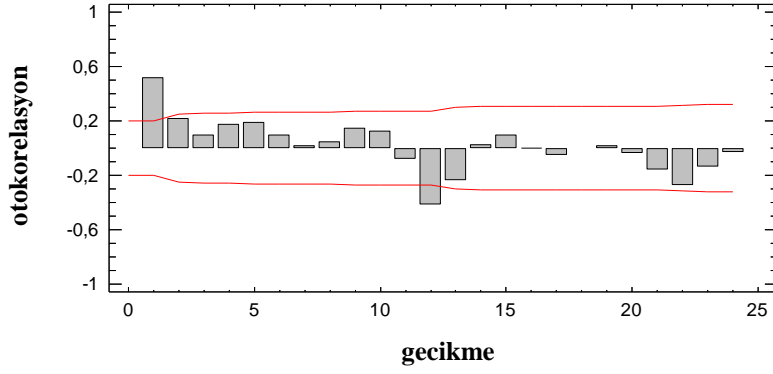
Serinin otokorelasyon fonksiyonundaki 12'şer aylık dönemlere karşılık gelen gecikmelerin benzer yapıya sahip olması serinin mevsimsel bir yapı gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Serinin mevsimsellik içermesi durağan olmadığını gösterir. Dolayısı ile, serinin durağanlaştırılması için mevsimsel farkı alınmalıdır. Seride 12'şer aylık gecikmelerde benzer yapı tekrarlandığı için, alınacak mevsimsel fark 12 aylık olmalıdır.



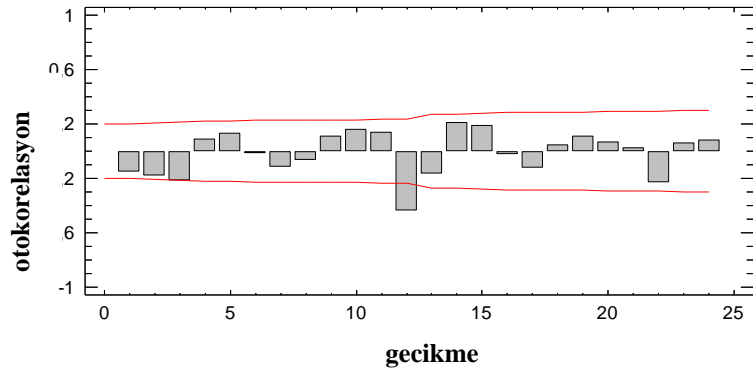
Şekil 5.6. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için)

Mevsimsel farkı alınan serinin tekrar ACF grafiği oluşturulur (Şekil 5.7) ve durağanlaşıp durağanlaşmadığına tekrar değerlendirilir. Durağan zaman serilerinde ACF fonksiyonu k gecikmede sifıra gider. Eğer seri, k gecikmede sifıra gitmiyorsa, durağanlığı sağlamak için bu kez de 1. dereceden farkı alınır (Sevüktekin ve

Nargeleçeken, 2010). 1. Dereceden farkı alındıktan sonra serinin ACF grafiği tekrar incelenir ve k gecikmede sifıra gidip gitmediği tekrar değerlendirilir. Tamir-bakımdan kaynaklanan duruş süreleri serisi 1.derece mevsimsel farkı ve 1.derece farkı alındıktan sonra durağanlaşmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.7. Serinin mevsimsel farkı ( $D=1$ ) alındıktan sonraki ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)



Şekil 5.8. Serinin 1. derece farkı ( $d=1$ ) alındıktan sonraki ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

Seri durağanlaştırıldıktan sonra modelin parametreleri tahminlenmeye çalışılır. Parametrelerin tahminlenmesi aşamasında çeşitli bilgisayar yazılımlarından destek alınır ve optimum parametreler bulunana kadar denemeler yapılır (Sevüktekin ve Nargeleçeken, 2010). Çalışmada kullanılan yazılım, otomatik tahminleme modülü sayesinde, denemeler yaparak uygun olan parametreleri tahmin etmektedir.

Dekapaj malzemesi taşıyan Wabco 85-D kamyonların tamir-bakımdan kaynaklı duruş süresi analizi için 108 adet veriden oluşan 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3.Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

(A) Rastgele yürüyüş
(B) Sabit ortalama = 166,193
(C) Doğrusal trend = $-450,444 + 0,94215 t$
(H) Basit üstel düzeltirme (alfa = 0,415)
(I) Brown doğrusal üstel düzeltirme (alfa = 0,1483)
(J) Holt doğrusal üstel düzeltirme (alfa = 0,3805 ve beta = 0,0266)
(M) $ARIMA(1,1,1) \times (1,1,2)_{12}$
(N) $ARIMA(1,1,1) \times (2,1,2)_{12}$
(O) $ARIMA(1,1,2) \times (1,1,2)_{12}$
(P) $ARIMA(2,1,1) \times (1,1,2)_{12}$
(Q) $ARIMA(0,1,2) \times (2,1,2)_{12}$

Uygun bulunan 11 modelin hata terimleri (RMSE, MAE, MAPE, ME, MPE) ve model kontrol kriterlerinden biri olan Akaike Bilgi Kriteri(AIC) değerleri hesaplanmakta ve tablo olarak görüntülenmektedir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Modellerin hata terimleri ve AIC değeri tablosu (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>ME</i>	<i>MPE</i>	<i>AIC</i>
(A)	63,2237	43,3663	35,5712	-0,359396	-11,4778	8,48662
(B)	72,172	52,2497	52,7646	0,0728641	-30,714	8,78033
(C)	67,7958	49,3117	45,2957	0,530424	-24,615	8,67374
(H)	59,7944	40,7873	35,5843	1,84726	-14,7297	8,40405
(I)	63,1189	44,0243	37,5103	0,595307	-15,6468	8,51226
(J)	60,8031	41,2991	34,5831	5,1397	-10,9372	8,45602
(M)	52,4519	39,9298	32,4066	-1,48537	-9,7455	8,01239
(N)	52,6484	39,5904	33,2546	-0,919473	-8,13504	8,03838
(O)	52,8229	39,9745	32,2487	-1,43641	-9,67254	8,045
(P)	52,8366	39,9985	32,2469	-1,41372	-9,5706	8,04552
(Q)	53,3078	40,3324	34,5272	0,165764	-6,718	8,06328

Uygun modeller içinden, veri setine en uygun olan model en yaygın kullanılan model seçim kriterleri olan AIC değerlerine bakarak karşılaştırılmaktadır. Uygun olan modeller içinden, bu kriter değerinin en küçüğüne sahip olan model, seriye en uygun model olmaktadır (Kadılar, 2005). Çizelge 5.4'e bakıldığında, en küçük AIC değerini (8.01239) gösteren (M) modelinin veri setine en uygun model olduğu söylenebilmektedir. Ancak, N, O, P ve Q modellerinin AIC değerlerinin, M modelinin AIC değerine çok yakın değer aldığı görülmektedir. Çizelge 5.3'te verilen tüm modellerin tamir-bakımdan kaynaklı duruş süresi verilerine uygun modeller olduğu düşünüldüğünde, bu durum normal karşılanabilmektedir.

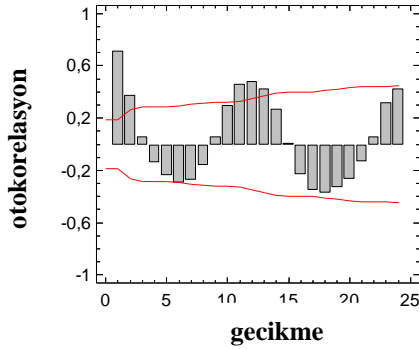
Çizelge 5.3'den (M) modelinin  $ARIMA(1,1,1) \times (1,1,2)_{12}$  olduğu görülmektedir. Seçilen  $ARIMA(1,1,1) \times (1,1,2)_{12}$  modelinin parametre değerleri Çizelge 5.5'de verilmektedir. Burada tahmin sütununda verilen değerler, modelin katsayılarını oluşturmaktadır. Ayrıca her katsayının tahmininin standart hatası da verilmektedir.

$p < 0,05$  durumunun sağlanması, katsayıların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterdiğinden, Çizelge 5.5’de verilen tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır.

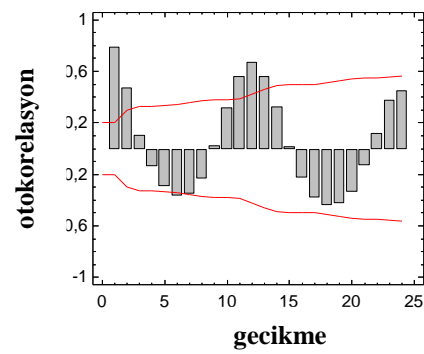
Çizelge 5.5. ARIMA(1,1,1)x(1,1,2)<sub>12</sub> modelinin parametre değerleri

Değişken	Tahmin	Standart hata	t-istatistiği	p-değeri
AR(1)	0,44342	0,127526	3,47709	0,000783
MA(1)	0,878849	0,0638298	13,7686	0,000000
SAR(1)	0,421766	0,163001	2,5875	0,011270
SMA(1)	1,6486	0,0911144	18,0937	0,000000
SMA(2)	-0,717232	0,0807473	-8,88242	0,000000

Bir zaman serisi modeli belirlenip, parametreleri tahmin edildikten sonra ayırt edici testler yardımı ile yapılan tanımlamanın ne kadar doğru olduğu ortaya koyulabilir. Ayırt edici kontrolün süreci iki aşamayı içerir. Birincisi, benzetilen serinin ACF grafiği, gerçek serinin ACF grafiği ile karşılaştırılır. Eğer iki otokorelasyon fonksiyonu oldukça farklı görünüyorsa modelin geçerliliği üzerinde şüpheyle durulur ve yeniden başka bir model belirlenmeye çalışılır. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisi için gerçek seri ve tahmin serisi ACF grafikleri benzer yapı gösterdiğinden (Şekil 5.9), seçilen modelin yeterliliğinin kontrolü için yapılan ilk ayırt edici kontrol yönteminden; model yeterli çıkmaktadır.



a)gerçek seri için



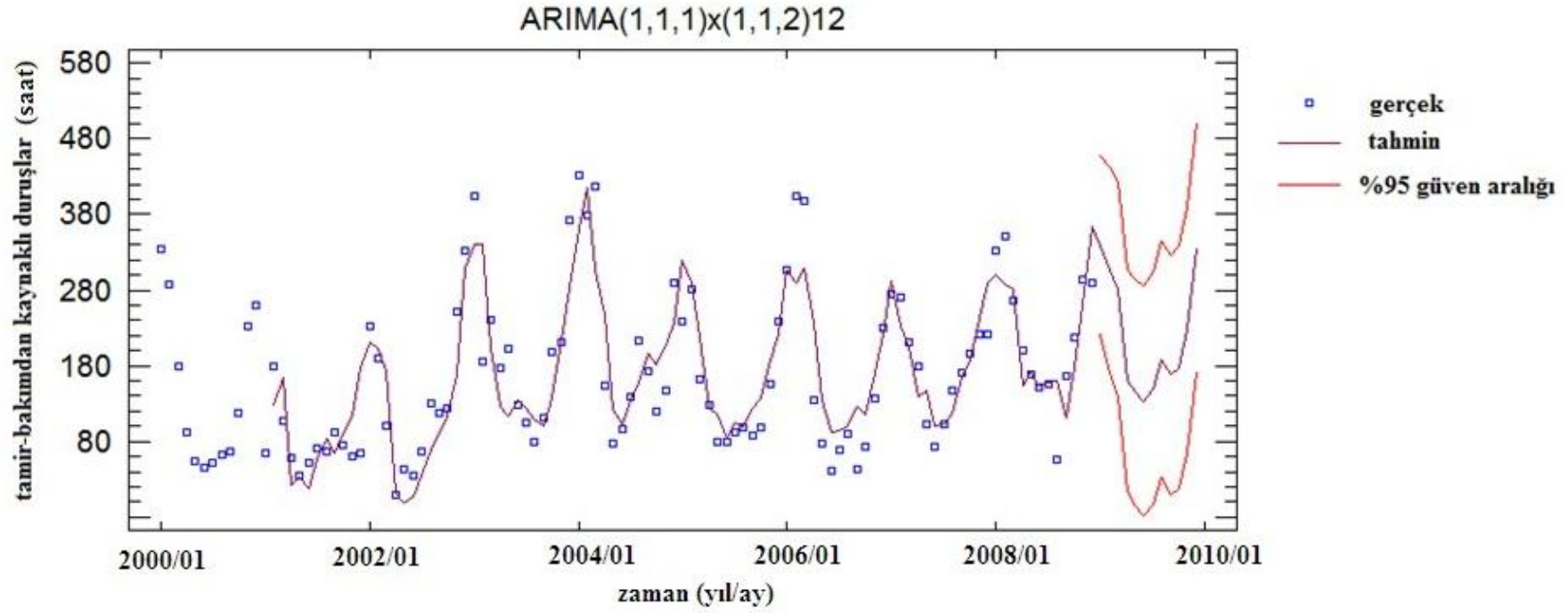
b)tahmin serisi için

Şekil 5.9. ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

İki otokorelasyon fonksiyonu belirgin biçimde farklı değilse, bu durumda ikinci aşama olan; modelin artıkları analiz edilir. Artıkların, rastgele hareketlere sahip ve her birinin diğeri ile yaklaşık olarak korelasyonsuz olması beklenir. Artıkların analizi, Box-Pierce istatistiği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Box-Pierce istatistiğinde; sıfır hipotezi ( $H_0$ ), tüm otokorelasyonların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ileri sürerken; alternatif hipotez ( $H_1$ ), en az bir otokorelasyonun anlamlı olduğunu göstermektedir (Sevüktekin ve Nargeleşken, 2010). Uyguladığımız Box-Pierce istatistiğinin p-değeri (0,177344) olarak bulunmuştur. p-değeri  $> 0,05$  olduğundan;  $H_0$  reddedilemez. Bir başka ifadeyle; artıkların tüm otokorelasyonlarının istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

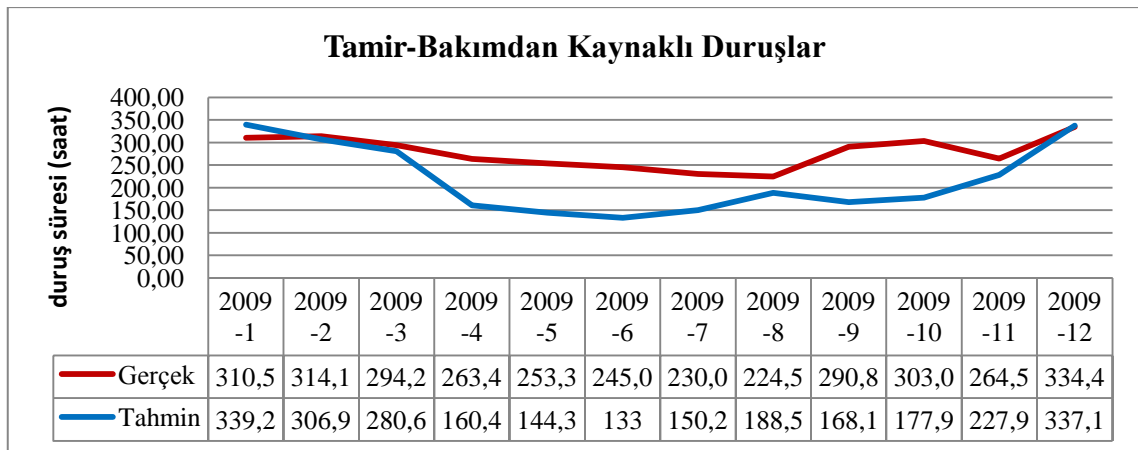
2000-2008 yılları arasındaki gerçek değerlerin serpm diyagramı ve 2000-2009 yılları arasındaki ARIMA(1,1,1)x(1,1,2)<sub>12</sub> modeline uyan tahmin değerlerinin grafiği çizilmiştir (Şekil 5.10). Burada, 2009 yılına ait 12 aylık tahminlerinin %95 güven aralığında yapıldığı görülmektedir.





