

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Doktora Programı

SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE HİBRİT ÜRETİM TİPİ İÇİN ÇİZELGELEME
MODELİ
DOKTORA TEZİ

Fatma DEMİRCAN KESKİN

DANIŞMANI: Prof. Dr. Haluk SOYUER

İZMİR-2017

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Doktora Programı

SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE HİBRİT ÜRETİM TİPİ İÇİN ÇİZELGELEME
MODELİ
DOKTORA TEZİ

Fatma DEMİRCAN KESKİN

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Haluk SOYUER

Prof. Dr. Ayla ÖZHAN DEDEOĞLU

Prof. Dr. Neşe KUMRAL

Prof. Dr. Vahap TECİM

Doç. Dr. Yiğit KAZANÇOĞLU

İZMİR-2017

YEMİN METNİ

Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne sunduğum **Süreç Endüstrilerinde Hibrit Üretim Tipi İçin Çizelgeleme Modeli** adlı doktora tezinin tarafımdan bilimsel, ahlak ve normlara uygun bir şekilde hazırlandığını, tezimde yararlandığım kaynakları bibliyografyada ve dipnotlarda gösterdiğimi onurumla doğrularım.



Fatma Demircan Keskin

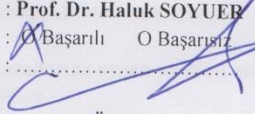
F. Demircan

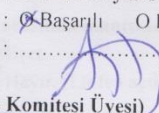
TUTANAK

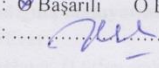
**T.C.EGE ÜNİVERSİTESİ**
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

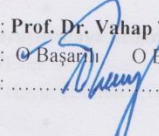
DOKTORA
TEZ SAVUNMA TUTANAĞI

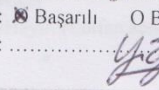
ÖĞRENCİNİN
Adı Soyadı : FATMA DEMİRCAN KESKİN
Numarası : 92-11-5699
Anabilim Dalı : İŞLETME
Tez Başlığı (Türkçe) : SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE HİBRİT ÜRETİM TİPİ İÇİN ÇİZELGELEME MODELİ
Tez Başlığı (İngilizce) : SCHEDULING MODEL FOR HYBRID PRODUCTION TYPE IN THE PROCESS INDUSTRIES
Tez Savunma Tarihi : 31.05.2017
Tez Başlığı Değişikliği Varsa Yeni Başlık:

JÜRİ ÜYELERİ
Jüri Başkanı
Unvan, Adı, Soyadı : Prof. Dr. Haluk SOYUER
Karar : ☒ Başarılı ☐ Başarısız ☐ Düzeltme
İmza : 

Jüri Üyesi (Tez İzleme Komitesi Üyesi)
Unvan, Adı, Soyadı : Prof. Dr. Ayla ÖZHAN DEDEOĞLU
Karar : ☒ Başarılı ☐ Başarısız ☐ Düzeltme
İmza : 

Jüri Üyesi (Tez İzleme Komitesi Üyesi)
Unvan, Adı, Soyadı : Prof. Dr. Neşe KUMRAL
Karar : ☒ Başarılı ☐ Başarısız ☐ Düzeltme
İmza : 

Jüri Üyesi
Unvan, Adı, Soyadı : Prof. Dr. Vahap TECİM
Karar : ☒ Başarılı ☐ Başarısız ☐ Düzeltme
İmza : 

Jüri Üyesi
Unvan, Adı, Soyadı : Doç. Dr. Yiğit KAZANÇOĞLU
Karar : ☒ Başarılı ☐ Başarısız ☐ Düzeltme
İmza : 

TEZ HAKKINDA JÜRİNİN GENEL GÖRÜŞÜ
(Jüri Başkanı Tarafından Doldurulacaktır)

Tez savunması sonucunda öğrenci tarafından hazırlanan çalışma;
Oybirliğiyle ☒
Oy çokluğuyla ☐
Başarılıdır ☒ Düzeltilmelidir ☐ Başarısızdır ☐

ÖNSÖZ

Üretim faaliyetlerinin etkinliği günümüz rekabet koşullarında önemini gittikçe artırmaktadır. Üretim çizelgeleme sürecinin bu faaliyetlerin etkinliği üzerinde oldukça önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, süreç endüstrilerinin altında yer alan ve bu endüstrinin tipik özelliklerini taşıyan çimento üretim süreci ele alınmaktadır. Çalışmada endüstrinin çizelgeleme sürecini etkileyen kendine özgü özelliklerini göz önünde bulunduran, üretim, üründen ürüne geçiş, stok elde bulundurma, hammadde ve elektrik enerjisi maliyetinin toplamını en küçükleyen, uygulanabilirliği test edilmiş bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli ortaya koyarak bu alandaki literatüre bir katkıda bulunmak hedeflenmektedir.

Bu çalışma boyunca çalışmalarımı titizlikle inceleyip değerlendiren ve beni her anlamda yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Haluk SOYUER'e, tezimin tüm aşamalarında fikirleriyle, önerileriyle yanımda olan ve akademik gelişmemde desteğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Murat KOCAMAZ'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Uygulama çalışmam esnasında, yoğun iş tempolarında bana vakit ayıran Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş. çalışanlarına, çalışmam boyunca desteğini sürekli arkamda hissettiğim aileme ve eşim Yasin KESKİN'e, bu çalışmayı San-Tez programı¹ ile destekleyen Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na ve doktora eğitimim boyunca 2211-A bursu ile bana katkı yapan TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Fatma DEMİRCAN KESKİN

¹ Çalışmanın San-Tez proje kodu 0426.STZ.2013-2'dir.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	iii
TUTANAK	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
GRAFİK LİSTESİ	xv
KISALTMALAR	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM ÇİZELGELEME VE SÜREÇ ENDÜSTRİLERİ	6
1.1. Üretim Çizelgeleme	6
1.2. Süreç Endüstrileri	13
1.2.1. Süreç Endüstrileri ile Kesikli Üretim Endüstrilerinin Karşılaştırılması	16
1.2.2. Süreç Endüstrilerinin Sınıflandırılması	19
1.2.3. Süreç Endüstrilerinin Özellikleri	22
1.2.3.1. Hammadde	23
1.2.3.2. Ürün Reçeteleri	23
1.2.3.3. Bozulmaya Elverişlilik	23
1.2.3.4. Sürecin İzlenebilirliği	24
1.2.3.5. Hazırlık/Ayar Süreleri	24
1.2.3.6. Stoklama	25
1.2.3.7. Enerji Tüketimi	25

İKİNCİ BÖLÜM

SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME VE ÇİZELGELEME	26
2.1. Süreç Endüstrilerinde Çizelgeleme	27
2.2. Süreç Endüstrilerinde Parti Büyüklüğü Belirleme Ve Çizelgeleme	32
2.2.1. CLSP	39

2.2.2.	DLSP.....	41
2.2.3.	CSLP	42
2.2.4.	PLSP	43
2.2.5.	GLSP	44
2.2.6.	BSP	44
2.2.7.	Çok Aşamalı Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemleri.....	46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GENEL PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ VE ÇİZELGELEME PROBLEMİ	55
3.1. GLSP Modeli Zaman Gösterimi	55
3.2. GLSP Modeli Formülasyonu.....	56

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE HİBRİT ÜRETİM TİPİ İÇİN ÇİZELGELEME MODELİ	69
4.1. Çimento Üretim Süreci	69
4.2. Üretim Planlamada Yaşanan Problemler.....	72
4.3. Çalışmanın Kapsamı ve Kısıtları	73
4.4. Çalışmanın Amacı.....	75
4.5. Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi İçin Önerilen Model	77
4.6. Gerçek Veriler ile Geliştirilen Modelin Çalıştırılması	91
4.6.1. Talep Tahminlerinin Elde Edilmesi	92
4.6.1.1. CEM-III Ürün Grubu Talep Tahminleme	103
4.6.1.2. CEM-I Ürün Grubu Talep Tahminleme	107
4.6.1.3. CEM-IV Ürün Grubu Talep Tahminleme.....	111
4.6.1.4. CEM-II Ürün Grubu Talep Tahminleme	113
4.6.2. Emniyet Stoklarının Elde Edilmesi	117
4.6.3. Modelin Diğer Girdilerinin Hazırlanması	122
4.6.4. Modelin Çalıştırılması.....	128
4.6.5. Modele Ait Bulguların Değerlendirilmesi	130
4.6.5.1. ES1-M1 – ES2-M1 Modellerinin Sonuçları.....	131
4.6.5.1.1. Üretim Miktarları ve Maliyetleri.....	131

4.6.5.1.2. Stok Miktarları ve Maliyetleri.....	136
4.6.5.1.3. Değirmenlerin Kullanım Süreleri	142
4.6.5.1.4. Enerji Maliyeti	144
4.6.5.1.5. Klinker ve Katkı Maddelerinin Maliyetleri.....	145
4.6.5.1.6. Kaybedilen Satış Maliyeti	147
4.6.5.2. ES1-M1-KS – ES2-M1-KS Modellerinin Sonuçları	149
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	153
KAYNAKÇA	158
EKLER	173
Ek 1: CEM-III Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Günlük Talep Tahminleri (Ton)	174
Ek 2: CEM-I Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Günlük Talep Tahminleri (Ton)	177
Ek 3: CEM-IV Ürün Grubu 2014 Yılı Günlük Talep Tahminleri (Ton)	180
Ek 4: CEM-II Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Günlük Nihai Talep Tahminleri	183
Ek 5: CEM-III Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)	186
Ek 6: CEM-I Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)	188
Ek 7: CEM-IV Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)	190
Ek 8: CEM-II Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)	191
Ek 9: CEM-III Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)	193
Ek 10: CEM-I Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)	195
Ek 11: CEM-IV Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)	197
Ek 12: CEM-II Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)	198
Ek 13: Model Sonuçları- Gerçekleşen Üretim Miktarları	200
Ek 14: Model Sonuçları- Gerçekleşen Stok Miktarları	209
ÖZGEÇMİŞ	218
ÖZET	221
ABSTRACT.....	222

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1- 1: Üretim Tiplerinin Sınıflandırılması	13
Şekil 1- 2: Süreç Endüstrileri Anahtar İşletme Fonksiyonları	15
Şekil 1- 3: Süreç Endüstrileri Tek Boyutlu Sınıflandırma	19
Şekil 1- 4: Süreç Endüstrilerinin Malzeme Çeşitliliği ve Üretim Miktarına Göre Sınıflandırılması	20
Şekil 1- 5: Süreç Endüstrilerinin Kesikli Olmayan Birimlerin Kesikli Hale Geldiği Zamana Göre Sınıflandırılması	21
Şekil 1- 6: Süreç Endüstrilerinin Süreç Yapısına Göre Sınıflandırılması.....	22
Şekil 2- 1: Süreç Endüstrilerinde Çizelgeleme Problemlerinin Ele Alınışına Göre Sınıflandırma	27
Şekil 2- 2: Çizelgeleme Modellerinde Kullanılan Zaman Gösterimleri	28
Şekil 2- 3: STN Gösterim Yapısı.....	31
Şekil 3- 1: Klasik GLSP Modeli Makro Periyot – Mikro Periyot Zaman Gösterimi.....	56
Şekil 4- 1: Çimento Üretim Süreci	69
Şekil 4- 2 : Problem İçin Kullanılan Makro Periyot – Alt Periyot – Mikro Periyot Zaman Gösterimi.....	81

TABLO LİSTESİ

Tablo 1- 1: Süreç Endüstrileri – Kesikli Üretim Endüstrileri Karşılaştırma	16
Tablo 1- 2: Süreç Endüstrilerinin Ürün Tiplerine Göre Sınıflandırılması	20
Tablo 2- 1: Sürekli ve Kesikli Süreçlerde Çizelgeleme Farklılıkları	30
Tablo 2- 2: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modelleri.....	36
Tablo 2- 3: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modelleri -Devam	37
Tablo 2- 4: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modelleri -Devam	38
Tablo 2- 5: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar.....	50
Tablo 2- 6: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam	51
Tablo 2- 7: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam	52
Tablo 2- 8: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam	53
Tablo 2- 9: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam	54
Tablo 3- 1: Drexl ve Kimms (1997) GLSP Formülasyonu İndis, Parametre ve Karar Değişkenleri.....	57
Tablo 3- 2: Fleischmann ve Meyr (1997) GLSP-CS Formülasyonu Parametre ve Karar Değişkenleri.....	58
Tablo 3- 3: Fleischmann ve Meyr (1997) GLSP-LS Formülasyonu İçin Yapılan Eklemeler	60
Tablo 3- 4: GLSP Modelini Uygulayan Çalışmalar.....	66
Tablo 3- 5: GLSP Modelini Uygulayan Çalışmalar - Devam	67
Tablo 3- 6: GLSP Modelini Uygulayan Çalışmalar - Devam	68
Tablo 4- 1: Çimento Değirmenlerinin Ürettiği Ürün Tipleri ve Kapasiteleri.....	70
Tablo 4- 2: Ürünler ve Ürün Reçeteleri	71
Tablo 4- 3: Üründen Ürüne Geçiş Süreleri	71
Tablo 4- 4 : Ürün Gruplarının Toplam Satış Miktarı İçindeki Payları.....	102
Tablo 4- 5: CEM-III Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model...	104
Tablo 4- 6: CEM-III Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri	104

Tablo 4- 7: CEM-III Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Aylık Talep Tahminleri	105
Tablo 4- 8: CEM-III Ürün Grubu 2014 Yılı Aylık Nihai Talep Tahminleri	105
Tablo 4- 9: CEM-III Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Talep Tahminleri	106
Tablo 4- 10: CEM-I Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model...	107
Tablo 4- 11: CEM-I Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri	108
Tablo 4- 12: CEM-I Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Aylık Talep Tahminleri	108
Tablo 4- 13: CEM-I Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Talep Tahminleri	109
Tablo 4- 14: CEM-I Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Nihai Talep Tahminleri.....	110
Tablo 4- 15: CEM-IV Ürün Grubu Haftalık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model	111
Tablo 4- 16: CEM-IV Ürün Grubu Haftalık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri	112
Tablo 4- 17: CEM-IV Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Haftalık Talep Tahminleri	112
Tablo 4- 18: CEM-II Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model..	113
Tablo 4- 19: CEM-II Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri	114
Tablo 4- 20: CEM-II Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Aylık Talep Tahminleri	114
Tablo 4- 21: CEM-II Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Talep Tahminleri	115
Tablo 4- 22: CEM-II Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Nihai Talep Tahminleri.....	116

Tablo 4- 23: Hizmet Düzeyleri ve Bunlara İlişkin k Değerleri	118
Tablo 4- 24: Hizmet Düzeyleri ve Bunlara İlişkin k Değerleri	119
Tablo 4- 25: CEM-III Ürün Grubu Tahminleme Yaklaşımlarının MAD Değerleri (Ton)..	119
Tablo 4- 26: CEM-I Ürün Grubu Tahminleme Yaklaşımlarının MAD Değerleri (Ton)....	119
Tablo 4- 27: CEM-II Ürün Grubu Tahminleme Yaklaşımlarının MAD Değerleri (Ton)...	119
Tablo 4- 28: CEM-III Ürün Grubu Emniyet Stoğu Hesaplama Örneği.....	121
Tablo 4- 29: Ürün Gruplarının İlk Döngüdeki Bitiş Stok Miktarları (ton).....	124
Tablo 4- 30: İlk Döngü Üretim Miktarları ve Gün Sonu Gerçek Stok Miktarları.....	125
Tablo 4- 31: Ürün Gruplarının İkinci Döngüdeki Bitiş Stok Miktarları (ton).....	125
Tablo 4- 32: İkinci Döngü Üretim Miktarları ve Gün Sonu Gerçek Stok Miktarları	126
Tablo 4- 33: İkinci Döngü Kaybedilen Satış Miktarları	126
Tablo 4- 34: Alt periyotların kapasitesi (dakika)	126
Tablo 4- 35: z alt periyodundaki elektrik enerjisi fiyatı – encost (TL/kwH).....	127
Tablo 4- 36: j ürünün birim stokta bulundurulma maliyeti – h (TL/ton).....	127
Tablo 4- 37: m makinesinde j ürününün birim üretim maliyeti – CP (TL/ton).....	127
Tablo 4- 38: j ürününün m makinesinde üretilebileceği minimum parti büyüklüğü	127
Tablo 4- 39: j ürününden elde bulundurulabilecek maksimum miktar - maxl (ton)....	127
Tablo 4- 40: m makinesinde j ürününün üretilip üretilmediği – uygunluk (0-1 değişkeni)	127
Tablo 4- 41: Hazırlık durumunda yapılan üretimin maliyeti – cst (TL/ton).....	127
Tablo 4- 42: m makinesinde j ürününden bir ton üretildiğinde tüketilen enerji - ec (kwH/ton).....	128
Tablo 4- 43: j ürününden bir ton satış kaybı gerçekleşmesinin maliyeti - lsc (TL/ton) .	128
Tablo 4- 44: k bileşeninin işleme maliyeti - prcost (TL/ton).....	128
Tablo 4- 45: ES1-M1 ve ES2- M1 Modellerinin Çözüm Süreleri	130
Tablo 4- 46: 2014 Yılı Toplam Hazırlık İşlem Sayıları	132
Tablo 4- 47: ES1-M1 Model Sonucuna Göre 2014 Yılında Alt Periyotlarda Hazırlık İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)	132

Tablo 4- 48: ES2-M1 Model Sonucuna Göre 2014 Yılında Alt Periyotlarda Hazırlık İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)	133
Tablo 4- 49: Gerçek Üretim Verilerine Göre 2014 Yılında Alt Periyotlarda Hazırlık İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)	133
Tablo 4- 50: ES1-M1, ES2-M1 Modellerinin ve Gerçekleşen Üretimin 2014 Yılı Hazırlık İşlemleri Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Maliyeti (TL).....	133
Tablo 4- 51: ES1-M1 Model Sonucuna Göre Hazırlık İşlemi Sonrasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)	134
Tablo 4- 52: ES2-M1 Model Sonucuna Göre Hazırlık İşlemi Sonrasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)	134
Tablo 4- 53: Gerçek Üretim Verilerine Göre Hazırlık İşlemi Sonrasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)	134
Tablo 4- 54: ES1-M1 Model Sonuçlarına Göre Hazırlık İşlemleri Sonrası Gerçekleştirilen Üretimin Maliyeti (TL)	135
Tablo 4- 55: ES2-M1 Model Sonuçlarına Göre Hazırlık İşlemleri Sonrası Gerçekleştirilen Üretimin Maliyeti (TL)	135
Tablo 4- 56: Gerçek Üretim Verilerine Göre Hazırlık İşlemleri Sonrası Gerçekleştirilen Üretimin Maliyeti (TL)	135
Tablo 4- 57: ES1-M1 Model Sonuçlarına Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Toplam Üretim Maliyetleri (TL)	135
Tablo 4- 58: ES2-M1 Model Sonuçlarına Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Toplam Üretim Maliyetleri (TL)	135
Tablo 4- 59: Gerçek Üretim Verilerine Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Toplam Üretim Maliyetleri (TL)	136
Tablo 4- 60: ES1-M1 Model Sonuçlarına Göre 2014 Yılı Toplam Gün Sonu Stok Miktarları (ton).....	137
Tablo 4- 61: ES2-M1 Model Sonuçlarına Göre 2014 Yılı Toplam Gün Sonu Stok Miktarları (ton).....	137

Tablo 4- 62: Gerçek Üretim Verilerine Göre 2014 Yılı Toplam Gün Sonu Stok Miktarları (ton).....	137
Tablo 4- 63: ES2-M1 Modeli – Gerçekleşen Stok Miktarları Farkları (ton)	137
Tablo 4- 64: ES2-M1 Modeli – Gerçekleşen Stok Miktarları Farkları (ton)	137
Tablo 4- 65: ES1-M1 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika)	142
Tablo 4- 66: ES2-M1 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika)	142
Tablo 4- 67: 2014 Yılı Değirmenlerin Gerçekleşen Alt Periyot Kullanım Süreleri (dakika)	142
Tablo 4- 68: 2014 Yılı ES1-M1, ES2-M2 ve Gerçekleşen Klinker ve Katkı Maddeleri Kullanım Miktarları.....	146
Tablo 4- 69: Model Sonuçlarına Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Kaybedilen Satış Miktarları Toplamı (Ton)	148
Tablo 4- 70: ES1-M1 Modeli Ürün Gruplarının 2014 Yılı Kaybedilen Satış Miktarlarının Toplam Satışlar İçindeki Payı.....	148
Tablo 4- 71: 2014 Yılı Modellerin Maliyetleri ve Gerçekleşen Maliyetler.....	149
Tablo 4- 72: 2014 Yılı ES1-M1-KS, ES2-M1-KS Modellerin Maliyetleri ve Gerçekleşen Maliyetler	150
Tablo 4- 73: ES1-M1-KS 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika).....	150
Tablo 4- 74: ES2-M1-KS 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika).....	150

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 4- 1: CEM-I Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları.....	138
Grafik 4- 2: CEM-II Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları.....	139
Grafik 4- 3: CEM-III Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları.....	140
Grafik 4- 4: CEM-IV Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları.....	141
Grafik 4- 5: ES1-M1 Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı	143
Grafik 4- 6: ES2-M1 Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı	144
Grafik 4- 7: Değirmenlerin Gerçek Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı	144
Grafik 4- 8: ES1-M1-KS Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı.....	151
Grafik 4- 9: ES2-M1-KS Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı.....	152

KISALTMALAR

APICS - Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği (*American Production and Inventory Control Society*)

BSP- Partileme ve Çizelgeleme Problemi (*Batching and Scheduling Problem*)

CLSD - Sıralama Bağımlı Hazırlık Maliyetli Kapasite Kısıtlı Parti Büyüklüğü Problemi (*Capacitated Lot Sizing Problem with Sequence Dependent Setup Costs*)

CLSP - Kapasite Kısıtlı Parti Büyüklüğü Problemi (*Capacitated Lot Sizing Problem*)

CSLP - Sürekli Hazırlık/Ayar Parti Büyüklüğü Problemi (*Continuous Setup Lot Sizing Problem*)

DLSP - Kesikli Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*Discrete Lot Sizing And Scheduling Problem*)

DLSPSD - Sıralama Bağımlı Kesikli Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*Discrete Lot Sizing And Scheduling Problem With Sequence Dependencies*)

ELSP - Ekonomik Parti Çizelgeleme Modeli (*Economic Lot Scheduling Problem*)

EOQ - Ekonomik Sipariş Miktarı (*Economic Order Quantity*)

FO - Sabitle ve Optimize Et (*Fix and Optimize*)

FR - Sabitle ve Gevşet (*Fix and Relax*)

GLSP - Genel Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*General Lot Sizing And Scheduling Problem*)

GLSP-CS - Hazırlık Durumunun Korunduğu Genel Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*General Lot Sizing and Scheduling Problem with Conservation of Setup State*)

GLSP-LS - Hazırlık Durumunun Korunmadığı Genel Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*General Lot Sizing and Scheduling Problem with Loss of Setup State*)

GLSP-ST - Sıralamaya Bağlı Hazırlık Süreli Genel Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*General Lot Sizing Problem With Sequence-Dependent Setup Times*)

LP - Doğrusal Programlama (*Linear Programming*)

MAE - Ortalama Mutlak Hata (*Mean Absolute Error*)

MAPE - Ortalama Mutlak Yüzde Hata (*Mean Absolute Percentage Error*)

MaxAE - Maksimum Mutlak Hata (*Maximum Absolute Error*)

MaxAPE - Maksimum Mutlak Yüzde Hata (*Maximum Absolute Percentage Error*)

ML - Çok Seviyeli (*Multi-Level*)

MLCLSP-L - Bağlantılı Parti Büyüklükleri İçeren Çok Seviyeli Kapasite Kısıtlı Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi (*Multi-Level Capacitated Lot Sizing Problem With Linked Lot Sizes*)

MIP - Karma Tam Sayılı Programlama (*Mixed Integer Programming*)

MILP - Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama (*Mixed Integer Linear Programming Model*)

Norm. BIC - Normalize Bayesyan Bilgi Kriteri (*Normalized BIC*)

NP - Belirleyici Olmayan Polinom (*Non-Deterministic Polynomial*)

PLSP - Oranlı Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (*Proportional Lot Sizing And Scheduling Problem*)

R² - Determinasyon katsayısı (*Coefficient of Determination*)

RF - Gevşet ve Sabitle (*Relax and Fix*)

RMSE - Ortalama Hata Kareleri Kökü (*Root Mean Square Error*)

RTN - Kaynak- Görev Ağ Yapısı (*Resource-Task Network*)

STN - Durum-Görev Ağ Yapısı (*State-Task Network*)

St. R² - Durağan Determinasyon Katsayısı (*Stationary R²*)

GİRİŞ

Günümüz rekabet koşullarında işletmeler müşterilerin istek ve ihtiyaçlarına hızlı cevap verebilme ve memnuniyetlerini sağlama baskısını çok yoğun şekilde hissetmektedir. Bu baskı altında talep belirsizliklerini yönetmeye çalışmak, bu sürecin doğru yönetilememesi sonucunda, bazı ürünlerde stoksuz kalma bazı ürünlerde ise çok fazla stok tutma durumuna neden olabilmektedir. Müşteri memnuniyeti ile maliyetler arasındaki dengenin sağlanabilmesinde üretim planlama ve çizelgeleme kritik öneme sahiptir. Üretim planlama ile tahminlenen talebe bağlı olarak üretim kaynaklarının gelecekte ne şekilde kullanılacağı belirlenmektedir. Üretim çizelgelemede ise, belirlenmiş olan performans kriterlerini en iyi şekilde karşılamak amaçlanarak, hangi işlerin hangi zaman aralığında hangi sıra ile hangi kaynaklara atanması gerektiğine karar verilmektedir.

Üretim çizelgeleme problemleri, ele alındıkları süreçlerin yapısı ve endüstrinin özelliklerinden etkilenen problemlerdir. Bu nedenle üretim çizelgeleri oluşturulurken, ele alınan üretim sisteminin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Çok genel anlamda üretim endüstrileri kesikli üretim ve süreç endüstrileri olmak üzere sınıflandırılabilir. Kesikli üretim endüstrilerinde, yüksek çeşitlilikte özelleştirilmiş ürünler üretilmekte ve ürünler birbirlerinden ayırt edilebilmektedir. Süreç endüstrileri ise üretimin fiziksel ya da kimyasal reaksiyonlar yolu ile gerçekleştirildiği, ürünlerin bileşenlerine ayıramadığı ve adetler halinde ifade edilemediği endüstrilerdir.

Kesikli üretim ve süreç endüstrilerinde kullanılan malzemelerin çeşitliliğinde ve ürün rotalarının karmaşıklık düzeyinde farklılıklar bulunduğu için çizelgelenmelerinde göz önünde bulundurulacak faktörler ve bunların ele alınma biçimleri farklılaşmaktadır. Süreç endüstrileri akış ve parti tipi süreçleri içerebilmektedir. Akış tipi üretimde düşük çeşitlilikte ürünler, özel amaçlı makine ve araç-gereçler kullanılarak üretilmekte ve bu makineler ürünlerin işlem sırasına göre yerleştirilmektedir. Bu üretim tipinde süreçler genellikle standarttır ve ürünler aynı rotayı izlemektedir. Akış tipi üretimde genellikle

tüm üretim süreci içinde baskın olan ve tüm sürecin hızını belirleyen bir darboğaz süreç bulunmaktadır. Parti tipi süreç endüstrileri, ürün çeşitliliğinin yüksek üretim miktarının düşük olduğu ve üretimin partiler halinde gerçekleştirildiği endüstrilerdir. Parti tipi üretimde, genel olarak üretim sistemi içinde baskın olan tek bir darboğaz süreç bulunmamaktadır. Akış tipi süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemleri genellikle darboğaz olan süreçlere odaklanılarak gerçekleştirilmektedir. Süreç endüstrilerinde kapasite kullanımına odaklanması ve üründen ürüne geçiş sürelerinin yüksek olması çizelgeleme problemlerinin parti büyüklüğü belirleme problemleri ile birlikte ele alınmasına yol açmaktadır.

Üretim çizelgeleme problemleri uzun yıllardır literatürde kendine sıklıkla yer bulan bir problemdir (bkz: Lasserre, 1992; Kondili, Pantelides ve Sargent, 1993; Floudas ve Lin, 2005; Stefansson vd., 2011; Claassen vd., 2016). Bu problem son yıllara kadar ağırlıklı olarak kesikli üretim endüstrilerinde incelenmiştir. Son dönemlerde süreç endüstrilerinin talep yapısındaki değişimin ve ürün çeşitliliğindeki artışın da etkisiyle, süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemi daha çok ilgi görmeye başlamıştır.

Üretim çizelgeleme ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalarda çok sayıda model ortaya konmuştur. Geliştirilen bu modeller teorik olarak başarılı görünseler de, modellerin uygulanabilirlikleri ile ilgili literatürde eleştiriler bulunmaktadır (Crawford vd., 1999; Akkerman ve van Donk, 2009). Bu alanda yapılan çalışmaların uygulanabilir olması için çizelgeleme probleminin bu endüstriye özgü özellikler ve değişkenlikler göz önünde bulundurularak ele alınması gerekmektedir. Bu tezde amaçlanan parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemini, sürecin çizelgelemeyi etkileyen unsurları ile birlikte ele alarak, belirlenen performans hedeflerine kabul edilebilir sürede ulaşan ve uygulanabilirliği test edilmiş bir model ortaya koymaktır. Bu noktadan hareketle bu tezde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemi, süreç endüstrilerinin çizelgeleme sürecini etkileyen özellikleri göz önünde bulundurularak ve çizelgelerin başarısını etkileyen en önemli girdilerden biri olan talep tahminleme ile birlikte ele alınarak

incelenmiştir. Uygulanabilir çizelgeler elde etmek için talep tahminlemenin dışında, emniyet stokları ve talebin yoğun olduğu durumlarda ortaya çıkabilecek kapasite yetersizlikleri de göz önünde bulundurulmaktadır. Emniyet stokları ürün gruplarının özellikleri ve değişen talep koşullarına bağlı olarak döngüsel olarak belirlenmektedir. Tezde hem gereksiz yere taşınan ürün stoklarının önüne geçilmek istenmekte hem de talep karşılayamama durumu en küçüklenmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle geliştirilen ana parti büyüklüğü ve çizelgeleme modelinin yanında, talebin yoğun olduğu dönemlerde kaynak kapasitelerinin yetersiz kalmasından kaynaklanan talebi karşılayamama durumunu en aza indirmek için kapasite kontrolünün gerçekleştirildiği ve yetersiz kalınacak miktarların öngörüldüğü bir kontrol modeli de kullanılmaktadır. Çalışmanın uygulaması, süreç endüstrileri altında yer alan ve süreç endüstrilerinin tipik özelliklerinden birçoğuna sahip olan çimento üretim sürecinde gerçekleştirilmiştir. Çimento sektörünün süreç endüstrilerinin özelliklerinin birçoğunu göstermesinin yanı sıra, sektör genelinde üretim sürecinin çok benzer şekilde gerçekleşmesi nedeniyle geliştirilecek çizelgeleme mantığının sektör için genellenebileceği düşüncesi de uygulama için bu sektörün seçilmesinde etkili olmuştur.

Bu tezin uygulama probleminin belirlenmesi için Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş. (BBA)'nın çimento üretim süreci ele alınmıştır. BBA' nın mevcut durumu incelendiğinde, satış ve üretim fonksiyonları arasında uyumsuzluk yaşadıkları ve üretim planlamayı sistematik bir şekilde gerçekleştirilemedikleri görülmektedir. Tecrübeye dayalı olarak gerçekleştirilen üretim planı enerji maliyetinin yüksek olduğu zaman aralıklarında değirmenlerin gereksiz yere çalıştırılmalarına, gereğinden fazla üretime, stoklama maliyetinin ve toplam üründen ürüne geçiş sürelerinin yüksek oluşuna ve üretimin yüksek enerji maliyeti ile gerçekleştirilmesine neden olabilmektedir. Çimento üretim sürecinde tüketilen elektrik enerjisinin önemli bir bölümü çimento öğütme sürecinde kullanılmaktadır. Bu nedenle öğütme sürecinde ürünlerin öğütülme zamanı, sırası ve miktarında yapılacak iyileştirmeler ile çimento üretiminde tüketilen enerjide önemli bir düşüş elde edilebilecektir. Aynı zamanda çimento değirmenlerinde

gerçekleştirilen öğütme süreci, çimento üretim sürecinin darboğazını oluşturmaktadır. Bu süreçte gerçekleştirilecek olan iyileştirmeler tüm sistemin performansını artıracaktır. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda bu tez çalışmasında çizelgeleme problemi olarak BBA' nın çimento değirmenlerinin çizelgelenmesinin ele alınmasına karar verilmiştir. Amaçlanan çimento değirmenlerinde, en düşük maliyet ile tahminlenen talebe bağlı olarak hangi çimento tipinin hangi ürün reçetesi ve hangi parti büyüklüğü ile hangi değirmende hangi sırada üretilmesi gerektiğinin belirlenmesidir. Maliyet unsurları olarak üretim, üründen ürüne geçiş, stok elde bulundurma, elektrik enerjisi, hammadde ve kaybedilen satışların maliyetleri göz önünde bulundurulmaktadır. Aynı zamanda çimento tiplerinin ne miktarda stoklanması gerektiği ve çimento tiplerine ve çizelgelenen periyodun özelliklerine bağlı olarak emniyet stoğu miktarının ne olması gerektiğinin belirlenmesi de amaçlanmaktadır. Siloların kapasiteleri, siloların güncel stok miktarları, ürünlerin terminleri, ürün reçeteleri, çimentoların üretiminde kullanılan malzemelerin üretim hızı da göz önünde bulundurulan diğer faktörlerdir. Performans hedefleri üretim, stok elde bulundurma, hammadde ve elektrik enerjisi maliyetlerinin, parti büyüklüğünün düzenlenmesi ile üründen ürüne geçiş sayılarının ve tüm işlerin tamamlanma sürelerinin azaltılması ve değirmenlerin kapasitelerinin kullanım etkinliğinin artırılmasıdır.

Çalışmanın birinci bölümünde öncelikle üretim çizelgeleme süreci ve çizelgeleme problemlerinin sınıflandırılma biçimlerine yer verilmiş, ardından süreç endüstrileri tanımlanmış ve endüstrinin özellikleri çizelgeleme süreci üzerindeki etkilerine odaklanılarak ele alınmıştır. İkinci bölümde süreç endüstrilerinde parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme probleminin ne şekilde ele alındığı incelenmiştir. Bunun için öncelikle çizelgeleme ve parti büyüklüğü problemlerini ayrı ayrı ele alan çalışmalara değinilmiş, ardından bu iki problemi bütünleşik olarak ele alan modeller ortaya konmuştur. Modellerin özellikleri, kullandıkları parametre ve karar değişkenleri sunulduktan sonra bu modelleri uygulayan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan GLSP modeli detaylı bir şekilde açıklanmış, modelin

zaman gösterimi yapısına ve literatürde bu model için geliştirilmiş olan temel formülasyonlara değinilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümü, ele alınan problemin ve bu problemin çözümü için geliştirilen modelin tanıtıldığı bölümdür. Bu bölümde ayrıca modelin girdileri olan talep tahminlerinin ve emniyet stoklarının nasıl hesaplandığına yer verilmiş, geliştirilmiş olan model farklı emniyet stoğu politikaları ile gerçek veriler kullanılarak çalıştırılmış ve performansı değerlendirilmiştir. Çalışmanın son bölümü sonuç ve değerlendirme bölümüdür. Bu bölümde çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılmış ve gelecek araştırmalara yönelik fikirler ortaya konmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM ÇİZELGELEME VE SÜREÇ ENDÜSTRİLERİ

Günümüz yoğun rekabet koşullarında işletmeler başarılı olabilmek için üretim faaliyetlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebilmelidir. Üretim çizelgeleme sürecinin bu faaliyetlerin etkinliği üzerinde oldukça önemli bir etkisi bulunmaktadır. Çizelgelemenin gerçekleştirileceği üretim sürecinin özellikleri, çizelgeleme sürecini doğrudan etkilemektedir (Kılıç, 2011: 15). Bu tez kapsamında incelenecek olan süreç endüstrilerinin de çizelgeleme sürecini etkileyen kendine özgü özellikleri bulunmaktadır. Bu endüstri için uygulanabilir bir çizelgeleme modeli oluşturulabilmesi için, endüstrinin çizelgelemeyi etkileyen tüm özellikleri ile birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle bu bölümde öncelikle üretim çizelgeleme süreci ele alınmakta, üretim çizelgeleme problemlerinin literatürde ne şekilde sınıflandırıldıkları ve çözümlerinde sıklıkla hangi yöntemlerin kullanıldığına değinilmektedir. Ardından süreç endüstrileri tanımlanmakta ve endüstrinin özellikleri çizelgeleme süreci üzerindeki etkilerine odaklanılarak ele alınmaktadır.

1.1. Üretim Çizelgeleme

Üretim çizelgeleme, mevcut üretim kaynaklarının belirli bir zaman boyunca, bir dizi kriteri en iyi karşılayacak şekilde atanması şeklinde tanımlanabilmektedir (Graves, 1981: 646). Bir üretim çizelgesi oluşturulurken çizelgelenecek işlemlerin gerçekleştirilme sıralamasına karar verilmektedir. Bu sıralama işlerin başlangıç ve bitiş zamanını, rotada yer alan işlemlerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan kaynakların seçimini ve parti büyüklüğünün belirlenmesini içermektedir (White, 2012: 118).

Çizelgeleme kararları, mevcut olan tesis ve ekipman kaynaklarının tanımlandığı kapasite planlama ile başlamaktadır. Kapasite planlarının ardından, 3 aydan 1,5 yıla kadar olan bir zaman dilimini kapsayan bir toplam üretim planı oluşturulmaktadır.

Toplam üretim planları, ürünlerin ve kaynakların bütünleşik olarak ele alındığı planlardır. Toplam üretim planlarının ürün bazında kırılması ile belirli ürün ya da ürün hatları için daha kısa süreli çizelgeler oluşturan ana üretim programı oluşturulmaktadır. Kısa dönemli çizelgeler ise, kapasite kararları, toplam planlar ve ana üretim programını iş sıralamalarına ve işlere işgücü, malzeme ve makine atamalarına dönüştürmektedir (Heizer ve Render, 2006: 590-591).

Bir üretim çizelgeleme problemi ele alınırken, çizelgelenecek işler, makineler, kaynaklar ve performans kriterleri ile ilgili bilgiler kullanılmaktadır. Bir iş, iş için gereksinim duyulan kaynaklar, işin işlem süresi, başlangıç ve bitiş zamanı, diğer işler ile olan öncelik ilişkisi gibi birçok özellik ile tanımlanabilmektedir. Makineler, birden çok işi gerçekleştirebilen makineler olabileceği gibi sadece belli işleri yapabilen özelleşmiş makineler de olabilmektedir. Kaynaklar ise genel olarak yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Performans kriterleri olarak çok sayıda kriter kullanılabilmeyle birlikte, en sık kullanılan kriterler toplam çizelge süresi, toplam ağırlıklandırılmış akış süresi, toplam ağırlıklandırılmış iş gecikme maliyeti, geciken iş sayısı ve ağırlıklandırılmış erken/geç kalma maliyetleri şeklinde ifade edilebilmektedir (Jarboui, Siarry ve Teghem, 2013: xvi-xvii).

Literatürde üretim çizelgeleme problemi farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Graves (1981) sınıflandırmada talebin oluşma biçimi, işlemlerin karmaşıklığı, çizelgeleme kriterleri, parametrelerin belirginlik düzeyi ve çizelgeleme ortamı boyutlarını kullanmıştır. Talepler doğrudan müşteri siparişleri ya da dolaylı olarak stok yenileme kararları ile türetilmektedir.

Talebin müşteri siparişleri ile oluştuğu ve stoğa üretimin yapılmadığı açık sistemlerde çizelgeleme problemi, siparişlerin sıralanması problemi olarak tanımlanabilmektedir. Müşteri taleplerinin stoktan karşılandığı kapalı sistemlerde ise üretim çizelgeleme problemi sıralamanın yanı sıra parti büyüklüğü kararlarını da içermektedir.

İşlemlerin karmaşıklığı boyutu, üretim birimlerine ilişkin işlem sayısı ile ilgilidir. Çizelgeleme problemleri bu boyuta göre aşağıdaki gibi dört ana grupta toplanabilmektedir:

- Tek aşama, tek makine
- Tek aşama, paralel makineler
- Çok aşama, akış tipi
- Çok aşama, atölye tipi

Tek aşamalı tek makineli çizelgeleme problemi, tüm işlerin tek aşamada ve tek makinede gerçekleştirildiği en basit çizelgeleme problemidir. Tek aşamalı paralel makineli çizelgeleme probleminde tüm işler tek bir işlem basamağı gerektirmekte ve bu işlem basamağı paralel makinelerde gerçekleştirilebilmektedir. Akış tipi çizelgeleme probleminde tüm işler aynı işlem basamakları ile aynı ekipmanlarda gerçekleştirilmekte ve birden fazla işlem gerektirmektedir. Atölye tipi çizelgeleme problemlerinde ise işlem basamakları işler bazında farklılık gösterebilmekte, alternatif rotalar kullanılabilmektedir.

Üçüncü sınıflandırma boyutu, çizelgelerin hangi açılardan, nasıl değerlendirilmesi gerektiği ile ilgilidir. Çizelgeler, genel anlamda maliyet ve performans başlıkları altında değerlendirilebilmektedir. Çizelge performansı, üretim kaynaklarının faydalı kullanım oranları, geciken işlerin yüzdesi, maksimum gecikme, maksimum akış zamanı gibi birçok ölçüt ile değerlendirilebilmektedir. Birçok üretim ortamında üretim çizelgeleri maliyet ve performans kriterleri birlikte göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir.

Parametrelerin belirginlik düzeyine göre çizelgeleme problemleri, deterministik ve stokastik olarak ikiye ayrılmaktadır. Deterministik çizelgeleme problemlerinde sistemin parametreleri bilinmekte, stokastik çizelgeleme problemlerinde ise parametreler rassal değişkenler olarak ifade edilmektedir (Dempster, Lenstra ve

Rinnooy Kan, 1982: 3-6). Çizelgeleme problemlerini etkileyen diğer bir sınıflandırma boyutu olan çizelgeleme ortamı, statik ya da dinamik olabilmektedir. Statik çizelgeleme ortamında, çizelgelenecek işler ve işlere ilişkin tüm parametreler önceden kesin olarak bilinirken, dinamik ortamda zaman içinde işlerde ve işlere ilişkin parametrelerde değişkenlik olabilmektedir (Graves, 1981: 647-649).

Literatürde sıklıkla yararlanılan diğer sınıflandırma şeklini Pinedo (2002) ortaya koymuştur. Pinedo (2002) çizelgeleme problemlerinin α , β ve γ olmak üzere üç parametre kullanılarak ifade edilebileceğini belirtmiştir. Problemlerin gösteriminde “ $\alpha|\beta|\gamma$ ” gösterim şeklini kullanmıştır. α makine ortamını, β sürecin özelliklerini, γ ise optimize edilmesi istenen amaçları ifade etmektedir. Bu parametrelerin her birinin altında, olası çok sayıda alternatif bulunmaktadır.

Graves (1981), makine ortamı ile ilgili olarak tek makine, paralel makineler, akış tipi ve atölye tipi alternatiflerini kullanırken Pinedo (2002) dokuz farklı alternatiften bahsetmektedir. Pinedo (2002)’nin belirttiği α ile ilgili alternatifler; tek makine, paralel özdeş makineler, farklı hızlarda paralel makineler, özdeş olmayan paralel makineler, akış tipi, esnek akış tipi, atölye tipi, esnek atölye tipi ve açık atölye tipi şeklindedir. Bu alternatiflerin her biri, Pinedo (2002)’nin kullandığı gösterim şekilleri ile aşağıda açıklanmıştır.

- **Tek makine çizelgeleme problemleri:** Tek makine çizelgeleme problemleri işlerin tek makinede gerçekleştirildiği en basit çizelgeleme problemleridir. Bu problem tipinin α değeri 1’dir.

- **Paralel özdeş makine çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme probleminde m tane özdeş paralel makine bulunmaktadır. Çizelgelenecek işler, bu m özdeş makinenin herhangi birinde gerçekleştirilebilir. Bu problem tipi P_m ile ifade edilmektedir.

- **Farklı hızlarda paralel makineli çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme probleminde m tane farklı hızda paralel makine bulunmaktadır. Bu makine ortamı aynı

zamanda uniform makine ortamı olarak da adlandırılabilir. Makinelerin hızlarının aynı olması durumunda problem paralel özdeş makine çizelgeleme problemlerine dönüşmektedir. Bu problem tipi Q_m ile ifade edilmektedir.

- **Paralel özdeş olmayan makine çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme problemi, uniform paralel makine çizelgeleme problemlerinin genelleştirilmiş halidir ve R_m ile ifade edilmektedir.

- **Akış tipi çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme probleminde seri halinde m makine bulunmaktadır. Her iş bu m makinenin her birinde aynı sıralama ile işlenmek durumundadır. Bu problem tipi F_m ile ifade edilmektedir.

- **Esnek akış tipi çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme problemi, akış tipi ve paralel makine ortamının genelleştirilmiş bir halidir. Bu problem tipinde her aşamada bir dizi özdeş paralel makine içeren, çok sayıda seri bulunmaktadır. Bu problem tipi FF_c ile ifade edilmektedir.

- **Atölye tipi çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme probleminde m makine bulunmaktadır. Her iş, özelliklerine göre daha önceden belirlenmiş olan bir rotayı izlemektedir. Bu problem tipi J_m ile ifade edilmektedir.

- **Esnek atölye tipi çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme problemi, atölye tipi ve paralel makine ortamının genelleştirilmiş bir halidir. m makine yerine, c adet iş merkezi bulunmaktadır. Bu iş merkezlerinde bir dizi paralel özdeş makine yer almaktadır. Her iş, atölye içinde kendi özelliklerine göre belirlenen bir rota izlemektedir. Bu problem tipi FJ_c ile ifade edilmektedir.

- **Açık atölye tipi çizelgeleme problemleri:** Bu çizelgeleme probleminde m makine bulunmaktadır. İşlerin rotaları ile ilgili herhangi bir sınırlama yoktur. Bu problem tipi O_m ile ifade edilmektedir (Pinedo, 2002: 14-16).

β ile ilgili olası durumlar ise hazır olma zamanı, sıralamaya bağlı hazırlık süreleri, işlerin bölünebilmesi, öncelik ilişkileri, arızalar, makinelerin elverişlilik kısıtları, permütasyon, bloklama, bekleme izin verilmemesi durumu ve yeniden dolaşım şeklindedir. Hazır olma zamanı, bir işin gerçekleştirilmeye başlanmak için hazır olduğu

zamanı ifade etmektedir. Sıralamaya bağılı hazırlık süreleri, ürünün ürüne geçişte gerçekleştirilmesi gereken hazırlıkların süresinin, ürünlerin işlenme sırasının değişmesi durumunda farklılaşmasını ifade etmektedir. Bu süreler aynı zamanda makineden makineye de farklılaşabilmektedir. İşlerin bölünebilme durumu, bir işin bir makinede gerçekleştirilmeye başlandıktan sonra bitirilene kadar o makinede başka bir işin gerçekleştirilememesi durumunun geçerli olmadığını ifade etmektedir. Bir makinede bir iş yapılırken iş yarıda kesilip başka bir işe geçilebilmekte; ardından yarım kalan işe kaldığı yerden başlanabilmektedir. Makine arızaları, makinelerde ortaya çıkan ve giderilene kadar makinelerin kullanılabilir olmasını engelleyen durumlardır. Makinelerin elverişlilik kısıtları, işlerin hangi makinelerde gerçekleştirilebildiği ile ilgili kısıtlardır. İşlerin tüm makinelerde gerçekleştirilemediği durumlarda ortaya çıkmaktadır. Permütasyon kısıtı, akış tipi çizelgeleme problemlerinde, işlerin “İlk Giren İlk Çıkar” prensibine göre işlendiği durumlarda ortaya çıkabilmektedir. Buna göre ilk makineye gelen işlerin sıralaması tüm sistem boyunca korunmalıdır. Bloklama yine akış tipi üretimde karşılaşılabilen bir durumdur. Seri halinde sıralanmış makinelerden arka arkaya bulunan iki makine arasında kısıtlı miktarda tampon stok tutulabiliyorsa ve o kapasite dolduysa, bu iki makinenin ilki işi tamamlasa da serbest bırakamaz. Akış tipi üretimde karşılaşılabilen bir diğer kısıt bekleme izin verilmeme durumudur. Bu durumda bir makineden çıkan iş, hiç bekleme olmadan bir sonraki makinede işlenmeye başlamak durumundadır. Yeniden dolaşım, bir işin bir makine ya da iş merkezine birden çok kez uğraması durumunu ifade etmektedir. Bu durum ile atölye tipi ya da esnek atölye tipi makine ortamında karşılaşılabilmektedir (Pinedo, 2002: 16-17).

Pinedo (2002)'nin kullandığı son parametre olan γ , Graves (1981)'in kullandığı çizelge performansını değerlendirme kriterleri ile özdeştir. Pinedo (2002) γ ile ilgili örnek olarak işlerin maksimum tamamlanma süresi, maksimum gecikme süresi, toplam ağırlıklandırılmış tamamlanma süresi, maliyete indirgenmiş toplam ağırlıklandırılmış tamamlanma süresi, ağırlıklandırılmış toplam gecikme ve ağırlıklandırılmış gecikmiş iş sayısını sunmuştur.

Çizelgeleme problemlerinin de içinde yer aldığı kombinatoryal optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemler, kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel yöntemler şeklinde iki ana kategori altında toplanabilmektedir. Kesin çözüm yöntemleri, kısıtlı büyüklükteki kombinatoryal optimizasyon problemleri için bir optimal çözüm bulmayı ve bu çözümün optimalliğini ispatlamayı garanti etmektedir. Kesin çözüm yöntemleri içinde doğrusal ve tam sayılı programlama, dal-sınır ve dal-kesme algoritmaları ve dinamik programlama sıklıkla kullanılan yöntemlerdir (Puchinger ve Raidl, 2005: 41-42).

Sezgisel yöntemler genel olarak yapısal algoritmalar ve yerel arama yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yapısal algoritmalar, yerel arama algoritmalarına göre genellikle daha hızlı çözüm verebilmekte ancak çözüm kalitesi daha düşük olabilmektedir. Son dönemlerde kombinatoryal optimizasyon problemlerinin çözümünde sıklıkla tercih edilen meta-sezgisel yöntemler ise, temel sezgisel yöntemleri birlikte kullanarak, çözüm alanını daha etkin bir şekilde daha üst seviyede aramayı hedeflemektedir. Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Genetik Algoritmalar, Tavlama Benzetimi, Tabu Arama, Parçacık Sürü Optimizasyonu gibi meta-sezgisel yöntemler literatürde sıklıkla kullanılmaktadır (Blum ve Roli, 2003: 269-270).

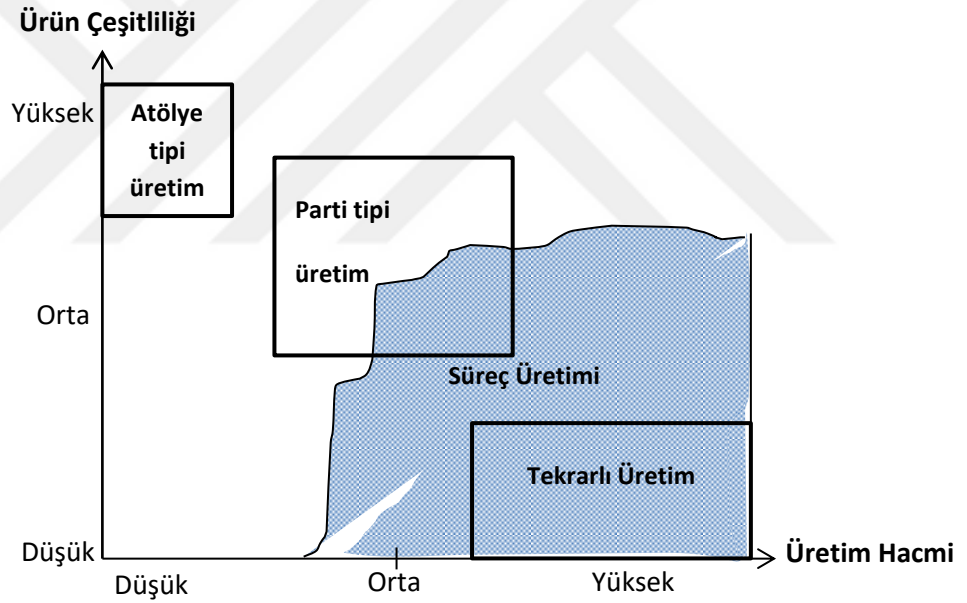
Üretim çizelgeleme problemi literatürde sıklıkla ele alınan bir problemdir. Bu alanda yapılan çalışmalarda çok sayıda yaklaşım uygulanmış, modeller ve algoritmalar geliştirilmiştir. Bu model ve algoritmaların işletmelerin üretim süreçlerinin çizelgelenmesi sürecinde uygulanabilirliği ile ilgili literatürde çeşitli eleştiriler bulunmaktadır. Üretim çizelgeleme problemi ile ilgili geliştirilen model ve algoritmaların uygulamada kullanımlarının yaygınlaşamamasının nedenleri arasında üretim çizelgeleme probleminin doğru şekilde ele alınmaması gösterilmektedir. Üretim çizelgeleme problemleri, çizelgelemenin gerçekleştiği ortamın değişken yapısı ve endüstriye özgü özelliklerin etkilediği karmaşık yapıları problemlerdir (Crawford vd., 1999: 63-64). Bu alanda yapılan çalışmaların uygulanabilir olması için çizelgeleme

probleminin bu endüstriye özgü özellikler ve değişkenlikler göz önünde bulundurularak ele alınması gerekmektedir (Akkerman ve van Donk, 2009: 219).

1.2. Süreç Endüstrileri

Genel olarak üretim işletmeleri, sahip oldukları üretim sistemlerine göre atölye tipi, parti tipi ve tekrarlı üretim olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmaktadır. Bu üç tip, üretim hattının esneklik derecesi, ürün çeşitliliği ve üretim miktarına göre birbirinden farklılaşmaktadır (Jovan, 2002: 1051).

Şekil 1- 1: Üretim Tiplerinin Sınıflandırılması



Kaynak: Jovan, 2002: 1051.

Atölye tipi üretim, çok çeşitli ürünlerin düşük miktarlarda üretildiği, genel amaçlı makinelerin kullanıldığı bir üretim tipidir. Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği (APICS)'in sözlüğünün 13. baskısında tekrarlı üretim, aynı kesikli ürün ya da ürün ailelerinin tekrarlı bir şekilde üretilmesi şeklinde tanımlanmıştır. Tekrarlı metodoloji, üretim hatları, montaj hatları ya da hücrelerinin kullanımı ile üründen ürüne geçişlerde yapılan hazırlıkları, stokları ve temin sürelerini minimize etmektedir. Ürünler standarttır ya da modüllerin montajlanması ile oluşturulmaktadır. Parti tipi

Üretim ise parçaların biriktirildiği ve partiler halinde işlendiği imalat tekniği olarak tanımlanmıştır.

Montaj ve süreç üretimi, imalat işlemlerini tanımlamak için sıklıkla kullanılan diğer iki terimdir. Bazı retim tesisleri, ürünlerini kesikli birimler halinde değil yığınlar (kitle) halinde üretmektedir. Fiziksel ya da kimyasal reaksiyonlar yolu ile bu tip ürünleri üreten endüstriler süreç endüstrileri olarak adlandırılmaktadır (Jovan, 2002: 1051).

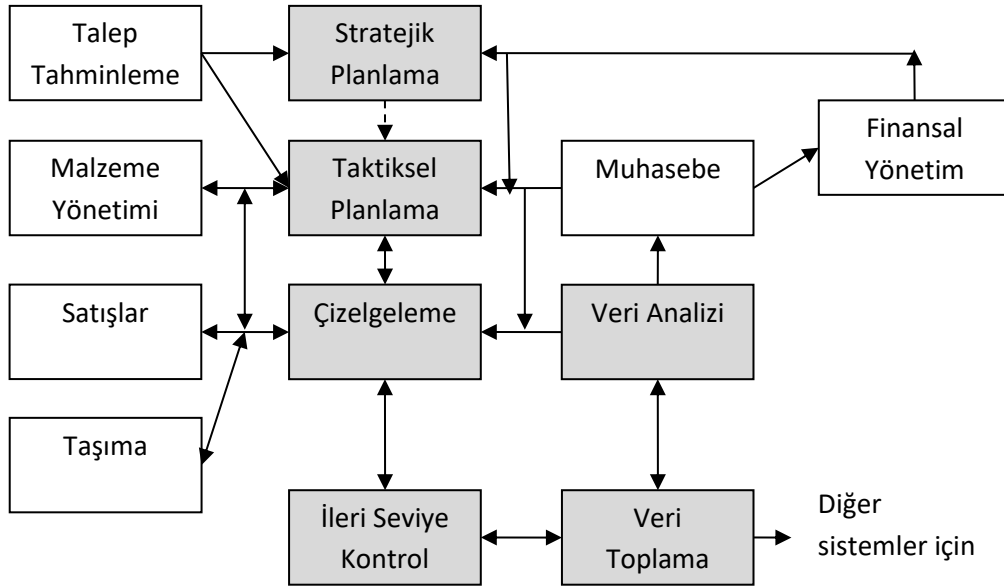
APICS' in sözlüğünün 13. baskısında süreç endüstrileri; karıştırma, ayırma, şekil verme ve/veya kimyasal tepkimeler gerçekleştirerek ürün üreten imalatçılar grubudur şeklinde tanımlanmıştır. Craig vd. (2011) ise süreç endüstrilerini hammaddelerin fiziksel ya da kimyasal olarak dönüştürüldüğü ya da malzeme ve enerji akışının birbiri ile etkileşebildiği ve birbirine dönüşebildiği sektörler olarak tanımlamıştır. Süreç endüstrileri biyolojik/ biyokimyasal/ biyoyakıt, imento, kimyasal, elektrokimyasal, cam/ seramik, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme, mineral ve metal, petrokimyasal/arıtma, tıbbi ürünler, g üretimi, selüloz ve kağıt ve su sistemlerini ve un değirmenlerini (Craig vd., 2011: 21; Jovan, 2002: 1051) içermektedir.

Süreç endüstrileri ile ilgili yapılan tanımlamaların bir kısmında, birbirinden farklı anlamlara gelen "süreç üretimi (process manufacturing)" ve "süreç akış üretimi (process flow production)" retim tiplerinin birbirilerinin yerine kullanıldığı görülmektedir. Süreç retimi karıştırma, ayırma, şekil verme ve/ veya kimyasal tepkimeler gerçekleştirilerek değer katan ve partiler halinde ya da sürekli olarak gerçekleştirilebilen üretim şekli olarak tanımlanmaktadır. Süreç akış üretimi ise, üretim döngülerinin minimum kesinti ile gerçekleştirilmeye çalışıldığı üretim sistemleridir. Süreç endüstrilerinin tamamında süreç üretimi kullanmaktadır. Öte yandan süreç akış üretiminin endüstrinin tamamında, gerçekleştirilen tüm üretim aşamalarında kullanılmasına gerek olmayabilmektedir (Abdulmalek, Rajgopal ve Needy, 2006: 18).

Süreç endüstrileri, karıştırma ya da öğütme gibi spesifik fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirilen tekrarlamalı üretim işlemleri ile nitelendirilen endüstrilerdir. Süreç endüstrilerinde ürünler çoğunlukla gaz ya da sıvı yığınlar halinde elde edilmektedir. Süreçler partiler ya da sürekli malzeme akışı şeklinde gerçekleştirilmektedir (Günther ve Van Beek, 2003: 2). Süreç endüstrilerinde gerçekleştirilen karıştırma, ayırma, şekil verme ve kimyasal reaksiyonlar genellikle kesikli olmayan ürün ve materyal üzerinde gerçekleştirilen yüksek maliyet ve donanım kurulum gerektiren operasyonlardır (Fransoo ve Rutten, 1994: 48).

Süreç endüstrilerinde faaliyet gösteren tipik bir işletmenin anahtar karar verme fonksiyonları Şekil 1- 2’de ifade edilmiştir (Shobrys ve White, 2002: 150).

Şekil 1- 2: Süreç Endüstrileri Anahtar İşletme Fonksiyonları



Kaynak: Shobrys ve White, 2002: 150.

Planlama, çizelgeleme ve kontrol imalat üzerine odaklanmaktadır. Şekilde yer alan gri kutucuklar, üretim işlemleri üzerinde doğrudan etkisi olan ve ağırlıklı olarak süreç ile ilgili verileri kullanan fonksiyonlardır. Diğer kutucuklar da üretim işlemleri ile ilgili kararları etkileyen fonksiyonları belirtmekle birlikte, bu fonksiyonlar üretim süreçlerine odaklanmamaktadır.

1.2.1. Süreç Endüstrileri ile Kesikli Üretim Endüstrilerinin Karşılaştırılması

Süreç endüstrileri ile kesikli üretim endüstrileri birçok açıdan farklılaşmaktadır. Bu farklılıkları Ashayeri, Teelen ve Selen (1995) ve Jovan (2002) pazar ile ilişki, üretim süreci, kalite, planlama ve yönetim başlıkları altında özetlemişlerdir. Bu karşılaştırma Tablo 1-1 'de ifade edilmiştir.

Tablo 1- 1: Süreç Endüstrileri – Kesikli Üretim Endüstrileri Karşılaştırma

	Süreç endüstrileri	Kesikli üretim endüstrileri
PAZAR İLE İLİŞKİ		
Ürün tipi	Standart	Özelleştirilmiş
Ürün çeşitliliği	Düşük	Yüksek
Ürün başına talep	Yüksek	Düşük
Ürün başına maliyet	Düşük	Yüksek
Üstünlük karakteristikleri	Fiyat, teslimat garantisi	Teslimat hızı, ürün özellikleri
Taşıma maliyeti	Yüksek	Düşük
Yeni ürünler	Az	Çok
ÜRETİM SÜRECİ		
Rotalama	Sabit	Değişken
Tesis yerleşimi	Ürüne göre	Fonksiyona göre
Esneklik	Düşük	Yüksek
Üretim ekipmanı	Özel	Genel amaçlı
İşgücünün değeri	Düşük	Yüksek
Sermaye yoğunluğu	Yüksek	Düşük
Değişim süresi	Yüksek	Düşük
Devam eden işler	Düşük	Yüksek
Enerji tüketimi	Genellikle yüksek	Düşük
Ara ürünler ve yan ürünler	Evet	Hayır
Hammaddelerin/mamullerin geri dönüşümü	Genellikle	Hayır
Üretim hacmi	Yüksek	Düşük
KALİTE		
Çevresel kısıtlar	Evet	Nadiren
Tehlike	Zaman zaman	Neredeyse hiç
Kalite ölçümü	Bazen uzun	Kısa
Hammadde kalitesi	Değişken	Aynı
Ürün kalitesi	Genellikle değişken	Aynı
PLANLAMA VE YÖNETİM		
Üretim	Stoğa	Siparişe
Uzun dönemli planlama	Kapasite	Ürün tasarımı

Kısa dönemli planlama	Kapasite kullanımı	Personel kullanımı
Planlamaya başlangıç noktası	Kapasitenin kullanılabilirliği	Malzemenin kullanılabilirliği
Malzeme akışı	Iraksak + yakınsak	Yakınsak
Verim sapmaları	Zaman zaman yüksek	Genellikle düşük
Patlatma	Reçete	Malzeme listesi
Yan ürün ve beraber ürün	Zaman zaman	Hiç
Parti izlenebilirliği	Çoğu zaman gerekli	Çoğu zaman gereksiz

Kaynak: Ashayeri, Teelen ve Selen, 1995: 3 ve Jovan, 2002:1052

Süreç endüstrileri genellikle düşük çeşitlilikte standart ürünlerin büyük miktarlarda üretildiği, ürün başına maliyetlerin görece olarak düşük olduğu ve endüstri içinde firmaların, sundukları ürün fiyatları ve teslimat garantisi ile farklılaşabildiği endüstrilerdir. Kesikli üretim endüstrileri ise özelleştirilmiş, yüksek çeşitlilikte ürünlerin düşük hacimle üretildikleri, ürün başına maliyetlerin görece olarak yüksek olduğu ve endüstri içinde firmaların, teslimat hızları ve ürünlerinin özellikleri ile farklılaşabildiği endüstrilerdir.

Üretim süreçleri açısından karşılaştırıldıklarında ise kesikli üretim endüstrilerinde ürün rotalarının daha karmaşık ve değişken olduğu görülmektedir. Kesikli üretim endüstrilerinde sürece göre yerleştirilmiş genel amaçlı makine ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu endüstrilerde sermaye yoğunluğu düşüktür ve kalifiye işgücü kullanılmaktadır. Süreç endüstrilerinde ise ürün rotalarının karmaşıklık düzeyi düşüktür. Tesis yerleşimi ürüne göre yapılmakta, özel ve yüksek maliyetli makine ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Makineler özel amaçlı olduğu için esneklik düşüktür. Süreç endüstrilerinin genelinde kesikli üretim endüstrilerinden farklı olarak enerji tüketimi çizelgelemeyi etkileyecek derecede yüksektir.

Süreç endüstrilerinde ürünlerin izlenebilirliğini sağlamak amacıyla katı standart ve düzenlemeler uygulanabilmektedir. Süreç endüstrilerinde doğadan elde edilen ve kalite düzeyleri değişken olan hammaddeler kullanıldığı için, üretim süreleri ve ürün

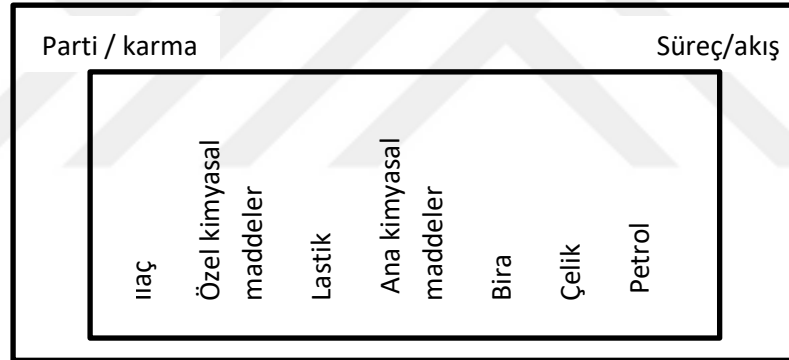
kaliteleri değişkenlik gösterebilmektedir. Kesikli üretim endüstrilerinde ise hammadde kalitesi ile ilgili değişkenlikler yaşanmadığı için ürün kalitesinde de değişkenlik ortaya çıkmamaktadır. Kesikli üretim endüstrilerinde kalite ölçümü süreç endüstrilerine göre kısa sürede gerçekleştirilmektedir.

Planlama ve yönetim açısından bakıldığında süreç endüstrilerinin genelinde üretim stoğa yönelik gerçekleştirilirken, kesikli üretim endüstrilerinde siparişe göre gerçekleştirilmektedir. Süreç endüstrilerinde kullanılan makine ve ekipmanların özel amaçlı ve yüksek maliyetli olmasının da etkisiyle uzun ve kısa dönemli planlamada kapasite kullanımına odaklanılmaktadır. Kesikli üretim endüstrilerinde ürün çeşitliliğinin yüksek olması ve rekabet avantajının ürün özellikleri üzerinden elde edilebiliyor olması nedeniyle uzun dönemli planlarda ürün tasarımına odaklanılmaktadır. Kısa dönemli planlarda ise odak işgücünün etkin kullanımındadır. Süreç endüstrilerinde bir üründen eş zamanlı olarak, farklı iş emri gerektiren birden çok ürünün üretiminin gerçekleşebildiği iraksak süreçler bulunabildiği gibi, hammadde ve bileşenlerin bir araya gelmesiyle tek bir bitmiş ürünün üretildiği yakınsak süreçler (montaj) de kullanılabilir. Bir levhanın kesilerek iki parçaya ayrılması ve bu iki parçanın birbirinden ayrı olarak haddelenerek farklı tip ve özellikte metal saclar elde edilmesi iraksak malzeme akışına örnek olarak gösterilebilmektedir (David vd., 2005: 37). Süreç endüstrilerinde kesikli üretim endüstrilerinden farklı olarak ürün ağacı yapısı yerine ürün reçeteleri kullanılmaktadır. Süreç endüstrilerinde bir ürün üretilirken yan ürün ya da özellikle kimyasal reaksiyonlar sırasında beraber ürünler elde edilebilmektedir. Kesikli üretim endüstrilerinde süreç içinde parti izlenebilirliğine genellikle süreç endüstrilerinden daha az gereksinim duyulmaktadır. Süreç endüstrilerindeki katı standartlar ve ürünler adet bazında birbirinden ayırt edilebilir olmaması nedeniyle yaşanan kontrol zorlukları parti izlenebilirliğini gerekli hale getirmektedir.

1.2.2. Süreç Endüstrilerinin Sınıflandırılması

Süreç endüstrilerinin kesikli üretim endüstrilerinden farklılaştığı noktaları inceleyen çalışmaların yanında, endüstrinin kendi içinde nasıl farklılaştığını inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Fransoo ve Rutten (1994) süreç endüstrilerinin kendi içindeki değişkenlikleri üretim kontrolü sürecine odaklanarak incelemiştir. Süreç endüstrilerinde kullanılan iki uç üretim sistemi olan parti tipi ve süreç/akış süreçler ile çerçeveyi çizerek basit bir süreç endüstrisi tipolojisi oluşturmaya çalışmışlardır. Fransoo ve Rutten (1994)'ün yaptığı bu süreç endüstrileri sınıflandırması Şekil 1-3'te ifade edilmiştir.

Şekil 1- 3: Süreç Endüstrileri Tek Boyutlu Sınıflandırma



Kaynak: Fransoo ve Rutten, 1994: 52.

Abdullah (2003) süreç endüstrilerini ürün tiplerine göre yedi sete ayırmıştır. Bu setler ve setlerin altında yer alan ürün tiplerine örnekler Tablo 1-2'de ifade edilmiştir.

Süreç endüstrileri ile ilgili yapılan bir diğer sınıflandırmada, Abdulmalek, Rajgopal ve Needy (2006) kullanılan malzemelerin çeşitliliği ve yapılan üretimin hacmini kullanmışlardır. Buna göre bitkisel yağ ve gıda yan ürünleri üretiminde kullanılan malzemeler düşük çeşitlilikte ve yapılan üretim düşük hacimdedir. Kağıt/selüloz, çelik ve gıda ürünleri üretimi orta düzeyde malzeme çeşitliliği ile orta

düzeyde üretimin yapıldığı süreç endüstrisi gruplarıdır. Kimyasal ve boya üretiminde yüksek çeşitlilikte malzeme bir araya getirilmekte ve üretim hacmi yüksek olmaktadır.

Tablo 1- 2: Süreç Endüstrilerinin Ürün Tiplerine Göre Sınıflandırılması

Süreç Endüstrisi Setleri	Ürün Tipleri
Cam, Seramik, Taş, Kil	Aydınlatma ürünleri, düz cam, fiber optik cam, cam ambalajlar, beton, alçı, çimento, zımpara
Çelik ve Metal	Çelik levhalar, paslanmaz çelik, yapı çeliği, sac levha, demir dışı metaller
Kimyasallar	İlaç, sabun, boya, inorganik kimyasallar, organik kimyasallar, kozmetik, plastik ürünler, tarım kimyasalları, reçine
Yiyecek ve içecek	Et ürünleri, süt ürünleri, konserve besin, unlu mamuller, şeker, yağ, bira, kola
Tekstil	Kumaş, halı, havlu, ip ve sicim, otomobil döşemeciliği, takviye malzemeleri, kurşun geçirmez yelek, dekoratif örgü kurdele
Ağaç ve kereste	Tomruk, ahşap konteyner, karavan, ahşap ürünler, panel ürünler
Kağıt ve kağıt ürünleri	Mukavva, gazete kağıdı, yazıcı kağıdı, ambalaj malzemesi

Kaynak: Abdullah, 2003: 48

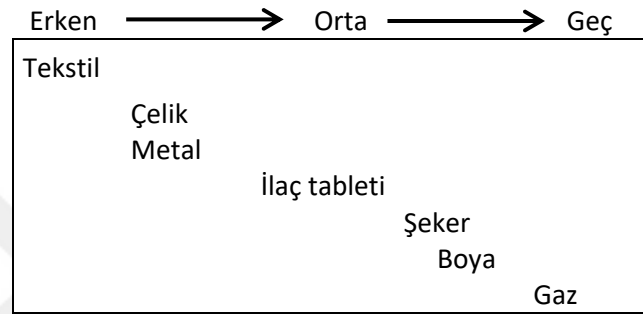
Şekil 1- 4: Süreç Endüstrilerinin Malzeme Çeşitliliği ve Üretim Miktarına Göre Sınıflandırılması



Kaynak: Abdulmalek, Rajgopal ve Needy, 2006: 20.

Abdullah (2003) süreç endüstrilerini, sürekli olan birimlerin sürecin hangi aşamasında kesikliye dönüştüğünü baz alarak da sınıflandırmıştır. Boya ve petrol üretiminde birimler sürecin sonlarına kadar sürekli olarak ilerlerken, tekstil alt grubunda sürecin başlarında birimler kesikliye dönüşmektedir.