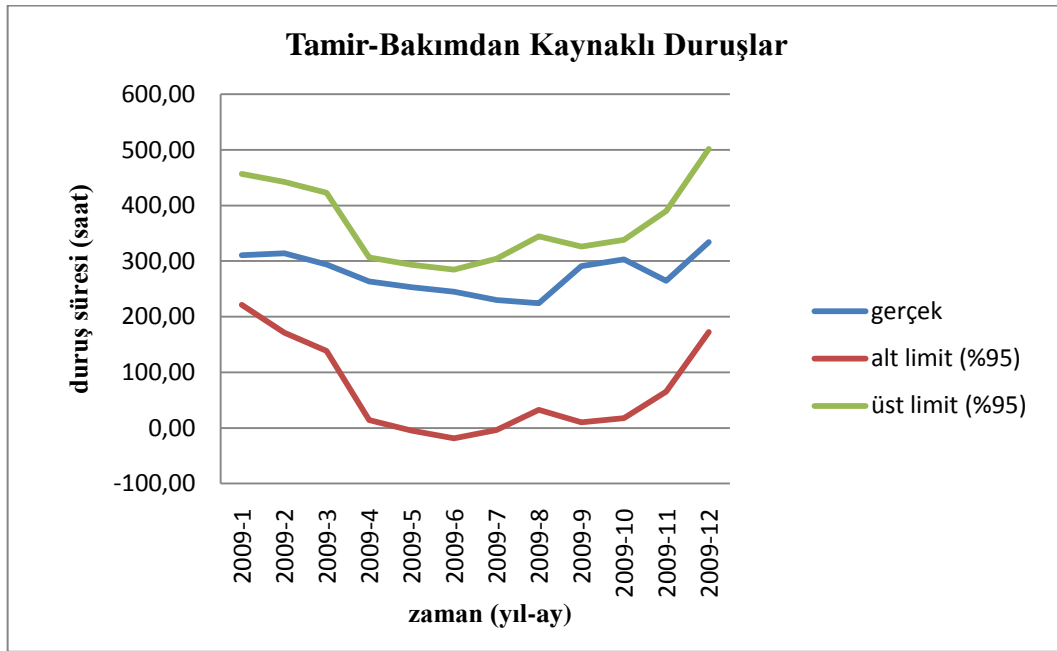
Şekil 5.10. ARIMA(1,1,1)x(1,1,2)<sub>12</sub> modelinin tahmin değerleri grafiği

2009 yılı için modelin belirlediği tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin tahmin değerleri ile işletmeden alınan tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin gerçek değerleri çizgi grafiğinde gösterilmektedir (Şekil 5.11). 2009'un Ocak, Şubat, Mart, Ağustos ve Aralık aylarında modelin oluşturduğu tahmin değerleri ile gerçek değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. Diğer aylarda ise, bu değerler arasında önemli bir sapma olmadan, paralel devam etmektedir. Genel olarak, tahmin değerleri ile gerçek değerler birbirleri ile örtüşmektedir. Şekil 5.11'de gösterilen tahmin değerlerinin seyrinin, Şekil 5.5'deki gerçek serinin seyriyle benzerlik gösterdiği görülmektedir. 2009'un tahmininde de tıpkı gerçek serideki gibi kış aylarında tamir-bakımdan kaynaklanan duruşlarda bir artış söz konusudur.



Şekil 5.11. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

Gerçek serinin, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları içinde yer alması modele güveni arttıran bir unsurdur (Kadılar, 2005). Bu nedenden dolayı, gerçek seri ile tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırlarından oluşan serilerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.12). Gerçek seri, tahmin serisinin %95 güven seviyesindeki alt ve üst güven aralığı sınırları arasında kalmaktadır.

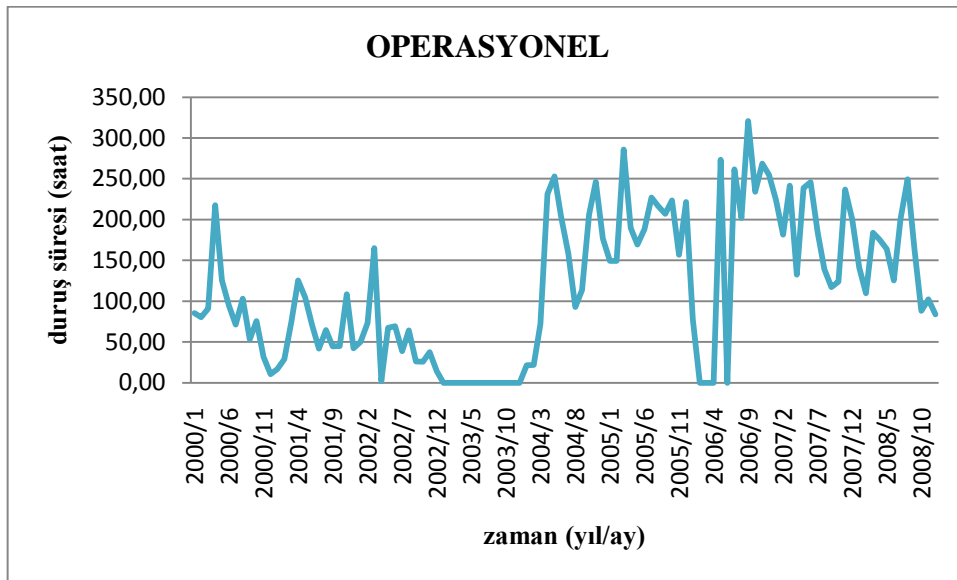


Şekil 5.12. Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

#### 5.4.1.2. Operasyonel duruş sürelerinin analizi

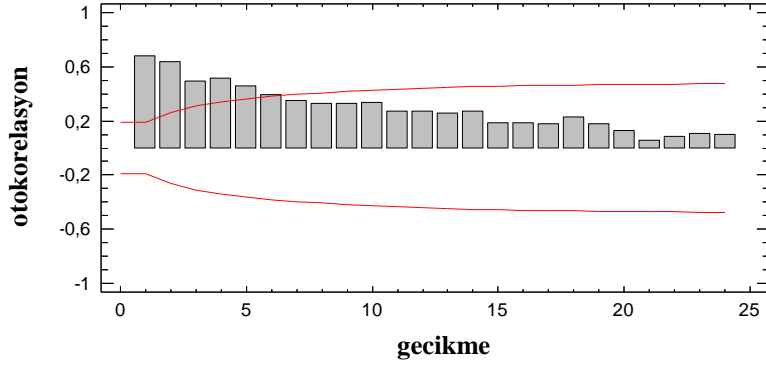
Dekapaj malzemesi taşıyan Wabco 85-D kamyonların 2000-2008 yılları arası operasyonel duruş sürelerinin zaman serisi grafiği Şekil 5.13’de verilmiştir. Bu grafik, veri setinin zaman içinde nasıl davrandığını görmemize ve veri setini yorumlamamıza fayda sağlamaktadır. Grafikte, 2003 yılının tüm aylarında operasyonel duruşların sıfır değerini aldığı gözlenmektedir. 2003 yılında hiç operasyonel duruşun olmaması, 2003 yılı için planlanan çalışma saatinin tümünü tamir-bakımdan kaynaklanan duruşların almış olabileceğini düşündürmüştür. Bu yüzden tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği tekrar incelenmiştir. Operasyonel duruş süreleri grafiğinde sıfır değeri alan 2003 yılı, tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiğinde pik yapmış dönemlerden biridir. Bu durum, operasyonel duruşların 2003 yılı için minimum değerler alacağını düşünmemizi sağlar. Ancak sıfır olmasının nedenini tam olarak açıklamaz. Bu yüzden bir de, kullanılan veri seti incelenmiştir. 2003 yılı için

planlanan çalışma saatinin tümü ile tamir-bakımdan kaynaklanan duruş sürelerinin tümü aynı olmadığından ve operasyonel duruşlar da bu dönemde sıfır olduğundan, planlanan çalışma saati ile tamirden kaynaklı duruşların süreleri arasındaki farkın, işletmede tariflenmeyen başka bir nedenden dolayı olduğu düşünülmektedir. Eğer elimizde 2000-2008 yılları arasında işletmede yapılan dekapaj miktarı bilgileri olsaydı; bu üretim bilgisine dayanarak, 2003 yılında hiç operasyonel duruş olmaması daha iyi yorumlanabilirdi. 2003 yılı için aynı durum 2006 yılının Şubat, Mart ve Mayıs ayları içinde geçerlidir. Grafikten, bu aylarda da operasyonel duruşların sıfır değeri aldığı görülmektedir.



Şekil 5.13. Operasyonel duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için)

Operasyonel duruşların oluşturduğu serinin otokorelasyon grafiği incelendiğinde, serinin mevsimsel bir yapı göstermediği görülmektedir (Şekil 5.14). Dolayısı ile serinin mevsimsel farkının alınmasına ihtiyaç yoktur. Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiğine baktığımızda, fonksiyonun sıfıra gittiği görüldüğünden, fark alma işlemine de ihtiyaç yoktur.



Şekil 5.14. Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için)

Dekapaj malzemesi taşıyan Wabco 85-D kamyonların operasyonel duruş süresi analizi için 108 adet veriden oluşan 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir (Çizelge 5.6).

Uygun bulunan 4 modelin hata terimleri (RMSE, MAE, ME) değerleri Çizelge 5.7’de verilmektedir.

Çizelge 5.6. Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

(A) $ARIMA(1,0,1)$ sabit terim ile
(B) Doğrusal trend = $-839,267 + 1,46199 t$ (çarpımsal)
(C) Basit üstel düzleştirme (alfa = 0,5662) (çarpımsal)
(D) Brown doğrusal üstel düzleştirme (alfa = 0,2779) (çarpımsal)

Çizelge 5.7. Modellerin hata terimleri tablosu (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>ME</i>
(A)	62,585	44,6365	0,221938
(B)	79,3639	61,47	-1,60094
(C)	66,6854	42,2892	-1,46722
(D)	72,6927	45,2148	-2,94102

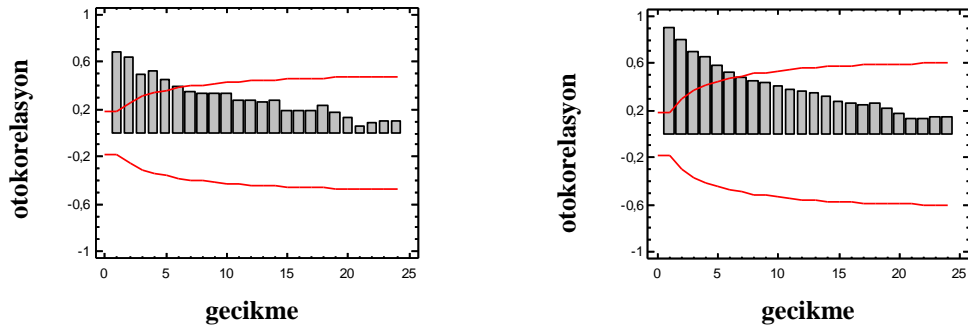
Çizelge 5.7’de hata terimlerinin almış olduğu değerler incelendiğinde, veri setine en uygun modelin (A) modeli olduğu söylenmektedir. Çizelge 5.6’dan (A) modelinin ARIMA(1,0,1) olduğu görülmektedir. Bu modelde bir de; (12,4414) değerinde sabit terim bulunmaktadır.

Seçilen ARIMA(1,0,1) modelinin parametre değerleri de Çizelge 5.8’de verilmektedir. Burada tahmin sütununda verilen değerler, modelin katsayılarını oluşturmaktadır. Ayrıca her katsayının tahmininin standart hatası da verilmektedir.  $p < 0,05$  durumunun sağlanması, katsayıların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterdiğinden, Çizelge 5.8’de verilen tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çizelge 5.8. ARIMA(1,0,1) modelinin parametre değerleri

Değişken	Tahmin	Standart hata	t-istatistiği	p-değeri
AR(1)	0,891937	0,0605053	14,7415	0,000000
MA(1)	0,428048	0,119572	3,57984	0,000522

Bir model belirlenip, parametreleri tahmin edildikten sonra ayırt edici testler yardımı ile yapılan tanımlamanın ne kadar doğru olduğu ortaya konulmaktadır. Benzetilen serinin ACF grafiği, gerçek serinin ACF grafiği ile karşılaştırılır. Operasyonel duruş süreleri serisi için, gerçek seri ve tahmin serisi ACF grafikleri benzer yapı gösterdiğinden (Şekil 5.15), model yeterli çıkmaktadır.



a)gerçek seri için

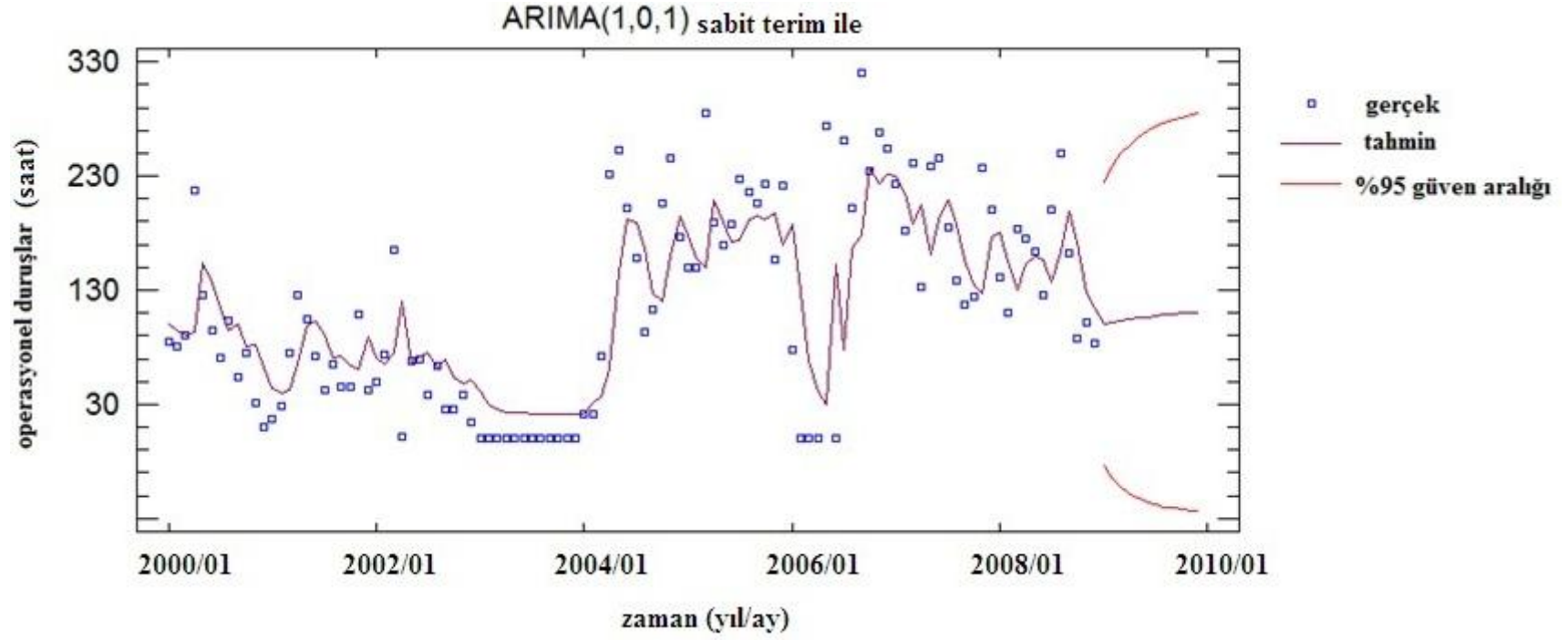
b)tahmin serisi için

Şekil 5.15. ACF grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

Artıkların analizi, Box-Pierce istatistiği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Box-Pierce istatistiğinde; sıfır hipotezi ( $H_0$ ), tüm otokorelasyonların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ileri sürerken; alternatif hipotez ( $H_1$ ), en az bir otokorelasyonun anlamlı olduğunu göstermektedir (Sevüktekin ve Nargeleçeken, 2010). Uyguladığımız Box-Pierce istatistiğinin p-değeri (0,729762) olarak bulunmuştur. p-değeri  $> 0,05$  olduğundan;  $H_0$  reddedilemez. Bir başka ifadeyle; artıkların tüm otokorelasyonlarının istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Artıkların, rastgele hareketlere sahip ve her birinin diğeri ile yaklaşık olarak korelasyonsuz olduğu söylenmektedir.