Şekil 1- 5: Süreç Endüstrilerinin Kesikli Olmayan Birimlerin Kesikli Hale Geldiği Zamana Göre Sınıflandırılması



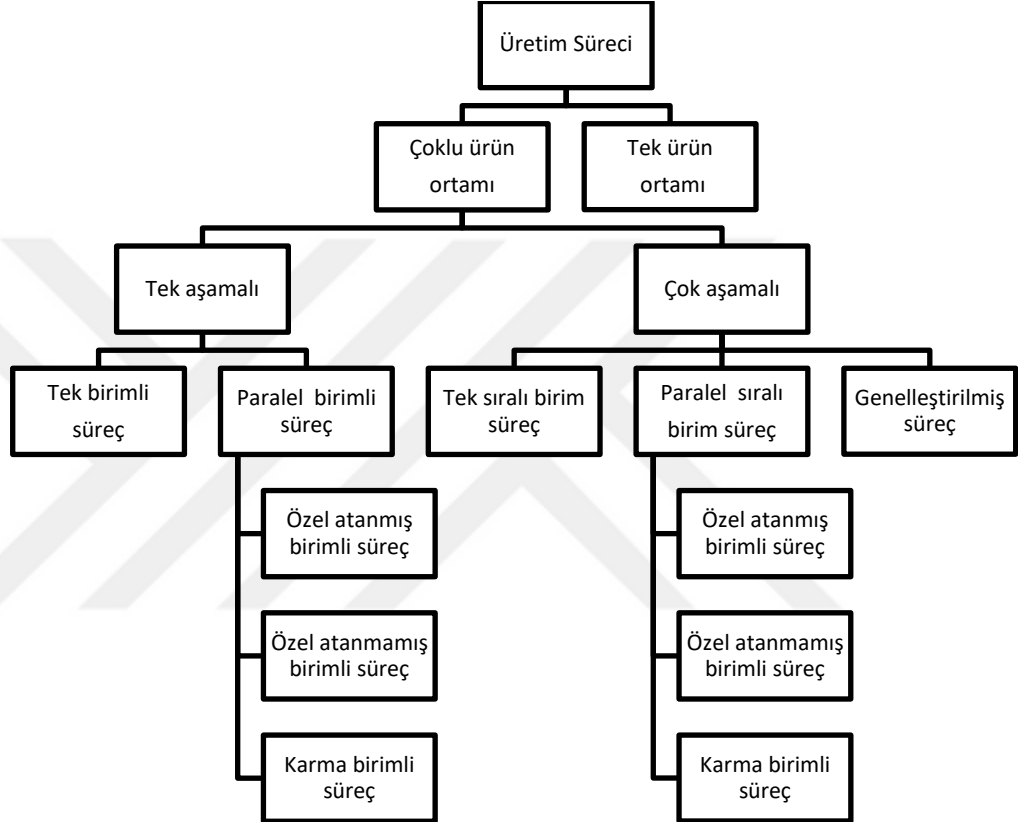
Kaynak: Abdullah, 2003: 59.

Ashayeri, Teelen ve Selen (1995) süreç endüstrilerini bu sınıflandırma şekillerinden farklı olarak, üretilen ürün sayısı, üretim sürecinin aşama sayısı ve kullanılan ekipmanların yapısına göre sınıflandırmıştır. Ashayeri, Teelen ve Selen (1995) 'nin süreç yapısına göre yaptığı bu sınıflandırma Şekil 1-6'da ifade edilmiştir.

Süreç yapısına göre süreç endüstrileri tek ürün ve çoklu ürün ortamı olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Birden fazla ürünün üretildiği çoklu ürün ortamı tek aşamalı ya da çok aşamalı olabilmektedir. Tek aşamalı süreç, tek bir birimi içerebileceği gibi paralel birimleri de içerebilmektedir. Paralel birimli süreçte, birimler özel olarak bazı ürünlere atanmış ise süreç özel atanmış birimli süreç olarak adlandırılmakta, birimlerin ürün özelinde atanması durumu söz konusu değilse süreç özel atanmamış birimli süreç olarak adlandırılmaktadır. Aynı zamanda süreçte yer alan birimlerin bir kısmı bazı ürünlere özel olarak atanırken, bir kısmı atanmayabilmektedir. Bu durumda süreç karma birimli süreç olarak adlandırılmaktadır. Çok aşamalı süreç, tek sıra halinde yer alan birimleri içerebileceği gibi paralel sıralı birimleri de içerebilmekte ya da

genelleştirilmiş süreç yapısında olabilmektedir. Paralel sıralı birimleri içeren çok aşamalı süreç yapısının aşamalarında, tek aşamalı paralel birimli süreç yapısının alt kırılımları gerçekleşebilmektedir.

Şekil 1- 6: Süreç Endüstrilerinin Süreç Yapısına Göre Sınıflandırılması



Kaynak: Ashayeri, Teelen ve Selen,1995:4

1.2.3. Süreç Endüstrilerinin Özellikleri

Süreç endüstrilerinin çizelgeleme sürecini etkileyen tipik özellikleri bulunmaktadır. Burada bu tipik özelliklerin literatürde en çok yer verilenlerinden olan hammadde yapısı, ürün reçetelerinin özellikleri, bozulmaya elverişlilik, sürecin izlenebilirliği, hazırlık süreleri, stoklama özellikleri ve enerji tüketimi incelenmektedir.

1.2.3.1. Hammadde

Süreç endüstrilerinde, hammaddelerin yapısı ve özellikleri çizelgeleme süreci üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Bunun nedeni süreç endüstrilerinde kullanılan hammaddelerin doğada bulundukları ortamdan madencilik ve tarımcılık yoluyla elde edilmeleri, yani işlenmemiş olmaları sonucunda ortaya çıkan kalite ve miktar değişkenliğidir. Hammaddelerin değişkenlik boyutu, süreç başlayana kadar tam olarak bilinmemekte ve ölçülememektedir. Hammaddelerin bu özellikleri, ürün reçetelerinde değişkenliklere yol açabilmekte, ürünlerin üretim sürelerini ve üretilebilirliklerini etkileyebilmekte ve dolayısıyla çizelgeleme sürecini etkilemektedir (Gunasekaran, 1998: 759-760).

1.2.3.2. Ürün Reçeteleri

Süreç endüstrilerinde, hammaddelerin kalite değişkenliğinin olması, ürünlerin reçetelerinde değişkenlikler ortaya çıkarabilmektedir. İstenilen kalitede ürün elde edebilmek için, ürünün reçetesinde yer alan hammadde ve bileşenlerin kalitelerine bağlı olarak reçete içindeki oranlarında değişiklikler yapılması gerekebilmektedir. Aynı zamanda süreç endüstrilerinde, bazı ürünler farklı bileşenlerin farklı oranları ile, farklı kaynaklar kullanılarak farklı sürelerde üretilebilmektedir (Flapper vd., 2002: 29). Bu durumda, hammadde ve bileşenlerin elde bulunurlukları, maliyetleri ve ürünlerin farklı ürün reçeteleri ile hangi kaynaklarla, ne kadar sürede, hangi kalitede üretilebildikleri göz önünde bulundurularak reçete seçimi gerçekleştirilmelidir. Ürün reçetelerinin seçimi, ürünlerin hangi hammadde ve bileşenlerden ne kadar kullanılarak, hangi kaynaklarla, ne kadar sürede, ne maliyetle üretilebileceğini etkilediği için çizelgeleme kararlarına çok önemli bir yere sahiptir

1.2.3.3. Bozulmaya Elverişlilik

Süreç endüstrileri genellikle bozulmaya elverişli hammadde, ara ürün ve nihai ürünler kullanmaktadır. Hammadde, ara ürün ve nihai ürünlerin bozulmaya elverişli

olma durumu, stoklama, çizelgeleme gibi üretim ile ilgili çok sayıda kararı etkilemektedir (Akkerman ve Van Donk, 2009: 217).

1.2.3.4. Sürecin İzlenebilirliği

Belirli bir ürünün süreç içindeki ilerleyişinin takip edilebilmesi anlamına gelen izlenebilirlik, süreç endüstrilerinin de içinde bulunduğu, üretim sürecinin kesintisiz bir şekilde ya da çok az kesintiyle gerçekleştirilmeye çalışıldığı üretim sistemlerinde büyük önem taşımaktadır. İzlenebilirlik, ürünlerin kalite sapmalarının nedenlerinin belirlenebilmesi ve ortadan kaldırılabilmesi için oldukça önemlidir (Kvarnström ve Oghazi, 2008: 720). Süreç endüstrilerinde kullanılan hammaddelerin kalite değişkenlikleri, sürecin dengeli bir şekilde ilerleyebilmesi için sıklıkla büyük miktarda ara stokların kullanılmasını ve geriye doğru akışların gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Değişken ara stok miktarları, geriye doğru akış ve sürekli üretim sistemlerinde üretimin takip edilebilecek partiler halinde ilerlememesi, bir ürünün hangi süreçten ne zaman geçtiğini tahmin edilebilirliğini güçleştirmektedir. Sonuç olarak, nihai ürünlerdeki sapmalar ile hammaddelerin kalite değişkenlikleri arasında neden sonuç ilişkisini belirleyebilmek oldukça güç olmaktadır (Kvarnström ve Vanhatalo, 2009: 141-142). Süreç endüstrilerinde izlenebilirliğin sağlanabilmesi için genellikle izleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.2.3.5. Hazırlık/Ayar Süreleri

Süreç endüstrileri genellikle düşük ürün çeşitliliğinde büyük miktarda üretimin yapıldığı, kesikli üretim sistemlerinin sahip olduğu esnekliğe sahip olmayan süreçler içeren endüstrilerdir. Süreç endüstrilerinde üründen ürüne geçişlerde yapılması gereken hazırlıkların süresi genellikle oldukça yüksektir (Jovan, 2002: 1053-1054; Abdulmalek, Rajgopal ve Needy, 2006: 17). Aynı zamanda üründen ürüne geçişlerde yapılan işlemler sırasında malzeme kayıpları da gerçekleşebilmektedir (Flapper vd., 2010:30). Bunun yanında ürünlerin üretim sıralamasına bağlı olarak hazırlık süreleri

farklılaşabilmektedir. Süreç endüstrilerinin hazırlık ayar süreleri ile ilgili bu özellikleri, üretim çizelgeleme süreci üzerinde önemli etkiye sahiptir.

1.2.3.6. Stoklama

Süreç endüstrilerinin birçoğunda un, çimento vb. yığınlar halinde üretilen ürünlerin ve ara ürünlerin stoklanmasında silolar kullanılmaktadır. Birbiri ardına gelen iki süreç arasındaki stoklama alanı ile ilgili üç durum söz konusu olabilmektedir: Stoklama alanının olmaması, stoklama alanının büyüklüğünün belirli ve sabit olması (kazan, silo büyüklüğü vb.) ve stoklama alanının sınırsız olması. Süreç endüstrilerinde, montaj hatlarına benzer şekilde süreçlerin öncesi ve sonrasında ara stoklar tutulmaktadır. Süreç endüstrilerinde stoklama alanını genişletmek, kesikli üretim sistemlerine göre daha zordur. Süreç endüstrilerinde karşılaşılan stoklama kısıtları sadece alan ile sınırlı değildir; aynı zamanda stoklama süresi ile ilgili kısıtlar da bulunabilmektedir (Flapper vd., 2010: 31-32).

1.2.3.7. Enerji Tüketimi

Enerji tüketimi kesikli üretim endüstrilerinin aksine süreç endüstrilerinde çizelgeleme üzerinde önemli etkiye sahip olan bir faktördür. Özellikle paralel parti tipi üretim hatlarında enerji tüketim değişkenliği oldukça yüksek olabilmektedir (Jovan, 2002: 307). Hem enerji tüketim miktarlarındaki yüksek değişkenliğin ortaya çıkarabileceği olumsuzluklar hem de toplam maliyetler içinde önemli bir paya sahip olması nedeniyle, süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemi ele alınırken enerji tüketimi göz önünde bulundurulabilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME VE ÇİZELGELEME

Müşterilerin taleplerini, hazırlık ve stok elde bulundurma maliyetlerinin toplamını minimize edecek şekilde üretim partilerine dönüştürme problemi literatürde uzun zamandır incelenmekte olan önemli bir problemidir. Süreç endüstrilerinde üretim süreçleri akış ya da parti tipinde gerçekleşmektedir. Bu iki süreç tipinin birbirinden farklılaştıkları noktalar, çizelgelenme biçimlerini de farklılaştırmaktadır.

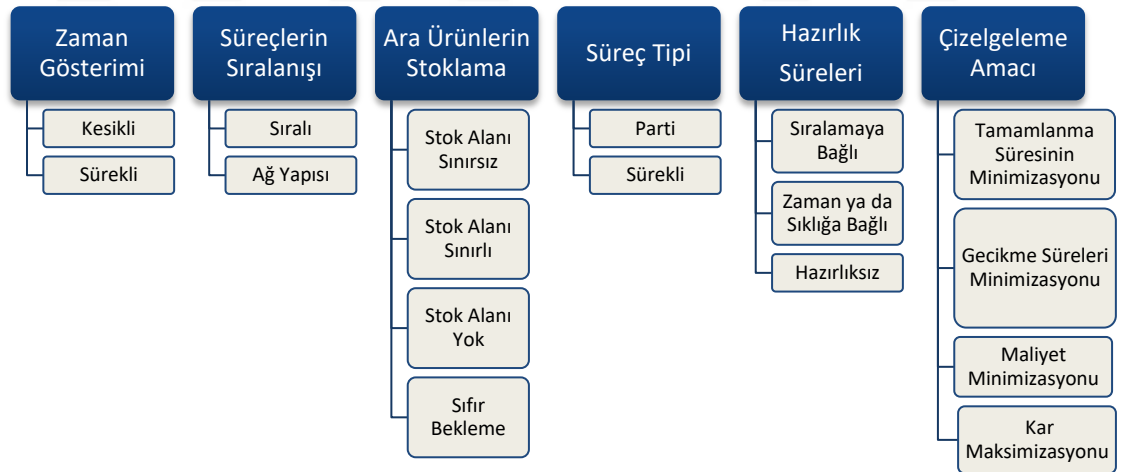
Parti tipi süreç endüstrilerinde yüksek çeşitlilikte ürün, düşük miktarlarda ve partiler halinde üretilmektedir. Parti tipi süreç çizelgeleme problemleri, teslimat zamanı ve miktarı belli olan ürün taleplerini karşılayacak şekilde zaman ya da maliyet bazlı olarak belirlenmiş amaçları optimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu problemlerde bu doğrultuda her ara ve nihai ürüne ilişkin parti sayısı ve büyüklüğünün belirlenmesi, partilerin kaynaklara atanması ve gerçekleştirilmesi gereken süreçlerin zamanlarının belirlenmesi kararları verilmektedir (Kılıç, 2011: 8). Akış tipi süreç endüstrileri, büyük miktarda üretimin bir ya da birkaç paralel üretim hattında gerçekleştirildiği, genellikle üretim süreci içinde baskın olan bir darboğaz sürecin yer aldığı endüstrilerdir. Akış tipi süreç endüstrilerinin kapasite kullanımına odaklanması ve genel olarak üründen ürüne geçişlerde yapılan hazırlıkların oldukça uzun zaman alması, parti büyüklüğü belirleme ve üretim çizelgeleme probleminin birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Çünkü üretim için kullanılabilir olan kapasite hem partilerin büyüklüğüne hem de sıralamasına bağlı olarak belirlenmektedir (Meyr 2000: 311). Parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme, üretim planını olurlu ve maliyeti minimize edecek şekilde, ürünlerin hangi periyotta, hangi büyüklükte ve hangi sıralamada üretilmesi gerektiğinin eş zamanlı olarak belirlenmesidir (Haase, 1994: 1). Bu bölümde öncelikle literatürde süreç endüstrilerinde çizelgeleme probleminin ne şekilde ele alındığından bahsedilmektedir.

Ardından parti büyüklüğü problemini ele alan klasik yaklaşımlar ve bu problemi çizelgeleme problemi ile birlikte ele alan modeller ele alınmaktadır. Modellerin özellikleri, kullandıkları parametre ve karar değişkenleri sunulduktan sonra bu modelleri uygulayan çalışmalardan bahsedilmektedir.

2.1. Süreç Endüstrilerinde Çizelgeleme

Süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemi ile ilgili literatür, ele alınan problemlerin zaman gösterimine, ürünlerin üretiminde gerçekleştirilen süreçlerin sıralanış yapısına, ara ürünlerin stoklanma politikalarına, talebin yapısına, işlenmekte olan birimlerin hangi tip süreçlerden geçtiğine, üründen ürüne geçişlerde yapılması gereken hazırlıklara, kaynaklar ile ilgili kısıtlara ve çizelgelemenin amacına göre farklılaşmaktadır (Floudas ve Lin, 2004: 2112-2114).

Şekil 2- 1: Süreç Endüstrilerinde Çizelgeleme Problemlerinin Ele Alınışına Göre Sınıflandırma

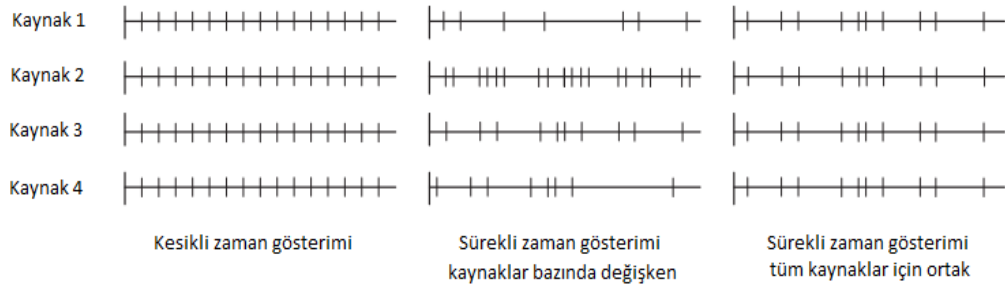


Kaynak: Floudas ve Lin, 2004: 2114

Zaman gösterimi açısından çizelgeleme modelleri kesikli zaman modelleri ve sürekli zaman modelleri olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Literatürde süreç endüstrilerinde her iki model tipini de uygulayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (bknz Maravelias ve Papalamprou, 2009).

Bir çizelgeleme modelinin kurulumu sürecinde, modelin zaman gösterimi yapısının ne şekilde oluşturulacağı büyük önem taşımaktadır. Kesikli zaman modellerinde, modelde yer alan periyotların sıralaması ve uzunluğu parametre olarak ifade edilmektedir. Kesikli zaman formülasyonunda, tüm periyotlar eşit uzunlukta olabileceği gibi farklı uzunlukta da olabilmektedir (Suerie, 2005: 56-57). Kesikli zaman gösteriminde, olaylar zaman aralıklarının ya başında ya da sonunda gerçekleşebilmektedir. Sürekli zaman gösteriminde, zaman eksenini daha az sayıda aralığa bölmekte, aralıkların uzunlukları problemin çözüm süreci içinde belirlenmektedir. Kesikli zaman gösteriminde genel olarak bir tesisteki tüm kaynakların çizelgelenmesinde aynı zaman aralıkları kullanılırken, sürekli zaman gösteriminde bu farklılaşabilmektedir (Stefansson vd., 2011: 384-385). Şekil 2-2’de örnek birkaç zaman gösterim yapısı sunulmuştur.

Şekil 2- 2: Çizelgeleme Modellerinde Kullanılan Zaman Gösterimleri



Kaynak: Stefansson vd., 2011: 385

Kesikli zaman modelleri çizelgelemede karmaşık yapıdaki iş akışlarının, stok ve kaynak kısıtlarının ele alınabilmesine olanak tanımaktadır (Wang ve Guignard, 2006: 975). Kesikli zaman modellerinde, zaman aralıklarının uzunluklarının biliniyor olması, kısıtların formülasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında kesikli zaman modellerinde aktivitelerin, zaman aralıklarının başında ya da sonunda gerçekleşebiliyor olması varsayımı, bu modellerin bir dezavantajı olarak görülmektedir (bknz: Ierapetritou ve Floudas, 1998; Floudas ve Lin, 2005; Wang ve Guignard, 2006;

Stefansson vd., 2011). Kesikli zaman modellerine yneltlen temel eleştirilerin bir diğeri de, kesikli zaman modelleri ile ilgili birçok uygulamada modellerin kabul edilebilir doğruluk seviyesine ulaşabilmesi için çok sayıda kısa süreli zaman aralığının kullanımının gerekmesidir. Zaman aralığı sayısının artması, modeldeki karar değişkenlerinin sayısını arttırmakta ve çözüm süresini uzatmaktadır. Bu, özellikle büyük boyutlu kombinatoryal optimizasyon problemlerinin çözümünde bu zaman gösterimi yapısının kullanımında bir dezavantaj oluşturmaktadır (Floudas ve Lin, 2005: 135-136).

Sürekli zaman modellerinde, olaylar zaman ekseni içinde herhangi bir noktada başlayıp bitebilmektedir. Bu nedenle bu modeller genellikle daha küçük boyutlu ve çözüm süreçleri daha az hesaplama gerektiren modeller olmaktadır (Zou, Zhang ve Dong, 2015: 286). Diğeri taraftan sürekli zaman modellerinde periyotların sürelerinin ve olayların ne zaman gerçekleşeceğinin model tarafından belirleniyor olması, model formülasyonunun zorlaşmasına neden olabilmektedir.

Süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemleri, işlenmekte olan birimlerin hangi tip süreçlerden geçtiğine göre parti tipi ve sürekli olarak iki gruba ayrılmaktadır. Parti tipi işler, işin başlangıcında malzemelerin beslendiği ve belirli bir zaman sonra, işin bitiminde ürünlerin üretildiği işlerdir. Sürekli işler ise, iş boyunca sürekli olarak malzemelerin beslendiği ve/veya ürünlerin üretildiği işlerdir (Floudas ve Lin, 2004: 2114).

Sürekli ve kesikli süreçlerin özelliklerinin birbirinden farklı olması, çizelgeleme sürecini de farklılaştırmaktadır. Sürekli bir sürecin çizelgelenmesi, kesikli bir sürecin izelgelenmesine göre daha taktiksel ve stratejik olarak düşünülebilmektedir (Cooke ve Rohlender, 2006: 244). Tablo 2-1’de sürekli ve kesikli süreçlerde çizelgelemenin kapasite kullanım oranı, ürün sıralaması, izelge kontrolü ve üretim partileri arasındaki bolluk faktörleri açısından nasıl farklılaştıkları ifade edilmiştir.

Süreç sıralamasına göre sıralı süreçler ve ağ yapısı ile gösterilen süreçler olmak üzere iki ana grup bulunmaktadır (Floudas ve Lin, 2004: 2112). Sıralı süreç yapısında, farklı ürünler aynı işlem sırasını takip etmektedir. Ürünlerin reçetelerinin karmaşıklık düzeyi yüksek ise ya da ürünlerin reçeteleri arasındaki benzerlik düşük seviyede ise ağ yapıları süreç gösterimi kullanımı uygundur. Çizelgeleme problemlerinde sıklıkla kullanılan ağ yapıları Durum-Görev Ağ Yapısı (STN) (bkz Blömer ve Günther, 2000; Rodrigues vd., 2000; Maravelias ve Grossmann, 2003) ve Kaynak- Görev Ağ Yapısı (RTN) (bkz Schilling ve Pantelides, 1996; Zhang ve Sargent, 1996) yapılarıdır.

Tablo 2- 1: Sürekli ve Kesikli Süreçlerde Çizelgeleme Farklılıkları

Çizelgeleme Faktörü	Sürekli Süreçler	Kesikli Süreçler
Kapasite Kullanımı	Yüksek sermaye maliyeti ve düşük değişken maliyet nedeniyle genellikle yüksektir (%100'e yakın).	İşlerin kuyruğa alınması ve talebin en yoğun olduğu dönemlerin göz önünde bulundurulması nedeniyle genel olarak düşüktür (%75-%95).
Ürün Sıralaması	Üründen ürüne geçiş maliyetleri sıklıkla ürün sıralamasına bağlı olmaktadır.	Üründen ürüne geçiş maliyetleri sıklıkla ürün sıralamasından bağımsızdır.
Çizelge Kontrolü	Ana üretim programı bazlı gerçekleştirilmektedir.	Hem ana üretim programı hem de atölye bazlı çizelgelere bağlı olarak gerçekleştirilmektedir.
Üretim Partileri Arasındaki Bolluk	Yoktur.	Kaynak faydalı kullanımına ve işgücü/makine yeterliklerine bağlıdır.

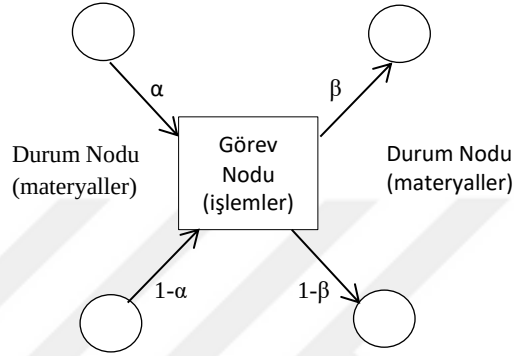
Kaynak: Cooke ve Rohlender, 2006: 244

Kondili, Pantelides ve Sargent (1993) tarafından önerilen STN, süreçleri durum ve görev olmak üzere iki tip nod ile ifade etmektedir. Durum nodları materyalleri, görev nodları ise süreç faaliyetlerini ifade etmektedir (Crama, Pochet ve Wera, 2001: 15).

RTN gösterimi kaynak ve görev olmak üzere iki nod içermektedir. Görev, belirli bir kaynak setini başka bir sete dönüştüren bir işlemi ifade etmektedir. Bir görev bir işlem aşamasının yanında temizleme, taşıma ya da diğer işlemler de içerebilmektedir.

Kaynaklar ise hem farklı materyalleri (hammadde, nihai ürün, ara ürünler gibi) ve enerjiyi hem de işleme, stoklama ve taşıma ekipmanlarını içermektedir (Schilling ve Pantelides, 1996: 1221).

Şekil 2- 3: STN Gösterim Yapısı



Kaynak: Crama, Pochet ve Wera, 2001: 16

Ara ürünlerin stoklanması ile ilgili olarak karşılaşılan dört farklı politika vardır. Bunlar, ara ürün stok alanının sınırsız olması, ara ürün stok alanının sınırlı olması, ara ürün stok alanının olmaması ve ara ürünlerin üretilir üretilmez tüketilmesi gerektiğini ifade eden sıfır bekleme şeklindedir. Bu stoklama politikalarını parti tipi süreç çizelgeleme problemlerinde göz önünde bulundurarak geliştirilen modeller bulunmaktadır (bkz Schilling ve Pantelides, 1996; Mockus ve Reklaitis, 1997; Ierapetritou ve Floudas, 1998).

Literatürde süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemi, kaynaklar ile ilgili kısıtların ele alınışına göre kaynak kısıtının olmadığı durum ve yenilenebilir kaynakların olması durumu şeklinde iki kategoride incelenmektedir (Floudas ve Lin, 2004: 2114). Süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemlerinde amaçlar tüm işlerin bitme süresini minimize etme, işlerin gecikme sürelerini minimize etme, toplam maliyeti minimize etme, karı maksimize etme vb. şeklinde olabilmektedir.

Süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemlerinde hazırlık süreleri üç farklı şekilde ele alınabilmektedir. İlk durum üründen ürüne geçişte herhangi bir hazırlığa gerek olmadığı durumdur. İkinci ve üçüncü olası durumlar ise ürün geçişlerinde hazırlığın gerektiği, hazırlık sürelerinin işlerin gerçekleştirilme sırasına bağımlı ya da sırasından bağımsız olduğu durumları ifade etmektedir.

2.2. Süreç Endüstrilerinde Parti Büyüklüğü Belirleme Ve Çizelgeleme

Parti büyüklüğü ile ilgili araştırmalar klasik Ekonomik Sipariş Miktarı (Economic Order Quantity – EOQ) modeli ile başlamıştır. EOQ modeli herhangi bir kapasite kısıtının olmadığı tek seviyeli üretim sürecini ele almaktadır. Bu model planlama ufkunu sınırsız olarak ele alan bir sürekli zaman modelidir. EOQ modelinin varsayımlarının çok kısıtlayıcı olması nedeniyle başka modeller ortaya çıkarılmıştır. Ekonomik Parti Çizelgeleme Modeli (Economic Lot Scheduling Problem – ELSP), EOQ modeline kapasite kısıtlarının eklenmesiyle oluşturulmuş olan tek seviyeli ve çok birimli bir modeldir. ELSP, EOQ modeli gibi talebi durağan olarak ele alan bir sürekli zaman modelidir. ELSP problemi NP zor problem kategorisinde yer almaktadır (Drexl ve Kimms, 1997: 223-224).

Bahl, Ritzman ve Gupta (1987), üretim planlama ve parti büyüklüğü belirleme problemleri ile ilgili literatürü incelemişler ve bu problemleri talep tipi ve kaynak kısıtlarına göre dört temel kategoriye ayırmışlardır. Öncelikle üretim planlama problemlerini talebin bağımlı (çok seviyeli) ve bağımsız (tek seviye) oluşuna göre iki kategoriye ayırmış, ardından bu iki kategoriye kaynakların kısıtlı ve kısıtsız olması durumuna göre ikiye ayırmışlardır. İlk kategori olan kapasite kısıtının olmadığı tek seviyeli parti büyüklüğü problemlerinde tek bir birim için, belirli kesikli bir zaman döneminde, bilinmekte olan talep miktarını toplam stok tutma ve hazırlık maliyetlerini en küçükleyecek şekilde karşılayacak üretim parti büyüklükleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Klasik EOQ modeli bu problemi ele almaktadır. Bahl, Ritzman ve Gupta (1987)'nin belirlediği ikinci kategori olan tek seviyeli, bağımsız talepli kapasite kısıtlı

parti büyüklüğü problemleri, EOQ modeline kapasite kısıtlarının eklenmesiyle oluşturulan ELSP modeli ile ele alınabilmektedir. ELSP’de sadece tek bir kaynağın kapasite kısıtlı olarak ele alınabilmesi, kapasite kısıtı olan çok sayıda iş merkezine sahip olan tesisler için önemli bir kısıt oluşturmaktadır. Üçüncü kategori olan çok seviyeli, kapasite kısıtsız parti büyüklüğü problemi bağımlı talep durumunu göz önünde bulundurmaktadır. Bu problem ile ilgili çok sayıda çalışmada nihai ürünün talebi deterministik varsayılmaktadır. Bu kategoriye kapasite kısıtının eklenmesiyle oluşan dördüncü kategoride ana üretim çizelgesi, malzeme ihtiyaç planlaması, kapasite ihtiyaç planlaması ve sıralama kararları oluşturulmalıdır (Bahl, Ritzman ve Gupta, 1987: 331).

Talebin durağan olarak ele alındığı EOQ ve ELSP modellerinden farklı olarak, talebi dinamik olarak inceleyen modeller de ortaya çıkmıştır. Wagner-Whitin problemi olarak adlandırılan problemde çeşitli kesikli dönemlere bölünebilen sınırlı bir planlama ufku varsayılmaktadır. Talep dönem başına verilmekte ve zaman içinde değişkenlik gösterebilmektedir. Bu problemde kapasite kısıtı göz önünde bulundurulmamaktadır. Daha sonra geliştirilen modeller hem kapasite kısıtını hem de dinamik talebi ele almıştır. Aynı zamanda çizelgelemeyi parti büyüklüğü kararları ile bütünleştiren çalışmalar da gerçekleştirilmiştir (Drexler ve Kimms, 1997: 224).

Parti büyüklüğü ve çizelgeleme modelleri zaman periyodu terminolojisine göre genel olarak “büyük kova (big bucket)” ve “küçük kova (small bucket)” problemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Büyük kova problemleri, ele alınan her bir periyotta birden fazla birimin üretimine imkan veren problemlerdir. Küçük kova problemleri ise her periyotta en fazla bir birimin üretilebildiği problemlerdir (Karimi, Ghomi ve Wilson, 2003: 366).

En basit anlamda, tek aşamalı ve sonsuz üretim kapasiteli, tek ürünlü bir parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme modeli T zaman periyodu boyunca şu şekilde formüle edilebilmektedir.

$$\text{Min } Z = \sum_{t=1}^T h * I_t \quad (2.1)$$

s.t.

$$I_{t-1} + x_t - I_t = d_t \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (2.2)$$

$$I_t \geq 0 \text{ ve } x_t \geq 0 \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (2.3)$$

Modelde h bir periyot boyunca stok elde bulundurma maliyetini, t periyot t sonundaki ürün talebini ifade etmektedir. x_t karar değişkeni t periyodunda üretilen ürün miktarını, I_t karar değişkeni t periyodu sonunda elde bulunan stok miktarını göstermektedir. Amaç fonksiyonu t periyot boyunca stok elde bulundurma maliyetinin toplamını minimize etmeyi ifade etmektedir. (2.2) numaralı kısıt t periyodunun başında elde bulunan stok, t periyodunun talebi ve t periyodu boyunca gerçekleştirilen üretim miktarı ile ilgilidir. (2.3) numaralı kısıt ise karar değişkenlerinin değerinin negatif olmaması kısıtıdır (Staggemeier ve Clark, 2001). En basit anlamda ifade edilen bu model Şekil 2-1’de ifade edilen alternatif durumlara göre karmaşıklıklaştırmaktadır.

Drexel ve Kimms (1997), parti büyüklüğü ve çizelgeleme alanında yapılmış olan çalışmaları incelemiş ve bu alanda geliştirilmiş olan tek seviyeli modellerden, sürekli zaman yaklaşımlarından ve bunların çoklu seviyeli uzantılarından bahsetmişlerdir. Tek seviyeli modeller olarak Kapasite Kısıtlı Parti Büyüklüğü Problemi (CLSP), Kesikli Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (DLSP), Sürekli Hazırlık/Ayar Parti Büyüklüğü Problemi (CSLP), Oranlı Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (PLSP) ve Genel Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi (GLSP) modellerinden; sürekli zaman parti büyüklüğü ve çizelgeleme yaklaşımı olarak işlerin bölünmeden, talebin tek seferde karşılanması gerektiği varsayımdan hareket eden Partileme ve Çizelgeleme Problemi (BSP) modelinden ve çok seviyeli parti büyüklüğü ve çizelgeleme modellerinden ise Çok Seviyeli (ML) PLSP modelinden detaylı bir şekilde bahsetmişlerdir. Bu modellerin özellikleri, modellerde kullanılan karar değişkenleri ve parametreler Tablo 2-2-Tablo 2-4’te özetlenmiştir.

Parti büyüklüğü ve çizelgeleme modellerinin gelişimi incelendiğinde, modellerde farklılaşan noktaların, kendilerinden önce geliştirilen modellerde literatürde eleştirilen ve eksiklikler bulunduğu belirtilen noktalar üzerinden olduğu görülmektedir. CLSP modeli, parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemlerini ayrı ayrı ele almakta, bütünleştirmemektedir. CLSP modelindeki periyotların çok sayıda küçük periyoda bölünmesi ile oluşan DLSP modeli, belli bir sayıda eşit uzunlukta periyotlara bölünmüş olan zaman eksenine sahip, bir periyotta en fazla bir ürünün üretilmesine izin veren ve eğer ürün üretilcekse ilgili periyodun tüm kapasitesinin kullanılması gerektiği varsayımına sahip olan bir modeldir. Modelin “ya hep ya hiç” olarak nitelendirilen bu varsayımından dolayı eleştirilmesi ile birlikte bu varsayımı esneten CSLP modeli oluşturulmuştur. Bu modelde de bir periyotta en fazla bir ürün üretilmektedir; ancak periyodun kapasitesi tamamen kullanılmak zorunda değildir. Aynı zamanda CSLP modelinde, DLSP modelinden farklı olarak aynı ürüne ait iki parti arasında boş periyotların olması durumunda ek bir ayar/hazırlık maliyeti oluşmamaktadır. CSLP modeline, bir periyodun kapasitesinin tek bir ürünün üretimi ile tamamen kullanılmaması durumunda geriye kalan kapasitenin başka bir ürünün üretilmesi ile kullanılmasına izin vermemesi nedeniyle eleştiriler yöneltilmiştir. Bu noktadan hareketle PLSP modeli oluşturulmuştur. PLSP modelinde bir periyotta en fazla iki tip ürünün üretilmesine izin verilmektedir. Bu sayede tek ürün tipinin üretimi ile periyodun kapasitenin tamamen kullanılamaması durumunda ikinci ürünün üretimi yapılabilecek ve periyodun atıl kalan kapasitesi kullanılabilir. GLSP modeli, büyük kova ve küçük kova modellerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuş bir modeldir. Model, içinde birden fazla birimin üretilbildiği makro periyotlar içermektedir. Makro periyotlar ise içinde en fazla bir birimin üretilbildiği n tane mikro periyot içermektedir. BSP modelinde partileme ve çizelgeleme kararları verilmektedir (Drexel ve Kimms, 1997: 224-229).

Tablo 2- 2: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modelleri

Modelin Adı	Kullanılan Karar Değişkenleri	Kullanılan Parametreler	Modelin Özellikleri
CLSP	* j ürünü için t periyodu sonunda elde bulunacak stok miktarı *j ürünü için t periyodunda gerçekleştirilecek üretim miktarı *j ürünü için t periyodunda hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1)	* t periyodunda makinenin kullanılabilir kapasitesi * j ürünü için t periyodundaki talep miktarı * j ürünü için stok bulundurma maliyeti * j ürünü için başlangıç stok miktarı * Ürün sayısı * j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite miktarı * j ürünü için ayar/hazırlık maliyeti * Periyot sayısı	*Bir periyotta birden fazla ürünün üretilmesine imkan tanıdığı için büyük kova problemleri sınıfına girmektedir. *Bu modelde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemi bütünleştirilmemiştir. Genellikle ilk olarak CLSP çözülmekte ve ardından her periyot için ayrı ayrı çizelgeleme problemi çözülmektedir.
DLSP	* j ürünü için t periyodu sonunda elde bulunacak stok miktarı *j ürünü için t periyodunda gerçekleştirilecek üretim miktarı *j ürünü için t periyodunda hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1) *j ürünü için t periyodunda makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1)	* t periyodunda makinenin kullanılabilir kapasitesi * j ürünü için t periyodundaki talep miktarı * j ürünü için stok bulundurma maliyeti * j ürünü için başlangıç stok miktarı * Ürün sayısı * j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite miktarı * j ürünü için ayar/hazırlık maliyeti * Periyot sayısı *1. periyodun başında j ürünü için makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmadığı	*"Ya hep ya hiç" varsayımı. Bu varsayıma göre bir periyotta en fazla tek bir ürün üretilmektedir ve bu üretim sırasında tüm kapasite kullanılmaktadır.
CSLP	* j ürünü için t periyodu sonunda elde bulunacak stok miktarı *j ürünü için t periyodunda gerçekleştirilecek üretim miktarı *j ürünü için t periyodunda hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1) *j ürünü için t periyodunda makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1)	* t periyodunda makinenin kullanılabilir kapasitesi * j ürünü için t periyodundaki talep miktarı * j ürünü için stok bulundurma maliyeti * j ürünü için başlangıç stok miktarı * Ürün sayısı * j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite miktarı * j ürünü için ayar/hazırlık maliyeti * Periyot sayısı *1. periyodun başında j ürünü için makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmadığı	*"Ya hep ya hiç" varsayımı esnetilmiştir. * Bir periyotta en fazla bir ürün üretilbilir. *Periyodun kapasitesi tamamen kullanılmak zorunda değildir. *Aynı ürüne ait iki parti arasında boş periyotların olması durumunda ek hazırlık maliyeti ortaya çıkmamaktadır.

Tablo 2- 3: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modelleri -Devam

Modelin Adı	Kullanılan Karar Değişkenleri	Kullanılan Parametreler	Modelin Özellikleri
PLSP	* j ürünü için t periyodu sonunda elde bulunacak stok miktarı *j ürünü için t periyodunda gerçekleştirilecek üretim miktarı *j ürünü için t periyodunda hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1) *j ürünü için t periyodunda makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1)	* t periyodunda makinenin kullanılabilir kapasitesi * j ürünü için t periyodundaki talep miktarı * j ürünü için stok bulundurma maliyeti * j ürünü için başlangıç stok miktarı * Ürün sayısı * j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite miktarı * j ürünü için ayar/hazırlık maliyeti * Periyot sayısı *1. periyodun başında j ürünü için makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmadığı	*Bir periyotta en fazla iki tip ürün üretilmektedir. *Aynı ürüne ait iki parti arasında boş periyotların olması durumunda ek hazırlık maliyeti ortaya çıkmamaktadır.
GLSP	* j ürünü için t periyodu sonunda elde bulunacak stok miktarı * j ürününün n pozisyonundaki üretim miktarı * n pozisyonunda j ürünü için bir hazırlık yapılıp yapılmayacağı (0-1) *Makinenin j ürününü n pozisyonunda üretmek için hazır olup olmadığı (0-1)	*t periyodunda yer alacak maksimum parti sayısı * t periyodunda makinenin kullanılabilir kapasitesi * j ürünü için t periyodundaki talep miktarı * j ürünü için stok bulundurma maliyeti * j ürünü için başlangıç stok miktarı * Ürün sayısı * j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite miktarı * j ürünü için ayar/hazırlık maliyeti * Periyot sayısı *1. periyodun başında j ürünü için makinede ayar/hazırlık yapılıp yapılmadığı	*Periyotlardaki parti sayısını kullanıcının tanımladığı parametreler sınırlandırmaktadır. *Modelde parti büyüklüğü durağan talep ile birlikte ele alınmakta, her parti sıralamayı belirlemek için tek bir pozisyon numarasına atanmaktadır. *Aynı ürüne ait iki parti arasında boş periyotların olması durumunda ek hazırlık maliyeti ortaya çıkmamaktadır.

Tablo 2- 4: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modelleri -Devam

Modelin Adı	Kullanılan Karar Değişkenleri	Kullanılan Parametreler	Modelin Özellikleri
BSP	*n işinin tamamlanma süresi *n işinin k işinden hemen önce gerçekleştirilecek şekilde çizelgelenip çizelgelenmediği (0-1)	*Büyük sayı *n işinin son teslim tarihi *j ürünü için stok bulundurma maliyeti *n işinde talebi bulunan ürün *İş sayısı *n işinin işlem süresi *Ürünlerin sıralamaya bağlı ayar/hazırlık maliyetleri	*Her talep son teslim tarihi ve büyüklüğü ile nitelendirilmektedir. *Talepler iş olarak ifade edilmekte ve talebin büyüklüğü işin işlenme süresini belirlemektedir. *Kapasitenin (örneğin makinenin işlem hızı) zamana bağlı olarak değişkenlik göstermediği varsayılmaktadır ve bu nedenle bir işin gerçekleştirilme süresi çizelgeye bağlı değildir. *İşler parçalara ayırlanamamaktadır. *Aynı ürüne ait iki parti arasında boş periyotların olması durumunda ek hazırlık maliyeti ortaya çıkmamaktadır.
MLPLSP	*j ürünü için t periyodu sonunda elde bulunacak stok miktarı *j ürünü için t periyodunda gerçekleştirilecek üretim miktarı *j ürünü için t periyodunda hazırlık yapıp yapılmayacağı (0-1) *j ürünü için t periyodunda makinede ayar/hazırlık yapıp yapılmayacağı (0-1)	*Gozinto faktörü *m makinesinin t periyodundaki kullanılabilir kapasitesi *j ürününün t periyodundaki talebi *Stokta bir birim j ürününü bir periyot tutmanın maliyeti *j ürününün başlangıç stoku miktarı *m makinesinde işlem gören ürün seti *Ürün sayısı *Makine sayısı *j ürününün üretildiği makine *j ürününün bir birimini üretmek için gerekli olan kapasite *j ürünü için ayar/hazırlık maliyeti *j ürününün bitişik ardıllarının seti *Periyot sayısı *j ürününün termını *Başlangıç ayar/hazırlık durumu	* Birçok özelliği tek seviyeli PLSP modeli ile ortaktır.

Drexl ve Kimms (1997)'nin, parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemi ile ilgili 1996 yılına kadar yapılan çalışmaları özetlediği çalışmasından sonra bu standart modellerde bazı değişiklikler yapan, bu değişikliklere göre modellerin formülasyonunu yeniden kurgulayan, birden çok modeli birlikte kullanan çalışmalar ortaya konmuştur. Burada bu modeller ve çalışmalar ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Çalışmada kullanılacak olan GLSP modeli ve bu modelin varyasyonları daha ayrıntılı olarak üçüncü bölümde ele alınmıştır.

2.2.1. CLSP

CLSP modeli, parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemlerini ayrı ayrı ele alan bir büyük kova modelidir. Standart CLSP'de bir periyot içinde ürün sıralaması gerçekleştirilmemekte, herhangi bir üründen ürüne geçiş olmasa bile her periyotta hazırlık maliyetinin olduğu varsayılmaktadır. Literatürde CLSP'yi uygulayan çalışmalara bakıldığında, gereksiz hazırlık maliyetlerini önlemek için standart model üzerinde birtakım değişiklikler yapıldığı görülmektedir. Örneğin Almada-Lobo vd. (2007) cam kap üretim sektöründe ortaya çıkan tek aşamalı çoklu birimli kapasite kısıtlı parti büyüklüğü problemini, hazırlık süreleri ve maliyetlerinin sıralamaya bağımlı olduğu durumda ele almışlardır. Çalışmalarında geliştirdikleri matematiksel model, arka arkaya birden çok periyotta aynı ürünün üretilmesi ve atıl periyotlar bulunması durumunda gereksiz hazırlık yapılmasını engellemektedir.

Literatürde CLSP'yi sıralamadan bağımsız hazırlık süreleri ve maliyetleri ile inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Gopalakrishnan, Miller ve Schmidt (1995), tek makineli CLSP modelini geliştirerek çok makineli bir modelleme yapısı oluşturmuş ve klasik CLSP modelinde bulunmayan hazırlık durumunun periyotlar arasında aktarılması özelliğini bu yapıya eklemişlerdir. Bu yapıda hazırlık sürelerini üründen ve sıralamadan bağımsız olarak ele almışlardır. Gopalakrishnan (2000), Gopalakrishnan, Miller ve Schmidt (1995)'in modelleme yapısında üründen bağımsız olarak ele alınan hazırlık

sürelerinin gerçek hayat problemlerini ele almakta yetersiz kaldığı noktasından hareketle, hazırlık sürelerini ve maliyetlerini ürün bağımlı hale getirmiştir. Hazırlık süreleri ve maliyetleri halen sıralamadan bağımsızdır. Gopalakrishnan vd. (2001) hazırlık durumunun taşındığı CLSP modeli için bir tabu arama algoritması geliştirmiştir. Suerie ve Stadtler (2003) CLSP'yi için yeni bir model formüle etmişlerdir. Sıralamadan bağımsız hazırlık sürelerini kullandıkları modellerinde, bir hazırlık durumu bir periyottan bir sonraki periyoda aktarılabilmektedir.

Şu ana kadar bahsedilen CLSP 'yi ele alan çalışmalar hazırlık sürelerini ve maliyetlerini sıralamadan bağımsız olarak ele almıştır. Haase (1996) CLSP'yi sıralamaya bağımlı hazırlık maliyetleri ile birlikte ele almıştır ve problemi CLSD şeklinde adlandırmıştır. Problem için oluşturduğu modelde sürekli parti büyüklükleri kullanılmış ve atıl periyotlar boyunca hazırlık durumu korunmuştur. Clark ve Clark (2000) paralel makineli CLSP problemini sıralama bağımlı hazırlık süreleri ile ele almışlardır. Çalışmalarında geliştirdikleri yeni formülasyon planlama periyodunda birden çok hazırlık işlemi gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır.

Almada Lobo vd. (2007) tek makineli CLSP'yi sıralama bağımlı hazırlık süreleri ve maliyetleri ve hazırlık durumunun periyotlar arasında aktarılması özelliği ile birlikte ele almış ve bu problem için iki alternatif karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli formülasyonu oluşturmuşlardır. Geliştirdikleri modellerin karmaşık yapıda olması ve çok sayıda kısıt içermesi nedeniyle, çözüm için bir sezgisel yöntem önermişlerdir.

Gupta ve Magnusson (2005) tek makineli CLSP'yi sıralamaya bağımlı hazırlık maliyetleri ve süreleri ile ele almışlardır. Modellerinde hazırlık durumlarının taşınabilir ve atıl periyotlar boyunca korunabilir olma özelliklerini de göz önünde bulundurmuşlardır. Ele aldıkları problemin büyük boyutlu örneklerinin çözümü için bir sezgisel yöntem önermişlerdir. Almada-Lobo, Oliveria ve Caravilla (2008), Gupta ve Magnusson (2005)'un çalışmasında geliştirmiş oldukları modelin birbirleriyle bağlantısız

alt tur oluşmasını engelleyemediğini ileri sürmüşler ve modelin olurluluğunu kesinleştirmek için bu modele yeni kısıtlar eklemişlerdir.

2.2.2. DLSP

Diğer bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli olan DLSP, en temel küçük kova problemlerinden biridir. DLSP modelinde kesikli zaman gösterim yapısı kullanılmaktadır. DLSP modelinin temel eksikliği, bir periyotta en fazla bir ürünün üretilmesine izin veren ve eğer ürün üretilecekse ilgili periyodun tüm kapasitesinin kullanılması gerektiğini ifade eden “ya hep ya hiç” varsayımdır (Brahimi vd., 2006: 4).

Park ve Kim (2000), klasik DLSP modelinde yer alan, herhangi bir ürün geçişi yapılmamış olsa bile bir ürünün yeni üretim partisine başlandığı anda hazırlık maliyetinin ortaya çıktığı varsayımını değiştirerek DLSP’yi yeniden formüle etmişlerdir. Bu formülasyona göre sadece başka bir ürünün üretimine geçildiğinde hazırlık maliyeti oluşmaktadır. Çalışmalarında hazırlık sürelerini sabit olarak almışlardır.

Literatürde DLSP’yi sıralamadan bağımsız hazırlık süreleri ile ele alan çalışmalar bulunmaktadır. Cattrysse vd. (1993) DLSP’yi ürünlerin üretime başlanma sürelerini göz önünde bulundurarak ele almışlardır. Çalışmalarında hazırlık süreleri ve maliyetleri ürüne bağlı olarak ifade edilmiştir. Problemi küme bölme problemi olarak formüle etmiş ve çözüm için ikili tırmanış ve sütun türetimi sezgisellerini kullanmışlardır. Brüggemann ve Jahnke (2000) tek makineli çok ürünlü, sıralamadan bağımsız hazırlık süreli DLSP modelini parti elverişliliği ile birlikte ele almışlardır. Parti elverişliliği ile ilgili kısıtlar ekleyerek oluşturdukları MILP modelinin çözümü için tavlama benzetimi temelli iki aşamalı bir sezgisel önermişlerdir. Jans ve Degraeve (2004) uluslararası bir araba lastiği üreticisinin gerçek parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Bu problem her ürün için üretime başlama süresi, farklı özellikteki alternatif makineler, kapasite kısıtlı çoklu kaynaklar ve siparişlerin karşılanamaması durumlarını içermektedir. Çalışmada problem tüm bu unsurların bütünlüklü bir şekilde göz önünde

bulundurulduğu bir DLSP olarak incelenmiştir. Çözüm yöntemi olarak sütun türetimi temelli bir algoritma önermişlerdir.

Salomon vd. (1997) DLSP'yi sıralama bağımlı hazırlık süreleri ve maliyetleri ile ele almışlar ve problemi DLSPSD şeklinde ifade etmişlerdir. İnceledikleri problemi zaman pencereli gezgin satıcı problemi olarak formüle etmişler ve dinamik programlama ile çözmüşlerdir. DLSPSD'yi ele alan diğer bir çalışma Gicquel, Minoux ve Dallery (2009)'un çalışmalarıdır. Bu çalışmada Wolsey (2002)'nin geliştirmiş olduğu model genişletilerek bir formülasyon oluşturulmuştur. Geliştirdikleri karma tam sayılı programlama (MIP) modelinin çözümünü ticari bir yazılımın çözücüsü ile gerçekleştirmişlerdir. Gicquel, Minoux ve Dallery (2011) daha sonra DLSP'yi özdeş paralel makineler ile ele almış ve problemin çözümü için bir karma tam sayılı programlama çözüm yaklaşımı önermişlerdir.

2.2.3. CSLP

CSLP, DLSP'nin “ya hep ya hiç” varsayımının esnetildiği bir modeldir. CSLP'de de bir periyotta en fazla bir ürün üretilmektedir, ancak periyodun kapasitesi tamamen kullanılmak zorunda değildir. CSLP modelinde, DLSP modelinden farklı olarak aynı ürüne ait iki parti arasında boş periyotların olması durumunda ek bir ayar/hazırlık maliyeti oluşmamaktadır (Drexler ve Kimms, 1997: 226).

Vanderbeck (1998) bir diğer parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli olan CSLP'yi ele almıştır. İncelediği problem tek aşamalı, tek modlu, çok birimli, sürekli hazırlıkların ve sıralamaya bağlı üretim başlatma sürelerinin göz önünde bulundurulduğu bir parti büyüklüğü problemidir. Tek modlu üretim bir makine ya da hattın bir periyotta sadece bir ürünü işleyebildiğini varsaymaktadır. Sürekli hazırlık modelinde, üretim miktarı kapasiteyi aşmayacak şekilde herhangi bir değer alabilmektedir. Çözüm yöntemi olarak bir tam sayılı programlama sütun türetme algoritması kullanılmıştır.

Marinelli, Nenni ve Sforza (2007) çalışmalarında bir paketleme firmasının gerçek parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemini hibrit bir CSLP- CLSP modeli ile formülize ederek ele almışlardır. Problem tampon stok oluşturma ve işleme aşamalarını içeren, ortak ve kapasite kısıtlı ara stoklar tarafından beslenen, birbiri ile ilişkisiz paralel makineli, hazırlık sürelerinin ve maliyetlerinin sıralamaya bağlı olduğu bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemidir. CSLP modelinin bir periyotta en fazla bir ürün üretilebilmesi ve kaynak kapasitesinin istenildiği kadar kullanılabilmesine imkan tanınması özellikleri tampon stok oluşturma aşaması için kullanılmıştır. CLSP'yi ise, operasyonların sıralanmasının önemli olmadığı işleme sürecinde kullanmayı tercih etmişlerdir. Çözüm yöntemi olarak, problemi parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemine ayıran iki aşamalı bir sezgisel kullanılmıştır.

2.2.4. PLSP

PLSP, DLSP ve CSLP' nin bir periyotta en fazla bir ürün üretilebilir varsayımlarını esnetmiştir. PLSP modelinde bir periyotta tek bir ürünün üretimi ile periyot kapasitesinin tamamen kullanılamaması durumunda ikinci ürünün üretimi yapılabilmektedir (Kimms ve Drexl, 1998b: 1196 - 1198).

PLSP, Drexl ve Haase (1995) tarafından iki farklı şekilde ele alınmış ve formülize edilmiştir. İlkinde hazırlık süreleri ve maliyetleri sıralamadan bağımsız bir şekilde göz önünde bulundurulmuştur. İkincisinde ise çoklu makine durumunu değerlendirmişlerdir. Çözüm yöntemi olarak geriye yönlendirilmiş pişmanlık tabanlı yanlı rassal örnekleme yöntemini kullanmışlardır.

Suerie (2006) PLSP'yi hazırlık sürelerinin planlama periyodunun süresinden uzun olduğu durumda ele almış ve iki karma tam sayılı programlama model formülasyonu önermiştir. Tempelmeier ve Buschkühl (2008) dinamik, kapasite kısıtlı, çok ürünlü ve makineli, hazırlık işlemlerinin eş zamanlı olarak çizelgelendiği bir parti büyüklüğü

problemini ele almışlardır. Bu problem için PLSP ve GLSP modellerinin özelliklerini bir araya getiren bir modelleme yaklaşımı kullanmışlardır.

Kaczmarczyk (2011) PLSP'yi özdeş paralel makine durumunda, sıralamaya bağlı üründen ürüne geçiş değişkenleri kullanarak formülize etmiştir. Önerdiği modelde 0-1 değişkenleri yerine tam sayı değişkenler kullanmıştır. 0-1 değişkenlerini kullanmanın, tek farklılığı makinelerin farklı şekilde numaralandırılması olan çok sayıda çözüm ortaya çıkardığını ifade ederek, tam sayı değişkenler kullanarak yeni bir formülasyon ortaya çıkarmıştır. Tam sayılı modelin, 0-1 modeline göre daha az değişken ve kısıt içerdiğini ve bu sayede daha büyük boyutlu problemlerin çözümüne daha elverişli olduğunu ifade etmiştir.

2.2.5. GLSP

GLSP küçük ve büyük kova modellerinin avantajlarını bir araya getirmek üzere oluşturulmuş olan hibrit bir modeldir. Literatürde GLSP'yi ele alan çalışmalar bulunmaktadır. Drexler ve Kimms (1997), Fleischmann ve Meyr (1997), Meyr (2000), Koçlar ve Süral (2005) ve Koçlar (2005) GLSP'yi tek seviyeli; Fandel ve Stammen-Hegene (2006), Araujo, Arenales ve Clark (2007), Transchel vd. (2011) ve Seeanner ve Meyr (2013) GLSP'yi çok seviyeli olarak ele alan çalışmalardandır. GLSP ile ilgili ayrıntılı bilgiler üçüncü bölümde verilmektedir.

2.2.6. BSP

BSP modelinde talep, karşılanması gereken zaman ve büyüklüğü ile ifade edilmektedir. Modelde talep iş şeklinde kullanılmaktadır. Kapasitenin zamana bağlı olarak değişmediği varsayımı bulunmaktadır. Aynı zamanda işlerin bölümlere ayrılmayacağı yani talebin tek parça halinde işlenmesi kısıtı bulunmaktadır. Bir birime ilişkin farklı talepler gruplandırılarak tek parti haline getirilebilmekte ve bu sayede

hazırlık maliyetleri azaltılabilmektedir. Model bu özelliği nedeniyle 'Partileme ve Çizelgeleme' şeklinde adlandırılmıştır (Drexel ve Kimms, 1997: 229).

Dobson ve Nambimadom (2001) özellikle çelik ve seramik gibi ısıtılma işlem tesislerinin bulunduğu endüstrilerde sıklıkla karşılaşılan partileme ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. İnceledikleri problemde belirli ürün ailelerine ait, belirli gecikme maliyetleri olan ve işlenmeyi bekleyen işler bulunmaktadır. İşler, sadece aynı ürün ailesinden olan işlerin bir araya getirilebileceği partiler haline getirilmeye çalışılmaktadır. Partilerde yer alan işlerin toplam işlenme süreleri, ilgili işleyicinin kapasitesini aşmamalıdır. Amaçlanan ağırlıklandırılmış ortalama akış süresini minimize edecek şekilde partileri belirlemek ve çizelgelemektir. Çalışmada problem için bir tam sayılı programlama modeli oluşturulmuş ve kısmi doğrusal programlama (LP) gevşetmesi ile bir alt sınır üretilmiştir. Aynı zamanda problemin çözümü için Açgözlü, Ardışık Sırt Çantası ve Genelleştirilmiş Atama sezgiselleri kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Castro, Doğan ve Grossmann (2008), BSP'yi çok ürünlü tek aşamalı, paralel birimli, çoklu ürün partilerinin bulunduğu bir ortamda sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ile ve bir ürünün tüm partilerini tek bir iş olarak bütünleştirerek ele almışlardır. Çalışmalarında kavramsal olarak farklı iki sürekli zaman modeli sunmuşlardır. Bu modeller çoklu zaman yapısı ve global öncelik sıralama değişkenlerini baz alarak oluşturulmuştur. Bir ürüne ait tüm partilerin tek bir iş olarak bütünleştirilmesi ile daha kısa sürede çözülebilen daha küçük boyutlu modeller üretilmiştir. 12 örnek problem üzerinde bu bütünleştirilme yapısının kullanıldığı iki yeni model ile geleneksel RTN yaklaşımı ve Doğan ve Grossmann (2007)'nin sınırlama modelinin performanslarını karşılaştırmışlardır. En iyi sonucun yeni çoklu zaman şablonunun kullanıldığı formülasyon ile elde edildiğini ortaya koymuşlardır.

Sundaramoorthy ve Maravelias (2008) çoklu ürünlü çok aşamalı süreçlerin eş zamanlı olarak partilenmesi ve çizelgelenmesi problemini stoklama kısıtı ile birlikte ele almışlardır. Problemin çözümüne yönelik seçme, atama ve sıralama kararlarını içeren bir formülasyon oluşturmuşlardır. Aynı zamanda kapasite ve zamanlama ile ilgili ortaya çıkabilecek tüm olası kısıtları ve parti sayılarının değişkenliğini göz önünde bulundurarak stoklama politikaları ile ilgili genel bir sınıflandırma ortaya koymuşlardır. Ferris, Sundaramoorthy ve Maravelias (2009) çok aşamalı parti tipi süreçlerin eş zamanlı olarak partilenmesi ve çizelgelenmesi problemini ele almışlardır. Amaçları büyük boyutlu gerçek hayat problemlerinin kabul edilebilir süre içerisinde dağıtımli hesaplama ile çözülebildiği bir yöntem geliştirmektir. Bu doğrultuda oluşturdukları algoritma, problemi partileme kararları temel alınarak belirli sayıda parti içeren birinci seviye alt problemlere ayırmaktadır. Birinci seviye alt problemlerin önceden belirlenmiş olan kaynak limitleri dahilinde çözülemeyenlerinin olması durumunda, bu problemler birim-parti atamaları baz alınarak ikinci seviye alt problemlere ayrılmaktadır. İkinci seviye alt problemlerin önceden belirlenmiş olan kaynak limitleri içinde çözülemeyenlerinin olması durumunda ise bu problemler bir önceki aşamada gerçekleştirilmiş olan atamalara göre üçüncü seviye alt problemlere ayrılmaktadır. Bu süreç, tüm alt problemler kolaylıkla çözülebilir hale gelinceye kadar sürdürülmektedir.

2.2.7. Çok Aşamalı Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemleri

Literatürde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemini çok aşamalı olarak inceleyen çalışmalar da yer almaktadır. Özdamar ve Barbarosoğlu (2000) dinamik çok birimli çok seviyeli kapasite kısıtlı parti büyüklüğü belirleme problemini (multi-level capacitated lot sizing problem (MLCLSP)) ele almışlardır. Ele aldıkları problem, ürün yapısı içinde farklı seviyelerde yer alan tüm birimlerin optimal parti büyüklüklerini belirlemeyi amaçlamakta, ürünlerin sıralaması ile ilgilenmemektedir. Çözüm yöntemi

olarak Lagrangean gevşetmesi ile tavlama benzetimi yaklaşımını birlikte kullanmışlardır.

Sahling vd. (2009) dinamik MLCLSP'yi hazırlık durumunun periyotlar arasında aktarılması özelliği (MLCLSP-L) ile birlikte ele almışlardır. Geliştirdikleri model, bir periyot içinde istenilen sayıda ürünün üretilebilmesine olanak tanımaktadır. Periyotların başlangıç ve sonunda üretilecek olan ürünler model tarafından belirlenmektedir. Çözüm yöntemi olarak Sabitle ve Optimize Et (FO) yaklaşımını kullanmışlardır. Buschkühl vd. (2010), kapasite kısıtlı parti büyüklüğü belirleme problemi ile ilgili literatürü MLCLSP'ye odaklanarak incelemişler, problemlerin ele alınış biçiminin ve çözüm için kullanılan yaklaşımların yıllar içinde nasıl farklılaştığını ele almışlardır. MLCLSP ve benzeri problemlerin çözümü için kullanılan yöntemlerin tesis yerleşim tipine özgü özelliklerini göz önünde bulundurması gerektiğini ifade etmişlerdir. Mohammadi vd. (2010) çok ürünlü, çok seviyeli kapasite kısıtlı parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme problemini sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ile ele almışlardır. Tüm makinelerin seri halinde sıralı olduğu akış tipi üretim için MLPLSP ve MLCLSP'nin avantajlarını bütünleştirmeyi amaçlayan yeni bir MIP oluşturmuşlardır. Küçük boyutlu olmayan problemlerin çözümü için MIP temelli dört sezgisel kullanılmıştır. Bu sezgisel yaklaşımların performansını test etmek için iki alt sınır oluşturulmuş ve optimal çözüm ile karşılaştırılmıştır. Wu vd. (2011) MLCLSP'yi karşılanamayan taleplerin bir sonraki döneme aktarılmasına izin verildiği durumda ele almışlardır. Problem için iki MIP modeli önermişlerdir. Modelin çözümü için alt ve üst sınır güdümlü iç içe bölmeler olarak adlandırdıkları optimizasyon yapısını kullanmışlardır.

Ferreira, Morabito ve Rangel (2009) alkolsüz içki endüstrisinde ortaya çıkan iki aşamalı çok makineli parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme problemini, sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ve maliyetleri ile ele almışlar ve modellemişlerdir. Modelin

çözümü için bir gevşetme algoritması ve “Gevşet ve Sabitle (RF)” tipinde çeşitli sezgisel strateji sunmuşlardır.

Kimms (1996) MLPLSP’yi tek makine durumunda ele almıştır. Çözüm için rassal pişmanlık tabanlı bir sezgisel prosedür uygulamıştır. Kimms ve Drexler (1998a), MLPLSP’yi paralel makineli, çoklu kaynaklı ve kaynakların bir kısmının yenilenebilir olduğu durumlarda ele almışlar ve her durum için bir MILP modeli formülize etmişlerdir. Çözüm yöntemi olarak, birimlerin T periyodundan başlanıp birinci periyotta sonlanan şekilde çizelgelendiği geriye yönelimli pişmanlık tabanlı rassal örnekleme yöntemini uygulamışlardır. Kimms (1999), çok makineli MLPLSP’yi ele almıştır. Problemin çözümü için genetik algoritmayı kullanmıştır. Stadler (2011) tek makineli MLPLSP’yi ele almış, probleme hazırlık sürelerinin birden çok periyot içinde gerçekleşebilmesi ve parti büyüklüğü ile ilgili kısıtlar ekleyerek yeni bir model oluşturmuştur. Stadler (2011) MLPLSP’yi ele alan çalışmalarda, seviyeler arasındaki malzeme akışının olurlu olmasını garanti etmek için kullanılan ve en azından bir periyotu kapsayan temin süresi dengeleyicisinin temin süresini gereksiz yere uzattığı noktasından hareketle, MLPLSP’yi temin süresi dengeleyici koymadan ele almıştır. Stadler ve Sahling (2013) MLPLSP’yi, Stadler (2011)’in çalışmasını temel alarak ele almışlardır. Ele aldıkları problem az sayıda ürünün iki ya da üç aşamada akış tipi üretimle stoğa üretildiği ve birbiri ardına gelen üretim aşamaları arasındaki malzeme akışının ara ürün stokları ile ayrıştığı endüstrilerde karşılaşılan bir problemdir. Çözüm yaklaşımı olarak Sabitle ve Gevşet (FR) ve FO sezgisel yöntemlerini bütünleştirerek kullanmışlardır.

Parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemlerini ele alan ve şu ana kadar bahsedilen çalışmalar uyguladıkları modeller ve ele aldıkları problemlere odaklanılarak incelenmiş ve Tablo 2-5- Tablo 2-9’da özetlenmiştir. GSP’yi uygulayan çalışmalar bir sonraki bölümde Tablo 3-4– Tablo 3-6’ da ifade edilmiştir. Bu çalışmaların büyük bir bölümünde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemleri süreç endüstrilerine odaklanarak incelenmiş ve modeller bu doğrultuda oluşturulmuştur. Uygulama

bölümlerinde, literatürde yer alan örnek test problemlerini kullanarak model ve çözüm yöntemlerinin performansını karşılaştıran çalışmalar olduğu gibi, gerçek problemler üzerinde çalışılan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmaların özet halinde sunulması ile literatürde süreç endüstrilerine odaklanarak parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemlerini ele alan çalışmaların problemleri ne şekilde ele aldığı, model parametre ve karar değişkenleri olarak neleri kullandıkları ortaya konmak istenmektedir.



Tablo 2- 5: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
1	Haase, 1996	CLSD	Tek Seviyeli Çok Birimli	* periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * ürünlerin periyotlardaki üretim miktarı * periyotlarda i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1) * periyotların sonunda i ürünü için hazırlık yapılıp yapılmadığı (0-1)	* üründen ürüne geçiş maliyetleri * ürünlerin periyotlardaki talepleri * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * birim sayısı * periyotlardaki makine kapasitesi * ürünlerin üretimi için gerekli olan birim kapasite * planlama dönemindeki periyot sayısı	* Geliştirdikleri Sezgisel Yöntem (Geriye Yönlendirilmiş Sezgisel)
2	Clark ve Clark, 2000	CLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli Paralel Makineli	* periyotlarda makinelerde gerçekleştirilen n. hazırlığın i ürününden j ürününe geçişte yapılıp yapılmadığı (0-1) * periyotlarda makinelerde gerçekleştirilen n. ve (n+1). hazırlığın arasında i ürününden ne kadar üretildiği * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotların sonunda ürünlerin bekleyen iş miktarı	* birimlerin periyotlardaki talepleri * makinelerin periyotlardaki kullanılabilir süreleri * makinelerde üründen ürüne geçiş süreleri * makinelerde birimlerin birim üretim süreleri * birimleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * birimlerin karşılanmayan bir birim talebini bir sonraki periyoda taşıma maliyeti * makinelerde 0. periyodun sonunda hangi birimin üretildiği	* FR Yaklaşımı
3	Gupta ve Magnusson, 2005	CLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli	* ürünlerin periyotlardaki üretim miktarı * ürünlerin periyotlarda üretilip üretilmediği (0-1) * periyotlarda i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1) * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda ilk üretilen ürünün i olup olmadığı (0-1) * periyotlarda son üretilen ürünün i olup olmadığı (0-1) * Makinenin periyotların sonunda i ürünü için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1)	* ürün sayısı * planlama dönemindeki periyot sayısı * faydalı kullanım oranı * makinenin periyotlardaki kapasitesi * makinede üründen ürüne geçiş süreleri * ürünlerin periyotlardaki talepleri * makinede üründen ürüne geçiş maliyetleri * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * makinenin ilk olarak hangi ürün için ayarlanmış olduğu	* Geliştirdikleri Sezgisel Yöntem (Başlat- Sırala- Geliştir)

Tablo 2- 6: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
4	Almada-lobo vd., 2007	CLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli	* ürünlerin periyotlardaki üretim miktarı * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda i ürününden j ürüne geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1) * periyotların başında makineye i ürünü için hazırlık yapılıp yapılmadığı (0-1)	* ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin birim işlenme süresi * ürünlerin periyotlardaki talepleri * makinenin periyotlardaki kapasitesi * makinede üründen ürüne geçiş süreleri * makinede üründen ürüne geçiş maliyetleri	*Geliştirdikleri Beş Aşamalı Sezgisel yöntem
5	Özdamar ve Barbarosoğlu, 2000	MLCLSP	Çok Seviyeli Çok Birimli	* ürünlerin periyotlardaki üretim miktarı * periyotlarda i ürününden j ürüne geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1) * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı	* planlama dönemindeki periyot sayısı * ürün ve kaynak sayısı * periyotlarda ürünlerin birim üretim maliyeti * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * periyotlarda ürünlerin hazırlık maliyeti * j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan i birimi sayısı * ürünlerin periyotlardaki talepleri * periyotlarda ürünlerin hazırlık süresi * ürünlerin birim işlenme süresi * kaynakların periyotlardaki kullanılabilir kapasitesi * ürünlerin doğrudan ardılarının seti * k kaynağına ihtiyaç duyan ürünlerin seti	* Lagrangean Gevşetmesi ile Tavlama Benzetimi meta-sezgisel yöntemi
6	Sahling vd. (2009)	MLCLSP-L	Çok Seviyeli Çok Birimli	* periyotlarda kaynaklar için yapılan fazla mesai miktarı * periyotlarda ürünlerin parti büyüklüğü * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * ürünlerin başlangıç stok miktarı * periyotlarda ürünlerin hazırlık durumu (0-1) * periyot başlangıçlarında ürünlerin hazırlık durumunu taşıma değişkeni (0-1)	* i ürününden bir adet üretmek için gerekli olan k ürünü miktarı * kaynakların periyotlardaki kullanılabilir kapasitesi * ürünlerin periyotlardaki talepleri * kaynaklarda yapılan fazla mesainin birim başına maliyeti * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin hazırlık maliyeti * ürünlerin birim üretim süresi * ürünlerin hazırlık süresi * ürünlerin başlangıç stok miktarları	*FO Yaklaşımı

Tablo 2- 7: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
7	Jans ve Degraeve, 2004	DLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli	* periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotların sonunda ürünlerin karşılanamayan sipariş miktarı * periyotlarda ürünleri üretmek için kullanılan k tipi kaynak sayısı * periyotlarda ürün-kaynak kombinasyonları için yapılan hazırlık sayısı	* ürünlerin sipariş karşılanamama maliyeti * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * periyotlarda kullanılabilir olan kaynak sayısı * ürün-kaynak kombinasyonlarının hazırlık maliyeti * ürün-kaynak kombinasyonlarının günlük üretim oranları * ürün-kaynak kombinasyonlarının hazırlık süreleri * ürün-kaynak kombinasyonlarının hazırlık sırasında yaşanan üretim kayıpları * planlama periyodunun başlangıcında ürün-kaynak kombinasyonlarını için kullanılan kalıp sayısı * periyotlarda ürün-kaynak kombinasyonları için kullanılabilecek kalıp sayısı * ürünlerin periyotlardaki talepleri	*Sütun Türetme Temelli Algoritma
8	Salomon vd., 1997	DLSPSD	Tek Seviyeli Çok Birimli	* periyotlarda ürünlerin üretilip üretilmediği (0-1) * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1)	* makinede üründen ürüne geçiş süreleri * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin periyotlardaki talepleri	* Yerel Geliştirme Tabanlı Sezgisel * Dinamik programlama
9	Drexel ve Haase, 1995	PLSP	Tek Seviyeli Tek Makineli- Tek Seviyeli Çok makineli	* periyotlarda ürünlerin üretim miktarı * periyotlarda i ürünü için hazırlık yapılıp yapılmadığı (0-1) * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotların sonunda i ürünü için hazırlık yapılıp yapılmadığı (0-1)	* makinenin periyotlardaki kapasitesi * ürünlerin periyotlardaki talepleri * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin birim işleme süresi * ürünlerin hazırlık maliyeti * ürünleri üretebilecek makine seti * makinelerde üretililecek ürünlerin seti	* Geriye Yönlendirilmiş Pişmanlık Tabanlı Yanlı Rassal Örnekleme Yöntemi