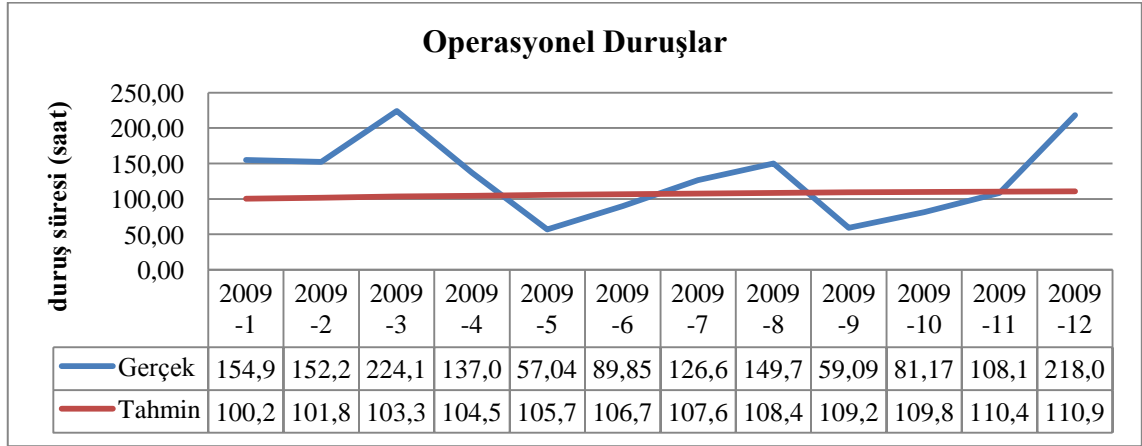
2000-2008 yılları arasındaki gerçek değerlerin serpm diyagramı ve 2000-2009 yılları arasındaki ARIMA(1,0,1) modeline uyan tahmin değerlerinin grafiği çizilmiştir (Şekil 5.16). Burada, 2009 yılına ait 12 aylık tahminlerin, %95 güven aralığında yapıldığı görölmektedir.





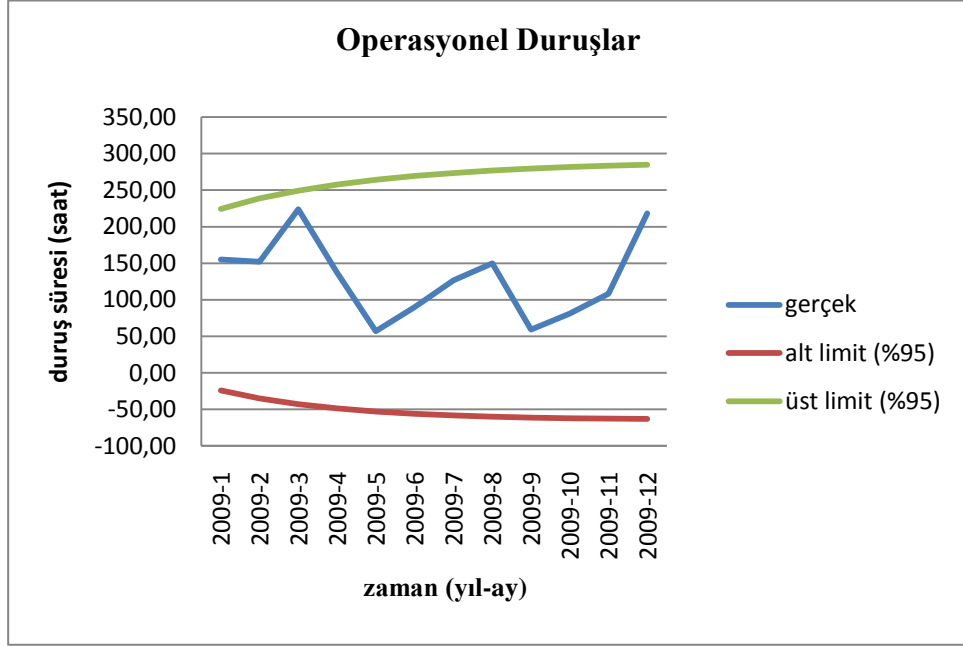
Şekil 5.16. ARIMA(1,0,1) modeline uygun zaman serisi grafiği

2009 yılı için modelin belirlediği tahmin değerleri ile işletmeden alınan gerçek değerlerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

Gerçek serinin, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları içinde yer alması modele güveni arttıran bir unsurdur (Kadılar,2005). Bu nedenden dolayı, gerçek seri ile tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırlarından oluşan serilerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.18). Gerçek seri tamamıyla tahmin serisinin %95 güven seviyesindeki alt ve üst güven aralığı sınırları arasında kalmaktadır.



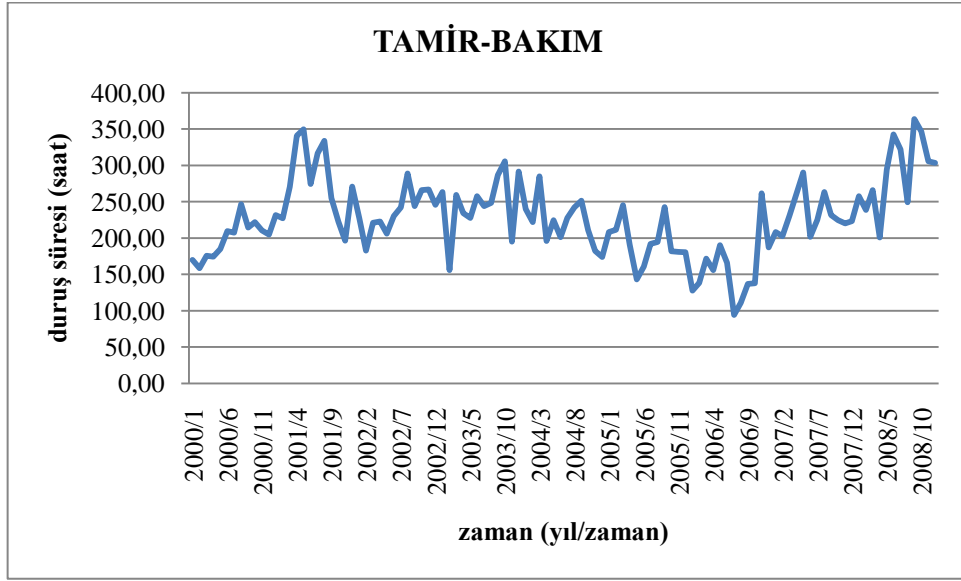
Şekil 5.18. Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

#### 5.4.2. Wabco 85-D kömür kamyonlarının zaman serisi analizi

İşletmede kömür taşımakta kullanılan, 20 adet Wabco 85-D kamyon bulunmaktadır. Bu kamyonlara, çalışma kapsamında iki analiz uygulanmıştır. İlkinde kamyonların *tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri*, ikincisinde kamyonların *operasyonel duruş süreleri* analize tabii tutulmuştur.

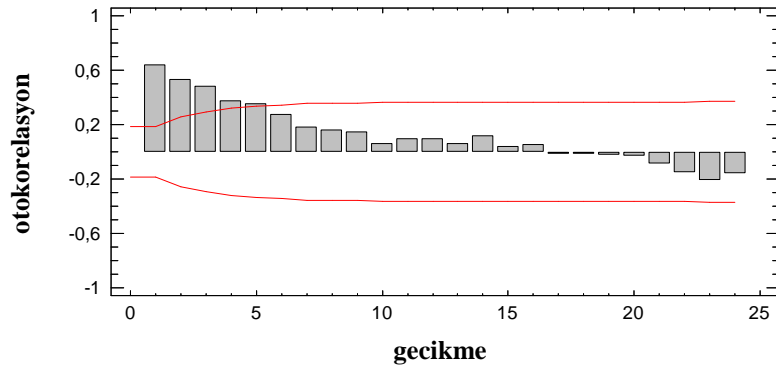
##### 5.4.2.1. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin analizi

Kömür taşıyan Wabco 85-D kamyonların 2000-2008 yılları arası tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin zaman serisi grafiği Şekil 5.19'da verilmiştir.



Şekil 5.19. Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için)

Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların oluşturduğu serinin otokorelasyon grafiğine baktığımızda, serinin mevsimsel bir yapı göstermediği açıkça görülmektedir (Şekil 5.20). Dolayısı ile serinin mevsimsel farkının alınmasına ihtiyaç yoktur. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği incelendiğinde, fonksiyon sıfıra gittiğinden, fark alma işlemine de ihtiyaç yoktur.



Şekil 5.20. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için)

Kömür taşıyan Wabco 85-D kamyonların tamir-bakımdan kaynaklı duruş süresi analizi için 108 adet veriden oluşan 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9. Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir bakımından kaynaklı duruş süreleri için)

(A) $ARIMA(0,0,1) \times (2,0,2)_{12}$ sabit terim ile
(B) Doğrusal trend = $185,421 + 0,0649032 t$ (çarpımsal)
(C) Basit üstel düzleştirme (alfa = 0,4608) (çarpımsal)
(D) Brown linear exp. smoothing with (alfa = 0,2196) (çarpımsal)
(E) Winter üstel düzleştirme (alfa = 0,4667, beta = 0,0188, gamma = 0,0956)

Uygun bulunan 5 modelin hata terimleri (RMSE, MAE, MAPE, ME, MPE) değerleri Çizelge 5.10'da verilmektedir.

Çizelge 5.10. Modellerin hata terimleri tablosu (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>ME</i>	<i>MPE</i>
(A)	36,9319	28,9958	13,4965	-0,389893	-2,92196
(B)	55,1508	39,3255	19,2629	0,000272395	-5,92166
(C)	39,1193	27,5913	12,5782	2,71706	-1,07255
(D)	40,8183	29,5235	13,5183	2,15893	-0,835771
(E)	41,3991	31,0226	14,3919	-2,84874	-3,9435

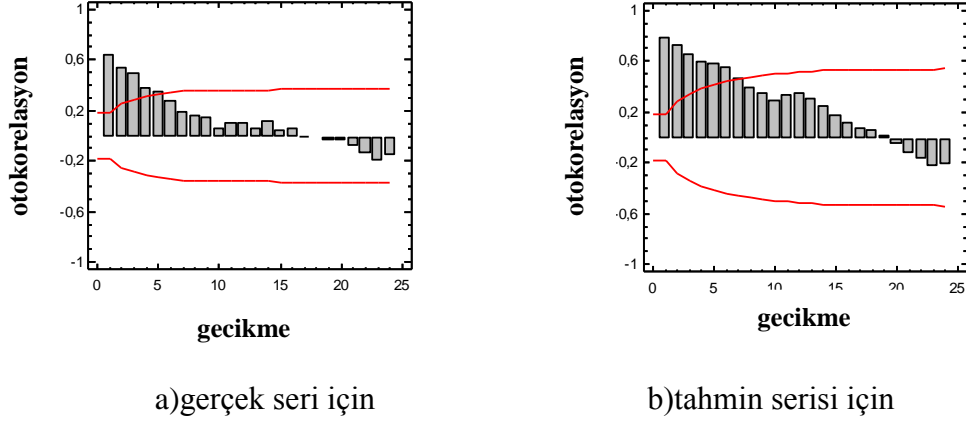
Çizelge 5.10'da hata terimlerinin almış olduğu değerler incelendiğinde, veri setine en uygun modelin (A) modeli olduğu söylenmektedir. Çizelge 5.9'dan (A) modelinin  $ARIMA(0,0,1) \times (2,0,2)_{12}$  olduğu görülmektedir. Bu modelde, (201,888) değerinde sabit terim bulunmaktadır.

Seçilen  $ARIMA(0,0,1) \times (2,0,2)_{12}$  modelinin parametre değerleri de Çizelge 5.11'de verilmektedir. Burada tahmin sütununda verilen değerler, modelin katsayılarını oluşturmaktadır. Ayrıca her katsayının tahmininin standart hatası da verilmektedir.  $p < 0,05$  durumunun sağlanması, katsayıların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterdiğinden, Çizelge 5.11'de verilen tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan, MA(1), SAR(1), SAR(2), SMA(1) ve SMA(2) değişkenleri modelde bulunmalıdır.

Çizelge 5.11.  $ARIMA(0,0,1) \times (2,0,2)_{12}$  modelinin parametre değerleri

Değişken	Tahmin	Standart hata	t-istatistiği	p-değeri
MA(1)	-0,346963	0,0933088	-3,71844	0,000328
SAR(1)	1,52934	0,0617499	24,7667	0,000000
SAR(2)	-1,41428	0,0670876	-21,081	0,000000
SMA(1)	1,46774	0,0850338	17,2607	0,000000
SMA(2)	-1,33959	0,083695	-16,0056	0,000000

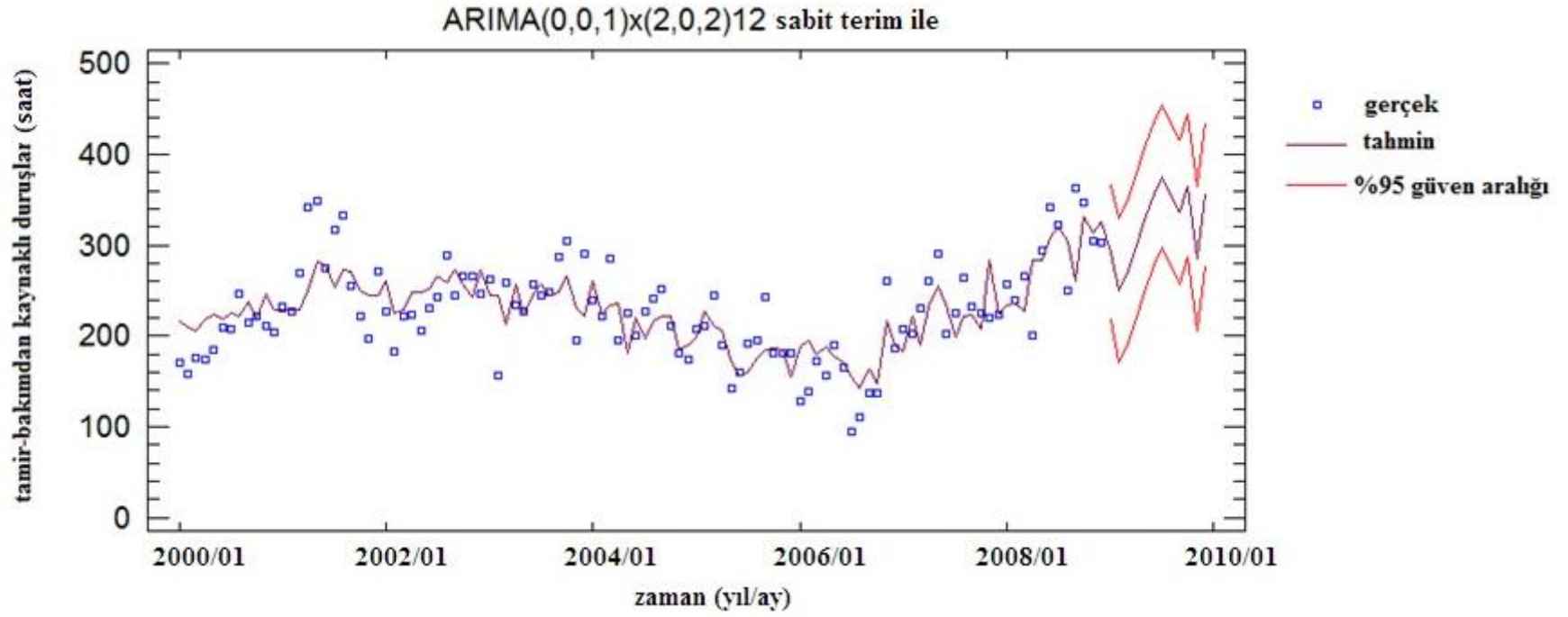
Benzetilen serinin ACF grafiği, gerçek serinin ACF grafiği ile karşılaştırılır. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisi için, gerçek seri ve tahmin serisi ACF grafikleri benzer yapı gösterdiğinden (Şekil 5.21), model yeterli çıkmaktadır.



Şekil 5.21. ACF grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

Artıkların analizi, Box-Pierce istatistiği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uyguladığımız Box-Pierce istatistiğinin p-değeri (0,188114) olarak bulunmuştur. p-değeri  $> 0,05$  olduğundan; artıkların tüm otokorelasyonlarının istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Artıkların, rastgele hareketlere sahip ve her birinin diğeri ile yaklaşık olarak korelasyonsuz olduğu söylenmektedir.

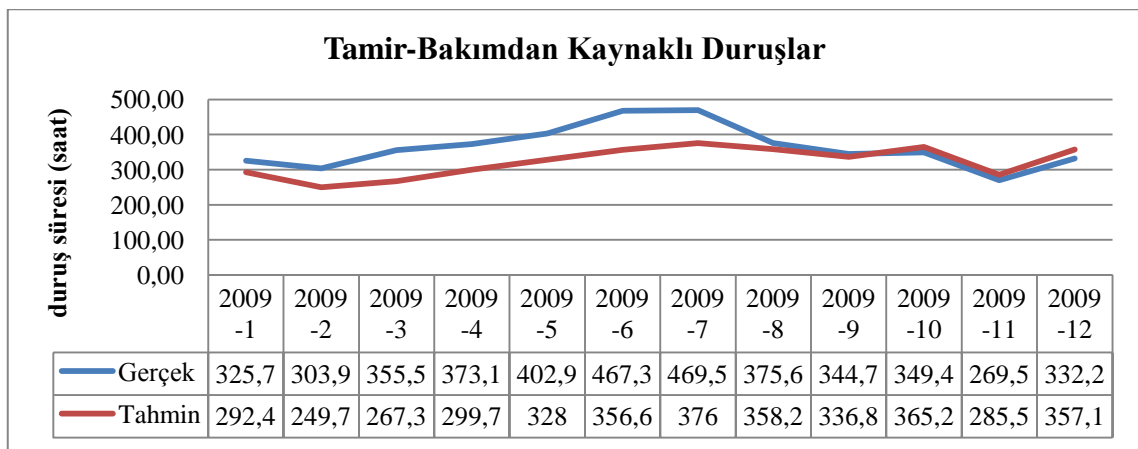
2000-2008 yılları arasındaki gerçek değerlerin serpiye diyagramı ve 2000-2009 yılları arasındaki  $ARIMA(0,0,1) \times (2,0,2)_{12}$  modeline uyan tahmin değerlerinin grafiği çizilmiştir (Şekil 5.22). Burada, 2009 yılına ait 12 aylık tahminlerin, %95 güven aralığında tahminlendiği görülmektedir.



Şekil 5.22. ARIMA(0,0,1)x(2,0,2)<sub>12</sub> modeline uygun zaman serisi grafiği

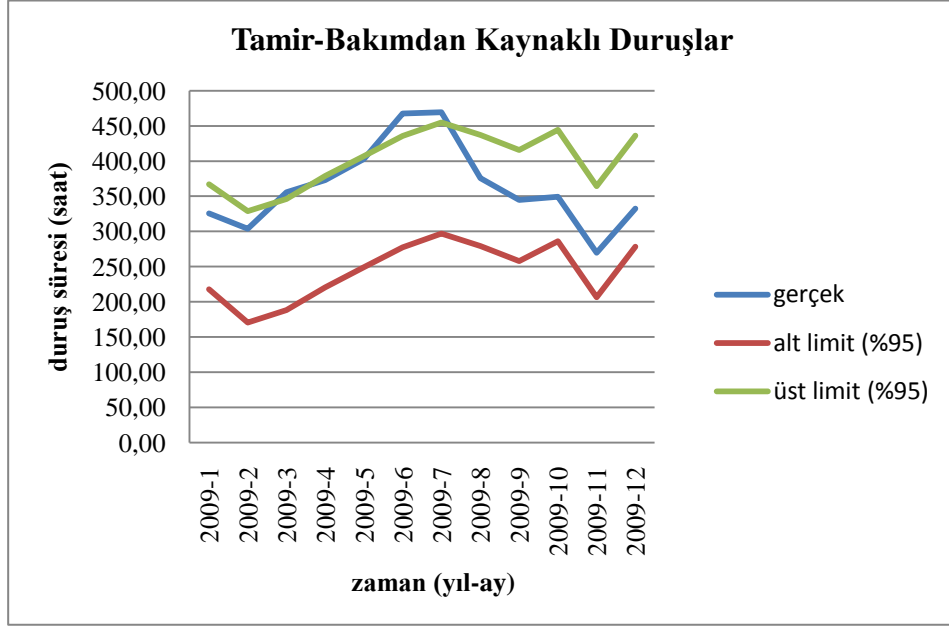


2009 yılı için modelin belirlediği tahmin değerleri ile işletmeden alınan gerçek değerlerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.23). 2009'un Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında modelin oluşturduğu tahmin değerleri ile gerçek değerler hemen hemen örtüşmektedir. Diğer aylarda ise, bu değerler arasında aşırı farklılıklar veya aşırı sapmalar oluşmamıştır. Genel olarak tahmin değerleri ile gerçek değerler birbirleri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.23. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

Gerçek serinin, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları içinde yer alması modele güveni arttıran bir unsurdur (Kadılar,2005). Bu nedenden dolayı, gerçek seri ile tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırlarından oluşan serilerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.24). Gerçek serinin mart, haziran ve temmuz ayları dışındaki tüm aylarda, tahmin serisinin %95 güven seviyesindeki alt ve üst güven aralığı sınırları arasında kaldığı görülmektedir.



Şekil 5.24. Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

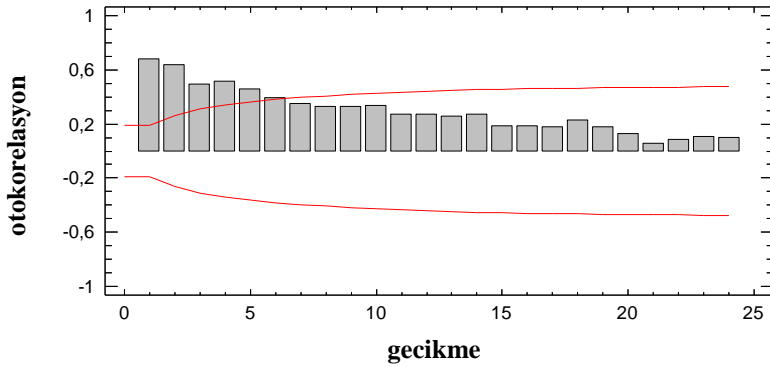
#### 5.4.2.2. Operasyonel duruş sürelerinin analizi

Kömür taşıyan Wabco 85-D kamyonların 2000-2008 yılları arası operasyonel duruş sürelerinin zaman serisi grafiği Şekil 5.25’de verilmiştir. Kömür taşıyan Wabco 85-D kamyonların operasyonel duruşlardan kaynaklanan zaman serisi grafiği ile dekapaj malzemesi taşıyan Wabco 85-D kamyonların operasyonel duruşlardan kaynaklanan zaman serisi grafiği benzerlik göstermektedir. İki grafikte de, 2003 yılının tüm ayları ile 2006 yılının Şubat, Mart, Mayıs ayları sıfır değerini almış, yani bu zaman dönemlerinde hiç operasyonel duruşları olmamıştır. Bu durum iki kamyonunda birden, aynı tarihte gerçekleştiğinden, işletmede bu dönemde operasyonel duruşların verilerinin doğru kayıt altına alınmamış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.25. Operasyonel duruşların zaman serisi grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için)

Operasyonel duruşların oluşturduğu serinin otokorelasyon grafiğine baktığımızda, serinin mevsimsel bir yapı göstermediği görülmektedir (Şekil 5.26). Dolayısı ile serinin mevsimsel farkının alınmasına ihtiyaç yoktur. Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiğine baktığımızda, fonksiyonun sifıra gittiği görüldüğünden, fark alma işlemine de ihtiyaç yoktur.



Şekil 5.26. Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için)

Kömür taşıyan Wabco 85-D kamyonların operasyonel duruş süresi analizi için 108 adet veriden oluşan 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12. Uygun bulunan modeller (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

(A) <i>ARIMA(0,0,2)</i> sabit terim ile
(B) Doğrusal trend = $-558,945 + 1,01142 t$ (çarpımsal)
(C) Basit üstel düzleştirme (alfa = 0,3984) (çarpımsal)
(D) Brown's doğrusal üstel düzleştirme (alfa = 0,1712) (çarpımsal)

Uygun bulunan 4 modelin hata terimleri (RMSE, MAE, ME) değerleri Çizelge 5.13'de verilmektedir.

Çizelge 5.13. Modellerin hata terimleri tablosu (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>ME</i>
(A)	59,595	43,6532	0,0802384
(B)	65,4003	48,0095	-0,0657593
(C)	60,5236	41,4063	0,327312
(D)	62,8844	44,022	-1,89101

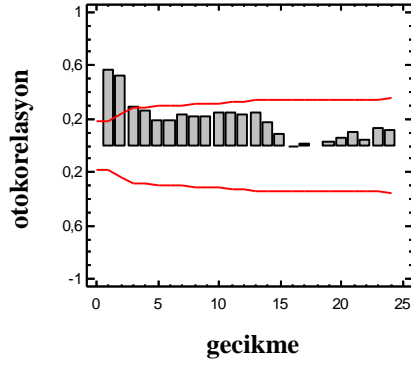
Çizelge 5.13’de hata terimlerinin almış olduğu değerler incelendiğinde, veri setine en uygun modelin (A) modeli olduğu söylenmektedir. Çizelge 5.12’den (A) modelinin ARIMA(0,0,2) olduğu görülmektedir. Bu modelde bir de; (102,899) değerinde sabit terim bulunmaktadır.

Seçilen ARIMA(0,0,2) modelinin parametre değerleri de Çizelge 5.14’de verilmektedir. Burada tahmin sütununda verilen değerler, modelin katsayılarını oluşturmaktadır. Ayrıca her katsayının tahmininin standart hatası da verilmektedir.  $p < 0,05$  durumunun sağlanması, katsayıların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterdiğinden, Çizelge 5.14’de verilen katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır.

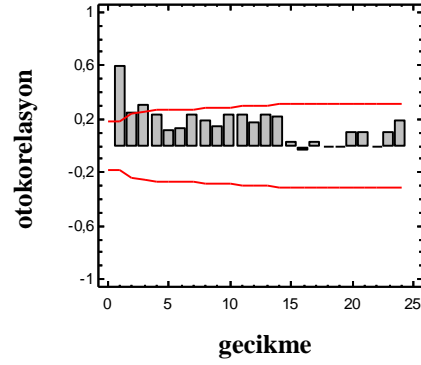
Çizelge 5.14. ARIMA(0,0,2) modelinin parametreleri değerleri

Değişken	Tahmin	Standart hata	t-istatistiği	p-değeri
MA(1)	-0,447311	0,0887686	-5,03907	0,000002
MA(2)	-0,430383	0,090972	-4,73094	0,000007

Benzetilen serinin ACF grafiği, gerçek serinin ACF grafiği ile karşılaştırılır. Operasyonel duruş süreleri serisi için, gerçek seri ve tahmin serisi ACF grafikleri benzer yapı gösterdiğinden (Şekil 5.27), model yeterli çıkmaktadır.



a)gerçek seri için

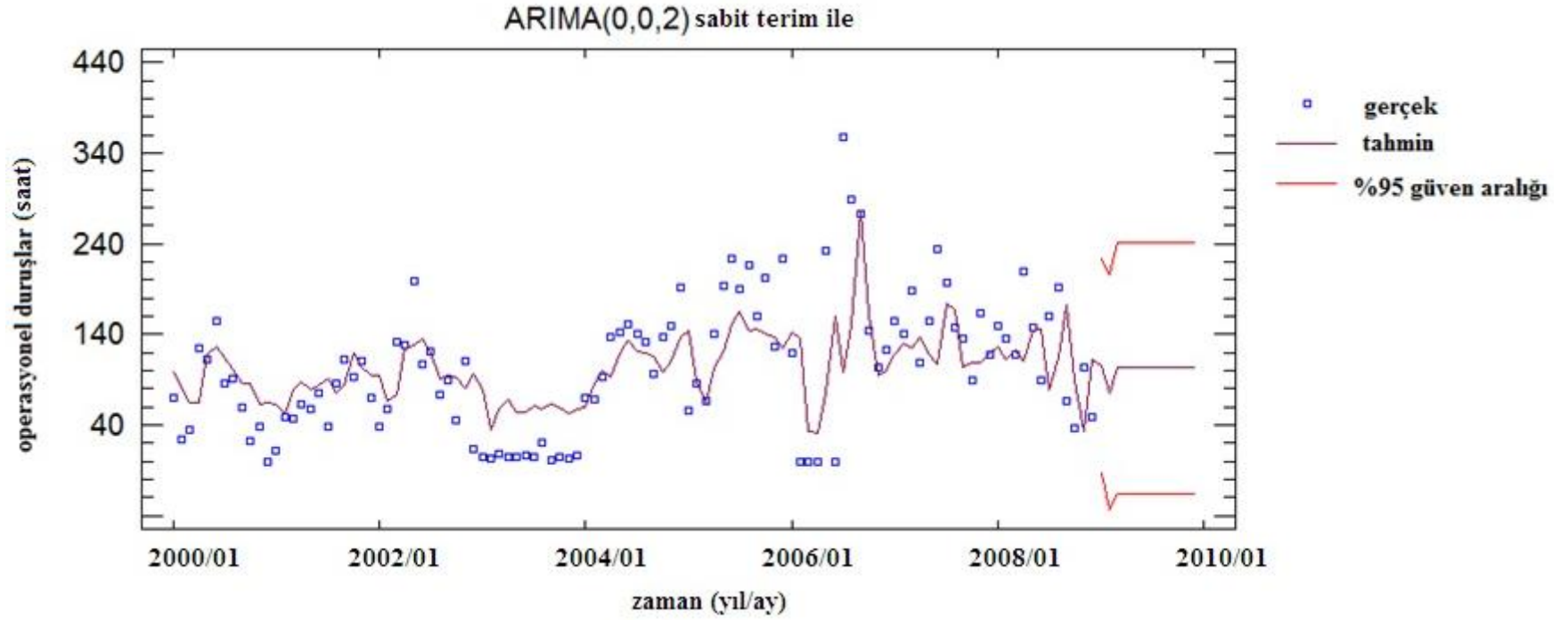


b)tahmin serisi için

Şekil 5.27. ACF grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

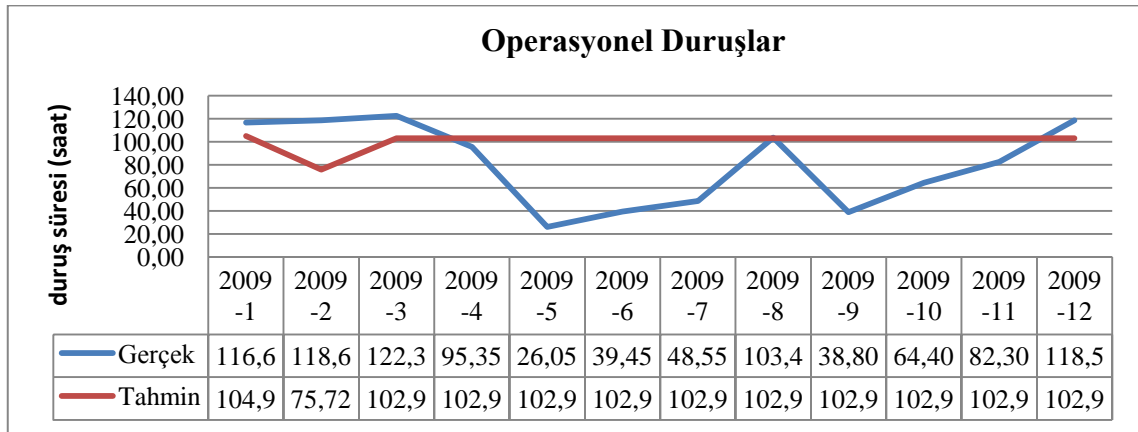
Artıkların analizi, Box-Pierce istatistiği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uyguladığımız Box-Pierce istatistiğinin p-değeri (0,171821) olarak bulunmuştur. p-değeri  $> 0,05$  olduğundan; artıkların tüm otokorelasyonlarının istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Artıkların, rastgele hareketlere sahip ve her birinin diğeri ile yaklaşık olarak korelasyonsuz olduğu söylenmektedir.

2000-2008 yılları arasındaki gerçek değerlerin serpiye diyagramı ve 2000-2009 yılları arasındaki ARIMA(0,0,2) modeline uyan tahmin değerlerinin grafiği çizilmiştir (Şekil 5.28). Burada, 2009 yılına ait 12 aylık tahminlerin, %95 güven aralığında yapıldığı görülmektedir.