Tablo 2- 8: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
10	Kaczmarczyk, 2011	PLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli Paralel Özdeş Makineli	* periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda makinelerde ürünlerin üretim miktarları * m makinesinde periyotlarda i ürünü için hazırlık yapıp yapılmadığı (0-1) * m makinesinde periyotlarda j ürününün üretimine başlanıp başlanmadığı (0-1 değişkeni) * periyotlarda j ürününü üretmek için ayarlanan makine sayısı * periyotlarda j ürününü üretmek için başlatılan makine sayısı * periyotlarda ürünler arasında geçiş yapılan makine sayısı * t-1 ve t periyodunda j ürünü üreten makine sayısı * periyotlarda makinelerde üründen ürüne geçiş yapılmadan önce ayrılan kapasite oranı * periyotlarda makinelerde üründen ürüne geçiş yapıldıktan sonra ayrılan kapasite oranı	* periyotların uzunluğu * ürünlerin hazırlık süresi * ürünlerin hazırlık maliyeti * ürünlerin birim işleme süresi * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin periyotlardaki talepleri	* Kesin çözüm yaklaşımları
11	Stadtler ve Sahling, 2013	MLPLSP	Çok Seviyeli Çok Birimli Çok Makineli	* periyotların sonunda ürünlerin karşılanamayan talep miktarı * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda m makinesindeki toplam hazırlık süresi * periyotların sonunda m makinesinde tamamlanmamış olan bir hazırlık faaliyetinin kümülatif hazırlık süresi * periyotların sonunda m makinesinde tamamlanmamış olan bir hazırlık faaliyetinin hazırlık süresi * t periyodunda tamamlanmış olan hazırlık faaliyetinin, m makinesindeki t periyodundaki hazırlık süresi * periyotlarda ürünlerin üretim miktarı * t-1 periyodunda üretilmeye başlanmış ve t periyodunda da devam eden j ürününün t periyodundaki üretim miktarı * t periyodunda hazırlık faaliyeti tamamlanan j ürününün, t periyodundaki üretim miktarı * periyotlarda hazırlık işleminin bitip bitmediği (0-1) * m mak.de periyotlarda hazırlık işleminin bitip bitmediği (0-1) * periyotların sonunda makinenin j birimi için ayarlanıp ayarlanmadığı (0-1) * periyotların sonunda m makinesinde bir hazırlık faaliyetinin gerçekleştirilmeye devam edip etmediği (0-1)	* ürünlerin üretim katsayısı * periyotlardaki kullanılabilir kapasite * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin periyotlardaki talepleri * ürünlerin birim talep karşılanamama maliyeti * doğrudan ardılların bir birimini üretmek için gerekli olan j ürünü sayısı * ürünlerin hazırlık maliyeti * ürünlerin hazırlık süresi * termin	* FR ve FO yaklaşımlarının bütünleştirilmesine dayanan bir sezgisel yöntem

Tablo 2- 9: Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Modellerini Uygulayan Çalışmalar- Devam

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
12	Vanderbeck, 1998	CSLP	Tek Seviyeli Çok Birimli	* periyotlarda üretilecek olan ürün miktarları * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda makinelerin i birimi için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1) * periyotlarda üretime i birimi ile başlanıp başlanmadığı (0-1)	* ürünlerin periyotlardaki talepleri * ürünlerin periyotlardaki üretim kapasitesi * periyotlarda ürünlerin üretimine başlanması sırasında kaybedilen kapasite * periyotlarda ürünlerin birim üretim maliyeti * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * ürünlerin hazırlık maliyeti * periyotlarda üretime başlama maliyetleri	* MIP sütun türetme algoritması
13	Marinelli, Nenni ve Sforza, 2007	Hibrit CSLP-CLSP modeli	Çok Seviyeli Çok Birimli Çok Makineli	* periyotların alt periyotlarında hatlarda üretilen ürün miktarı * periyotlarda i ürünü içinde k tankında bulunması gereken karışım miktarı * periyotlarda i ürünü içinde k tankında bulunması gereken ve ts alt periyodunda kullanılabilir olan karışım miktarı * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda k tankında i ürününün olup olmadığı (0-1) * periyotların ts alt periyotlarında j hattının i ürününü işleyip işlemediği (0-1) * periyotların tp alt periyotlarında j hattının i ürününü işleyip işlemediği (0-1) * periyotlarda k tankında bulunan i ürününün tampon stokunun bir hazırlık gerektirip gerektirmediği (0-1)	* ürünlerin periyotlardaki talepleri * alt periyotlarında hatların üretim kapasitesi * tankların kapasitesi * hatlarda ürünlerin çıktı süreleri * ürünlerin bir birimi için gerekli karışım miktarı * hatların hazırlık süresi * hatların hazırlık maliyeti * Tankların hazırlık maliyetleri * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * hatlarda ürünleri işleme maliyeti	* İki aşamalı bir sezgisel

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GENEL PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ VE ÇİZELGELEME PROBLEMİ

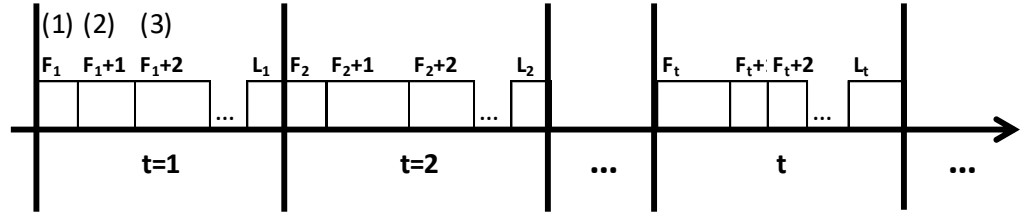
Genel Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi küçük ve büyük kova modellerinin avantajlarını bir araya getirmek üzere oluşturulmuş olan hibrit bir modeldir. GLSP modeli ile CLSP, DLSP, CSLP, PLSP vb. gibi parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme modelleri arasındaki farklılık zaman gösterimi yapısı ile ilgili eklenen kısıtlardan dolayı oluşmaktadır. GLSP'nin içerdiği çözüm setleri bahsedilen diğer modellerin çözüm setlerini de içermektedir. Modelin yapısı ve esnekliği nedeniyle isimlendirilmesinde “genel” terimi kullanılmıştır. GLSP’de parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme problemi bütünleşik olarak, kapasitenin kısıtlı, parti büyüklüklerinin sürekli, talebin dinamik ve deterministik olduğu ortamda ele alınmaktadır (Fleischmann ve Meyr, 1997: 11-13). Küçük kova problemleri bir periyotta en fazla bir birimin üretilebildiği problemler iken büyük kova modelleri, ele alınan her bir periyotta birden fazla birimin üretimine imkan veren modellerdir (Karimi, Ghomi ve Wilson, 2003: 366). GLSP aynı zamanda sürekli ve kesikli zaman gösterimi yapısının avantajlı özelliklerini de bir araya getirmektedir. GLSP’de sürekli zaman modellerindeki olayların gerçekleşme zamanlarının model tarafından belirleniyor olması özelliği ve kesikli zaman modellerinin sabit uzunluklu periyotlar kullanmasının beraberinde getirdiği formülasyon kolaylığı bir araya getirilmektedir.

3.1. GLSP Modeli Zaman Gösterimi

Klasik GLSP modeli mantığında sabit uzunluklu, süresi belirli olan makro periyotlar ve bu periyotlar içinde sayısı belirli ama süresi belli olmayan ve birbiri ile kesişmeyen mikro periyotlar yer almaktadır. Makro periyotların uzunluğu dış sistem dinamikleri olan talep, stok elde bulundurma maliyeti vb. ne bağlı olarak belirlenmektedir. Sistemin iç dinamiklerine bağlı olarak makro periyotlar içinde yer alan mikro periyotların sürelerine karar verilmektedir. GLSP’de durum değişiklikleri

mikro periyotların başında ya da sonunda gerçekleşebilmektedir. “Ya hep ya hiç” varsayımı mikro periyotlar için geçerlidir. Mikro periyotların uzunlukları modelde karar değişkeni olarak yer almaktadır (Fleischmann ve Meyr, 1997: 12). Şekil 3-1’de klasik GLSP modelinin makro ve mikro periyot zaman gösterimi ifade edilmektedir.

Şekil 3- 1: Klasik GLSP Modeli Makro Periyot – Mikro Periyot Zaman Gösterimi



Kaynak: Koçlar, 2005: 21

Şekil 3-1’de makro periyotlar t ile gösterilmiştir. Her makro periyot içinde n tane mikro periyot bulunmaktadır. F_1 t makro periyodunun ilk, L_1 ise son mikro periyodudur. Makro periyotların içinde bulunacak mikro periyot sayısının belirlenmesinde kullanılan en genel formülasyon, mikro periyot sayısının ele alınan makinede üretilebilen ürün sayısı olarak belirlenmesidir. Bu sayede hem bir makro periyot içinde tüm ürünlerin üretimine imkan verilmekte hem de optimal üründen ürüne geçiş sayısının belirlenmesi esnekliğine sahip olunabilmektedir (Transchel vd., 2011: 2466).

3.2. GLSP Modeli Formülasyonu

Literatürde GLSP ile ilgili çeşitli formülasyonlar yer almaktadır. Drexl ve Kimms (1997) GLSP’yi basit bir halde ele almışlardır. Model formülasyonları kullandıkları notasyonlar ile birlikte Tablo 3-1’de ifade edilmiştir.

Tablo 3- 1: Drexl ve Kimms (1997) GLSP Formülasyonu İndis, Parametre ve Karar Değişkenleri

Modelde kullanılan indisler:	Modelde kullanılan parametreler:
t: Periyot	S_j : j ürününün ayar/hazırlık maliyeti
n: Pozisyon	h_j : j ürününün elde bulundurulma maliyeti
j: Ürün	d_{jt} : j ürünün t periyodundaki talebi
	p_j : j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite
	C_t : t periyodunda makinenin kullanılabilir kapasitesi
Modelde kullanılan karar değişkenleri:	
	I_{jt} : t periyodunun sonunda j ürününün stok miktarı
	q_{jn} : n pozisyonunda j ürününden ne kadar üretildiği
	x_{jn} : n pozisyonunda j ürünü için ayar/hazırlık işlemi yapıp yapılmadığı
	y_{jn} : n pozisyonunda makinenin j ürününün üretimine hazır olup olmadığı

Drexl ve Kimms (1997) GLSP Formülasyonu

$$\text{Min } \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N S_j x_{jn} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T h_j I_{jt} \quad (3.1)$$

s.t.

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + \sum_{n=F_t}^{L_t} q_{jn} - d_{jt} \quad j=1, \dots, J, \quad t=1, \dots, T \quad (3.2)$$

$$p_j q_{jn} \leq C_t y_{jn} \quad j=1, \dots, J, \quad t=1, \dots, T, \quad n=F_t, \dots, L_t \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=F_t}^{L_t} p_j q_{jn} \leq C_t \quad t=1, \dots, T \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^J y_{jn} \leq 1 \quad n=1, \dots, N \quad (3.5)$$

$$x_{jn} \geq y_{jn} - y_{j(n-1)} \quad j=1, \dots, J, \quad n=1, \dots, N \quad (3.6)$$

$$y_{jn} \in \{0,1\}, \quad j=1, \dots, J, \quad n=1, \dots, N \quad (3.7)$$

$$I_{jt} \geq 0 \quad j=1, \dots, J, \quad t=1, \dots, T \quad (3.8)$$

$$q_{jn}, x_{jn} \geq 0 \quad j=1, \dots, J, \quad n=1, \dots, N \quad (3.9)$$

(3.1) ile ifade edilen amaç fonksiyonu, toplam ayar/hazırlık ve stok elde bulundurma maliyetinin minimize edilmesini ifade etmektedir. (3.2) numaralı kısıt stok denge kısıtıdır. Kısıt (3.3) n pozisyonunda j ürününden bir parti üretilcek ise makinenin j ürünü için ayarlanmış olma zorunluluğunu belirtmektedir. F_t t makro periyodunun ilk mikro periyodunu, L_t ise son mikro periyodunu göstermektedir. (3.4) numaralı kısıt

kapasite kısıtlarını ifade etmektedir. Bir pozisyonda tek bir hazırlık işleminin gerçekleştirilebileceği (3.5) numaralı kısıt ile ifade edilirken, hazırlık işleminin gerçekleştirileceği pozisyonlar kısıt (3.6)'da gösterilmiştir. Kısıt (3.7) n pozisyonunda makinenin j ürününün üretimine hazır olup olmadığı değişkeninin 0 ya da 1 değerini alabileceğini, kısıt (3.8) ve (3.9) ise negatif olmama durumunu ifade etmektedir. Modelde minimum parti büyüklüğüne yer verilmemiş, hazırlık maliyetleri sıralamadan bağımsız olarak ele alınmıştır.

Fleischmann ve Meyr (1997), GLSP'yi sıralamaya bağlı hazırlık maliyeti ve minimum parti büyüklüklerini göz önünde bulundurarak ele almışlardır. Atıl zamanlar boyunca hazırlık durumunun korunması kısıtını içeren ve içermeyen iki model geliştirmişlerdir.

Tablo 3- 2: Fleischmann ve Meyr (1997) GLSP-CS Formülasyonu Parametre ve Karar Değişkenleri

Parametre	Karar Değişkenleri
S_t : t makro periyoduna ait s mikro periyot seti	I_{jt} : t makro periyodunun sonunda j ürününün stok miktarı (birim)
K_t : t makro periyodundaki kullanılabilir kapasite (süre)	x_{js} : s mikro periyodunda üretilen j ürünü miktarı (birim)
a_j : j ürününden bir birim üretmek için gerekli olan kapasite kullanımı (süre)	y_{js} : s mikro periyodunda makine j ürünü için ayarlanmış ise 1, ayarlanmamış ise 0
m_j : j ürününün minimum parti büyüklüğü (birim)	z_{ijs} : i ürününden j ürününe s mikro periyodunun başında geçiş yapılıyor ise 1, yapılmıyor ise 0
h_j : j ürününün bir biriminin bir makro periyot boyunca elde bulundurulma maliyeti	
s_{ij} : i ürününden j ürününe geçiş yapmanın maliyeti	
d_{jt} : j ürününün t makro periyodundaki talebi (birim)	
I_{j0} : Planlama periyodunun başında j ürününün stok miktarı (birim)	
y_{j0} : Planlama periyodunun başında makine j ürünü için ayarlanmış ise 1, ayarlanmamış ise 0	

Atıl periyotlar boyunca, ilgili makinenin o makinede en son üretilen ürün için hazırlanmış olarak kalması ve bu durumun ek bir maliyet oluşturmaması anlamına gelen hazırlık durumunu içeren modellerini GLSP-CS olarak ifade etmişlerdir. Bunun yanında makinenin kullanılmadığı periyotlar boyunca bile hazırlık maliyetinin ortaya çıktığı uygulama örneklerini de göz önünde bulundurarak hazırlık durumunun korunmadığı GLSP-LS modelini de oluşturmuşlardır.

Fleischmann ve Meyr (1997) GLSP-CS Formülasyonu

$$\text{Min } \sum_{j,t} h_j I_{jt} + \sum_{i,j,s} s_{ij} z_{ijs} \quad (3.10)$$

s.t.

$$I_{jt} = I_{j,t-1} + \sum_{s \in S_t} x_{js} - d_{jt} \quad \forall t, j \quad (3.11)$$

$$\sum_{j,s \in S_t} a_j x_{js} \leq K_t \quad \forall t \quad (3.12)$$

$$x_{js} \leq \frac{K_t}{a_j} y_{js} \quad \forall s, j \quad (3.13)$$

$$x_{js} \geq m_j (y_{js} - y_{j,s-1}) \quad \forall s, j \quad (3.14)$$

$$\sum_j y_{js} = 1 \quad \forall s \quad (3.15)$$

$$z_{ijs} \geq y_{i,s-1} + y_{js} - 1 \quad \forall s, i, j \quad (3.16)$$

$$s_{ik} + s_{kj} \geq s_{ij} \quad \forall i, j, k = 1, \dots, J \quad (3.17)$$

$$\sum_{i,j,i \neq j} z_{ij,s-1} \geq \sum_{i,j,i \neq j} z_{ijs} \quad \forall t, s = (f_t + 2), \dots, l_t \quad (3.18)$$

$$x_{js} \leq \frac{K_t}{a_j} (2 - \sum_i z_{ij,s-1} - z_{jjs}) \quad \forall j, t, s = (f_t + 1), \dots, l_t \quad (3.19)$$

(3.10) ile ifade edilen amaç fonksiyonu stok elde bulundurma ve ayar/hazırlık maliyetleri toplamının minimizasyonunu ifade etmektedir. (3.11) numaralı kısıt, t makro periyodunun talebinin t makro periyodunun başlangıcında elde bulunan stok ve t makro periyodu boyunca yapılan üretim ile karşılanması zorunluluğunu ifade etmektedir. Kapasite kısıtı (3.12) ile gösterilmiştir. (3.13) ve (3.15) her mikro periyot için sadece bir ayar/hazırlık durumunun tanımlandığını ve üretimin sadece o makinenin ilgili ürün için ayarlanmış olduğu durumda gerçekleşebileceğini belirtmektedir. Minimum parti büyüklüğü kısıtı (3.14) ile ifade edilmiştir. (3.16) numaralı kısıt üründen

ürüne geçiş ile ilgili kısıttır. Kısıt (3.17) üçgen eşitsizliğini ifade etmektedir. (3.18) ve (3.19) numaralı kısıtlar, bir makro periyot içinde birden çok mikro periyota üst üste aynı ürünün atanması durumunda, üretim miktarının bu mikro periyotlara rasgele atanacak olmasını önlemek için eklenmiştir. Rasgele atama amaç fonksiyonunu ve çizelgeyi etkilememektedir.

GLSP-LS modeli oluşturulurken GLSP-CS model formülasyonu üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. GLSP-LS modelinin fomülasyonunda atıl zamanlar ile ilgili kullanılmak üzere $j=0$ ile ifade edilen bir sanal ürün kullanılmaktadır. Yapılan diğer değişiklikler Tablo 3-3'te ifade edilmiştir.

Tablo 3- 3: Fleischmann ve Meyr (1997) GLSP-LS Formülasyonu İçin Yapılan Eklmeler

$a_0=1$
m_0 : Makinenin atıl kalmasına izin verilen minimum süre
y_{00} : Planlama periyodunun başında makine atıl durumda ise 1,değilse 0
s_{0j} : Atıl periyotlar sonrası hazırlık maliyeti ($j=1,...,J$)
s_{j0} : Faaliyetin durdurulmasının maliyeti ($j=1,...,J$)
$s_{00}=0$

Fleischmann ve Meyr (1997) GLSP-LS Formülasyonu

$$\text{Min } \sum_{j \neq 0, t} h_j I_{jt} + \sum_{i, j, s} s_{ij} z_{ijs} \quad (3.20)$$

s.t.

$$I_{jt} = I_{j, t-1} + \sum_{s \in S_t} x_{js} - d_{jt} \quad \forall t, j \neq 0 \quad (3.21)$$

$$\sum_{j, s \in S_t} a_j x_{js} = K_t \quad \forall t \quad (3.22)$$

ve (3.13)-(3.16)

0 ürünü aslında var olan bir ürün olmadığı için stoğu ve stok elde bulundurma maliyeti bulunmamaktadır. Bu nedenle amaç fonksiyonunda ve (3.21) numaralı kısıtta $j=0$ 'a yer verilmemiştir. Kısıt (3.22) ise arta kalan kapasitenin atıl periyot olarak kullanılacağını ya da $j=1, \dots, J$ ürünlerinin stok miktarını artırmak için kullanılacağını ifade etmektedir.

Sıfırdan farklı minimum parti büyüklüklerinin kullanıldığı GLSP oldukça zor olan bir kombinatoriyal problemdir (Fleischmann ve Meyr, 1997: 14). Meyr (2000), Fleischmann ve Meyr (1997)'nin geliştirmiş olduğu GLSP-CS formülasyonunu, sıralamaya bağlı hazırlık süreleri kullanarak geliştirmiş ve GLSP-ST şeklinde ifade etmiştir. GLSP-ST formülasyonunda GLSP-CS modelindeki (3.12) kısıtı (3.12') kısıtı ile değiştirilmiştir.

$$\sum_{j,s \in S_t} a_j x_{js} + \sum_{j,s \in S_t} st_{ij} z_{ijs} \leq K_t \quad \forall t \quad (3.12')$$

(3.12')'de st_{ij} i ürününden j ürününe geçişte yapılması gereken hazırlığın süresini ifade etmektedir.

Meyr (2002), GLSP'yi Fleischmann ve Meyr (1997) ve Meyr (2000)'in formülasyonlarını baz alarak özdeş olmayan çok makineli ortama genişletmişlerdir. Bu çalışmalardaki parametre ve karar değişkenleri makine bazında ifade ederek kullanmışlardır. Geliştirdikleri modeli GLSPPL olarak adlandırmışlardır.

Fleischmann ve Meyr (1997) çözüm yöntemi olarak geriye yönlendirilmiş açgözlü sezgiselini, Meyr (2000) ve Meyr (2002) ise dual yeniden optimizasyon ile eşik kabulü ve tavlama benzetimi yaklaşımlarını bütünleşik olarak kullanmışlardır.

Koçlar ve Süral (2005), Fleischmann ve Meyr (1997)'in geliştirmiş olduğu GLSP-CS formülasyonun minimum parti büyüklüğü kısıtı ile ilgili bir geliştirme yapmışlardır.

GLSP-CS formülasyonu, bir ürünün üretim partisinin ilk pozisyonundaki üretim miktarının minimum parti büyüklüğünden daha fazla olmasını garanti etmektedir. Ancak bu durum, bir ürünün üretiminin başka bir periyotta da devam etmesi durumunda, üretime başlanan ilk periyotta o ürünün üretimi için kullanılabilecek kapasitenin ürünün minimum parti büyüklüğünden düşük olması halinde, ilk periyottaki kullanılabilir kapasitenin boş bırakılmasına ve üretimin bir sonraki periyotta başlamasına yol açacaktır. Bu durum özellikle kapasitenin kritik olması ve minimum parti büyüklüklerinin oldukça büyük olması durumunda büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle Koçlar ve Süral (2005) minimum parti büyüklüğü kısıtları ile ilgili şu değişiklikleri önermişlerdir:

$$x_{js} \geq m_j(y_{js} - y_{j,s-1}) \quad \forall j, t, s \neq L_t \quad (3.23)$$

$$x_{js} + x_{j(s+1)} \geq m_j(y_{js} - y_{j,s-1}) \quad \forall j, t, s = L_t \quad (3.23')$$

(3.23) numaralı kısıt Fleischmann ve Meyr (1997)'in minimum parti büyüklüğü kısıtının, j ürününün üretim partisinin t periyodunun son pozisyonunda başlamadığı durumda geçerli olması gerektiğini ifade etmektedir. Kısıt (3.23') ise j ürününün üretim partisinin t periyodunun son pozisyonunda başlaması durumunda, minimum parti büyüklüğünün o ve bir sonraki pozisyonda üretilen miktar ile karşılanması gerektiğini belirtmektedir. Bu sayede bir periyodun son pozisyonunda bir ürünün üretim partisine, o pozisyonun kapasitesi ürünün minimum parti büyüklüğünü karşılayacak kadar olmasa da başlanabilmektedir.

Koçlar (2005) çok ürünlü, tek seviyeli, hazırlık süreleri ve maliyetlerinin sıralamaya bağlı olduğu GLSP'yi ele almıştır. Modelleme aşamasında literatürde yer alan GLSP formülasyonlarındaki kısıtlayıcı varsayımları esnetmeye ve daha kapsamlı ve genel bir model oluşturmaya çalışmıştır. Üründen ürüne geçiş sürelerinin üçgen eşitsizliğini sağlaması, bir ürünün bir periyotta üretimine başlanabilmesi için o ürünün bir önceki periyotta stoğunun bulunmaması gerektiği gibi varsayımlar, Koçlar (2005)'in

elimine ettiği kısıtlayıcı varsayımlardandır. Kısıtlayıcı varsayımların esnetilmesinin yanında, literatürde yer alan GLSP formülasyonlarını güçlendirmek için formülasyonlara bazı eşitsizliklerin eklenebileceğini ifade etmiştir. Bu eşitsizlikleri amaçlarına göre iki gruba ayırmışlardır. İlk grubu LP gevşetmesini güçlendirmek için hazırlanan üründen ürüne geçişler ile ilgili geçerli eşitsizlikler oluşturmaktadır. İkinci grupta ise gereksiz tam sayı çözümleri ortadan kaldırmayı amaçlayan eliminasyon kısıtları yer almaktadır. Koçlar (2005) aynı zamanda GLSP'yi ulaştırma problemini temel alarak yeniden formülize etmiştir. Oluşturdukları formülasyonun MIP ve LP gevşetmesi performansını, literatürdeki veri setlerini kullanarak test etmiştir. Büyük boyutlu problemlerin çözümü için k- En Yakın Sezgiseli (k-Nearest heuristic) olarak adlandırılan sezgisel yaklaşımını kullanmıştır.

Literatürde GLSP'yi çok seviyeli olarak ele alan çalışmalar da bulunmaktadır. Fandel ve Stammen-Hegene (2006), çok seviyeli genel parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemini (MLGLSP) çok makineli ortamda, sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ve maliyetleri ile ele almışlar ve problem için bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri model tek seviyeli GLSP'yi temel almaktadır.

Araujo, Arenales ve Clark (2007), ilk aşamada anahtar materyallerin üretileceği makinelerin çizelgelendiği, ikinci aşamada ise bunların nihai ürünlerin üretiminde kullanıldığı iki aşamalı üretim sistemlerini ele almışlardır. İnceledikleri parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme problemi GLSP ile yakından ilişkilidir. Problem için geliştirdikleri model, karşılanamayan siparişleri ve sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ve maliyetlerini göz önünde bulundurmaktadır. Çalışmada RF ve yerel arama yaklaşımları ile doğrusal programlamanın bütünleştirildiği hibrit bir metot geliştirilmiştir.

Transchel vd. (2011) süreç endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmanın iki aşamalı, çok ürünlü gerçek hayat üretim planlama ve çizelgeleme modelini, sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ve maliyetleri ile ele almışlardır. Çalışmada, ele alınan probleme

özgü özellikler göz önünde bulundurularak GLSP tabanlı hibrit bir optimizasyon modeli sunulmuştur. Geliştirilen modelin hesaplama performansını artırmak için ulaştırma problemlerini temel alarak iki yeni formülasyon oluşturmuşlar ve modellerin performanslarını karşılaştırmışlardır. Minimum parti büyüklüklerinin performansı etkileyen önemli bir faktör olduğunu ifade etmişlerdir.

Seeanner ve Meyr (2013) çok ürünlü ve çok seviyeli, her seviyede heterojen paralel üretim hatlarının bulunduğu akış tipi üretim sistemlerinde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Meyr (2004)'ün oluşturduğu çok seviyeli GLSP modellerinden çok ürünlü, dinamik deterministik talepli, çok seviyeli, her seviyenin paralel ve özdeş olmayan üretim hatları içerdiği, kapasitenin kısıtlı olduğu, sıralamaya bağlı hazırlık sürelerinin bulunduğu, siparişlerin karşılanamama durumuna izin verilmediği varyasyonu temel alarak geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin temel mantığı, farklı seviyelerdeki tüm üretim hatları için ortak zaman yapısı kullanmaktır. Bu sayede seviyeler arasında kısa geçiş süreleri modelleyebilmişlerdir. Modelin çözüm süresinin iyileştirilmesi için çeşitli şekillerde formülasyonları oluşturulmuştur. Çözüm için standart MIP çözücü kullanılmış, çözüm süresinin kabul edilebilir düzeylerde olmaması nedeniyle MIP temelli sezgiseller uygulanmıştır.

GLSP'yi ele alan ve şu ana kadar bahsedilen çalışmalar Tablo 3-4 – Tablo 3-6'da özet olarak ifade edilmiştir. GLSP ve diğer parti büyüklüğü ve çizelgeleme modelleri ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalarda sıklıkla kullanılan karar değişkenleri; ürünlerin periyotların sonundaki stok miktarları, üretim miktarları, periyotlarda hangi üründen ürüne geçişlerin gerçekleştiği, toplam hazırlık süreleri, bekleyen iş miktarları, periyotlarda gerçekleştirilen fazla mesai miktarları, karşılanamayan sipariş miktarları, kullanılan makine sayıları, ürünlerin satış miktarları, makinelerin bekleme süreleri, satın alınan ürün miktarları, mikro periyotların başlama zamanları, mikro periyotlarda makinelerde hazırlık işleminin gerçekleştirilmeye başladığı zaman şeklinde sıralanabilir. Planlama dönemindeki periyot sayısı, üründen ürüne geçiş süreleri ve maliyetleri, stok

elde bulundurma maliyeti, ürünlerin başlangıç stokları, makine kapasiteleri, ürün talepleri, birim üretim süreleri, ürünlerin karşılanmayan bir birim talebini bir sonraki periyoda taşıma maliyeti, faydalı kullanım oranı, makinelerin planlama döneminin başında hangi ürün için hazırlanmış olduğu, ürün reçeteleri, makinelerde üretilebilecek ürün setleri, fazla mesai maliyeti, maksimum kullanılabilir fazla mesai süresi, hazırlık işlemleri sırasında yaşanan üretim kayıpları, makro periyotların uzunluğu, satış kaybı maliyeti, termin, minimum parti büyüklüğü, ürünlerin kar marjı, periyotlarda ürünler için kullanılabilir kapasite oranı, maksimum stok seviyesi, ürünlerin satın alma maliyetleri, ürünlerin dışardan satın alınabileceği maksimum miktar ise sıklıkla kullanılan parametrelerdendir.

Tablo 3- 4: GLSP Modelini Uygulayan Çalışmalar

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
1	Fleischmann ve Meyr, 1997	GLSP-CS GLSP-LS	Tek Seviyeli Çok Birimli	* makro periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * mikro periyotlarda üretilen ürün miktarları * mikro periyotlarda makinenin j ürünü için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1 değişkeni) * s mikro periyodunun başında i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1 değişkeni)	* makro periyotlara ait mikro periyot setleri * makro periyotların kullanılabilir kapasitesi * ürünlerin birim üretim süreleri * ürünlerin minimum parti büyüklüğü * ürünleri bir periyot stokta tutmanın maliyeti * üründen ürüne geçiş maliyetleri * ürünlerin makro periyotlardaki talepleri * planlama döneminin başındaki stok miktarı * planlama döneminin başında makinenin hazırlanmış olduğu ürün	* Geriye Yönlendirilmiş Ağgözlü Sezgiseller
2	Meyr, 2000	GLSPSST	Tek Seviyeli Çok Birimli	* periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * mikro periyotlarda üretilen ürün miktarları * mikro periyotlarda makinenin j ürünü için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1) * mikro periyotların başında i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1)	* makro periyotlara ait mikro periyot setleri * makro periyotların kullanılabilir kapasitesi * ürünlerin birim üretim süreleri * ürünlerin minimum parti büyüklüğü * ürünleri bir makro periyot stokta tutmanın maliyeti * üründen ürüne geçiş maliyetleri * üründen ürüne geçiş süreleri * ürünlerin makro periyotlardaki talepleri * ürünlerin planlama döneminin başındaki stok miktarı * planlama döneminin başında makinenin hazırlanmış olduğu ürün	* Dual Yeniden Optimization - Eşik Kabulü yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanımı * Dual Yeniden Optimization ile Benzetim Tavlama bütünleşik olarak kullanımı
3	Meyr, 2002	GLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli Heterojen Paralel Makineli	* periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * hatlarda mikro periyotlarda üretilen ürün miktarları * hatların mikro periyotlarda makinenin j ürünü için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1) * mikro periyotların başında hatlarda i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1)	* makro periyotlara ait mikro periyot setleri * makro periyotların kullanılabilir kapasitesi * ürünlerin birim üretim süreleri * ürünlerin minimum parti büyüklüğü * ürünleri bir makro periyot stokta tutmanın maliyeti * hatlarda ürünlerin birim üretim maliyeti * hatlarda üründen ürüne geçiş maliyetleri * hatlarda üründen ürüne geçiş süreleri * ürünlerin makro periyotlardaki talepleri * ürünlerin planlama döneminin başındaki stok miktarı * planlama döneminin başında makinenin hazırlanmış olduğu ürün	* Dual Yeniden Optimizasyon ile Eşik Kabulü yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanımı * Dual Yeniden Optimizasyon ile Tavlama Benzetimi yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanımı

Tablo 3- 5: GLSP Modelini Uygulayan Çalışmalar - Devam

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
4	Koçlar, 2005	GLSP	Tek Seviye Çok Birimli	* n pozisyonunda üretilen j ürünü miktarı * periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * periyotlarda kullanılan fazla mesai miktarı * j ürününün n pozisyonuna atanıp atanmadığı (0-1) * n pozisyonunda i ürününden j ürüne geçiş olup olmadığı (0-1)	* periyotların kapasiteleri * periyotlardaki fazla mesai maliyeti * ürünlerin birim üretim maliyeti * ürünlerin makro periyotlardaki talepleri * periyotların ilk pozisyonunun indeksi * periyotların son pozisyonunun indeksi * ürünleri bir makro periyot stokta tutmanın maliyeti * planlama döneminin başında ürünlerin stok miktarı * ürünlerin minimum parti büyüklüğü * periyotlarda ürünlerin üretilebilecekleri maksimum miktarı ifade eden büyük sayı * ürünlerin birim işlem süresi * ürünün ürüne geçiş maliyetleri * ürünün ürüne geçiş süreleri * periyotlarda izin verilen maksimum fazla mesai kullanma oranı	* Kesin Çözüm Yaklaşımları * k- En Yakın Sezgiseli
5	Transchel vd., 2011	GLSP	Tek Seviyeli Çok Birimli	* mikro periyotlarda üretilen birim miktarları * mikro periyotlarda üretilen ürün miktarları * periyotların sonunda birimlerin stok miktarı * makro periyotlarda birimlerin satış miktarı * mikro periyotlarda sistemin k ürünü için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1) * mikro periyotlarda k ürününden l ürüne geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1) * mikro periyotların bitiş zamanı * ilk üretim periyodunda karşılanamayan talep miktarı	* ürünlerin birim kapasite kullanım miktarları * ürünün ürüne geçiş süresi * birimlerin birim kapasite kullanım miktarları * birimlerin birim kar marjı * ürünün ürüne geçiş maliyetleri * birimleri bir makro periyot stokta tutmanın maliyeti * birimlerin kayıp satışı başına ceza maliyeti * birimlerin makro periyotlardaki talepleri * ürünlerin minimum parti büyüklüğü * i biriminin k ürününün bir çıktısı olup olmadığı (0-1) * periyotlarda ürünler için kullanılabilir kapasite oranı	* Kesin çözüm yaklaşımları

Tablo 3- 6: GLSP Modelini Uygulayan Çalışmalar - Devam

No	Yazar	Model	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Parametreler	Çözüm Yöntemi
6	Seeanner ve Meyr, 2013	MLGLSP	Çok Seviyeli Çok Birimli Çok Makineli	* mikro periyotların başlama zamanı * mikro periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * hatlarda mikro periyotların başında ürün değişimi için gerekli olan oransal hazırlık süresi * hatlarda mikro periyotların sonunda ürün değişimi için gerekli olan oransal hazırlık süresi * hatlarda mikro periyotlarda üretilen ürün miktarları * hatlarda mikro periyotlarda üretilen ürünlerin o mikro periyotta ardıllar tarafından kullanılabilirlik payı * hatlarda mikro periyotlarda üretilen ürünlerin sonraki mikro periyotta ardıllar tarafından kullanılabilirlik payı * üretimden önce mikro periyotlarda hatların bekleme durumunda bulunma süresi * üretimden sonra mikro periyotlarda hatların bekleme durumunda bulunma süresi * mikro periyotlarda satın alınan j ürünü miktarı * mikro periyotlarda kullanılan fazla mesai miktarı * mikro periyotlarda hatların j ürünü için hazırlanıp hazırlanmadığı (0-1) * mikro periyotlarda hatlarda i ürününden j ürününe geçiş yapılıp yapılmayacağı (0-1)	* hatlarda ürünlerin gerektirdiği birim kapasite * hatlarda ürünlerin minimum parti büyüklüğü * hatların durması gereken minimum süre * birimleri bir makro periyot stokta tutmanın maliyeti * hatlarda ürünlerin birim üretim maliyeti * hatların bekleme durumunda bulunma maliyeti * planlama döneminin başında hatların hazırlanmış olduğu ürün * hatlarda üründen ürüne geçiş maliyetleri * hatlarda üründen ürüne geçiş süreleri * mikro periyotlardaki ürün talepleri * planlama döneminin başında ürünlerin stok miktarı * sabit periyotların başlangıç zamanları * ardıl i birimini üretmek için gerekli olan j ürünü sayısı * maksimum stok seviyesi * hatlarda üretim yapıldıktan sonraki maksimum WIP stok seviyesi * ürünlerin birim satın alma maliyeti * ürünlerin dışardan satın alınabileceği max miktar * fazla mesai maliyeti * maksimum fazla mesai	* Kesin çözüm yaklaşımları * MIP Tabanlı Sezgiseller * LP-ve -Sabitler * RF
7	Tempelmeier ve Buschkühl (2008)	Hibrit PLSP-GLSP modeli	Tek Seviyeli Çok Birimli Çok Makineli	* ürünlerin mikro periyotlardaki hazırlık işlemi değişkeni (0-1) * ürünlerin makro periyotlardaki hazırlık işlemi sayısı * operatörün mikro periyotlarda n makinesinden m makinesine geçiş yapılıp yapılmadığı (0-1) * ürünlerin mikro periyotlarının sonundaki hazırlık durumu (0-1) * makro periyotların sonunda ürünlerin stok miktarı * ürünlerin mikro periyotlardaki ilk üretim miktarı * ürünlerin mikro periyotlardaki ikinci üretim miktarı * makro periyotlarda ürünlerin üretim miktarı * mikro periyotlarda kaynaklarda hazırlık başlama anı	* kaynakların mikro periyotlardaki kapasiteleri * hazırlık operatörünün mikro periyotlardaki kapasitesi * ürünlerin periyotlardaki talepleri * ürünlerin hazırlık maliyeti * ürünlerin birim üretim süresi * ürünlerin hazırlık süresi	* Kesin Çözüm Yaklaşımları

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

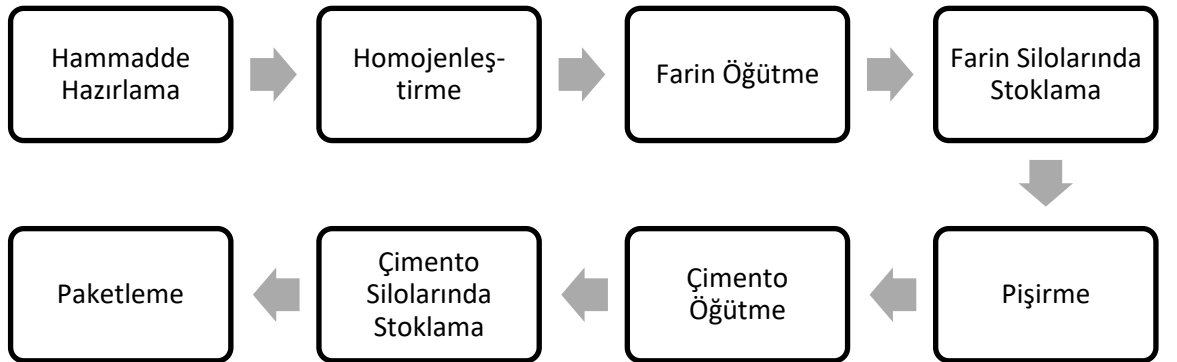
SÜREÇ ENDÜSTRİLERİNDE HİBRİT ÜRETİM TİPİ İÇİN ÇİZELGELEME MODELİ

Bu tezde süreç endüstrilerinde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemi ele alınmaktadır. Tezin uygulaması için süreç endüstrilerinin altında yer alması ve endüstriye özgü birçok özelliği taşıması nedeniyle çimento üretim süreci seçilmiştir. Uygulama çalışması Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş. (BBA)'nin Bornova fabrikasında gerçekleştirilmiştir.