Şekil 5.28. ARIMA(0,0,2)modeline uygun zaman serisi grafiği

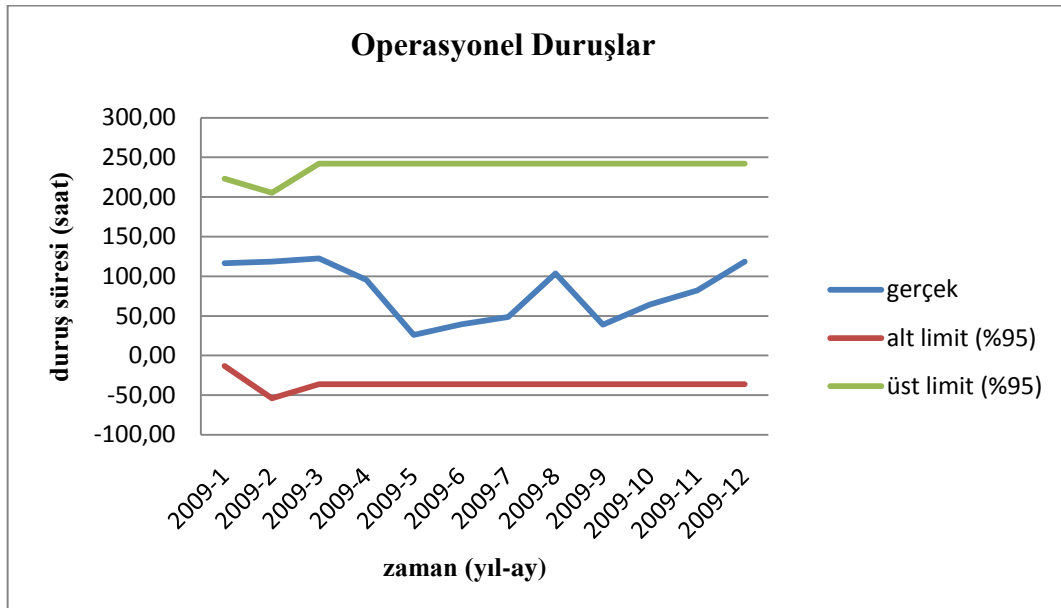
2009 yılı için modelin belirlediği tahmin değerleri ile işletmeden alınan gerçek değerlerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.29).



Şekil 5.29. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

Gerçek serinin, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları içinde yer alması modele güveni arttıran bir unsurdur (Kadılar,2005). Bu nedenden dolayı, gerçek seri ile tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırlarından oluşan serilerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.30). Gerçek seri tamamıyla tahmin serisinin %95 güven seviyesindeki alt ve üst güven aralığı sınırları arasında kalmaktadır.





Şekil 5.30. Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

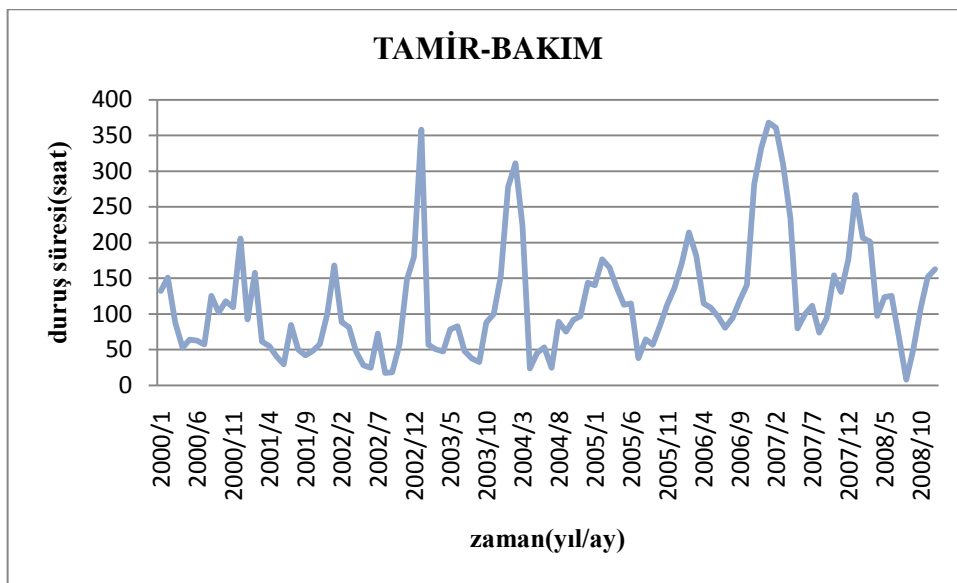
#### 5.4.3. Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının zaman serisi analizi

İşletmede dekapaj malzemesi taşımakta kullanılan 10 adet Komatsu 630Es kamyon bulunmaktadır. Bu kamyonlara, çalışma kapsamında iki analiz uygulanmıştır. İlkinde kamyonların *tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri*, ikincisinde kamyonların *operasyonel duruş süreleri* analize tabii tutulmuştur.

##### 5.4.3.1. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin analizi

Dekapaj malzemesi taşıyan Komatsu 630Es kamyonların 2000-2008 yılları arası tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin zaman serisi grafiği çizilmiştir (Şekil 5.31). Grafikte pik yapan değerler çoğunlukla kış aylarına rastlamaktadır. Açık ocak madencilik faaliyetlerinin kış aylarında hava şartları nedeniyle azaldığı ve zaman zaman durduğu düşünüldüğünde, kış aylarında tamir-bakımdan kaynaklı duruşların pik

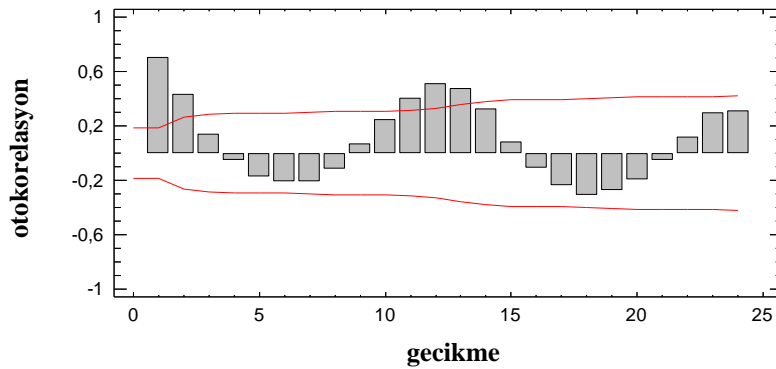
yapması anlaşılır olmaktadır. Kış aylarındaki tamir-bakımdan kaynaklı duruşların artmasının nedeni, kamyonların rutin bakımlarının kış aylarında yapılmasıdır. Duruşların en az olduğu dönemler genelde madencilik faaliyetlerinin yoğun yapıldığı dönemler olmaktadır. Ancak grafikten de görüldüğü gibi duruş süreleri asla sıfır değerine ulaşmamaktadır. Bunun nedeninin, madenciliğin aktif yapıldığı dönemlerde oluşan arızalanmalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.31. Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların zaman serisi grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için)

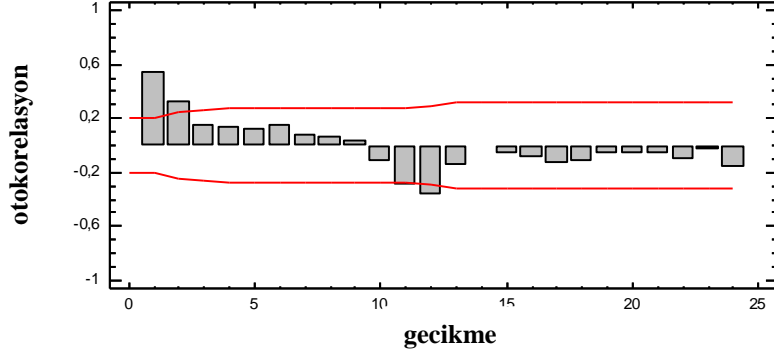
Tamir-bakımdan kaynaklı duruşların oluşturduğu serinin otokorelasyon grafiği incelendiğinde, ACF(1), ACF(12) ve ACF(24)'e karşılık gelen gecikmelerde pozitif otokorelasyonlar birbirine benzer yapı göstermektedir (Şekil 5.32). Ayrıca ACF(6) ve ACF(18)'e karşılık gelen gecikmelerde negatif otokorelasyonlar birbirine benzer yapı göstermektedir.

Serinin otokorelasyon fonksiyonundaki 12'şer aylık dönemlere karşılık gelen gecikmelerin benzer yapıya sahip olması serinin mevsimsel bir yapı gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Seride 12'şer aylık gecikmelerde benzer yapı tekrarlandığı için, alınacak mevsimsel fark 12 aylık olmalıdır.

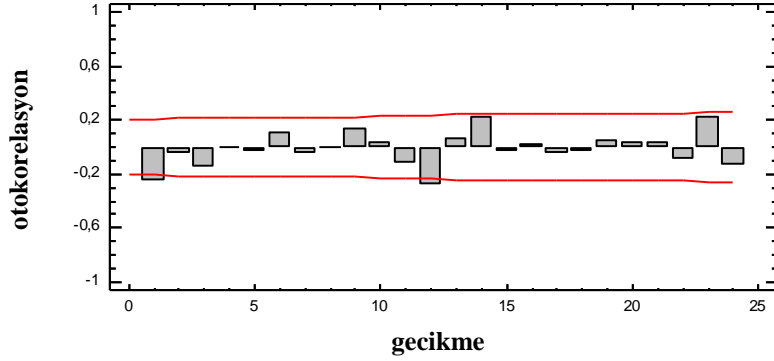


Şekil 5.32. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için)

Mevsimsel farkı alınan serinin tekrar ACF grafiği oluşturulur (Şekil 5.33) ve durağanlaşıp durağanlaşmadığına tekrar bakılır. Durağan zaman serilerinde ACF fonksiyonu  $k$  gecikmede sıfıra gider. Eğer seri  $k$  gecikmede sıfıra gitmiyorsa, durağanlığı sağlamak için bu kez de 1. dereceden farkı alınır (Sevüktekin ve Nargeleçeken, 2010). 1. Dereceden farkı alındıktan sonra serinin ACF grafiği tekrar incelenir ve  $k$  gecikmede sıfıra gidip gitmediği tekrar değerlendirilir. Tamir-bakımdan kaynaklanan duruş süreleri serisi 1.derece mevsimsel farkı ve 1.derece farkı alındıktan sonra durağanlaşmıştır (Şekil 5.34).



Şekil 5.33. Serinin mevsimsel farkı ( $D=1$ ) alındıktan sonraki ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)



Şekil 5.34. Serinin 1.derece farkı ( $d=1$ ) alındıktan sonraki ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

Dekapaj malzemesi taşıyan Komatsu 630Es kamyonların tamir-bakımdan kaynaklı duruş süresi analizi için 108 adet veriden oluşan 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.15.Uygun bulunan modeller (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

(A) Rastgele yürüyüş
(B) Sabit ortalama = 116,548
(C) Doğrusal trend = $-423,02 + 0,824398 t$
(H) Basit üstel düzleştirme (alfa = 0,3263)
(I) Brown doğrusal üstel düzleştirme (alfa = 0,1294)
(J) Holt doğrusal üstel düzleştirme (alfa = 0,3395 ve beta = 0,0226)
(M) $ARIMA(1,1,1) \times (2,1,2)_{12}$
(N) $ARIMA(1,0,0) \times (2,1,2)_{12}$ sabit terim ile
(O) $ARIMA(1,1,1) \times (2,1,2)_{12}$ sabit terim ile
(P) $ARIMA(2,0,0) \times (2,1,2)_{12}$ sabit terim ile
(Q) $ARIMA(2,1,1) \times (2,1,2)_{12}$

Uygun bulunan 11 modelin hata terimleri (RMSE, MAE, MAPE, ME, MPE) ve model kontrol kriterlerinden biri olan Akaike Bilgi Kriteri(AIC) değerleri hesaplanmakta ve tablo olarak gösterilmektedir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16. Modellerin hata terimleri ve AIC değeri tablosu (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>ME</i>	<i>MPE</i>	<i>AIC</i>
(A)	53,6243	35,1199	48,615	0,0113998	-21,0575	8,15728
(B)	62,778	44,0542	59,3586	0,464369	-35,4267	8,50143
(C)	54,4144	38,0105	52,7153	0,952962	-30,7465	8,234
(H)	49,8579	33,6062	47,5716	1,47542	-24,8102	8,04058
(I)	52,0813	35,4437	48,7791	-0,790785	-26,2621	8,12783
(J)	50,527	33,5686	46,6824	2,6144	-22,5141	8,08576
(M)	40,9077	27,9787	41,0876	1,11528	-13,3755	7,53375
(N)	40,9409	28,3355	41,7489	-3,82474	-20,4526	7,53537
(O)	40,8036	28,0175	40,0044	-4,41109	-18,8816	7,54717
(P)	41,0373	28,5634	42,0538	-3,70347	-19,131	7,55859
(Q)	41,0521	28,06	42,067	-1,44308	-16,1555	7,55932

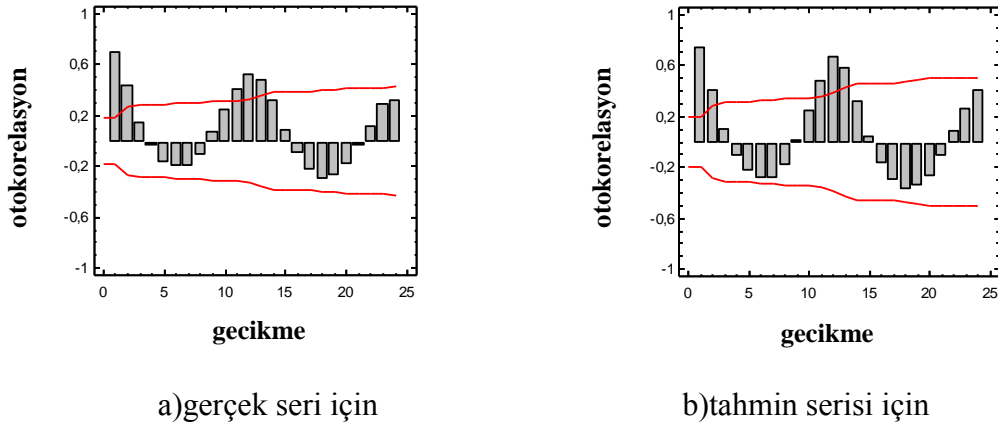
Uygun modeller için, veri setine en uygun olan model en yaygın kullanılan model seçim kriterleri olan AIC değerlerine bakarak karşılaştırılmaktadır. Uygun olan modeller için, bu kriter değerinin en küçüğüne sahip olan model, seriye en uygun model olmaktadır (Kadılar, 2005). Çizelge 5.16'ya bakıldığında, en küçük AIC değerini (7,53375) gösteren (M) modelinin veri setine en uygun model olduğu söylenebilmektedir. Ancak, N, O, P ve Q modellerinin AIC değerlerinin, M modelinin AIC değerine çok yakın değer aldığı görülmektedir. Çizelge 5.15'de verilen tüm modellerin tamir-bakımdan kaynaklı duruş süresi verilerine uygun modeller olduğu düşünüldüğünde, bu durum normal karşılanabilmektedir.

Çizelge 5.15'den (M) modelinin  $ARIMA(1,1,1) \times (2,1,2)_{12}$  olduğu görülmektedir. Seçilen  $ARIMA(1,1,1) \times (2,1,2)_{12}$  modelinin parametre değerleri de gösterilmektedir (Çizelge 5.17). Burada tahmin sütununda verilen değerler, modelin katsayılarını oluşturmaktadır. Ayrıca her katsayının tahmininin standart hatası da verilmektedir.  $p < 0,05$  durumunun sağlanması, katsayıların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterdiğinden, Çizelge 5.17'de verilen tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çizelge 5.17.  $ARIMA(1,1,1) \times (2,1,2)_{12}$  modelinin parametre değerleri

Değişken	Tahmin	Standart hata	t-istatistiği	p-değeri
AR(1)	0,561025	0,0971441	5,77518	0,000000
MA(1)	0,913203	0,0308239	29,6265	0,000000
SAR(1)	0,5555	0,0627759	8,84895	0,000000
SAR(2)	-0,572076	0,0527537	-10,8443	0,000000
SMA(1)	1,70785	0,0546552	31,2477	0,000000
SMA(2)	-0,782939	0,0492194	-15,9071	0,000000

Bir zaman serisi modeli belirlenip, parametreleri tahmin edildikten sonra ayırt edici testler yardımı ile yapılan tanımlamanın ne kadar doğru olduğu ortaya koyulabilir. Ayırt edici kontrolün süreci iki aşamayı içerir. Birincisi, benzetilen serinin ACF grafiği, gerçek serinin ACF grafiği ile karşılaştırılır. Eğer iki otokorelasyon fonksiyonu oldukça farklı görünüyorsa modelin geçerliliği üzerinde şüpheyle durulur ve yeniden başka bir model belirlenmeye çalışılır. Tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri serisi için orijinal seri ve tahmin serisi ACF grafikleri benzer yapı gösterdiğinden (Şekil 5.35), seçilen modelin yeterliliğinin kontrolü için yapılan ilk ayırt edici kontrol yönteminden; model yeterli çıkmaktadır.