4.1. Çimento Üretim Süreci

Çimento üretimi hammadde hazırlama, farin öğütme, pişirme, çimento üretimi ve paketlenme aşamalarını içermektedir.

Şekil 4- 1: Çimento Üretim Süreci



Çimento üretim sürecinin ilk aşaması olan hammadde hazırlama aşamasında, hammaddenin doğal olarak bulunduğu ortamdan alınması, fabrika sahasında stoklanması ve kırılması işlemleri gerçekleştirilmektedir. Hammadde hazırlama

aşamasının sonrasında, kırılan malzemeler öğütülerek ince bir toz haline –farin- getirilmektedir. Elde edilen farin homojenize edilerek farin silolarında stoklanmaktadır. Farin öğütme işleminin ardından farinin pişirilip klinker haline getirilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Çimento üretimi aşamasında, klinkere çimento tipine bağlı olarak farklı oranlarda farklı tipte katkı maddeleri eklenmekte ve elde edilen bu karışım öğütülmektedir. Bazı ürün tiplerinin birden çok ürün reçetesi bulunmaktadır. Öğütme işlemi sonunda elde edilen çimento, çimento silolarında stoklanmaktadır. Çimento tiplerine göre silolarda depolanan çimentolar piyasadan gelen talepler doğrultusunda dökme ya da torbalı olarak piyasaya sunulmaktadır. Çimento öğütme sürecine kadar akış tipinde gerçekleşen süreç, bu aşamada kesikli süreç yapısına dönmektedir.

Mevcut durumda CEM-I, CEM-II, CEM-III ve CEM-IV olmak üzere dört tip çimento üretilmektedir. Şirketin farklı kapasite ve ürün işleme özelliklerine sahip üç çimento değirmeni (ÇD2, ÇD3 ve ÇD4) bulunmaktadır. ÇD2 ve ÇD3 'te CEM-I ve CEM-II üretilirken, ÇD4'te CEM-III ve CEM-IV üretilmektedir. Değirmenlerin ürettikleri ürünler ve kapasiteleri Tablo 4-1'de verilmiştir.

Tablo 4- 1: Çimento Değirmenlerinin Ürettiği Ürün Tipleri ve Kapasiteleri

Değirmenler	Ürün Tipleri	Değirmenlerin Ortalama Tonajları
ÇD2	CEM-I	CEM-I: 45-50 ton/saat
	CEM-II	CEM-II: 35-40 ton/saat
ÇD3	CEM-I	CEM-I: 65-70 ton/saat
	CEM-II	CEM-II: 60-65 ton/saat
ÇD4	CEM-III	CEM-III: 135-140 ton/saat
	CEM-IV	CEM-IV: 125-130 ton/saat

Değirmenlerde katkı maddeleri bunker adı verilen yapılarda depolanmaktadır. Değirmenlerde tüm katkı maddelerinin bunkerleri bulunmamaktadır. Değirmenlerde bulunan bunkerlere bağlı olarak ürünlerin reçeteleri farklılaşmaktadır. Örneğin CEM-I %92 oranında klinker ve %8 oranında alçının karıştırılıp öğütülmesi ile elde edilmektedir. CEM-I aynı zamanda %89 oranında klinker, %8 oranında alçı ve %3

oranında külün karıştırılıp öğütülmesiyle de elde edilebilmektedir. CEM-I' in üretilebildiği ÇD2 ve ÇD3'ten sadece ÇD3'te kül bunkerı bulunmaktadır. Bu nedenle CEM-I, tercih edilmesi halinde ikinci ürün reçetesi ile ÇD3'te üretilebilmektedir. Tablo 4-2'de şirketin ürettiği ürünler, ürünlerin alternatif reçeteleri ve bu reçetelerin hangi değirmenlerde uygulanabildiği ifade edilmiştir.

Tablo 4- 2: Ürünler ve Ürün Reçeteleri²

Değirmen	Kantar Oranları						
	Ürün	Klinker	Alçı	Tras	Kalker	Kül	Toplam
ÇD2	CEM-I	92,0	8,0	-	-	0,0	100,0
	CEM-II	77,5	10,0	7,5	5,0	0,0	100,0
ÇD3	CEM-I	89,0	8,0	-	-	3,0	100,0
	CEM-II	77,5	6,5	9,6	6,4	0,0	100,0
ÇD4	CEM-III	68,5	6,3	-	8,2	17,0	100,0
	CEM-IV	51,5	6,6	30,0	4,4	7,5	100,0

Değirmenlerde üründen ürüne geçişlerde üretim sırasına bağlı olarak farklı hazırlık süreleri bulunmaktadır. Aynı değirmende arka arkaya öğütülecek iki çimento tipinden ikincisi, kendisinden önce öğütülen çimento tipinin içinde bulunan katkı maddelerini içermiyorsa ilk öğütülen çimento tipinden ikincisine geçişte değirmenin ilk üründeki katkı maddeleri tamamen kaybolana kadar çalıştırılması gerekmektedir. Bu geçiş süreleri Tablo 4-3'te verilmiştir.

Tablo 4- 3: Üründen Ürüne Geçiş Süreleri

Geçiş Yapılan Ürünler	Geçiş Süresi
CEM-II- CEM-I	45 dakika
CEM-IV - CEM-III	30 dakika

CEM-II ürünü klinker, alçı, tras ve kalkerden oluşurken, CEM-I sadece klinker ve alçı içermektedir. Çok katkılı olan CEM-II ürününden az katkılı CEM-I ürününe geçişte,

² Reçete oranları sabit olmayıp ürün ve değirmen bazında standartların elverdiği ölçüde değişiklikler yapılabilmektedir.

tras ve kalker katkı maddeleri tamamen ortadan kalkıncaya kadar değirmen 45 dakika çalıştırılmaktadır. Bu 45 dakika boyunca üretilen çimento, katkı maddesi yüksek olan (daha düşük kaliteli) CEM-II ürünü olarak değerlendirilmektedir. Bu, katkı maddesi yüksek olan ve bu nedenle maliyeti daha düşük olan CEM-II' nın, geçiş süresi boyunca üretilen miktarının maliyetini artırmaktadır. Aynı durum yüksek katkılı CEM-IV ürününden CEM-III ürününe geçişte de gerçekleşmektedir.

Üretilen çimentolar, firmanın sahip olduğu yedi çimento silosunda depolanmaktadır. Bu silolardan dördünün kapasitesi 2500 ton iken üçünün 10000 tondur. Siloların içinde sadece tek tip çimento stoklanabilmektedir. Çimento üretiminde en büyük maliyet kalemlerinden biri olan elektrik enerjisi maliyeti, gün içinde farklı zaman dilimlerinde farklı olmaktadır. Enerjinin en pahalı olduğu zaman dilimi (puant) 17:00-22:00, en ucuz olduğu zaman dilimi (gece) 22:00-06:00 ve ortalama düzeyde olduğu zaman dilimi (gündüz) ise 06:00-17:00 şeklindedir.

4.2. Üretim Planlamada Yaşanan Problemler

Mevcut durumda, firmada üretim planları talep tahminleri ve geçmiş tecrübeler doğrultusunda hazırlanmaktadır. Üretim çimento silolarını maksimum seviyede dolduracak şekilde gerçekleştirilmekte, kullanılan makine ve ekipman maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle kapasite kullanım oranları en yüksek seviyede tutulmaya çalışılmaktadır. Çimento üretim sürecinin çimento öğütme aşamasına kadar olan aşamaları yılda 10-15 gün süren bakımlar dışında kesintiye uğramamaktadır. Çimento öğütme aşaması ise kesikli bir yapıya sahiptir. Mevcut durumda üretim planlamada yaşanan güçlükler ihtiyaç fazlası üretim yapılmasına, enerji maliyetlerinin yüksek seviyelerde olmasına, üründen ürüne geçiş sayılarının yüksek olmasına ve dolayısıyla yüksek hazırlık maliyetlerine yol açmaktadır.

4.3. Çalışmanın Kapsamı ve Kısıtları

Çimento üretim sürecinde, hammaddelerin işlenmesi ve klinker üretimi süreçlerinin kesintisiz bir şekilde yüksek hızda gerçekleştirilmeleri nedeniyle, firma çimento öğütme sürecinin girdisi olan klinker ve katkı maddelerinin elde bulunurlukları ile ilgili herhangi bir problem yaşamamaktadır. Ancak çimento öğütme sürecinde üretim öngörülen tahmin ve geçmiş tecrübelerle dayalı olarak partiler halinde yapılmaktadır. Tüm sürecin hızını bu süreç belirlemektedir. Çimento üretim sürecinin darboğazını oluşturan çimento öğütme süreci, aynı zamanda tüm süreç içinde tüketilen enerjinin en büyük bölümünün kullanıldığı süreçtir.

Bir üretim sisteminin tamamını incelemek çizelgeleme sürecini zorlaştırmaktadır. Literatürde çizelgeleme problemlerinin ele alınışı incelendiğinde, karmaşık yapıdaki problemlerin çözümünde ayrıştırma yaklaşımlarının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Ayrıştırma yöntemlerinin amacı karmaşık yapıdaki problemleri, anlaşılması ve çözülmesi daha kolay olan alt probleme ayırarak ele alıp çözüm geliştirmektir (Ovacık ve Uzsoy, 1997: 23). Ayrıştırmada birçok yaklaşım bulunmakla birlikte bunlardan süreç akış çizelgeleme, kapasite grupları ve süreç rotalama yaklaşımları süreç endüstrilerine odaklanmaktadır (Akkerman ve Van Donk, 2009: 220).

Taylor ve Bolander (1991) tarafından süreç endüstrileri için geliştirilmiş olan süreç akış çizelgelemesi yaklaşımı, çizelgeleme ile ilgili hesaplamaların sürecin yapısına bağlı olarak gerçekleşmesi temeline dayanmaktadır. Bu yaklaşımda ayrıştırmada bir üretim sistemini birbirinden ayrı ve etkileşimi olmayan akışlara ayırmak önerilmiştir. Kapasite grupları ve süreç rotalama yaklaşımlarında kapasite grubu, bir süreç kademesinde benzer operasyonlar gerçekleştiren bir ya da birden çok birbiri ile bağlantılı makineyi ifade etmektedir (Van Donk ve Van Dam, 1998: 19-20). Süreç rotası

ise bir ürün ailesinin üretildiği sabit bir sıralamaya sahip bir dizi operasyonu belirtmektedir (Akkerman, 2007: 19).

Kapasite grupları ile ilgili bağımlılıklar çizelgelemede kısıtlar oluşturmaktadır. Aynı zamanda birbiri ardına gelen kapasite grupları arasındaki stoklar da çizelgeleme sürecini, kapasite gruplarının birbirinden ne ölçüde bağımsız olarak çizelgelenebileceğini belirleyerek etkilemektedir. Kapasite gruplarının birbirleri ile ilişkilerini ortaya çıkarmak için yapılan analizler ile hangi kapasite gruplarının hangi durumlarda darboğaz haline geleceği görülmektedir. Bunun ardından çizelgelemeye bu noktalardan başlanmaktadır (Van Donk ve Van Dam, 1998: 21). Bu çalışmada da bu noktadan hareketle, çizelgelemenin sistem içinde darboğaz oluşturan çimento öğütme sürecinde gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Çimento üretim sürecinde, çimento öğütme sürecinden önce klinker üretimi ve katkı maddelerinin istenilen özelliklerde hazırlanma süreçleri gerçekleştirilmektedir. Bu süreçlerin kesintisiz olarak gerçekleştirilmeleri nedeniyle, firmanın çimento öğütme sürecinde bu girdilerin miktarları ile ilgili herhangi bir kısıtı bulunmamaktadır. Bu nedenle geliştirilen parti büyüklüğü ve çizelgeleme modelinde bu bileşenler, belirli üretim hızları ile üretilen ve çimentoların ürün reçetelerindeki oranlarına göre kullanılan bileşenler olarak yer almışlardır. Klinker ve katkı maddelerinin nemden etkilenme vb. durumları göz önünde bulundurulmamıştır.

Bu tezde ele alınan çimento öğütme süreci tek aşamalı, farklı kapasite ve işleme özelliklerine sahip değirmenlerde, farklı tip çimentoların, farklı ürün reçeteleri ile öğütüldüğü, öğütme süresinin klinker ve katkı maddelerinin kalite değişkenliklerinden dolayı aynı değirmenlerde dahi değişkenlik gösterdiği, çimento tipleri arasındaki geçiş sürelerinin ve maliyetlerinin sıralamaya bağlı olduğu, elektrik enerjisi maliyetinin gün içinde üç zaman diliminde farklılık gösterdiği, çimentolarının bir kısmının minimum parti büyüklüğüne sahip olduğu bir süreçtir. Öğütülen çimentolar silolarda depolanmaktadır. Mevcut durumda hangi ürünlerin hangi silolarda depolanabileceği

belirlidir. Kapasitesi 10.000 ton olan silolar, talebi en yüksek olan ürün grupları için kullanılmaktadır. 2.500 ton kapasiteli olan silolar ise tüm ürün grupları için kullanılabilir. Bir siloda depolanan ürün tipini değiştirmek için uzun zaman gerektiren bir temizlik işlemi yapılmaktadır. Bu işlem özellikle kapasitesi 10.000 ton olan silolar için maliyeti yüksek olan bir işlemdir. Aynı zamanda bu temizlik işlemi sırasında işlem yapılan silolar kullanılamamaktadır. Firma mevcut durumda mümkün olduğu sürece siloların içeriğini değiştirmemekte, mecbur kalındığında 2.500 ton kapasiteli silolarda stoklanan ürünlerde değişikliğe gidebilmektedir. Bu noktadan hareketle bu tezde silolara ürün grubu ataması gerçekleştirilmemiş, mevcut durumdaki mantık uygulanmıştır. Ürünlerin atanabilecekleri siloların toplam kapasitesi, ürünler için maksimum stok miktarı kısıtlayıcısı olarak kullanılmıştır.

Bu tezde literatürde süreç endüstrilerinde çizelgelemeyi etkileyen faktörler olarak gösterilen hammadde ve katkı maddelerinin kalite değişkenliği, sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ve maliyetleri, stoklama alanı kısıtları ve ürün reçeteleri ile probleme özgü bir özellik olan gün içinde farklılaşan elektrik enerjisi maliyetleri göz önünde bulundurulmuştur.

4.4. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, süreç endüstrilerinin altında yer alan ve bu endüstrinin tipik özelliklerini taşıyan çimento üretim süreci ele alınmaktadır. Literatürde günümüze gelinceye kadar çizelgeleme ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış ve bu alanda çok sayıda model ortaya konmuştur. Geliştirilen bu modeller teorik olarak başarılı görünse de uygulanabilirlikleri ile ilgili literatürde eleştirilmişlerdir. Bu noktadan hareketle bu tezin amacı, endüstrinin çizelgeleme sürecini etkileyen kendine özgü özelliklerini göz önünde bulunduran, üretim, üründen ürüne geçiş, stok elde bulundurma, hammadde ve elektrik enerjisi maliyetinin toplamını en küçükleyen, uygulanabilirliği test edilmiş bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli ortaya koyarak bu alandaki literatüre bir katkıda bulunmak olarak belirlenmiştir.

Çizelgeleme modellerinin uygulanma aşamalarında yaşanan başarısızlıklarda, süreçlerin çizelgelemeyi etkileyen tüm unsurlar ile birlikte ele alınmaması önemli bir faktör olarak gösterilmektedir. Bu tezde çizelgeleme süreci, sürecin başarısını etkileyen en önemli girdilerden biri olan talep tahminleme ile birlikte ele alınmaktadır. Uygulanabilir çizelgeler elde etmek için talep tahminlemenin dışında, emniyet stokları ve talebin yoğun olduğu durumlarda ortaya çıkabilecek kapasite yetersizlikleri de göz önünde bulundurulmaktadır. Emniyet stokları ürün gruplarının özellikleri ve değişen talep koşullarına bağlı olarak döngüsel olarak belirlenmektedir. Çalışmada hem gereksiz yere taşınan ürün stoklarının önüne geçilmek istenmekte hem de talep karşılayamama durumu en küçüklenmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle geliştirilen ana parti büyüklüğü ve çizelgeleme modelinin yanında, talebin yoğun olduğu dönemlerde kaynak kapasitelerinin yetersiz kalmasından kaynaklanan talebi karşılayamama durumunu en aza indirmek için kapasite kontrolünün gerçekleştirildiği ve yetersiz kalınacak miktarların öngörüldüğü bir kontrol modeli de kullanılmaktadır.

Bu tezin uygulamasının gerçekleştirildiği BBA' nın mevcut durumu incelendiğinde, satış ve üretim fonksiyonları arasında uyumsuzluk yaşadıkları ve üretim planlamayı sistematik bir şekilde gerçekleştirilemedikleri görülmektedir. Tecrübeye dayalı olarak gerçekleştirilen üretim planı enerji maliyetinin yüksek olduğu zaman aralıklarında değirmenlerin gereksiz yere çalıştırılmalarına, gereğinden fazla üretime, stoklama maliyetinin yüksek oluşuna, toplam üründen ürüne geçiş sürelerinin yüksek oluşuna ve üretimin yüksek enerji maliyeti ile gerçekleştirilmesine neden olabilmektedir. Çimento üretim sürecinde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %30'u hammadde hazırlama aşamasında, yaklaşık %40'ı ise çimento öğütme sürecinde kullanılmaktadır (Jankovic, Valery ve Davis, 2004: 1075; ICR Research, 2015). Bu nedenle öğütme sürecinde ürünlerin öğütülme zamanı, sırası ve miktarında yapılacak iyileştirmeler ile çimento üretiminde tüketilen enerjide önemli bir düşüş elde edilebilecektir. Aynı zamanda çimento değirmenlerinde gerçekleştirilen öğütme süreci, çimento üretim sürecinin darboğazını oluşturmaktadır. Bu süreçte gerçekleştirilecek

olan iyileştirmeler tüm sistemin performansını artıracaktır. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak bu tez çalışmasında çizelgeleme problemi olarak BBA' nın çimento değirmenlerinin çizelgelenmesinin ele alınmasına karar verilmiştir. Amaçlanan çimento değirmenlerinde, en düşük maliyet ile tahminlenen talebe bağlı olarak hangi çimento tipinin hangi ürün reçetesi ve hangi parti büyüklüğü ile hangi değirmende hangi sırada üretilmesi gerektiğinin belirlenmesidir. Aynı zamanda çimento tiplerinin ne miktarda stoklanması gerektiği ve çimento tiplerine ve çizelgelenen periyodun özelliklerine bağlı olarak emniyet stoğu miktarının ne olması gerektiğinin belirlenmesi de amaçlanmaktadır. Siloların kapasiteleri, siloların güncel stok miktarları, ürünlerin terminleri, ürün reçeteleri, çimentoların üretiminde kullanılan malzemelerin üretim hızı da göz önünde bulundurulacak diğer faktörlerdir. Bu çalışma ile üretim, stok elde bulundurma, hammadde ve elektrik enerjisi maliyetlerinin, parti büyüklüğünün düzenlenmesi ile üründen ürüne geçiş sayılarının ve tüm işlerin tamamlanma sürelerinin azaltılması ve değirmenlerin kapasitelerinin kullanım etkinliğinin artırılması hedeflenmektedir.

4.5. Parti Büyüklüğü ve Çizelgeleme Problemi İçin Önerilen Model

Bu tezde ele alınan problem, tek aşamalı, paralel özdeş olmayan makineli³ ve çok ürünlü, kapasite kısıtlı, hazırlık maliyetlerinin ve sürelerinin sıralamaya bağlı olduğu bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemidir. Problem GLSP formülasyonu temelinde ifade edilmiştir. Bu probleme ilişkin çeşitli varsayımlar altında bir model geliştirilmiştir. Modelde çizelgeleme sürecinin tüm maliyet unsurlarının bütünleşik bir şekilde ele alınması ile çimento değirmenlerinde tüketilen enerji maliyetinin azaltılması, stok maliyetlerinin düşürülmesi, parti büyüklüklerinin düzenlenerek üründen ürüne geçiş sayılarının azaltılması hedeflenmektedir. Modelin temeli Koçlar (2005)'in tek seviye, tek makine, çoklu ürün durumu için sıralamaya bağlı hazırlık süreleri ve maliyetlerini göz önünde bulundurduğu modeline dayanmaktadır. Koçlar (2005), modelini Fleischmann ve Meyr (1997)'nin GLSP-CS ve Meyr (2000)'in GLSP-ST modellerini temel

³ Çalışmada değirmenler makine olarak kullanılmıştır.

olarak ve bazı modifikasyonlar ve eklemeler yaparak geliştirmiştir. Yapılan eklemeler ile modele, minimum parti büyüklüğünün periyotlar arasında bölünebilmesi, üretim maliyetlerinin amaç fonksiyonunda yer alabilmesi ve fazla mesai kullanabilme durumunun göz önünde bulundurulabilmesi özellikleri kazandırılmıştır.

Bu tezde geliştirilen modelin varsayımları şu şekildedir:

- Talep dinamik ve deterministiktir.
- Hazırlık süreleri, stok tutma ve üretim maliyetleri zamandan bağımsızdır.
- Talebin karşılanamama durumuna izin verilmektedir. Bir makro periyot içinde bir ürünün talebinin eldeki stok ve yapılan üretimin toplamı ile karşılanamadığı kısım modelde kaybedilen satış olarak belirtilmektedir.
- Ürünlerin üretim parti büyüklükleri sürekli. Bir ürünün üretimi, art arda birden çok periyot boyunca sürebilmektedir. Bu durumda parti büyüklüğü bu art arda periyotlarda üretilen toplam ürün miktarına eşittir.
- Minimum parti büyüklüğü, kapasitenin yetersiz gelmesi durumunda, planlama periyodunun ilk ve son pozisyonu dışındaki tüm pozisyonlarda, iki ardışık pozisyona bölünebilmektedir.
- Makinelerin hazırlık durumu atıl periyotlar boyunca korunmaktadır.
- Üründen ürüne geçişte yapılması gereken hazırlık işlemi aynı periyot içinde başlamalı ve bitmelidir.
- Bir üründen yeni bir partinin üretimine başlanabilmesi için o ürünün stok miktarının sıfır olmasına gerek yoktur. Bir periyotta bir üründen elde stok bulunması halinde de üretim yapılabilir.
- Hazırlık maliyeti ve süresi ile ilgili üçgen eşitsizliğinin kullanımına gerek duyulmamıştır.
- Ürünlerin makinelerdeki üretim süreleri, ürünlerde kullanılan katkı maddelerinin ve klinkerin kalitelerinin farklılık göstermesi nedeniyle belirli

aralıklar içinde değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenliği ifade edebilmek için üretim süreleri normal dağılımdan türetilmiştir⁴.

- Makineler çalıştırılmaya başlandığı an üretim yapabilmektedir.
- Ürünler için mevcut durumda firma tarafından belirlenmiş olan silo atamaları kullanılmıştır. Ürünlerin maksimum stok miktarları, atanabilecekleri siloların toplam kapasitesi ile sınırlandırılmıştır.
- Klinker ve katkı maddelerinin kullanım miktarları makro periyot bazlı ifade edilmiştir.

Bu süreçte dört ürün, kısıtlı üretim kapasitesi olan üç makinede üretilmektedir. Elektrik enerjisinin fiyatı gün içinde üç zaman diliminde farklılık göstermektedir. Toplam maliyet içinde önemli bir paya sahip olan elektrik enerjisi maliyetinin farklılaştığı bu zaman dilimlerinde gerçekleştirilen üretim ve üründen ürüne geçiş faaliyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle standart GLSP modelinde kullanılan makro ve mikro periyot yapısına, elektrik enerjisi fiyatının farklılaştığı zaman dilimleri entegre edilmiştir. Bu zaman dilimleri sabit uzunluklu, başlangıç ve bitiş zamanları belirli olan zaman dilimleridir ve zaman gösterimi yapısında alt periyotlar şeklinde ifade edilmiştir.

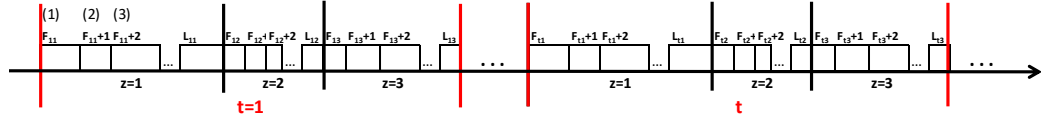
Problemin modellenmesinde kullanılan GLSP modelinde, talep tüm ürünler için makro periyot bazında ifade edilmekte ve makro periyot sonunda karşılanmaktadır. Modelde makro periyotların ne kadarlık bir dönemi kapsaması gerektiğini belirlemek için, geçmiş satış verileri, firmanın siparişleri karşılama süresi ve modelin boyutu göz

⁴ Bu türetme işleminde bir makinede bir ürünün bir saatte üretilbileceği miktar $\mu \pm 3\sigma$ aralığı olarak düşünülmüştür. Örneğin CEM-I'nin birinci makinede üretim süresi şu şekilde elde edilmiştir: Saatte bu üründen bu makinede 45-50 ton üretilmektedir. Üretim miktarının ortalaması 47,5 ve standart sapması 0,83 ton olarak bulunmuştur (Saatte üretilebilecek maksimum ve minimum miktar arasındaki farkın 6'ya bölünmesiyle standart sapma elde edilmiştir). Bu durumda modelde yer alan tüm pozisyonlar için normal dağılımdan ortalaması 47,5 ve standart sapması 0,83 ton olan üretim miktarları oluşturulmuştur. Bir ton ürünün kaç dakikada üretilbileceğini gösteren üretim süreleri ise, 60 dakikanın, türetilen üretim miktarına bölünmesi ile elde edilmiştir. Modelde üretim süresi her makine ve her ürün için pozisyon bazında ifade edilmiştir. Bunun nedeni, bu sürelerin her pozisyonda farklılaşabilecek olmasıdır.

önünde bulundurulmuştur. Geçmiş satış verileri makinelerin üretim hızları ve elde bulunan stok miktarları ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Satış miktarlarının birçok günde günlük üretim kapasitesi ve elde bulundurulan stok miktarları toplamına çok yakın olduğu, bazı günlerde ise bu miktardan fazla olduğu görülmüştür. Aynı zamanda sektörün yapısı gereği siparişlerin büyük bir bölümü aynı gün karşılanmak üzere alınmaktadır. Modelde makro periyotların altında alt periyotlar, alt periyotların altında mikro periyotlar yer almaktadır. Alt periyotlar gün içinde elektrik enerjisi fiyatının farklılaştığı zaman dilimlerini ifade ettiği için, makro periyotların içerdiği her gün için tanımlanmaları gerekmektedir. Bu nedenle makro periyotların uzunluğunun artması durumunda modelde yer alacak periyot sayısı ve dolayısıyla modelin çözüm süresi artıracaktır. Modelin günlük olarak yaşanabilen bu değişkenliklere cevap verebilmesi ve kabul edilebilir sürelerde çözüm elde edilebilmesi için makro periyotların gün olarak kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Makro periyotların gün olarak ifade edilmesiyle, her makro periyot içinde her makine için sabit süreli olan üç alt periyot ortaya çıkmaktadır. Her makro periyot içinde çok sayıda hazırlık işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Makro periyotlar eşit uzunluktadır. Alt periyotlar birbirinden farklı ancak sabit uzunluktadır. Alt periyotların içinde sayısı belli ancak süresi belli olmayan mikro periyotlar yer almaktadır. Her değirmen için mikro periyot sayısı, o değirmende öğütülebilen çimento tipi sayısı olarak kullanılmıştır. Her mikro periyot içinde yalnızca bir tip ürün üretilebilmekte ve tek bir hazırlık işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Mikro periyotların uzunluğu modelde karar değişkeni olarak yer almaktadır. Bu durumda tüm değirmenlerde makro periyotların içerdiği her gün için modelde üç alt periyot, alt periyotların her birinde de iki mikro periyot yer almaktadır. Modelde kullanılan makro periyotların uzunluğunun arttığı her gün için modelin içerdiği mikro periyot sayısı makro periyot başına, alt periyot sayısı $(3) \times$ bir alt periyotta yer alan mikro periyot sayısı (2) kadar artış gösterecektir. Modelin içereceği mikro periyot sayısı göz önünde bulundurulduğunda da makro periyotların uzunluğunun bir gün olarak belirlenmesi avantaj sağlamaktadır.

Şekil 4- 2 : Problem İçin Kullanılan Makro Periyot – Alt Periyot – Mikro Periyot Zaman Gösterimi



Şekil 4-2’de makro periyotlar t ile gösterilmiş ve 1 gün olarak ifade edilmiştir. Makro periyotların daha uzun süre olarak kullanılması durumunda, periyodun içerdiği her günün, uzunluğu belli ve sabit olan üç alt periyodu bulunacaktır. Alt periyotlar z ile ifade edilmiştir. 1. alt periyot 06:00-17:00 (11 saat), 2. alt periyot 17:00-22:00 (5 saat) ve 3. alt periyot ise 22:00-06:00 (8 saat) zaman dilimini ifade etmektedir. Her alt periyot içinde n tane pozisyon bulunmaktadır. F_{t1} t makro periyodunun 1. alt periyodunun ilk, L_{t1} ise son mikro periyodudur. Alt periyotlar içinde yer alan mikro periyotların süreleri birbirinden farklı olabilmekte, bazı mikro periyotlar boşta kalabilmektedir. Bu zaman gösterimi yapısı her makine için kullanılmaktadır.

Mikro periyotların uzunluğu, o mikro periyot içinde üretilecek olan ürünün üretim süresine ve sıralamaya bağlı olan üründen ürüne geçiş süresine bağlıdır. Aynı zamanda problemin yapısı gereği ortaya çıkan, üründen ürüne geçiş süresince üretim yapılması ve üretilen ürünlerin kullanılması durumu da modelde yer almaktadır. Her makine için her makro periyotta karşılanması gereken ürün talepleri, elde bulunan ürün stokları ile birlikte hem üründen ürüne geçişte yapılan üretim, hem de geçiş sonrası yapılan üretimle karşılanmaktadır.

Mikro periyotların uzunluğunu belirleyen üretim parti büyüklüklerini, ürün talepleri dışında, ürünlerin minimum parti büyüklükleri de etkilemektedir. Minimum parti büyüklükleri modelde şu şekilde karşılanmaktadır: m makinesinde bir alt periyodun $(n-1)$. mikro periyodunda i ürünü üretilirken n . mikro periyodunda j ürünü üretilmeye başlanırsa ya da m makinesinde j ürünü üretildikten sonra başka bir ürüne geçiş yapılmadan bir ya da daha fazla mikro periyot üretim yapılmayıp n . pozisyonda j

ürünü tekrar üretilmeye başlanırsa ve n . mikro periyot modelin içerdği planlama periyodunun ilk ve son mikro periyodu değilse, n . ve $(n+1)$. mikro periyotlarda üretilen j ürünü miktarı toplamı o ürünün m makinesinde üretilmesi gereken minimum parti büyüklüğünü karşılamak durumundadır. Ancak aynı şartlar altında n . mikro periyot o planlama periyodunun ilk ya da son mikro periyodu ise, n . mikro periyotta üretilen j ürünü miktarı m makinesinde o ürünün üretilmesi gereken minimum parti büyüklüğünü sağlamalıdır. Burada Koçlar (2005)'in çalışmasından farklı olarak, sadece bir makro periyodun son pozisyonu için geçerli olan minimum parti büyüklüğü için yeterli kapasitenin olmaması durumunda, minimum parti büyüklüğünün karşılanması için bir sonraki pozisyonunun da kullanılabilmesi durumu esnetilmiştir. Bu durum modelin içerdği planlama periyodunun ilk ve son pozisyonu dışındaki tüm pozisyonlarda geçerlidir. Aynı zamanda ele alınan problemin bir gereği olarak bir makinede bir ürünün üretimine ara verilip, sonrasında üretime aynı ürünle devam edilmesi durumunda da minimum parti büyüklüğü kısıtı geçerli olmaktadır.

Modelde alt periyotların kapasitesi süre olarak ifade edilmiştir. Bir alt periyot içinde gerçekleştirilen hazırlık ve üretim işlemlerinin süresi o alt periyodun süresini aşmamaktadır. Ürünlerin üretim süreleri, ürünlerin içinde yer alan klinker ve katkı maddelerinin kalitelerinin değişkenlik göstermesi nedeniyle aralık olarak ifade edilebilmektedir. Her değirmende her ürün için saatte üretilebilecek miktar aralıkları bilinmektedir. Modelde üretim süreleri her makine-ürün için her pozisyonunda farklı olacak şekilde normal dağılımdan türetilerek kullanılmıştır.