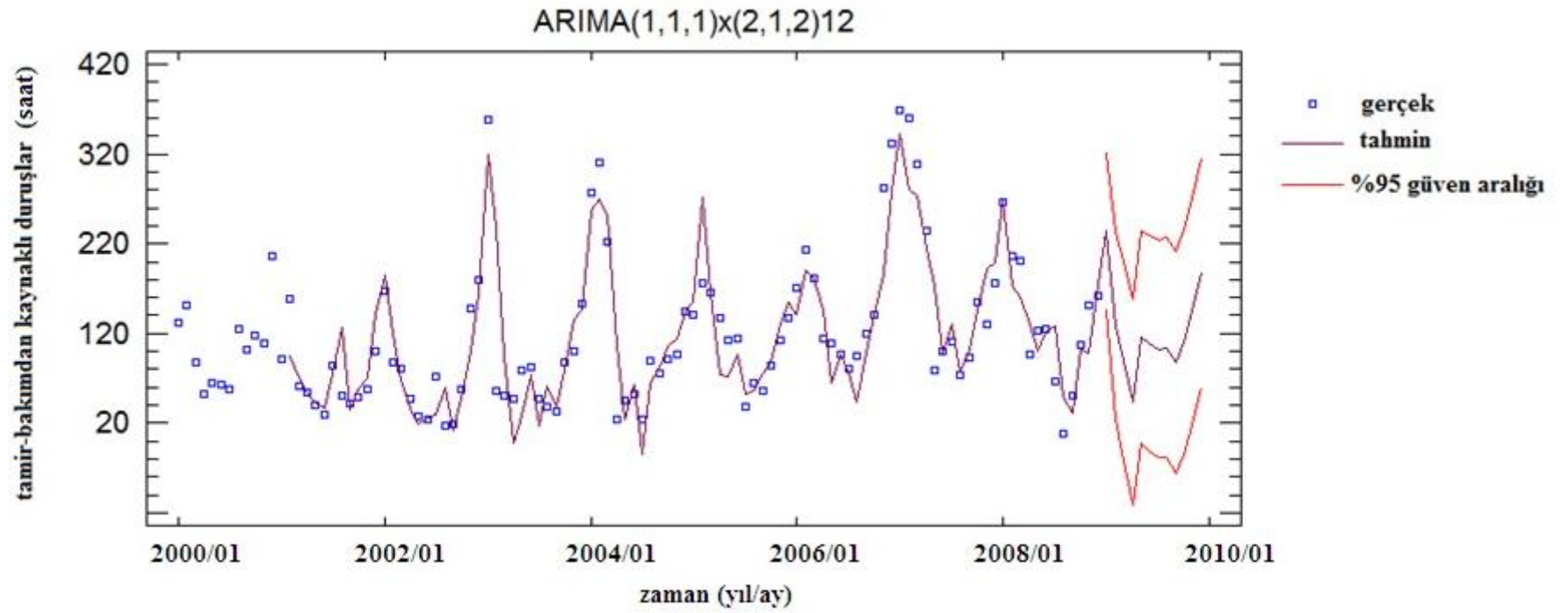


Şekil 5.35. ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

İki otokorelasyon fonksiyonu belirgin biçimde farklı değilse, bu durumda ikinci aşama olan; modelin artıkları analiz edilir. Artıkların, rastgele hareketlere sahip ve her birinin diğeri ile yaklaşık olarak korelasyonsuz olması beklenir. Artıkların analizi, Box-Pierce istatistiği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Box-Pierce istatistiğinde; sıfır hipotezi ( $H_0$ ), tüm otokorelasyonların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ileri sürerken; alternatif hipotez ( $H_1$ ), en az bir otokorelasyonun anlamlı olduğunu göstermektedir (Sevüktekin ve Nargeleçeken, 2010). Uyguladığımız Box-Pierce istatistiğinin p-değeri (0,389853) olarak bulunmuştur. p-değeri  $> 0,05$  olduğundan;  $H_0$  reddedilemez. Bir başka ifadeyle; artıkların tüm otokorelasyonlarının istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

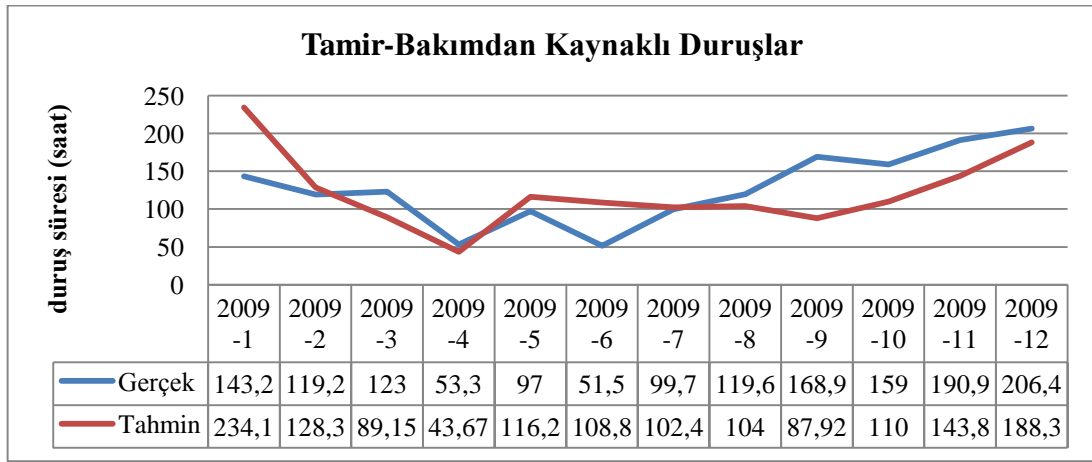
2000-2008 yılları arasındaki gerçek değerlerin serpm diyagramı ve 2000-2009 yılları arasındaki ARIMA(1,1,1)x(2,1,2)<sub>12</sub> modeline uyan tahmin değerlerinin grafiği çizilmiştir (Şekil 5.36). Burada, 2009 yılına ait 12 aylık tahminlerinin %95 güven aralığında yapıldığı görülmektedir.





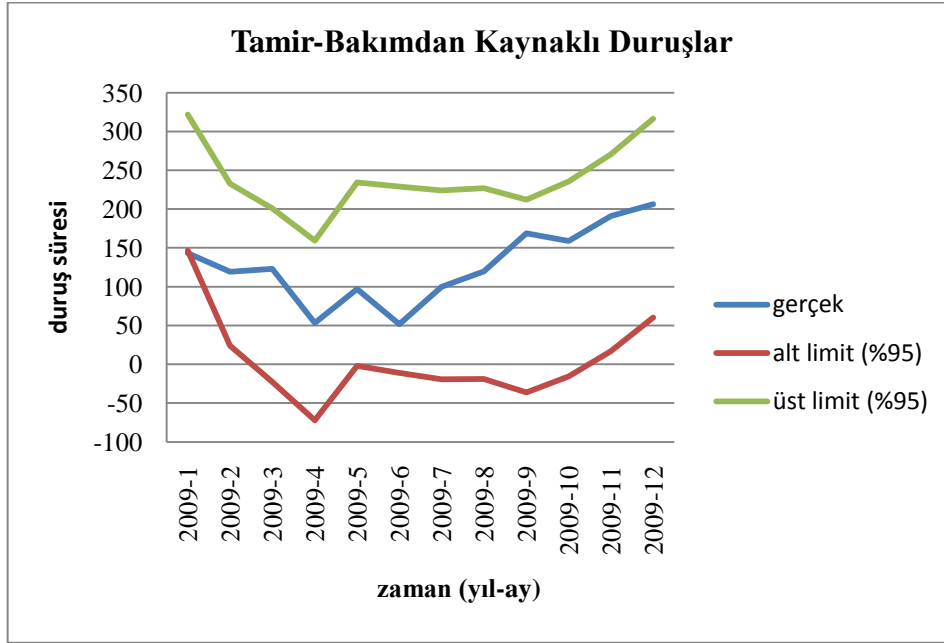
Şekil 5.36. ARIMA(1,1,1)x(2,1,2)<sub>12</sub> modelinin tahmin değerleri grafiği

2009 yılı için modelin belirlediği tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin tahmin değerleri ile işletmeden alınan tamir-bakımdan kaynaklı duruş sürelerinin gerçek değerleri çizgi grafiğinde gösterilmektedir (Şekil 5.37). 2009'un Şubat, Nisan ve Temmuz aylarında modelin oluşturduğu tahmin değerleri ile gerçek değerler hemen hemen örtüşmektedir. Diğer aylarda ise, bu değerler arasında aşırı farklılıklar veya aşırı sapmalar oluşmamıştır. Genel olarak tahmin değerleri ile gerçek değerler birbirleri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.37. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

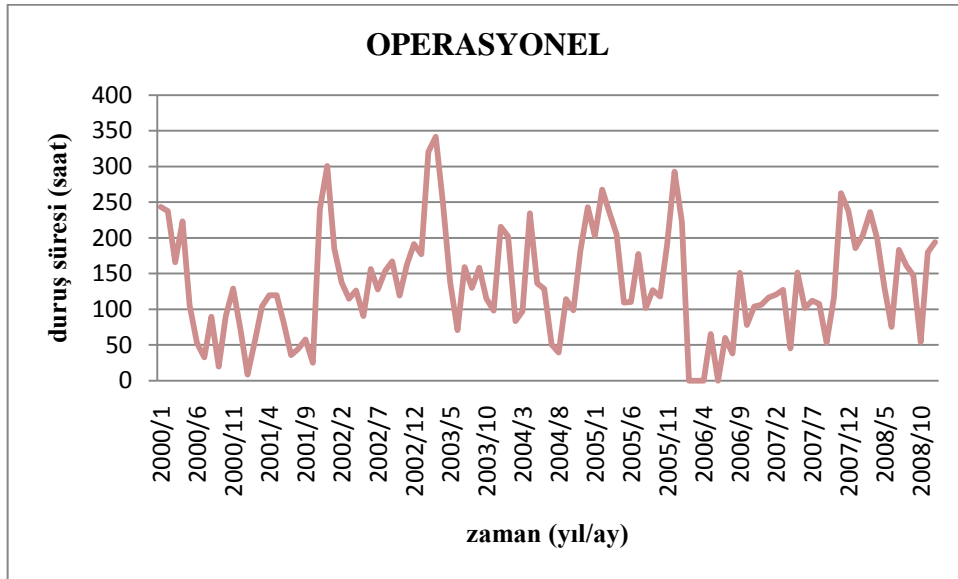
Gerçek serinin, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları içinde yer alması modele güveni arttıran bir unsurdur (Kadılar,2005). Bu nedenden dolayı, gerçek seri ile tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırlarından oluşan serilerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.38). Gerçek seri, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları arasında kalmaktadır.



Şekil 5.38. Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri için)

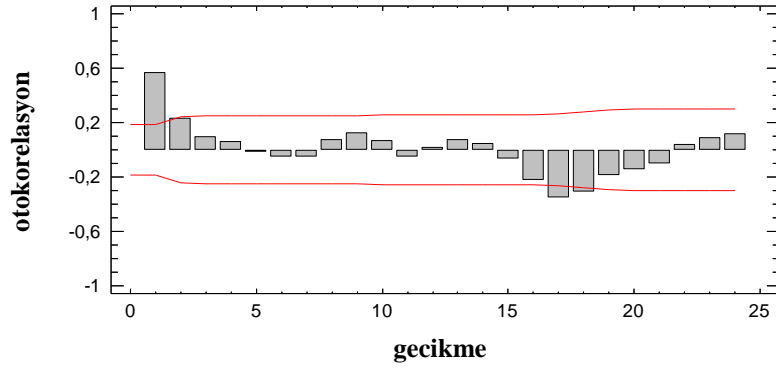
#### 5.4.3.2. Operasyonel duruş sürelerinin analizi

Dekapaj malzemesi taşıyan Komatsu 630Es kamyonların 2000-2008 yılları arası operasyonel duruş sürelerinin zaman serisi grafiği çizilmiştir (Şekil 5.39). Bu grafik, veri setinin zaman içinde nasıl davrandığını görmemize ve veri setini yorumlamamıza fayda sağlamaktadır. Grafikte pik yapan değerler genellikle kış aylarına rastlamaktadır. Açık ocak madencilik faaliyetlerinin kış aylarında hava şartları nedeniyle azaldığı ve zaman zaman durduğu düşünüldüğünde, kış aylarında operasyonel duruşların pik yapması anlaşılır olmaktadır. Bunun yanı sıra, kömür taşıyan Wabco 85-D kamyonların ve dekapaj malzemesi taşıyan Wabco 85-D kamyonların operasyonel duruşlarında olduğu gibi dekapaj malzemesi taşıyan Komatsu 630Es kamyonların operasyonel duruşlarında da 2006 yılının Şubat, Mart, Mayıs ayları sıfır değerini almış, yani bu zaman dönemlerinde hiç operasyonel duruşları olmamıştır. Ancak bu durumun, ya işletmede arıza sürelerinin yanlış kaydedilmesinden, ya da işletmenin tariflediği duruşların dışında bir başka duruştan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

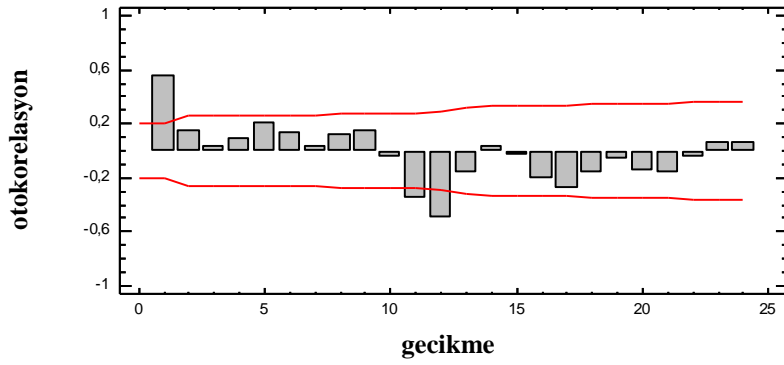


Şekil 5.39. Operasyonel duruşların zaman serisi grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için)

Operasyonel duruşların oluşturduğu serinin otokorelasyon grafiğine baktığımızda, Şekil 5.33'deki kadar net olmasa da, otokorelasyonlar mevsimsel bir yapıya sahiptir (Şekil 5.40). Dolayısı ile serinin mevsimsel farkı alınmalıdır. Operasyonel duruş süreleri serisinin, mevsimsel farkı alındıktan sonraki ACF grafiğine baktığımızda (Şekil 5.41), fonksiyonun sifıra gittiği görüldüğünden, fark alma işlemine ihtiyaç yoktur.



Şekil 5.40. Operasyonel duruş süreleri serisinin ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)



Şekil 5.41. Serinin mevsimsel farkı (D=1) alındıktan sonraki ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

Dekapaj malzemesi taşıyan Komatsu 630Es kamyonların operasyonel duruş süresi analizi için 108 adet veriden oluşan 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kullanılan yazılım, veri seti için bütün zaman serisi modellerini denemekte ve içlerinden bu veri seti için uygun olan modelleri göstermektedir (Çizelge 5.18)

Çizelge 5.18.Uygun bulunan modeller (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

(A) Rastgele yürüyüş
(B) Sabit ortalama = 135,703
(C) Doğrusal trend = 41,2984 + 0,144239 t
(H) Basit üstel düzleştirme (alfa = 0,3962)
(I) Brown doğrusal üstel düzleştirme (alfa = 0,1749)
(J) Holt doğrusal üstel düzleştirme (alfa = 0,4102 ve beta = 0,0106)
(M) ARIMA(2,0,1)x(0,1,2) <sub>12</sub>
(N) ARIMA(0,0,1)x(1,1,2) <sub>12</sub>
(O) ARIMA(0,0,1)x(1,1,2) <sub>12</sub> sabit terim ile
(P) ARIMA(2,0,2)x(0,1,2) <sub>12</sub>
(Q) ARIMA(1,0,0)x(0,1,2) <sub>12</sub>

Uygun bulunan 11 modelin hata terimleri (RMSE, MAE, MAPE, ME, MPE) ve model kontrol kriterlerinden biri olan Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerleri hesaplanmakta ve tablo olarak görüntülenmektedir (Çizelge 5.19).