Model, satış kaybı durumunu göz önünde bulundurmaktadır. Satış kaybı durumunun modele dahil edilmemesi durumunda talebin, üretim kapasitesi ve eldeki stok miktarı ile karşılanamaması halinde olurlu çözümler elde edilemeyecektir. Bunu engellemek için, karşılanamayan talep temel modelde “satış kaybı” olarak belirtilmiş ve satış kaybının maliyeti amaç fonksiyonunda ifade edilmiştir. Firma, talebi karşılayamadığı bir durumda, sektörün yapısı gereği karşılayamadığı talep kadar ürün

satışını kaybetmiş olmaktadır. Burada talep edilen miktarının bir kısmının karşılanamadığı durumda talep edilen tüm miktarın satışının kaybedilmesi yerine, karşılanamayan miktarın satışının kaybedildiği varsayılmıştır. Her ürün için talep dönemi olarak makro periyodun uzunluğu kullanılmaktadır. Modelde bir üründen makro periyodun başlangıcında elde bulunan stok miktarı, o makro periyot içinde gerçekleştirilen üretim (hem üründen ürüne geçiş sırasında hem de sonrasında) ve kaybedilen satış miktarı toplamı, ürünün o makro periyottaki talebini karşılamak zorundadır. t makro periyodu içinde yapılan üretim ve elde bulunan stok miktarının, t makro periyodu içindeki talebi geçmesi durumunda, yapılan fazla üretim o makro periyodun sonundaki (bir sonraki makro periyodunun başlangıcındaki) ürün stoğunu oluşturacaktır. Modelde amaçlanan üretim, stok tutma, üründen ürüne geçiş, elektrik enerjisi maliyeti, satış kaybı maliyeti, klinker ve katkı maddelerinin işleme maliyetlerinin toplamını minimize etmektir.

Bu çalışmada ele alınan problem, tek aşamalı, paralel özdeş olmayan makineli ve çok ürünlü, kapasite kısıtlı, hazırlık maliyetlerinin ve sürelerinin sıralamaya bağlı olduğu bir parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme problemidir. Problemden genel GLSP modellerinde yer alan kısıtlar dışında, probleme özgü bazı özellikler de bulunmaktadır. Bu özellikler modelin kısıtlarının açıklamalarında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Geliştirilen ILP (Integer Linear Programming- tam sayılı doğrusal programlama) modelinde (M1) kullanılan indis, parametre ve karar değişkenleri ve modelin matematiksel formülasyonu aşağıda sunulmuştur.

İndisler:

i, j : Ürünler, $1, \dots, N$ (0. ürün tesisin başlangıç hazırlık durumunu ifade etmektedir)

t : Makro periyot seti, $1, \dots, T$

z : Alt periyot seti, $1, \dots, Z$

n : Mikro periyot (pozisyon) seti $1, \dots, K$

m : Makine seti $1, \dots, M$ (sırasıyla ÇD2, ÇD3, ÇD4)

k: Klinker ve katkı maddeleri seti 1,...,S (sırasıyla klinker, alçı, tras, kalker ve kül)

Parametreler:

h_j : j ürünün birim stokta bulundurulma maliyeti (TL/ton)

l_{j0} : j ürününün planlama periyodunun başında elde bulunan stok miktarı

$maxl_j$: j ürününden elde bulundurulabilecek maksimum miktar

$minim_{mj}$: j ürününün m makinesinde üretilebileceği minimum parti büyüklüğü (ton)

d_{jt} : j ürününün t makro periyodundaki talebi (ton)

Cap_z : z alt periyodunun süresi (dakika)

$encost_z$: z alt periyodundaki elektrik enerjisi fiyatı (TL/kWH)

ec_{mj} : m makinesinde j ürününden bir ton üretmek için gerekli olan elektrik enerjisi (kWH/ton)

F_{tz} : t makro periyodunun z alt periyodunun başlangıç pozisyonu

L_{tz} : t makro periyodunun z alt periyodunun bitiş pozisyonu

L_{TZ} : En son makro periyodun en son alt periyodunun bitiş pozisyonu

$uygunluk_{mj}$: m makinesinde j ürününün üretilip üretilmediği (0-1 değişkeni)

cst_{mj} : j ürününden daha az katkılı i ürününe geçişte, katkı maddesi ortadan kalkıncaya kadar geçen sürede yapılan üretimin birim maliyeti

Pm_{jn} : m makinesinde j ürününün n pozisyonunda birim üretim zamanı (dakika/ton)

CP_{mj} : m makinesinde j ürününün birim üretim maliyeti (TL/ton)

ST_{mij} : m makinesinde i ürününden j ürününe geçiş süresi (dakika)

M : Büyük sayı

lsc_j : j ürününden bir ton satış kaybı gerçekleşmesinin maliyeti

$prcost_k$: k bileşeninin işlenme maliyeti (TL/ton)

pr_{mjk} : m makinesinde j ürününün içeriğindeki k bileşeni oranı

mbt_{mtz} : m makinesinde t makro periyodunun z alt periyodunda ortaya çıkan arıza/bakımın süresi (dakika)

bbt_{mtz} : m makinesinde t makro periyodunun z alt periyodunda ortaya çıkan gezer vinç arızasının süresi (dakika)

infin_{jt}: j ürününün t makro periyodu sonunda elde bulunması gereken emniyet stok miktarı

Karar Değişkenleri:

X_{mjn}: m makinesinde j ürününden n pozisyonunda üretilen miktar (ton)

W_{mjn}: m makinesinin n pozisyonunda j ürünü için hazır olup olmadığı (0-1 değişkeni)

Y_{mjn}: m makinesinde n pozisyonunda j ürünün üretilip üretilmeyeceğini belirlemekte yararlanılan 0-1 değişkeni

I_{jt}: j ürününden t makro periyodunun sonunda elde bulunan stok miktarı (ton)

δ_{mijn}: m makinesinde i ürününden j ürüne n pozisyonuna geçilip geçilmediği (0-1 değişkeni)

Tencost_t: t makro periyodunda tüketilen toplam elektrik enerjisi maliyeti

TX_{jt}: j ürününden t makro periyodunda üründen ürüne geçiş sonrasında üretilen toplam miktar

QST_{jt}: j ürününden t makro periyodunda daha az katkılı i ürüne geçişte, katkı maddesi ortadan kalkıncaya kadar geçen sürede yapılan üretim miktarı

PT_{mtz}: m makinesinde t makro periyodunun z alt periyodunda gerçekleştirilen üretimin süresi

TS_{mtz}: m makinesinde t makro periyodunun z alt periyodunda gerçekleştirilen hazırlık süresi

rls_{jt}: j ürününden t makro periyodunda kaç ton satış kaybı yaşandığı

tmattq_{kt}: k bileşeninden t makro periyodu boyunca tüketilen miktar (ton)

matq_{tzm}: k bileşeninden m makinesinde t makro periyodunun z alt periyodunda hangi miktarda kullanıldığı (ton)

Matematiksel Model

Minimize $\sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T h_j I_{jt} + \sum_{m=1}^M \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{n=1}^K ((ST_{mij} * \delta_{mijn}) / P_{mjn}) * cst_{mi} +$
 $\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{n=1}^K CP_{mj} X_{mjn} + \sum_{t=1}^T Tencost_t + \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T rls_{jt} * lsc_j +$
 $\sum_{k=1}^S \sum_{t=1}^T prcost_k * tmattq_{kt}$

(4.1.)

s.t.

$$\sum_{m=1}^M \sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^N \sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} [(ST_{mij} * \delta_{mijn})/P_{min}] = QST_{it} \quad \forall t, i \geq 0$$

(4.2.)

$$\sum_{m=1}^M \sum_{z=1}^Z \sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} X_{mjn} = TX_{jt} \quad \forall t, j$$

(4.3.)

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + TX_{jt} + QST_{jt} + rls_{jt} - d_{jt} \quad \forall t, j$$

(4.4.)

$$I_{jt} \leq \max I_j \quad \forall t, j$$

(4.5.)

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} ST_{mij} * \delta_{mijn} = TS_{mtz} \quad \forall t, z, m$$

(4.6.)

$$\sum_{j=1}^N \sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} P_{mjn} * X_{mjn} = PT_{mtz} \quad \forall t, z, m$$

(4.7.)

$$TS_{mtz} + PT_{mtz} \leq Cap_z - mbt_{mtz} - bbt_{mtz} \quad \forall m, t, z$$

(4.8.)

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} \sum_{m=1}^M \sum_{j=0}^N (X_{mjn} * ec_{mj}) * encost_z + \sum_{z=1}^Z \sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} \sum_{m=1}^M \sum_{i=0}^N ((ST_{mij} * \delta_{mijn})/P_{min}) * ec_{mj} * encost_z = Tencost_t \quad \forall t$$

(4.9.)

$$X_{mjn} \leq M * W_{mjn} \quad \forall m, j, n$$

(4.10.)

$$X_{mjn} \leq M * Y_{mjn} \quad \forall m, j, n$$

(4.11.)

$$X_{mjn} \geq \min_{mj} * (W_{mjn} - W_{mj(n-1)}) \quad \forall m, j, n = 1$$

(4.12.)

$$\min_{mj} - (X_{mjn} + X_{mj(n+1)}) < M * (1 - Y_{mjn}) \quad \forall m, j, n \neq L_{TZ}$$

(4.13.)

$$X_{mjn} + X_{mj(n+1)} \geq \text{minim}_{mj} * (Y_{mjn} - Y_{mj(n-1)}) \quad \forall m, j, n \neq L_{TZ} \quad (4.14.)$$

$$X_{mjn} \geq \text{minim}_{mj} * (Y_{mjn} - Y_{mj(n-1)}) \quad \forall m, j, n = L_{TZ} \quad (4.15.)$$

$$\sum_{j=0}^N W_{mjn} = 1 \quad \forall m, n \quad (4.16.)$$

$$\delta_{mijn} \geq W_{mi(n-1)} + W_{mjn} - 1 \quad \forall m, i, j = 0, \dots, N, n \quad (4.17.)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \delta_{mijn} = 1 \quad \forall m, n \quad (4.18.)$$

$$\delta_{m00n} = \sum_{j=0}^N \delta_{0j(n+1)} \quad \forall m, n = 1, \dots, K - 1 \quad (4.19.)$$

$$W_{mjn} \leq \text{uygunluk}_{mj} \quad \forall m, j, n \quad (4.20.)$$

$$\sum_{n=F_{tz}}^{L_{tz}} \sum_{j=0}^N X_{mjn} * pr_{mjk} + \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N ((ST_{mij} * \delta_{mijn}) / P_{\min}) * pr_{mik} = \text{matq}_{tzm k} \quad \forall t, z, m, k \quad (4.21.)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{z=1}^Z \text{matq}_{tzm k} = \text{tmattq}_{kt} \quad \forall k, t \quad (4.22.)$$

$$I_{jt} \geq \text{infin}_{jT} \quad \forall j, t = T \quad (4.23.)$$

$$W_{mjn} \in (0,1) \quad \forall m, j, n \quad (4.24.)$$

$$Y_{mjn} \in (0,1) \quad \forall m, j, n \quad (4.25.)$$

$$\text{Diğer tüm değişkenler} \geq 0 \quad (4.26.)$$

Matematiksel modelde amaç fonksiyonu (4.1.) stok tutma, üründen ürüne geçiş sırasında ve sonrasında gerçekleştirilen üretimin maliyeti, elektrik enerjisi maliyeti, satış kaybı maliyeti, klinker ve katkı maddelerinin üretim maliyetlerinin toplamını minimize etmek şeklinde ifade edilmiştir.

Kısıt (4.2.) bir makro periyot içinde bir üründen, üründen ürüne geçiş sırasında üretilen miktarı, kısıt (4.3.) ise, üründen ürüne geçiş gerçekleştikten sonra üretilen miktarı ifade etmektedir. Kısıt (4.4.), bir periyottaki talebin, stok, üretim ve kaybedilen satışların toplamıyla karşılanması zorunluluğunu ifade etmektedir. Kısıt (4.5.), bir periyotta bir üründen stoklanabilecek miktarı, o ürünün stoklanabileceği toplam silo kapasitesi ile sınırlamaktadır.

Kısıt (4.6.) ve (4.7.) sırasıyla bir makinede bir makro periyodun bir alt periyodunda, üründen ürüne geçiş sırasında ve sonrasında yapılan üretimin süresini ifade etmektedir. Bu sürelerin toplamının o alt periyodun kullanılabilir süresini aşamayacağı kısıt (4.8.)’de belirtilmiştir. Kullanılabilir süre ise alt periyodun süresinden, o alt periyotta m makinesinde gerçekleşen bakım/arıza ve gezer vinç arızalarının sürelerinin çıkarılması ile edilmektedir. Çimento öğütme işleminin gerçekleştirildiği değirmenlerde, belli periyotlarda bakım işlemi yapılmaktadır. Planlı bakımların yanı sıra, çimento öğütme sürecini kesintiye uğratabilen değirmen arızaları ve değirmenlerde yer alan klinker ve katkı maddelerinin bunkerlerine malzeme aktarmada kullanılan gezer vinç arızaları gerçekleşebilmektedir. Bir değirmende gezer vinç arızasının yaşanması durumunda, işlenmiş halde olan katkı maddeleri ve klinker yığınları, bunkerlere aktarılamamaktadır. Gezer vinç arızası, bunkerlerin içinde yer alan malzemeler tükendiğinde sürmekte ise o değirmende çimento öğütme süreci durmaktadır.

Kısıt (4.9.) bir makro periyotta kullanılan elektrik enerjisinin maliyetini ifade etmektedir. Elektrik enerjisi maliyeti üretim ve hazırlık durumunda kullanılan elektrik

enerjisinin maliyetinin toplamına eşittir. Öncelikle m makinesinde n pozisyonunda kaç kWh enerji tüketildiği bulunmaktadır. Bunun için m makinesinde hazırlık ve üretim durumunda üretilen ürün miktarı (ton) ile, bu üründen bir ton üretmek için gerekli olan elektrik enerjisi (kWh/ton) çarpılmaktadır. Bu işlem m makinesinde, n pozisyonunda her ürün için gerçekleştirilip toplanmaktadır. Tüketilen bu enerji miktarının, n pozisyonunun içinde yer aldığı alt periyottaki elektrik enerjisi fiyatı (TL/kWh) ile çarpılmasıyla, m makinesinde n pozisyonunda tüketilen enerjinin maliyeti bulunmaktadır. Her makro periyot için tüm makine ve o makro periyotta yer alan tüm pozisyonlar için bu işlemler gerçekleştirilip toplandığında makro periyot boyunca tüketilen elektrik enerjisinin maliyeti elde edilmektedir.

Kısıt (4.10.) üretim ile hazırlık değişkenleri arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Bir ürünün bir pozisyonda üretilmesi için o pozisyon için hazırlığının yapılmış olması gerekmektedir. Bu kısıtta yer alan M büyük sayı, bir ürünün bir makinede bir pozisyonda üretilebilecek maksimum miktarı ifade etmektedir.

Kısıt (4.11.)-(4.15.) minimum parti büyüklüğü ile ilgili kısıtlardır. Kısıt (4.12.) 1. pozisyonda bir ürünün üretimine yeni başlanmış ise (0. Pozisyonda o ürün üretilmemiş ise), üretim miktarının en az o ürünün o makinede üretilbileceği minimum parti büyüklüğü kadar olması gerektiğini ifade etmektedir. Kısıt (4.13.) ve (4.14.) birlikte, modelin içerdiği en son makro periyodun en son pozisyonu dışındaki tüm pozisyonlar için, bir ürünün üretimine n . pozisyonda başlanıyorsa (m makinesinde j ürünü n . pozisyonda ilk kez üretilmeye başlandığında ya da m makinesinde en son j ürünü üretilmiş iken başka bir ürüne geçiş yapılmadan üretime bir süre ara verilmesinin ardından j ürününün üretimine n pozisyonunda devam edildiğinde) o pozisyon ve bir sonraki pozisyonda üretilen toplam miktarın en az o ürünün o makinede üretilbileceği minimum parti büyüklüğü kadar olmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.15.) modelin içerdiği son makro periyodun son pozisyonunda, bir önceki pozisyonda üretimi yapılmayan bir

ürün üretilmeye başlandığında üretim miktarının en az o ürünün o makinedeki minimum üretim miktarı olması gerektiğini ifade etmektedir.

Kısıt (4.16.) her makinede her pozisyona tek bir ürünün atanmasını garanti etmektedir. Ürün 0, bir makinede gerçek bir ürün üretilmeye başlanana kadar, planlama periyodunun başlangıcındaki pozisyonlarda atanabilmektedir. Kısıt (4.17.), m makinesinde n-1 pozisyonunda i ürünü üretildikten sonra n pozisyonunda j ürününe geçildiğinde, n pozisyonunda i ürününden j ürününe geçiş durumunu ifade eden δ_{mijn} değişkeninin 1 değerini almasını sağlamaktadır. (4.16.) ve (4.17.) kısıtları, üretimin gerçekleşmediği pozisyonlarda, üründen yine aynı ürüne geçiş değişkeninin 1 değerini almasını zorlayarak hazırlık durumunun korunmasını sağlamaktadır. Eğer bir makinede başlangıç durumunda makine ürün 0 durumunda ise ve makinede üretime hemen başlanmayacaksa, üretim başlayıncaya kadar olan pozisyonlarda δ_{m00n} ve W_{m0n} değişkenleri 1 değerini alacaktır. Yine benzer şekilde m makinesinde (n-1). pozisyonda 1. ürün üretilmiş n pozisyonunda üretim gerçekleştirilmemiş ise δ_{m11n} ve W_{m1n} değişkenleri 1 değerini alacaktır. Kısıt (4.18.), üründen ürüne geçiş ile ilgili değişkenin 1'den büyük bir değer almasını engellemektedir. Modelde üründen ürüne geçiş değişkeni gerçek bir değişken olarak ifade edilmiş olsa da, üründen ürüne geçiş maliyetinin pozitif olması ve kısıt (4.17.), bu değişkenin optimal çözümde 0-1 değeri almasını sağlamaktadır. Kısıt (4.19.), ürün 0'dan (n+1). pozisyonda başka bir ürüne ya da kendisine geçiş yapılır ise, bir önceki pozisyonda (n) makinenin ürün 0 durumunda olmasını garanti etmektedir. Bu şekilde, makine bir başka ürün için ayarlanmış olduğunda, ürün 0'ın daha sonraki pozisyonlarda bir daha görünmesi engellenmektedir. Kısıt (4.20.) bir makinede bir ürünün bir pozisyonda üretilmesi için, o ürünün o makinede üretilabiliyor olması gerekliliğini ifade etmektedir.

Kısıt (4.21.) , t makro periyodunun z alt periyodunda m makinesinde k bileşeninden ne kadar kullanıldığını ifade etmektedir. Kısıt, hem üründen ürüne geçiş sırasında yapılan üretimde hem de geçiş sonrasında yapılan üretimde kullanılan k

bileşeni miktarını göz önünde bulundurmaktadır. Kısıt (4.22.) ise t makro periyodunda k katkı maddesinden toplamda ne kadar kullanıldığını ifade etmektedir. Klinker ve katkı maddeleri ile ilgili kısıtlar, bu bileşenlerin kullanımlarının makro periyot bazlı olarak gerçekleştiği varsayımı altında oluşturulmuştur. Firma, elde bulunan klinker ve katkı madde miktarlarının yetersiz olması durumu ile karşılaşmamaktadır. Bu nedenle modelde bu bileşenlerin üretim ve stok miktarları ile ilgili herhangi bir kısıt yazılmamıştır. Modelde sadece her makro periyotta bu bileşenlerden kullanılan miktar ve bu miktar bileşenin işlenme maliyeti yer almaktadır.

Kısıt (4.23.) modelin içerdiği en son makro periyodun sonunda her üründen en az o ürünün o makro periyot için hesaplanmış olan emniyet stoğu kadar elde bulunması gerektiğini ifade etmektedir. Kısıt (4.24.) W ve kısıt (4.25) Y karar değişkenlerinin 0 ya da 1 değerini almasını, kısıt (4.26) ise diğer tüm karar değişkenlerin negatif olmamasını sağlamaktadır.

4.6. Gerçek Veriler ile Geliştirilen Modelin Çalıştırılması

Bu tez çalışmasında geliştirilen GLSP tabanlı parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli, ürün gruplarının tahminlenen talepleri, hesaplanan emniyet stokları ve modelin diğer parametreleri kullanılarak 2014 yılı boyunca döngüsel olarak çalıştırılmıştır. Geliştirilen modelin ILP olması ve modelin boyutunun büyük olmaması durumunda kabul edilebilir bir süre içerisinde göz önünde bulundurulmuş bütün maliyet unsurlarına göre en düşük maliyeti veren optimum sonuçlara ulaşılabilmesi nedeniyle çözüm yöntemi olarak kesin çözüm yöntemlerinden Dal-Sınır yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Modelin içereceği makro periyot sayısı, model boyutu ve optimum sonuç elde etme süresi göz önünde bulundurularak yapılan denemeler sonucu beş olarak belirlenmiştir. Model döngüsel olarak çalıştırılmaktadır. Her döngüde, döngünün

başlangıcında ürünlerin elde bulunan gerçek stok miktarları, o döngü için hesaplanan emniyet stok miktarları, talep tahminleri, türetilen üretim süreleri ve diğer parametreler kullanılarak model çalıştırılmaktadır. Bir döngü tamamlandığında, gerçekleşen satışlar doğrultusunda ürün stok miktarları güncellenmekte ve emniyet stokları yeniden hesaplanmaktadır. Bir sonraki döngüde, bu güncellenen veriler, döngünün kapsadığı zaman dilimine ilişkin talep tahminleri ve türetilen üretim süreleri ile modelin diğer parametreleri kullanılarak model yeniden çalıştırılmaktadır. Bu çalıştırma mantığı modelin çalıştırılmak istendiği dönemin sonuna gelene kadar devam ettirilmektedir.

4.6.1. Talep Tahminlerinin Elde Edilmesi

Tahmin yapma, gelecekteki olayları öngörme bilimi ve sanatıdır. Tahminlemede, karar vericinin sezgilerine dayalı öznel yöntemler kullanılabildiği gibi, geçmiş verilerin çeşitli matematiksel modeller ile incelenip geleceğin öngörüldüğü yöntemler de bulunmaktadır. Aynı zamanda öznel ve nesnel bu iki yaklaşım bir arada da kullanılabilmektedir (Heizer ve Render, 2006: 106).

Tahmin yapma, belirli koşullar altında gelecekteki olması mümkün olaylar ile ilgili öngöründe bulunmaktır. Talep tahminleme ise beklenen gelecek talep koşulları hakkında kestirimde bulunmak anlamına gelmektedir (Apannaiah ve Shanthi, 2009: 97). Tahminlemede kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanabilirlikleri tahminin gelecekte ne kadarlık bir zaman dönemi için yapılacağına, talepte herhangi bir desen olup olmadığına ve tahminlerin ilişkili olduğu çok sayıda değişkene bağlıdır (Taylor III, 2010: 700). Tahminleme yöntemleri çeşitli şekillerde sınıflandırılmakla birlikte en sık kullanılan sınıflandırma sayısal ve sayısal olmayan tahminleme yöntemleri şeklindedir. Sayısal tahmin yöntemlerinde tahminleme tarihsel ya da nedensel değişkenlerin kullanımına dayanan çeşitli matematiksel modeller ile gerçekleştirilmektedir. Sayısal olmayan tahminleme yöntemlerinde ise kesin sayısal

ifadeler kullanılmamakta, tahminleme sürecine insan faktörü, kişisel düşünceler ve öngörüler dahil edilmektedir (Stevenson, 2012: 80).

Sayısal olmayan talep tahmin yöntemleri, bir bölümü büyük ölçüde sezgiselliğe dayanan, bir bölümü ise bazı matematiksel ve istatistiksel tekniklerden de yararlanan yöntemlerdir. Yargıya dayalı tahminler genellikle satış elemanlarının deneyimlerine dayalı olarak yaptıkları tahminleri, yöneticilerin tahminlerini ve bu iki grubun tahminlerinin bütünleştirilmiş halini içermektedir. Tarihi analog yöntemi karşılaştırmaya dayanmakta, Delphi yöntemi ise bir grup uzmanın gerçekleştirilen bir dizi anket sonrasında belli bir düzeyde fikir birliğine ulaşması ve bu sayede en iyi tahmine ulaşmaya çalışmasına dayanmaktadır. Tüm bu yöntemler deneyimleri ve kişisel bakış açılarını içerebilmektedir. Bu nedenle elde edilen tahminler bireyden bireye farklılaşabilmekte ve analize tabi tutulamamaktadır. Analize tabi tutulamadıkları için de zaman içinde geliştirme yapmak güçtür (Kumar ve Suresh, 2009: 106). Bunların yanında bu yöntemlerin tahminlenecek olan değişkene ilişkin bilgilerin sayısallaştırılamadığı ve geçmiş verilerin mevcut ya da kullanılabilir olmadığı durumlarda uygulanabiliyor olması önemli bir avantajdır (Anderson, Sweeney ve Williams, 2011: 787).

Sayısal tahmin yöntemleri, bir ürün ya da birime ilişkin geçmiş bilgileri göz önünde bulundurarak geleceği tahminlemeye çalışmaktadır. Talep deseni sınıflandırmasında düzgün olarak nitelendirilen talep yapısı için kullanılan sayısal tahmin yöntemlerinde zaman serileri analizi ve nedensel modeller olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır (Wagner, 2002: 143). Talep yapısının düzgün olmadığı durumlarda ise kullanılması gereken yöntemler farklılaşmaktadır. Talebin düzenli bir dağılım göstermediği durumda kullanılan geleneksel yöntemlerden biri Croston (1972) yöntemidir. Syntetos ve Boylan (2001), Leven ve Segertedt (2004) ve Vinh (2005), Croston yönteminin bazı kısıtlarından bahsederek yöntemi modifiye etmişlerdir. Bunun dışında Johnston ve Boylan (1996)'nın Büyüklük- Aralık (Size-Interval) Yöntemi ve Chua

vd. (2008)'in yöntemi de düzenli olmayan talep durumunda kullanılması için önerilmiş yöntemlerdendir.

Düzgün talep için kullanılan sayısal tahmin yöntemlerinden olan nedensel yöntemlerde ürüne ilişkin geçmiş talep verileri ile bu talebi etkilediği düşünülen diğer değişkenlere ait veriler kullanılmaktadır. Nedensel talep tahmin yöntemleri, tahminlenmek istenen değişkenin bir ya da daha fazla birbirinden farklı değişken ile bir neden sonuç ilişkisine sahip olduğu varsayımına dayanmaktadır. Regresyon analizi, talep tahminlemede en sık kullanılan nedensel modellerden biridir. Bir nedensel modelin geliştirilebilmesi için, teoriye ve daha önce edinilmiş olan bilgilere dayanılarak nedensel değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Burada önemli olan nokta, bağımlı değişkeni etkileyen değişkenlerden önemli olanları, bunların etkilerinin yönlerini ve kısıtları belirlemektir (Armstrong ve Green, 2005: 8). Düzgün talep için kullanılan diğer sayısal talep tahmini yaklaşımı olan zaman serileri analizinde ise geçmiş dönemlerde gerçekleşmiş talep verilerinden yararlanılmaktadır. Talepte, dönemsel, mevsimsel ya da trend etkisi olabilmektedir. Seride gözlenen bu durumların gelecekte de gerçekleşeceği varsayımı ile talep tahmini yapılması amaçlanmaktadır.

Bir zaman serisi trend, mevsimsellik, döngüsel dalgalanma ve düzensiz dalgalanma olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Trend, bir serinin uzun dönemli yukarıya ya da aşağıya doğru hareketlerini ifade etmektedir. Bir serinin her yıl içinde belirli dönemlerde bir artışa ya da azalışa sahip olması mevsimselliği ifade etmektedir. Döngüsel dalgalanmalar bir yıldan daha uzun süreli olan inişli çıkışlı hareketleri ifade etmektedir. Bu hareketler genellikle ekonomik ve politik koşullar ile ilişkilidir. Düzensiz dalgalanmalar ise sert hava koşulları, grev, ürün ya da hizmette yapılan önemli değişiklikler gibi olağandışı durumlara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Stevenson, 2012: 82).

Zaman serileri analizinde sıklıkla kullanılan yöntemler naif yöntemi, ortalama yöntemleri, üssel düzeltme yöntemleri ve Box-Jenkins yöntemleri olarak sıralanabilmektedir.

Naif yaklaşımı, bir dönemin talebinin kendinden bir önceki dönemin talebine eşit olacağı varsayımına dayanmaktadır. Bu yöntem çok basit olmasına karşın, dalgalanma göstermeyen zaman serilerinde uygun olabilen, maliyet etkinliğine sahip bir yöntemdir. Naif yöntemi aynı zamanda çok daha karmaşık yapıdaki zaman serisi tahminleme modelleri için başlangıç noktası oluşturmaktadır (Heizer ve Render, 2006: 110-111).

Naif yaklaşımının matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Wisner, Tan ve Leong, 2011: 139):

$$F_{t+1} = Y_t$$

t: Dönem

F_{t+1} : t+1 dönemi için tahminlenen değer

Y_t : t dönemi için gerçekleşen değer

Naif yönteminin tahminlemede, sadece bir önceki dönemde gerçekleşen talebi kullanıyor olmasının başarılı tahminler elde etmek için yeterli olmayacağı görüşünden hareketle, tahminlemede daha fazla geçmiş dönemi göz önünde bulunduran ortalama yöntemleri oluşturulmuştur. Yaygın olarak kullanılan ortalama yöntemleri hareketli ortalamalar ve ağırlıklı hareketli ortalamalardır. Bir hareketli ortalama tahmini, belli bir sayıda en yakın geçmiş verinin ortalamasının alınması ile oluşturulmaktadır (Stevenson, 2012: 84).

Hareketli ortalama yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Stevenson, 2012: 84):

$$F_t = MA_n = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{t-i}}{n} = \frac{Y_{t-n} + \dots + Y_{t-2} + Y_{t-1}}{n}$$

F_t : t periyodu için tahminlenen değer

MA_n : n periyot hareketli ortalama

Y_{t-i} : t-i periyodundaki gerçekleşen değer

n: Hareketli ortalama için kullanılan periyot sayısı

Bir zaman serisinde belirgin bir trend ya da desenin mevcut olması durumunda, tüm periyotların eşit ağırlığa sahip olduğu hareketli ortalama yöntemi yetersiz kalmaktadır. Hareketli ortalama yönteminin bu dezavantajını ortadan kaldırmak için, tahmin yapmada kullanılan periyotlar içinde en yakın veriye en büyük ağırlığın verildiği ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılabilmektedir.

Ağırlıklı hareketli ortalama yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Heizer ve Render, 2006: 111):

$$F_t = WMA_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_{t-i} Y_{t-i}$$

F_t : t periyodu için tahminlenen değer

WMA_n : n periyot ağırlıklı hareketli ortalama

Y_{t-i} : t-i periyodundaki gerçekleşen değer

w_{t-i} : t-i periyoduna ait ağırlık katsayısı

n: Ağırlıklı hareketli ortalama için kullanılan periyot sayısı

Zaman serisi verisi çoğu durumda yukarı ya da aşağı doğru trend ve/veya mevsimsel etki içermektedir. Bir ürünün geçmiş talep verisi güçlü bir trend ve mevsimsellik içeriyorsa, hareketli ortalama veri setindeki deseni yakalamakta başarılı olamamaktadır. Hareketli ortalama yöntemlerinin bu yetersizliğini gidermek için çeşitli düzeltme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler üssel düzeltme yöntemleri olarak

adlandırılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan üç üssel düzeltme yöntemi bulunmaktadır.

Bunlar:

- Tek Üssel Düzeltme Yöntemi
- Holt'un İki Parametre Üssel Düzeltme Yöntemi
- Holt Winters Yöntemi'dir.

Bu üssel düzeltme yöntemleri aynı zamanda toplamsal ve çarpımsal olarak da sınıflandırılabilir. Bunun yanında trend/döngüsel dalgalanma bileşeni doğrusal ya da sönümlü olabilmektedir (Chase, 2013: 143).

Tek üssel düzeltme yöntemi, tahminlemede en son gerçekleşen gözlemlerin geçmiş gerçekleşen gözlemlere göre daha fazla ağırlığa sahip olduğu, trend bileşeninin olmadığını varsayan bir yöntemdir. Bu yöntemde geçmiş gözlemlerin güncel tahminler üzerindeki etkileri üssel olarak azalmaktadır. Holt, tek üssel düzeltme yöntemine doğrusal trend bileşenini ekleyerek modeli genişletmiştir (Goh ve Law, 2002: 502).

Tek üssel düzeltme yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Goh ve Law, 2002: 502):

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$$

F_{t+1} : t+1 periyodundaki tahminlenen talep değeri

F_t : t periyodundaki tahminlenen talep değeri

α : düzeltme katsayısı

Y_t : t periyodundaki gerçekleşen talep değeri

Holt'un iki parametre üssel düzeltme yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Chase, 2013: 148):

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$F = L_t + b_t m$$

L_t : Serinin t zamanındaki temel değeri

γ_t : t periyodundaki gerçekleşen talep

b_t : Serinin t zamanındaki trend değeri

F: m periyot ilerisinin tahmin değeri

Holt-Winters tahminleme yöntemi, bir değişken ile ilgili tahminlerin, sadece o değişkenin şimdiki değeri ve geçmiş değerleri baz alınarak oluşturulmasına dayanan tek değişkenli yöntemlerin sıklıkla kullanılanlarından biridir. Basit üstel düzeltme yönteminin genelleştirilmiş halidir ve mevsimsellik ve trendi birlikte ele almaktadır (Chatfield, 1978: 264).

Çarpımsal Holt Winters yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Chatfield ve Yar,1988:131):

$$\text{Temel: } L_t = \alpha \frac{y_t}{s_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Trend: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Mevsimsellik: } S_t = \gamma \frac{y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$\text{Tahmin: } F = (L_t + b_t m)S_{t-s+m}$$

Toplamsal Holt Winters yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Chase,2013:151):

$$\text{Temel: } L_t = \alpha(\gamma_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Trend: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Mevsimsellik: } S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$\text{Tahmin: } F = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$$

L_t : Serinin t zamanındaki temel değeri

y_t : t periyodundaki gerçekleşen talep

S_t : t periyoduna ait mevsimsel indeks

s: sezonun uzunluğu

b_t : Serinin t zamanındaki trend değeri

F: m periyot ilerisinin trend ve mevsimsel ayarlamalı tahmin değeri

Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average – ARIMA) modelleri ilk olarak 1900’lerin başında ortaya çıkarılsa ve 1960’larda daha çok bilinmeye başlasa da 1970’te Box ve Jenkins’ in bu modellerini anlamak ve kullanmak için gerekli olan bilgiyi bütünleştiren bir yaklaşım geliştirmesi ile birlikte çok daha popüler hale gelmiştir. Box ve Jenkins, bir grup aday model arasından en iyi ARIMA modelini seçen bir süreç geliştirerek teorilerini ve metodolojilerini şekillendirmiştir. Sonuç olarak ARIMA modelleri Box-Jenkins modelleri olarak da anılmaktadır (Chase, 2013: 203). Box Jenkins zaman serisi modellerinde Y_t , Y ’nin eski ya da gecikmeli değerleri ve olasılıklı hata terimleriyle açıklanabilmektedir. Bu modeller, herhangi bir iktisat teorisinden türetilmedikleri için teorik olmayan modeller olarak da adlandırılabilir (Gujarati, 2003: 837). Box Jenkins süreci, tüm zaman serilerinin otoregresif (Autoregressive-AR), hareketli ortalama (Moving Average-MA) ve bu iki kategorinin bileşiminden oluşan otoregresif hareketli ortalama (Autoregressive Moving Average-ARMA) model sınıflarından birine uygun olacağını varsaymaktadır. (Chase, 2013: 204).

ARIMA modelinin matematiksel ifadesi aşağıda sunulmuştur (Zhang, 2003: 162):

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

$y_t, \dots, y_{t-p}$: gerçek değer

$\phi_1, \dots, \phi_p$: d dereceden farkı alınmış gözlem değerleri için katsayılar

$\varepsilon_t, \dots, \varepsilon_{t-q}$: Rassa hata terimleri

$\theta_0, \dots, \theta_q$: Hata terimleri ile ilgili katsayılar

p: AR modelinin derecesi

q: MA modelin derecesi

Talep verisinin özellikleri, tahminlemede kullanılacak yöntemi ve yöntem ile elde edilecek tahminlerin doğruluğunu etkilemektedir. Bu nedenle tahmin yöntemini seçmeden önce talep verisinin özellikleri incelenmelidir. Literatürde, özellikle yedek parça talep tahmini ile ilgili yapılan çalışmalarda talep desenlerinin nasıl sınıflandırılması gerektiği ve hangi talep deseni için hangi tahmin yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağı ile ilgili öneriler ortaya konmuştur. Talep deseni sınıflandırmasında talepler arası ortalama temin süresi, talebin inişli çıkışlı olma derecesi (Williams, 1984); işlem, temin süresi ve talep büyüklüğü değişkenliği (Eaves, 2002) ve talepler arası zamanının ortalaması ve talep büyüklüklerinin varyasyon katsayısının karesi (Syntetos, Boylan ve Croston, 2005) literatürde kullanılan ölçütlerdendir. Bu sınıflandırmalarda düzgün, durgun, düzensiz, orta ve yüksek düzeyde düzensiz, düzensiz ancak çok kesintili olmayan, kesintili ancak çok düzensiz olmayan ve inişli çıkışlı gibi talep deseni kategorileri kullanılmaktadır.