Uygun modeller içinden, veri setine en uygun olan model en yaygın kullanılan model seçim kriterleri olan AIC değerlerine bakarak kararlaştırılmaktadır. Uygun olan modeller içinden, bu kriter değerinin en küçüğüne sahip olan model, seriye en uygun model olmaktadır (Kadılar, 2005). Çizelge 5.19'a bakıldığında, en küçük AIC değerini (7,9855) gösteren (M) modelinin veri setine en uygun model olduğu söylenebilmektedir. Ancak, N, O, P ve Q modellerinin AIC değerlerinin, M modelinin AIC değerine çok yakın değer aldığı görülmektedir. Çizelge 5.18'de verilen tüm modellerin operasyonel duruş süresi verilerine uygun modeller olduğu düşünüldüğünde, bu durum normal karşılanabilmektedir.

Çizelge 5.19. Modellerin hata terimleri ve AIC değeri tablosu (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

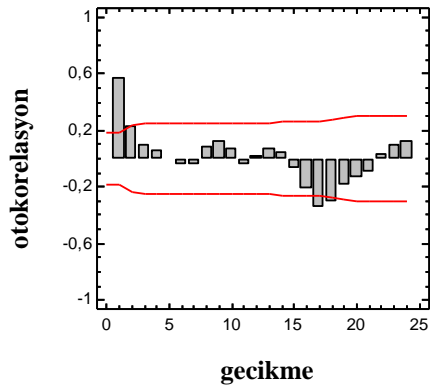
<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>ME</i>	<i>AIC</i>
(A)	65,3781	47,0208	0,354235	8,55336
(B)	69,1841	50,5512	-0,337485	8,69577
(C)	69,526	50,1648	-0,357152	8,72414
(H)	62,5714	45,0515	-0,914701	8,49484
(I)	66,3431	48,5537	-2,32218	8,6119
(J)	63,54	45,5767	5,33886	8,54408
(M)	51,7515	40,1841	-0,523202	7,9855
(N)	52,3257	39,8123	-0,689875	7,98905
(O)	52,756	39,8283	-1,00892	8,02395
(P)	52,5483	41,0597	-1,34685	8,03458
(Q)	54,3215	41,9094	-1,42071	8,0454

Çizelge 5.18'den (M) modelinin  $ARIMA(2,0,1) \times (0,1,2)_{12}$  olduğu görülmektedir. Seçilen  $ARIMA(2,0,1) \times (0,1,2)_{12}$  modelinin parametre değerleri de gösterilmektedir (Çizelge 5.20). Burada tahmin sütununda verilen değerler, modelin katsayılarını oluşturmaktadır. Ayrıca her katsayının tahmininin standart hatası da verilmektedir.  $p < 0,05$  durumunun sağlanması, katsayıların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterdiğinden, Çizelge 5.20'de verilen tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır.

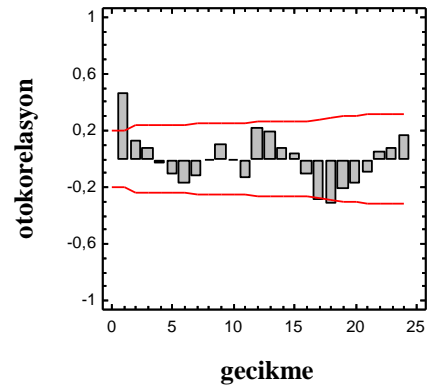
Çizelge 5.20. ARIMA(2,0,1)x(0,1,2)<sub>12</sub> modelinin parametre değerleri

Değişken	Tahmin	Standart hata	t-istatistiği	p-değeri
AR(1)	-0,326109	0,0229171	-14,23	0,000000
AR(2)	0,671359	0,014579	46,0498	0,000000
MA(1)	-0,951131	0,0415044	-22,9164	0,000000
SMA(1)	1,55994	0,067222	23,2057	0,000000
SMA(2)	-0,644639	0,0603744	-10,6774	0,000000
AR(1)	-0,326109	0,0229171	-14,23	0,000000

Operasyonel duruş süreleri serisi için gerçek seri ve tahmin serisi ACF grafikleri benzer yapı gösterdiğinden (Şekil 5.42), seçilen modelin yeterliliğinin kontrolü için yapılan ilk ayırt edici kontrol yönteminden; model yeterli çıkmaktadır.



a)gerçek seri için



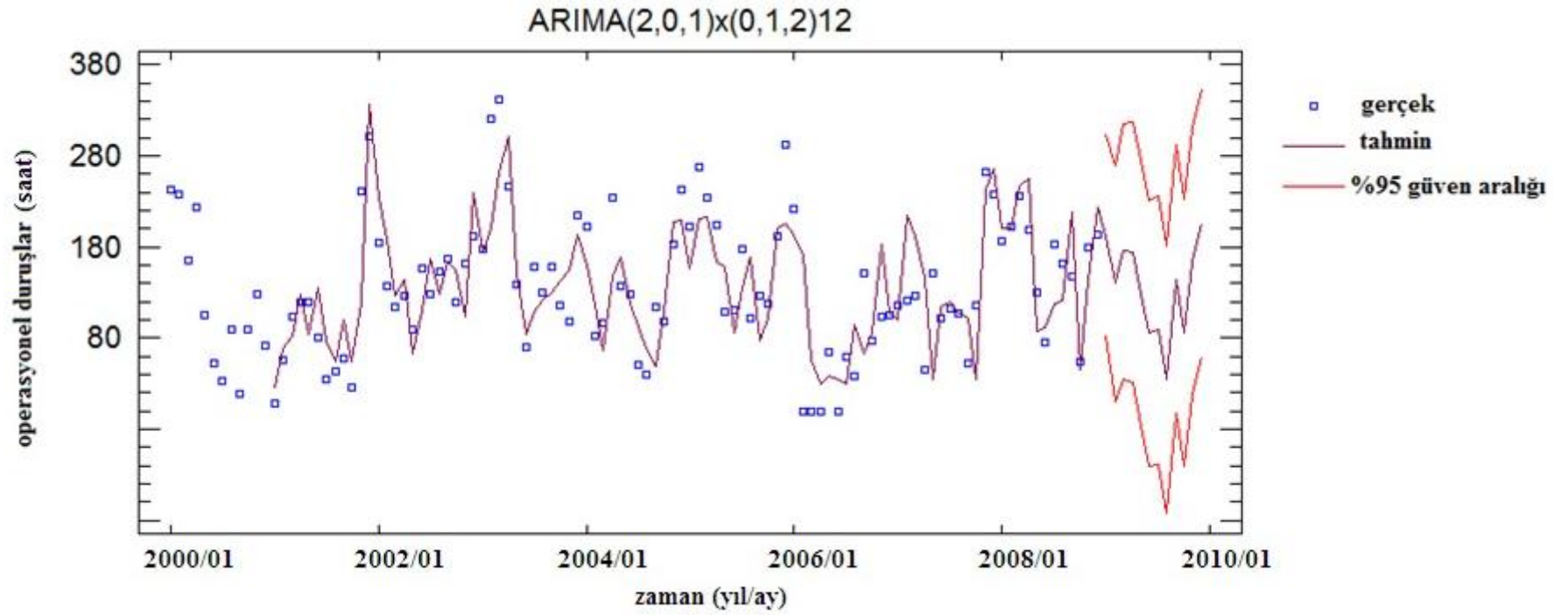
b)tahmin serisi için

Şekil 5.42. ACF grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)



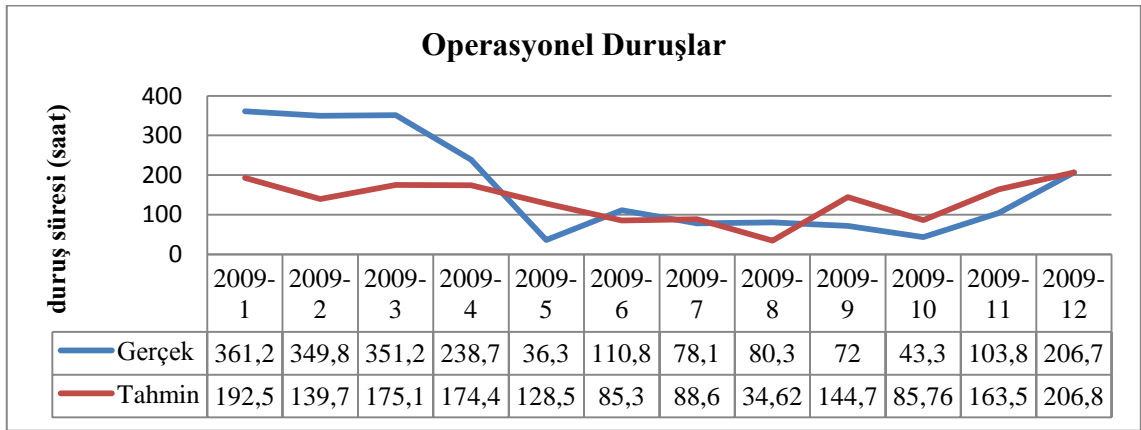
İki otokorelasyon fonksiyonu belirgin biçimde farklı değilse, bu durumda ikinci aşama olan; modelin artıkları analiz edilir. Artıkların, rastgele hareketlere sahip ve her birinin diğeri ile yaklaşık olarak korelasyonsuz olması beklenir. Artıkların analizi, Box-Pierce istatistiği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Box-Pierce istatistiğinde; sıfır hipotezi ( $H_0$ ), tüm otokorelasyonların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ileri sürerken; alternatif hipotez ( $H_1$ ), en az bir otokorelasyonun anlamlı olduğunu göstermektedir (Sevüktekin ve Nargeleçeken, 2010). Uyguladığımız Box-Pierce istatistiğinin p-değeri (0,144979) olarak bulunmuştur. p-değeri  $> 0,05$  olduğundan;  $H_0$  reddedilemez. Yani; artıkların tüm otokorelasyonları istatistiksel olarak anlamsızdır.

2000-2008 yılları arasındaki gerçek değerlerin serpm diyagramı ve 2000-2009 yılları arasındaki ARIMA(2,0,1)x(0,1,2)<sub>12</sub> modeline uyan tahmin değerlerinin grafiği çizilmiştir (Şekil 5.43). Burada, 2009 yılına ait 12 aylık tahminlerinin %95 güven aralığında yapıldığı görülmektedir.



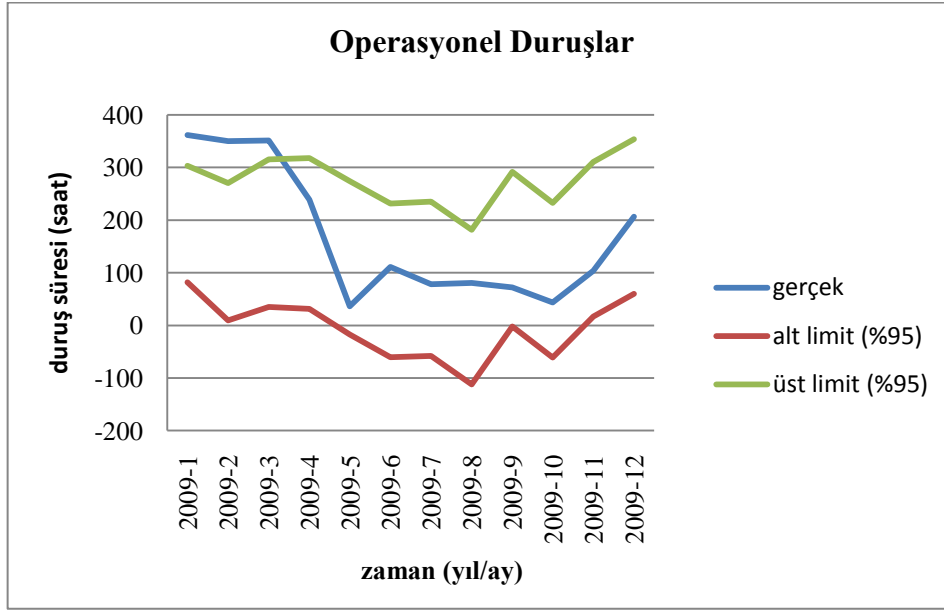
Şekil 5.43. ARIMA(2,0,1)x(0,1,2)<sub>12</sub> modelinin tahmin değerleri grafiği

2009 yılı için modelin belirlediği operasyonel duruş sürelerinin tahmin değerleri ile işletmeden alınan operasyonel duruş sürelerinin gerçek değerleri çizgi grafiğinde gösterilmektedir (Şekil 5.44). 2009'un ilk beş ayında modelin oluşturduğu tahmin değerleri ile gerçek değerler arasında aşırı sapmalar olmasa da farklılıklar mevcuttur. Temmuz ve aralık aylarında, tahmin değerleri ile gerçek değerler birebir örtüşmektedir. Diğer aylarda ise, bu değerler arasında aşırı sapmalar olmamıştır. 2009'un ilk beş ayı hariç, tahmin değerleri ile gerçek değerler birbirleri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.44. 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

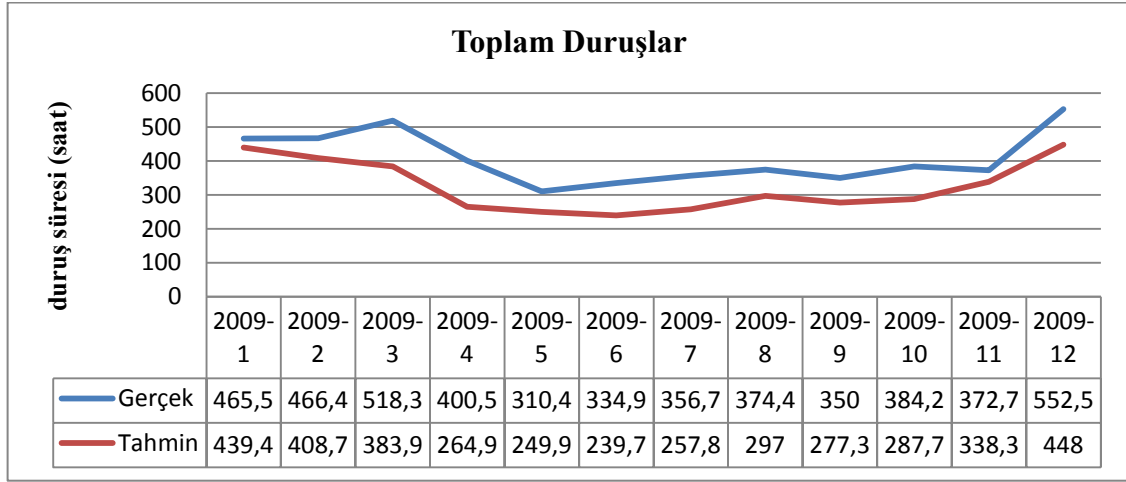
Gerçek serinin, tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırları içinde yer alması modele güveni arttıran bir unsurdur (Kadılar, 2005). Bu nedenden dolayı, gerçek seri ile tahmin serisinin alt ve üst güven aralığı sınırlarından oluşan serilerin grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.45). Gerçek serinin geneli, tahmin serisinin %95 güven seviyesindeki alt ve üst sınırları arasında kalmaktadır. 2009'un Ocak, Şubat ve Mart aylarında gerçek duruş süresi değeri, tahmin serisinin üst sınırının üzerinde kalmıştır.



Şekil 5.45. Gerçek seri ile tahmin serisinin üst-alt güven aralığı sınırları grafiği  
(Komatsu 630Es dekapaj kamyonlarının operasyonel duruş süreleri için)

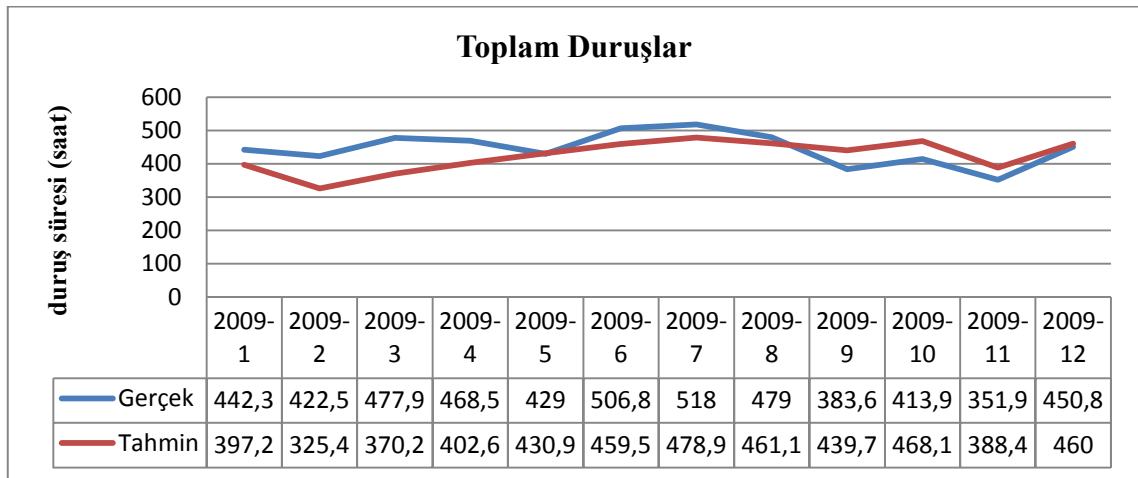
#### 5.4.4. Toplam duruş süreleri

İşletmede çalışan kamyonların toplam duruş süreleri, tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri ile operasyonel duruş sürelerinin toplanmasıyla elde edilmektedir. Buraya kadar kamyonların tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri ve operasyonel duruş sürelerinin analizi gerçekleştirildi ve 2009 yılı değerleri tahminlenerek, işletmeden alınan gerçek 2009 yılı değerleri ile kıyaslandı. Bu kısımda ise, üç farklı kamyon grubu için, yazılım vasıtasıyla tahmin edilen 2009 yılı tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri ile operasyonel duruş sürelerinin toplamı olan, toplam duruş süresi tahmin değerleri ile işletmeden temin edilen 2009 yılı gerçek toplam duruş süresi değerlerinin grafiklerine yer verilmiştir (Şekil 46, Şekil 47, Şekil 48).



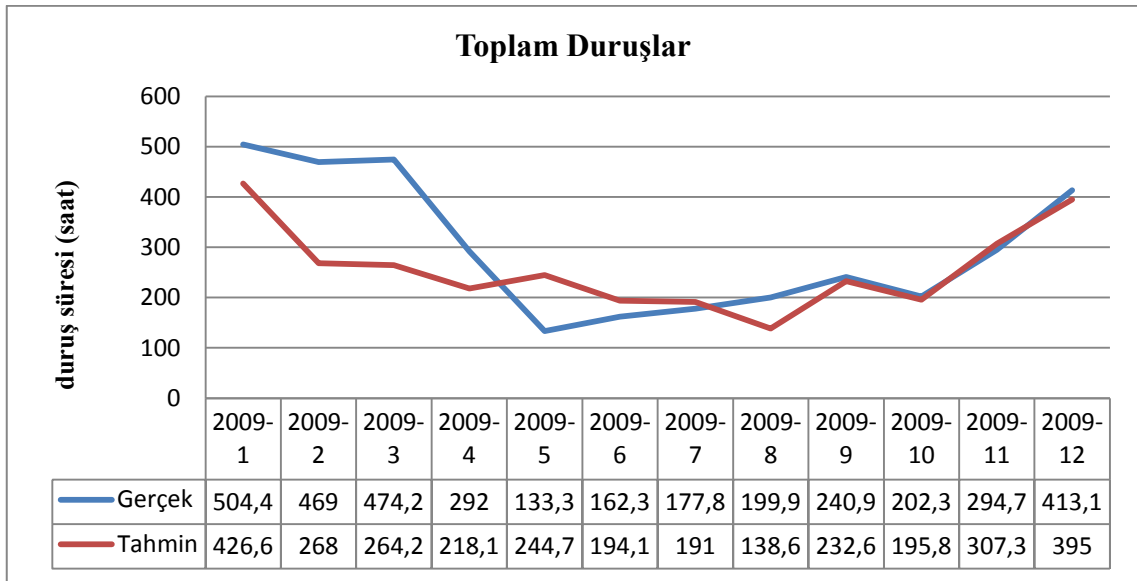
Şekil 5.46. Toplam duruşların 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D dekapaj kamyonları için)

Toplam duruş süreleri, tamir-bakımdan kaynaklı ve operasyonel duruş sürelerinin toplanmasından elde edilen bir seri olduğundan, bu serinin grafiği , iki farklı duruşun da izlerini taşımaktadır. Gerçek değerler serisi ile tahmin değerleri serisinin seyri benzer çıkmıştır.



Şekil 5.47. Toplam duruşların 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği (Wabco 85-D kömür kamyonları için)

Wabco 85-D kömür kamyonları için, 2009 yılının Mayıs, Ağustos ve Aralık aylarında tahmin değerleri ile gerçek değerler birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Diğer aylarda da aşırı sapmalar gözlenmemekte, seriler birbirleri ile uyumlu bir seyir göstermektedir.



Şekil 5.48. Toplam duruşların 2009 yılına ait gerçek ve tahmin değerleri grafiği  
(Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için)

Komatsu 630Es dekapaj kamyonları için, 2009 yılının Temmuz, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında tahmin değerleri ile gerçek değerler neredeyse birbirleri ile aynı çıkmıştır. Serilerin ilk üç aylık değerleri ise, birbirleriyle diğer aylara nazaran daha büyük farklar göstermektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Madencilikte kullanılan ekipmanların ilk yatırım maliyeti oldukça yüksektir. İlk yatırım maliyetini kısa sürede amorti ederek, işletmesini kara geçirmek her yatırımcının hedefidir. Bu durumun sağlanabilmesi için yapılması gerekenlerin başında da, kullanılan ekipmanların istenmeyen duruşlarının minimum düzeyde tutulması gelmektedir. Bir başka ifadeyle, bir ekipmanın gerektiği zamanda memnun edici düzeyde çalışma olasılığını ifade eden hazır bulunma oranını maksimum düzeye çekilebilmesi gerekmektedir.

Bir ekipmanın verimliliği için verilen oranlardan biri; çalışılan zamanın, çalışılması gereken zamana oranıdır. Bu oran açıkça göstermektedir ki; bir ekipmanın çalışma zamanının artması, veriminin artması anlamına gelmektedir. Ayrıca, ekipmanın çalışma zamanının artması, ekipmanın yaptığı işin artması olacağından; işletmenin verimliliğinin artması da sağlanacaktır. Ekipmanın çalışma süresinin artması demek aynı zamanda, ekipmanın duruş süresinin azalması demektir.

Bu tez çalışmasında, G.L.İ. açık ocaklarının üretim faaliyetlerinde çalıştırılan ve ağır kamyonlardan oluşan bir filo ele alınmıştır. Öncelikli olarak, filoyu oluşturan kamyonlar marka ve yaptığı iş dikkate alınarak üç gruba ayrılmıştır. Her grup kamyon için 2000-2008 yılları arasındaki gerçek aylık duruş süreleri tasnif edilerek, veri setleri oluşturulmuştur. 9 yıllık, geniş bir geçmişe dayalı olan bu gerçek duruş süresi veri setleri, zaman serisi analizlerine tabii tutulmuştur. Bu zaman serisi analizleri ile 2009 yılı için %95 güven aralığında duruş süreleri öngörülleri gerçekleştirilmiştir. AIC kriterlerine göre, tespit edilen en uygun zaman serisi modellerinin, mevsimsel [ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q)s)] ve mevsimsel olmayan ARIMA(p,d,q) olduğu görülmüştür. Çalışmadaki tüm veri setleri için, en uygun tahmin modelleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Wabco 85-D Dekapaj Kamyonları

Tamir-bakımdan kaynaklı duruşlar için tahmin modeli:  $ARIMA(1,1,1)(1,1,2)_{12}$

Operasyonel duruşlar için tahmin modeli:  $ARIMA(1,0,1)$  sabit terim ile ( 12,4414 )

- Wabco 85-D Kömür Kamyonları

Tamir-bakımdan kaynaklı duruşlar için tahmin modeli:  $ARIMA(0,0,1)x(2,0,2)_{12}$  sabit terim ile ( 201,888 )

Operasyonel duruşlar için tahmin modeli:  $ARIMA(0,0,2)$  sabit terim ile ( 102,899 )

- Komatsu 630Es Dekapaj Kamyonları

Tamir-bakımdan kaynaklı duruşlar için tahmin modeli:  $ARIMA(1,1,1)x(2,1,2)_{12}$

Operasyonel duruşlar için tahmin modeli:  $ARIMA(2,0,1)x(0,1,2)_{12}$

Açık işletmelerde, her yıl gelecek yılın personel dahil olmak üzere iş ve üretim planları yapılarak, T.K.İ Genel Müdürlüğünün onayına sunulmaktadır. Gelecek yıl üzerine yapılan bu plan ve üretim hedeflerini tutturmak için, açık işletmelerde tüm faaliyetlerin yakından izlenmesini ve kayıt altında tutulmasını gerektirmektedir. Açık işletmelerde, üretime yönelik faaliyetlerin önemli bir bölümü, ağır iş makinelerinin üzerinde toplanmaktadır. Bu nedenle ağır iş makinelerinin yoğunluklu üretimde çalıştırılması ve verimli olarak kullanılması hem hedeflerin tutturulması, hem de üretim maliyetleri açısından önemlidir. İş makinelerinin, iş dışında değişik nedenlerle duruş sürelerinin önceden ve yeterli güvenlikle tahmin edilmesi ile gelecek dönemlere ve yıllara ait iş ve üretim planlamalarının daha güvenli ve doğru yapılması sağlanır. Tamirden kaynaklı duruşların gelecek dönemlerdeki öngörü değerlerini bilmek, işletmenin Makine İşletme Şube Müdürlüğünün tamir-bakım planlamalarını tekrar gözden geçirmesini ve bu tür duruşların önceden planlanması için tedbirler almasını sağlayacaktır. Benzer olarak, madencilikten kaynaklanan duruşların (operasyonel duruşlar) göz önüne alınarak aylık ve yıllık üretimlerin daha etkin ve gerçekçi olarak planlanması mümkündür. Doğru ve güvenli öngörülere dayanarak yapılan açık ocak madencilik faaliyetlerinin, gelir ve giderlerin tahmininin daha iyimser ve doğru olmasını sağlayacağı açıktır. Bu nedenle giderlerin azaltılmasında önemli hususlardan birisi de,



açık işletmede kullanılan ekipmanların duruş sürelerini azaltarak, optimize etmek olmalıdır.

Gelecek dönem tahminlemesi, kamyonları gruplamaksızın tek tek her kamyon için de gerçekleştirilebilir. Bu sayede de, işletme bünyesinde her kamyon için tüm ayrıntılar için değerlendirme yapmak mümkün olabilir. Ayrıca bu öngörü işlemi sadece kamyonlar için değil; işletme bünyesinde madencilik faaliyetlerinde aktif çalıştırılan ve önem taşıyan her ekipman için gerçekleştirilebilir.

İşletmede makinelerin tamir-bakımdan kaynaklı duruş süreleri ve nedenleri hakkında ayrıntılı ve sistematik kayıtlar tutulmaktadır. Ancak, tamir-bakımdan kaynaklı arızaların alt nedenlerine verilen isimler, işletmede sıklıkla değişmekte ve kayıt tutan kişiden kişiye de farklılık göstermektedir. Arızaların alt nedenleri için işletme genelinde ortak bir kodlama ve tanımlama yapılarak, kayıtların nedenlerinin bu ortak kodlamalara uygun tutulması geriye dönük daha doğru ve kesin bilgilere ulaşmayı kolaylaştıracaktır.

İşletmede operasyonel duruşların büyük bir kısmı iş verilememe adı altında kayda alınmaktadır. Ancak, iş verilememe çok genel bir neden olmakla birlikte, operasyonel duruşların neredeyse tamamına yakını oluşturmaktadır. Bu nedenle iş verilememe adı altında verilen duruş süreleri mutlaka alt nedenleri ile daha da detaylandırılarak kayıt altına alınmalıdır. Duruş nedenleri ne kadar ayrıntılı tutulursa; o kadar iyi irdelenerek, önlenmesi sağlanabilir.

Çalışmada kullanılan 6 veri seti için gelecek öngörüsü, zaman serisi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Ancak yapılan literatür araştırmasında, tahminleme işlemi için kullanılan tek yöntemin zaman serisi analizi olmadığı ve birçok çalışmada yapay sinir ağları (YSA) yönteminin de gelecek tahminlemesi için kullanılan yöntemlerden biri olduğu görülmüştür. Klasik yöntemlere alternatif olan YSA yöntemi ile de, verilerin değerlendirilmesi ve sonuçlarının karşılaştırılması mümkündür.

Açık ocak madenciliğinde makine duruş sürelerini etkileyen önemli faktörlerden biri de, meteorolojik etkilerdir. Bu çalışma kapsamında, bölgeye ait meteorolojik bilgilerin temin edilememesi nedeniyle değerlendirilememiştir. Duruş süreleri verilerini açıklayıcı değişken olarak meteorolojik veriler de göz önüne alınarak farklı analizler gerçekleştirilebilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aras H. ve Aras, N.,2004, Forecasting the residual natural gas demand, Energy Source 26(5) / 463-472.
- Atlas, M., 2000, İstatistik 2 çözümlü örnekler, Birlik Ofset Yayıncılık, 301s.
- Ayaydın, C., 1987, Üretimi yapılacak sahaların jeolojisi, Yayımlanmamış
- Aydemir, S. ve Sipahioğlu, A., 2004, Makine arıza zamanlarının tahminlenmesi için bir yapay sinirsel ağ modeli, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği 14. Ulusal Kongresi.
- Bek, M.İ., 2008, Zaman Serileri Analizi ve Tarımsal Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, 67s.
- Bilge, F.M., 2002, Tunçbilek bölgesi açık işleme kamyonlarının taşıma parametrelerinin analizi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, 111s.
- Çevik, O. ve Yürekli, K., 2003, Mevsimsel Arıma modeli kullanılarak Yeşilırmak Nehri aylık akım serisinin modellenmesi, Tarım Bilimleri Dergisi, cilt9-sayı3.
- Destanoğlu, N., Taşkın, F.B., Taştepe, M. ve Öğretmen, S., 2000, G.L.İ. Tunçbilek-Ömerler yer altı mekanizasyon uygulaması, Kozan Ofset Mat. San. Ve Tic. Ltd. Şti., 211s.
- Dooley, G. And Lenihan, H., 2005, An assessment of time series methods in metal price forecasting, Resources Policy 30/208–217.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)**

- Ediger, V.Ş. ve diğerleri, 2006, Forecasting production of fossil fuel sources in Turkey using a comparative regression and ARIMA model, Energy Policy 34/3836–3846.
- Elevli, S. ve Yılmaz, Y.H., 2009, Maden ekipmanlarının öncelikli arıza tiplerinin belirlenmesinde grafiksel yaklaşım, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt22-sayı1.
- Erdoğan, E., 2006, Zaman serilerinde arıma modelleri, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, 85s.
- G.L.İ Faaliyet Raporları, 2007, 2008, 2009.
- G.L.İ. Tanıtım Broşürü.
- Gündoğdu, K.S. ve Akkaya Aslan, T., 2008, Mapping multi-year ground water salinity patterns in irrigation areas using time-series analysis of ground water salinity maps, Hydrological Processes 22, 821-826.
- Gürler, İ., 2007, Zaman Serileri Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 159s.
- Haulpak 630Es Kataloğu.
- Haulpak 85-D Kataloğu.
- Işığınçok, E., 1994, Zaman serilerinde nedensellik çözümlemesi, Uludağ Üniversitesi Basımevi, 163s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)**

- İbrahim, M. Z., Zailan, R., İsmail, M. and Lola, M.S., 2009, Forecasting time series analysis of air pollutions in several area of Malaysia, American Journal of Environmental Sciences 5, 625-632.
- Kadılar, C., 2005, SPSS uygulamalı zaman serileri analizine giriş, Bizim Büro Basımevi, 299s.
- Kutlar, A. ve Elevli, S., 1999, Dünya bakır üretiminin doğrusal zaman serileri modelleri ile tahmini, Madencilik Dergisi, cilt38-sayı4.
- Makine Çalışma Performansları Kataloğu, 2008.
- Özdemir, M.A., Bahadır, M., 2010, Denizli’de Box-Jenkins tekniği ile küresel iklim değişikliği öngörülleri, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, cilt3-sayı12.
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M., 2010, Ekonometrik Zaman Serileri Analizi, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., 591s.
- Spesifications & Applications Handbook, 2008.
- Taksuk, M., 2001, G.L.İ. açık ocaklarında çalışan elektirikli ekskavatörlerin ve kamyonların yükleme ve taşıma performanslarına etki eden parametrelerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, 162s.
- Tecim, V., 1990, Zaman serileri analizlerinde sermaye piyasası uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, 198s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)**

Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M., Aktürk, N., 2001, Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve ARIMA modelleri yardımıyla veri hazırlama, Gazi Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Dergisi, 16, (1-2) : 19-40s.

Zıypak, M., 2007, Kaya kamyonları ve performanslarının incelenmesi, 1. Maden Makineleri Sempozyumu.