Ürün grupları için hangi tahmin yöntemlerinin kullanılabileceğini belirleyebilmek için yine aynı seviyedeki veri incelenerek talep desenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sınıflandırmada eldeki mevcut talep verisi ile gerekli hesaplamaların yapılabildiği Syntetos, Boylan ve Croston (2005)'in sınıflandırma yaklaşımı kullanılmıştır. Ürün gruplarının analiz dönemi boyunca gerçekleşen talepleri incelendiğinde talebin neredeyse her gün gerçekleştiği görülmüştür. Ürün gruplarının talep arası zamanı sırasıyla CEM-I 1,02, CEM-II 1,04, CEM-III 1,03 ve CEM-IV 1,07 gündür. Ürün gruplarının talep büyüklüğünün varyasyon katsayılarının kareleri incelendiğinde de hepsinin Syntetos, Boylan ve Croston (2005)'in sınıflandırma

yapısında kullanılan 0,49 değerinden düşük olduğu görülmüştür⁵. Bu nedenle ürün gruplarının talep deseni düzgün olarak nitelendirilebilmektedir.

Pilinkiene (2008), tahminlemede kullanılan yöntemlerin kullanımı ve sınıflandırılması ile ilgili literatürü incelemiştir. Ana tahmin yöntemlerinin analizi, tahminlemede bir yöntemi kullanmanın avantajını belirlemenin oldukça güç olduğunu ve her zaman yanlış yöntem seçme riskinin saklı kaldığını göstermiştir. Araştırmacılar tahmin yöntemlerinin kullanımı ile ilgili olarak iki görüşe ayrılmış durumdadır. Bir grup araştırmacı birincil olarak sayısal yöntemlerin kullanılması gerektiğini, sayısal olmayan yöntemlerin ise destekleyici olarak kullanılması gerektiğini savunurken diğer grup iki tip yöntemin eşit oranda uygulanmasının güvenilirliği artıracığını ve daha çok bilgi taşıyacağını savunmaktadır.

Bu çalışmada, geliştirilen parti büyüklüğü ve çizelgeleme modelinde makro periyotların uzunluğu gün olarak ifade edildiği için tüm ürün gruplarının uygulamanın yapılacağı 2014 yılı için günlük talep tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Firma 2010-2013 yılları arasında tüm ürün grupları için yaptığı satışları, bayiler aracılığıyla yapılan satışlar, doğrudan müşteriye yapılan satışlar, beton bölümüne yapılan satışlar ve ihraç edilen miktarlar şeklinde tutmuştur. Ürün gruplarının ihraç edilecek miktarlarının bir hafta önceden bilindiği varsayılmıştır ve tahminlemede ihracat rakamları bir hafta öncesinden bilinen kesinleşmiş siparişler olarak kullanılmıştır. Tüm ürün grupları için ihracat dışında kullanılan tüm satış kanalları aracılığıyla yapılan satış miktarları toplam olarak günlük, haftalık ve aylık bazda incelenmiş ve performansı en iyi olan tahmin düzeyleri belirlenmiştir. Tahminlemede tüm ürün grupları için tahmin yöntemleri olarak öncelikle sayısal talep tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Analizler SPSS 15.00 programında zaman serileri modelleyicisi kullanılarak, üssel düzeltme, ARIMA ve çok

⁵ Ürün gruplarının 2011-2013 günlük satış verilerinin CEM-I, CEM-II, CEM-III ve CEM-IV sıralaması ile CV² değerleri 0,46; 0,24; 0,14 ve 0,25 şeklindedir.

değişkenli ARIMA modelleri arasından kullanılan veri setleri için en iyi tahminleri veren modeller seçilerek gerçekleştirilmiştir. Ardından firmadaki uzmanların görüşlerine dayanan düzenlemeler yapılmıştır.

Ürün gruplarının yıllık toplam çimento satış miktarı içindeki payları Tablo 4-4'te ifade edilmiştir. En büyük satış miktarı payına ortalama % 42,9 ile CEM-III ürün grubu sahip olmuştur. Ardından % 25,2 ile CEM-I ürün grubu gelmektedir.

Tablo 4- 4 : Ürün Gruplarının Toplam Satış Miktarı İçindeki Payları

Toplam Satış Miktarı İçindeki Paylar	ÜRÜN GRUPLARI			
	CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
2010	% 25,7	% 22,0	% 31,8	% 20,5
2011	% 19,8	% 10,9	% 44,6	% 24,7
2012	% 18,8	% 7,6	% 53,1	% 20,4
2013	% 36,5	% 7,0	% 42,2	% 14,4
ORTALAMA	% 25,2	% 11,9	% 42,9	% 20,0

Talep tahmininde kullanılacak olan yöntemin seçimi her durumda avantaj ve dezavantaj içermektedir. Bu nedenle tahmin yöntemi seçiminin bazı kriterler temel alınarak yapılması faydalı olmaktadır (Pilinkiene, 2008: 19). Ürün grupları için, en uygun tahmin yöntemleri seçilirken, sayısal talep tahmin yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan, durağan determinasyon katsayısı ($St. R^2$), determinasyon katsayısı (R^2), ortalama hata kareleri kökü (RMSE), ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), ortalama mutlak hata (MAE), maksimum mutlak yüzde hata (MaxAPE), maksimum mutlak hata (MaxAE) ve normalize Bayesyan bilgi kriteri (Norm. BIC) kriterlerinden yararlanılmıştır.

Haftalık ve aylık tahminleme çalışmaları öncesi, satış verileri gün sayısı bakımından düzeltilmiştir. Bu düzeltmeler için kullanılan formüller aşağıda sunulmuştur.

$$GSD_{\text{hafta}} = \frac{7}{\text{Düzeltilme yapılacak haftadaki gün sayısı}} * h_t$$

GSD_{hafta} : Gün sayısı bakımından düzeltilmiş haftalık satış değeri

h_t : Düzeltilme yapılacak haftanın gözlem değeri

$$GSD_{\text{ay}} = \frac{30}{\text{Düzeltilme yapılacak aydaki gün sayısı}} * a_t$$

GSD_{ay} : Gün sayısı bakımından düzeltilmiş aylık satış değeri

a_t : Düzeltilme yapılacak ayın gözlem değeri

Çalışmada geliştirilen modelde makro periyotların uzunluklarının gün olarak kullanılacak olmasından dolayı ürün gruplarının günlük tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle eğer ürün grupları için elde edilen en iyi tahminler farklı düzeyde ise günlük tahminlere dönüştürülmüştür. Tüm ürün gruplarının aylık tahminlerinin haftalık tahminlere dönüştürülmesinde haftaların satış yüzdesine ve ilgili haftanın hangi aydan kaç günü içerdiğine dayanan iki yaklaşım kullanılmıştır. Satış yüzdesi yaklaşımında 2010-2013 yılları boyunca 52 haftanın her birinde toplam ne kadar satış yapıldığı bulunarak, bu satış miktarlarının toplam satış içindeki payları hesaplanmıştır. 2014 yılında da haftaların satış yüzdelerinin aynı olacağı varsayımı ile 2014 yılının toplam aylık tahminleri haftalık tahminlere dönüştürülmüştür. Gün sayısına dayanan yaklaşımda ise haftalık tahminler her haftanın hangi aydan kaç gün içerdiğine bakılarak, aylık tahminlerin o ayın günleri boyunca eşit dağıldığı varsayımı ile hesaplanmıştır.

4.6.1.1. CEM-III Ürün Grubu Talep Tahminleme

2010-2013 yılları arasında % 42,9 ile en yüksek ortalama satış rakamına sahip olan CEM-III ürün grubunun bu yıllar arasında ihracatı yapılmamış, satışı diğer satış kanalları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bu ürün grubunun bayiler aracılığıyla ve

doğrudan müşteriye olan satışları ile beton grubuna yapılan satışları toplamı günlük, haftalık ve aylık olarak incelendiğinde en başarılı talep tahminlerine değişkenliği en düşük olan aylık satış verileri ile ulaşılmıştır. Aylık bayi, doğrudan satış ve beton toplam satış rakamları kullanılarak yapılan tahminlemede St. R^2 0,719 ve R^2 0,593 olarak bulunmuştur. Bu kriterler ve diğer performans değerlendirme kriterlerine göre bu tahminler en iyi tahminler olarak görülmüştür.⁶ Bu nedenle CEM-III ürün grubu için bayi, direkt satış ve beton grubuna yapılan aylık satışlara dayalı tahminlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Elde edilen bu en iyi modele ilişkin sonuç tabloları Tablo 4-5 – 4-7’de ifade edilmiştir.

Tablo 4- 5: CEM-III Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model

Model Tipi		
Model	CEM-III	Basit Mevsimsel

Tablo 4- 6: CEM-III Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri

Uyum İstatistikleri	Ortalama	SE	Minimum	Maximum
St. R^2	0,719	-	0,719	0,719
R^2	0,593	-	0,593	0,593
RMSE	6680,887	-	6680,887	6680,887
MAPE	12,058	-	12,058	12,058
MaxAPE	61,952	-	61,952	61,952
MAE	5295,972	-	5295,972	5295,972
MaxAE	16472,517	-	16472,517	16472,517
Norm. BIC	17,775	-	17,775	17,775

CEM-III ürün grubunun aylık satış verileri, göz önünde bulundurulan tüm kriterlere göre değerlendirildiğinde bulunan en uygun model Basit Mevsimsel Yöntem

⁶ CEM-III ürün grubu için bayi, direkt satış ve beton grubuna yapılan günlük satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı 0,362 ve determinasyon katsayısı 0,543 olarak elde edilmiştir.

CEM-III ürün grubu için bayi, direkt satış ve beton grubuna yapılan haftalık satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı 0,524 ve determinasyon katsayısı 0,524 olarak elde edilmiştir.

olmuştur. Modelin uyum istatistiklerine bakıldığında, $St.R^2$ değerinin 0,719; R^2 değerinin 0,593; RMSE değerinin 6680,887; MAPE değerinin 12,058; MAE değerinin 5295,972; MaxAPE değerinin 61,952; MaxAE değerinin 16472,517 ve Norm. BIC değerinin 17,775 olduğu görülmektedir. Elde edilen aylık tahminlerin gün sayısına göre düzeltilmiş değerleri Tablo 3-7’de sunulmuştur.

Basit Mevsimsel Yöntem kullanılarak elde edilen CEM-III Ürün Grubu aylık talep tahminleri, firmanın satış uzmanları ile yapılan görüşmeler sonrasında 2014 yılı için beklenen %15 talep artışı nedeniyle %15 artırılmıştır. Elde edilen yeni talep tahminleri Tablo 4 -8’ de sunulmuştur.

Tablo 4- 7: CEM-III Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Aylık Talep Tahminleri

Yıl	Ay	Talep Tahminleri (Ton)
2014	1	42.509,56
2014	2	38.320,86
2014	3	53.302,15
2014	4	54.416,62
2014	5	54.563,59
2014	6	57.925,56
2014	7	49.596,31
2014	8	46.489,13
2014	9	43.759,95
2014	10	42.691,76
2014	11	46.639,64
2014	12	53.177,90

Tablo 4- 8: CEM-III Ürün Grubu 2014 Yılı Aylık Nihai Talep Tahminleri

Yıl	Ay	Talep Tahminleri (Ton)
2014	1	48.885,99
2014	2	44.068,98
2014	3	61.297,48
2014	4	62.579,11
2014	5	62.748,12
2014	6	66.614,39
2014	7	57.035,76
2014	8	53.462,50
2014	9	50.323,94
2014	10	49.095,53
2014	11	53.635,59
2014	12	61.154,58

Elde edilen aylık tahminler günlük boyuta dönüştürülürken, öncelikle aylık tahminler haftalık tahminlere, ardından haftalık tahminler günlük tahminlere indirgenmiştir. Elde edilen haftalık tahminler Tablo 4-9 'da ifade edilmiştir.

Tablo 4- 9: CEM-III Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Talep Tahminleri

Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
2014	1	11038,77	10784,92	2014	27	12879,04	12055,14
2014	2	11038,77	12579,04	2014	28	12879,04	13458,91
2014	3	11038,77	12418,54	2014	29	12879,04	13466,76
2014	4	11038,77	10596,84	2014	30	12879,04	11288,86
2014	5	11026,47	10826,14	2014	31	12302,71	10877,18
2014	6	11017,25	11286,1	2014	32	12072,18	9605,3
2014	7	11017,25	12308,69	2014	33	12072,18	12759,06
2014	8	11017,25	13143,72	2014	34	12072,18	12281,9
2014	9	12631,03	12786,22	2014	35	11977,91	11321,25
2014	10	13841,37	12667,7	2014	36	11742,25	10472,82
2014	11	13841,37	13670,62	2014	37	11742,25	9870,72
2014	12	13841,37	15444,95	2014	38	11742,25	13481,75
2014	13	13950	14561,7	2014	39	11742,25	15528,63
2014	14	14601,79	14331,14	2014	40	11086,09	12885,08
2014	15	14601,79	16238,3	2014	41	11086,09	12257,53
2014	16	14601,79	13591,62	2014	42	11086,09	10227,61
2014	17	14601,79	15693,62	2014	43	11086,09	9801,83
2014	18	14230,77	15612,05	2014	44	11902,59	12788,41
2014	19	14168,93	13305,71	2014	45	12514,97	12242,96
2014	20	14168,93	9962,58	2014	46	12514,97	13817,61
2014	21	14168,93	13623,62	2014	47	12514,97	13134,91
2014	22	14757,97	15566,88	2014	48	12884,72	14366,36
2014	23	15543,36	16009,11	2014	49	13809,1	13164,63
2014	24	15543,36	15499,31	2014	50	13809,1	13095,11
2014	25	15543,36	15365,28	2014	51	13809,1	13546,31
2014	26	15162,74	12188,87	2014	52	15781,83	13042,06

Gün sayısına ve satış yüzdesine dayalı haftalık talep tahminlerinin elde edilmesinin ardından bu tahminler günlük hale dönüştürülmüştür. Bu dönüştürme

işleminde haftalık tahminler o haftada yer alan çalışma günlerine eşit olarak paylaştırılmıştır. Elde edilen günlük tahminler Ek 1’de sunulmuştur.

4.6.1.2. CEM-I Ürün Grubu Talep Tahminleme

CEM-I ürün grubu bayiler aracılığıyla, direkt müşteriye, beton grubuna satılan ve aynı zamanda ihracatı yapılan bir ürün grubudur. İhracat dışında yapılan satışlar günlük, haftalık ve aylık bazda değerlendirildiğinde aylık satış verileri ile en başarılı talep tahminlerine ulaşılmıştır.

Aylık bayi, direkt ve beton toplam satış rakamları kullanılarak yapılan tahminlemede St. R^2 ve R^2 0,846 olarak bulunmuştur. Bu kriterler ve diğer performans değerlendirme kriterlerine göre bu tahminler en iyi tahminler olarak görülmüştür.⁷ Bu nedenle CEM-I ürün grubu için bayi, direkt satış ve beton grubuna yapılan aylık satışlara dayalı tahminlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Elde edilen bu en iyi modele ilişkin sonuç tabloları Tablo 4-10 – 4-11’de ifade edilmiştir.

Tablo 4- 10: CEM-I Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model

Model Tipi	
CEM-I	ARIMA (1,0,0)(0,0,0)

CEM-I ürün grubunun aylık satış verileri, göz önünde bulundurulan tüm kriterlere göre değerlendirildiğinde bulunan en uygun model ARIMA (1,0,0)(0,0,0) olmuştur. Modelin uyum istatistiklerine bakıldığında, St. R^2 değerinin 0,846; R^2 değerinin 0,846; RMSE değerinin 4988,591; MAPE değerinin 20,968; MAE değerinin 3897,078; MaxAPE değerinin 66,723; MaxAE değerinin 11614,709 ve Norm. BIC

⁷ CEM-I ürün grubu için bayi, direkt satış ve beton grubuna yapılan haftalık satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı 0,519 ve determinasyon katsayısı 0,702 olarak elde edilmiştir.

CEM-I ürün grubu için bayi, direkt satış ve beton grubuna yapılan günlük satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı 0,421 ve determinasyon katsayısı 0,733 olarak elde edilmiştir.

değerinin 17,433 olduğu görülmektedir. Elde edilen aylık tahminlerin gün sayısına göre düzeltilmiş değerleri Tablo 4-12’de sunulmuştur.

Tablo 4- 11: CEM-I Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri

Uyum İstatistikleri	Ortalama	SE	Minimum	Maximum
St. R ²	0,846	-	0,846	0,846
R ²	0,846	-	0,846	0,846
RMSE	4988,591	-	4988,591	4988,591
MAPE	20,968	-	20,968	20,968
MaxAPE	66,723	-	66,723	66,723
MAE	3897,078	-	3897,078	3897,078
MaxAE	11614,709	-	11614,709	11614,709
Norm. BIC	17,433	-	17,433	17,433

Tablo 4- 12: CEM-I Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Aylık Talep Tahminleri

Yıl	Ay	Talep Tahminleri (Ton)
2014	1	41985,02
2014	2	32856,53
2014	3	28519,68
2014	4	23320,32
2014	5	21451,03
2014	6	29366,58
2014	7	16934,50
2014	8	15678,25
2014	9	16817,02
2014	10	19016,85
2014	11	15978,12
2014	12	22173,27

Elde edilen aylık tahminleri günlük boyuta dönüştürmede, öncelikle aylık tahminler haftalık tahminlere, ardından haftalık tahminler günlük tahminlere indirgenmiştir. Elde edilen haftalık tahminler Tablo 4-13’ te ifade edilmiştir.

Tablo 4- 13: CEM-I Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Talep Tahminleri

Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
2014	1	9480,487	4420,911	2014	27	3823,92	6939,252
2014	2	9480,487	4639,058	2014	28	3823,92	4505,346
2014	3	9480,487	4296,354	2014	29	3823,92	4435,779
2014	4	9480,487	4070,694	2014	30	3823,92	5468,149
2014	5	8756,855	3808,975	2014	31	3621,299	5576,574
2014	6	8214,131	4620,16	2014	32	3540,25	3545,44
2014	7	8214,131	3399,678	2014	33	3540,25	4834,081
2014	8	8214,131	4710,003	2014	34	3540,25	4455,509
2014	9	7200,301	4379,411	2014	35	3649,885	4756,703
2014	10	6439,928	4948,92	2014	36	3923,971	5935,688
2014	11	6439,928	4953,298	2014	37	3923,971	6490,17
2014	12	6439,928	5014,958	2014	38	3923,971	5421,14
2014	13	6297,282	6316,85	2014	39	3923,971	6001,362
2014	14	5441,408	5914,8	2014	40	4294,127	6242,902
2014	15	5441,408	5544,62	2014	41	4294,127	7667,421
2014	16	5441,408	7642,524	2014	42	4294,127	4581,932
2014	17	5441,408	5729,26	2014	43	4294,127	7564,762
2014	18	4929,156	5900,426	2014	44	3970,756	7290,755
2014	19	4843,781	6457,829	2014	45	3728,228	5876,413
2014	20	4843,781	7998,251	2014	46	3728,228	5097,58
2014	21	4843,781	6235,547	2014	47	3728,228	5781,157
2014	22	5704,533	5216,849	2014	48	4093,553	6603,775
2014	23	6852,202	4795,517	2014	49	5006,867	6864,249
2014	24	6852,202	3881,163	2014	50	5006,867	5439,942
2014	25	6852,202	3939,287	2014	51	5006,867	6087,098
2014	26	6419,59	5824,936	2014	52	5722,133	5973,694

CEM-I ürün grubu için elde edilen haftalık tahminlere haftalık ihracat rakamları eklenerek nihai haftalık tahminler elde edilmiştir.

Tablo 4- 14: CEM-I Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Nihai Talep Tahminleri

Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
2014	1	9480,487	4420,911	2014	27	3823,92	6939,252
2014	2	9480,487	4639,058	2014	28	3823,92	4505,346
2014	3	24480,49	19296,35	2014	29	3823,92	4435,779
2014	4	9480,487	4070,694	2014	30	3823,92	5468,149
2014	5	8756,855	3808,975	2014	31	3621,299	5576,574
2014	6	8214,131	4620,16	2014	32	3540,25	3545,44
2014	7	8214,131	3399,678	2014	33	3540,25	4834,081
2014	8	8214,131	4710,003	2014	34	3540,25	4455,509
2014	9	12204,3	9383,411	2014	35	3649,885	4756,703
2014	10	6439,928	4948,92	2014	36	3923,971	5935,688
2014	11	7939,928	6453,298	2014	37	3923,971	6490,17
2014	12	6439,928	5014,958	2014	38	3923,971	5421,14
2014	13	6297,282	6316,85	2014	39	3923,971	6001,362
2014	14	9641,408	10114,8	2014	40	4294,127	6242,902
2014	15	13626,41	13729,62	2014	41	4294,127	7667,421
2014	16	5441,408	7642,524	2014	42	4294,127	4581,932
2014	17	5441,408	5729,26	2014	43	4294,127	7564,762
2014	18	4929,156	5900,426	2014	44	3970,756	7290,755
2014	19	4843,781	6457,829	2014	45	3728,228	5876,413
2014	20	4843,781	7998,251	2014	46	3728,228	5097,58
2014	21	4843,781	6235,547	2014	47	3728,228	5781,157
2014	22	5704,533	5216,849	2014	48	4093,553	6603,775
2014	23	6852,202	4795,517	2014	49	5006,867	6864,249
2014	24	6852,202	3881,163	2014	50	5006,867	5439,942
2014	25	6852,202	3939,287	2014	51	5006,867	6087,098
2014	26	6419,59	5824,936	2014	52	5722,133	5973,694

Gün sayısına ve satış yüzdesine dayalı haftalık talep tahminlerinin elde edilmesinin ardından bu tahminler günlük hale dönüştürülmüştür. Bu dönüştürme işleminde haftalık tahminler o haftada yer alan çalışma günlerine eşit olarak paylaştırılmıştır. Elde edilen günlük tahminler Ek 2’de sunulmuştur.

4.6.1.3. CEM-IV Ürün Grubu Talep Tahminleme

2010 - 2013 yılları arasında ortalama % 20,0 satış yüzdesine sahip olan CEM-IV ürün grubunun ele alınan zaman aralığında ihracatı yapılmamıştır. Aynı zamanda 2012 yılından itibaren beton grubuna satışı da gerçekleşmemiştir. Bu nedenle bu ürün grubu için sadece bayi – direkt satışlar incelenmiştir. Buna ek olarak bu ürün grubunun bayi ve direkt müşteriye yapılan satışlarının 2010-2013 zaman aralığı yerine 2011-2013 yılları arasındaki satışları ile tahminleme yapıldığı zaman tahminlerin performansı artmaktadır. SPSS 15.00 programı ile yapılan zaman serisi analizlerinde en başarılı tahminlere haftalık bazda ulaşılmıştır. Haftalık tahminlemeler birer haftalık döngüler halinde tekrarlanmıştır. Haftalık bayi ve direkt müşteriye yapılan satış miktarlarına dayalı tahminlemede St. R^2 0,692 ve R^2 0,773 olarak bulunmuştur.⁸ Bu nedenle CEM-IV ürün grubu için bayi ve direkt müşteriye yapılan haftalık satışlara dayalı tahminlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Elde edilen bu en iyi modele ilişkin sonuç tabloları Tablo 4-15 – 4-16’da ifade edilmiştir.

Tablo 4- 15: CEM-IV Ürün Grubu Haftalık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model

Model Tipi	
CEM-IV	ARIMA (0,1,1)

CEM-IV ürün grubunun haftalık satış verileri, göz önünde bulundurulan tüm kriterlere göre değerlendirildiğinde bulunan en uygun model ARIMA (0,1,1) olmuştur. Modelin uyum istatistiklerine bakıldığında, St. R^2 değerinin 0,692; R^2 değerinin 0,773; RMSE değerinin 758,110; MAPE değerinin 14,682; MAE değerinin 568,048; MaxAPE değerinin 207,960; MaxAE değerinin 2383,639 ve Norm. BIC değerinin 13,555 olduğu

⁸ CEM-IV ürün grubu için bayi ve direkt müşteriye yapılan aylık satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı 0,669 ve determinasyon katsayısı 0,721 olarak elde edilmiştir.

CEM-IV ürün grubu için bayi ve direkt müşteriye yapılan günlük satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı ve determinasyon katsayısı 0,457 olarak elde edilmiştir.

görülmektedir. Elde edilen haftalık tahminlerin gün sayısına göre düzeltilmiş değerleri

Tablo 4-17 'de sunulmuştur.

Tablo 4- 16: CEM-IV Ürün Grubu Haftalık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri

Uyum İstatistikleri	Ortalama	SE	Minimum	Maximum
St. R ²	0,692	-	0,692	0,692
R ²	0,773	-	0,773	0,773
RMSE	758,110	-	758,110	758,110
MAPE	14,682	-	14,682	14,682
MaxAPE	207,960	-	207,960	207,960
MAE	568,048	-	568,048	568,048
MaxAE	2383,639	-	2383,639	2383,639
Norm. BIC	13,555	-	13,555	13,555

Tablo 4- 17: CEM-IV Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Haftalık Talep Tahminleri

Yıl	Hafta	Tahmin	Yıl	Hafta	Tahmin
2014	1	3622,82	2014	27	3329,87
2014	2	3686,14	2014	28	3404,83
2014	3	3741,94	2014	29	2867,42
2014	4	2903,74	2014	30	2761,79
2014	5	2181,94	2014	31	2132,93
2014	6	2668,83	2014	32	2651,24
2014	7	2879,54	2014	33	3378,59
2014	8	3088,04	2014	34	2810,6
2014	9	3049,22	2014	35	2668,96
2014	10	2469,16	2014	36	3608,02
2014	11	2556,13	2014	37	4059,72
2014	12	2969,11	2014	38	3570,96
2014	13	2973	2014	39	4228,81
2014	14	3040,7	2014	40	4065,94
2014	15	2780,04	2014	41	4065,93
2014	16	2917,46	2014	42	4125,93
2014	17	2809,03	2014	43	4060,42
2014	18	2699,22	2014	44	4064,13
2014	19	2864,33	2014	45	3991,15
2014	20	2842,34	2014	46	3891,77
2014	21	2799,05	2014	47	3901,14
2014	22	2945,12	2014	48	3606,29
2014	23	2661,61	2014	49	3014,59
2014	24	2772,6	2014	50	2586,58
2014	25	4096,53	2014	51	2508,41
2014	26	3201,52	2014	52	3400,63

Haftalık talep tahminlerinin elde edilmesinin ardından bu tahminler günlük hale dönüştürülmüştür. Bu dönüştürme işleminde haftalık tahminler o haftada yer alan

çalışma günlerine eşit olarak paylaştırılmıştır. Elde edilen günlük tahminler Ek 3' te sunulmuştur.

4.6.1.4. CEM-II Ürün Grubu Talep Tahminleme

CEM-II ürün grubu bayiler aracılığıyla, direkt müşteriye, beton grubuna satılan ve aynı zamanda ihracatı yapılan bir ürün grubudur. 2014 yılında bu ürün grubunun betona satışının yapılmayacağı bilinmektedir. Bu nedenle bayiler aracılığıyla ve direkt müşterilere yapılan satışlar günlük, haftalık ve aylık bazda değerlendirilerek talep tahminlemede hangi veri düzeyinde çalışılması gerektiğine karar verilmiştir. İhracat rakamları ise bir hafta önceden kesinleşmiş olan siparişler olarak kullanılmıştır. SPSS 15.00 programı ile yapılan zaman serisi analizlerinde en iyi tahmin performansına aylık satış verileri kullanıldığında ulaşılmıştır. Aylık tahminleme işlemi birer aylık döngüler halinde tekrarlanmıştır. Aylık bayi ve direkt satış rakamları kullanılarak yapılan tahminlemede St. R^2 0,746 ve R^2 0,760 olarak bulunmuştur. Bu kriterler ve diğer performans değerlendirme kriterlerine göre bu tahminler en iyi tahminler olarak görülmüştür.⁹ Elde edilen bu en iyi modele ilişkin sonuç tabloları Tablo 4-18 – 4-19'da ifade edilmiştir.

Tablo 4- 18: CEM-II Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Model

Model Tipi	
CEM-II	Toplamsal Holt Winters

CEM-II ürün grubunun aylık satış verileri, göz önünde bulundurulan tüm kriterlere göre değerlendirildiğinde bulunan en uygun model Toplamsal Holt Winters olmuştur. Modelin uyum istatistiklerine bakıldığında, St. R^2 değerinin 0,746; R^2

⁹ CEM-II ürün grubu için bayi ve direkt satış haftalık satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı 0,729 ve determinasyon katsayısı 0,709 olarak elde edilmiştir.

CEM-II ürün grubu için bayi ve direkt satış günlük satışlara dayalı tahminlerin durağan determinasyon katsayısı ve determinasyon katsayısı 0,428 olarak elde edilmiştir.

değerinin 0,760; RMSE değerinin 835,504; MAPE değerinin 10,129; MAE değerinin 656,207; MaxAPE değerinin 40,040; MaxAE değerinin 2176,867 ve Norm. BIC değerinin 13,698 olduğu görülmektedir. Elde edilen aylık tahminlerin gün sayısına göre düzeltilmiş değerleri Tablo 4-20’de sunulmuştur.

Tablo 4- 19: CEM-II Ürün Grubu Aylık Satış Verileri ile Elde Edilen En Uygun Modelin Uyum İstatistikleri

Uyum İstatistikleri	Ortalama	SE	Minimum	Maximum
St. R ²	0,746	-	0,746	0,746
R ²	0,760	-	0,760	0,760
RMSE	835,504	-	835,504	835,504
MAPE	10,129	-	10,129	10,129
MaxAPE	40,040	-	40,040	40,040
MAE	656,207	-	656,207	656,207
MaxAE	2176,867	-	2176,867	2176,867
Norm. BIC	13,698	-	13,698	13,698

Tablo 4- 20: CEM-II Ürün Grubu 2014 Yılı Gün Sayısına Göre Düzeltilmiş Aylık Talep Tahminleri

Yıl	Ay	Tahmin (ton)
2014	1	8.155,18
2014	2	7.753,14
2014	3	10.713,50
2014	4	8.534,18
2014	5	6.954,26
2014	6	6.385,19
2014	7	8.539,09
2014	8	6.790,72
2014	9	7.379,52
2014	10	8.429,64
2014	11	7.365,79
2014	12	7.015,23

Tablo 4- 21: CEM-II Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Talep Tahminleri

Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
2014	1	1841,49	1357,78	2014	27	1928,18	1775,36971
2014	2	1841,49	1278,04	2014	28	1928,18	1854,948856
2014	3	1841,49	1331,49	2014	29	1928,18	2130,900859
2014	4	1841,49	1269,56	2014	30	1928,18	2306,112885
2014	5	1896,8	1257,49	2014	31	1646,19	1828,002843
2014	6	1938,29	1273,50	2014	32	1533,39	1681,175972
2014	7	1938,29	1584,13	2014	33	1533,39	1952,922131
2014	8	1938,29	1452,32	2014	34	1533,39	1326,631909
2014	9	2213,08	1611,22	2014	35	1587,24	1280,095819
2014	10	2419,18	1819,76	2014	36	1721,89	1725,011166
2014	11	2419,18	1922,24	2014	37	1721,89	1830,389016
2014	12	2419,18	2225,91	2014	38	1721,89	1877,54883
2014	13	2358,05	2237,28	2014	39	1721,89	2181,185014
2014	14	1991,31	2079,25	2014	40	1903,47	2234,46476
2014	15	1991,31	2229,12	2014	41	1903,47	1926,070536
2014	16	1991,31	2015,09	2014	42	1903,47	1597,124898
2014	17	1991,31	1898,00	2014	43	1903,47	2584,305144
2014	18	1630,46	1895,41	2014	44	1797,88	2198,586336
2014	19	1570,32	1689,03	2014	45	1718,68	1626,050805
2014	20	1570,32	1744,98	2014	46	1718,68	1923,893224
2014	21	1570,32	1857,66	2014	47	1718,68	1936,891285
2014	22	1535,84	1708,13	2014	48	1680,23	2341,679447
2014	23	1489,88	1642,95	2014	49	1584,08	1865,700938
2014	24	1489,88	1612,15	2014	50	1584,08	1936,573701
2014	25	1489,88	1724,03	2014	51	1584,08	1854,900217
2014	26	1552,49	1674,33	2014	52	1810,38	1848,092623

2014 yılı için elde edilen gün sayısına dayalı haftalık tahminlere, haftalık ihracat rakamlarının eklenmesiyle nihai haftalık tahminler elde edilmiştir.

Tablo 4- 22: CEM-II Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı Haftalık Nihai Talep Tahminleri

Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Yıl	Hafta	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
2014	1	1841,49	1479,56	2014	27	1928,18	1934,62
2014	2	1841,49	1392,68	2014	28	1928,18	2021,33
2014	3	1841,49	1450,92	2014	29	1928,18	2322,04
2014	4	1841,49	1383,43	2014	30	1928,18	2512,97
2014	5	1896,80	1370,28	2014	31	1646,19	1991,97
2014	6	1938,29	1387,73	2014	32	1533,39	1831,97
2014	7	1938,29	1726,23	2014	33	1533,39	2128,10
2014	8	1938,29	1582,58	2014	34	1533,39	1445,63
2014	9	2213,08	1755,74	2014	35	1587,24	1394,92
2014	10	2419,18	1982,99	2014	36	1721,89	1879,74
2014	11	3367,18	2094,66	2014	37	1721,89	1994,57
2014	12	2419,18	2425,57	2014	38	1721,89	2045,96
2014	13	2358,05	2437,96	2014	39	1721,89	2376,83
2014	14	1991,31	2265,75	2014	40	1903,47	2434,89
2014	15	1991,31	2429,06	2014	41	1903,47	2098,84
2014	16	1991,31	2195,83	2014	42	1903,47	1740,38
2014	17	1991,31	2068,25	2014	43	1903,47	2816,11
2014	18	1630,46	2065,42	2014	44	1797,88	2395,80
2014	19	1570,32	1840,54	2014	45	1718,68	1771,90
2014	20	1570,32	1901,50	2014	46	9203,68	2096,46
2014	21	1570,32	2024,29	2014	47	1718,68	2110,63
2014	22	1535,84	1861,35	2014	48	1680,23	2551,72
2014	23	1489,88	1790,32	2014	49	1584,08	2033,05
2014	24	1489,88	1756,76	2014	50	1584,08	2110,28
2014	25	1489,88	1878,67	2014	51	1584,08	2021,28
2014	26	1552,49	1824,51	2014	52	1810,38	2013,86

Haftalık talep tahminlerinin elde edilmesinin ardından bu tahminler günlük hale dönüştürülmüştür. Bu dönüştürme işleminde haftalık tahminler o haftada yer alan çalışma günlerine eşit olarak paylaştırılmıştır. Elde edilen günlük tahminler Ek 4'te sunulmuştur.

4.6.2. Emniyet Stoklarının Elde Edilmesi

Talep tahminleri ne kadar başarılı gerçekleştirilirse gerçekleştirilsin, gerçek talep ile aralarında farklılık olması kaçınılmazdır. Talep tahminlerinin gerçek tahminlere göre hangi zaman ve miktarda değişkenlik göstereceğinin talep gerçekleşmeden bilinmemesi durumu, işletmeleri talep karşılayamama durumunun önüne geçmek için emniyet stoğu tutmaya yönltebilmektedir (Krupp, 1997: 8). Literatürde emniyet stoklarının hesaplanmasında, MAD ya da standart sapma gibi istatistiksel ölçütleri temel alan klasik yaklaşımlar vardır. Geleneksel emniyet stoğu formülü (Schuster, Unahabhokha ve Allen, 2003: 20), MAD (Ortalama Mutlak Sapma) temelli (Krupp, 1997: 8-9) ve TBM (Zaman Bazlı Ortalama Mutlak Sapma) temelli (Krupp 1997: 10) emniyet stoğu formülleri aşağıda sunulmuştur.

Geleneksel Emniyet Stoğu Formülü:

$$i \text{ Ürününün Emniyet Stoğu} = k \cdot (\sigma_i)$$

k: Hizmet düzeyine ilişkin çarpan

σ_i : i ürününün tahminlenen değeri ile gerçekleşen değeri arasındaki farkın standart sapması

$$\text{MAD temelli emniyet stoğu} = k(\text{MAD})\sqrt{LT}$$

LT: Termin

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{i=1}^n |u_i - x_i|}{n}$$

u_i :i periyodunun tahmini talebi

x_i :i periyodunun gerçek talebi

| | : Mutlak değer

n: Periyot sayısı

Emniyet stoğu miktarının zamana bağlı olarak değişkenlik gösteren talep deseni ile uyumlu olması için, Krupp (1997: 9) zaman bazlı MAD anlamına gelen TBM ölçütünü hesaplamıştır.

$$\text{TBM temelli emniyet stoğu} = k(\text{TBM}_n)(u_{t+1})\sqrt{LT}$$

$$\text{TBM} = \frac{\sum_{i=1}^n \left| 1 - \frac{x_i}{u_i} \right|}{n}$$

Bu tezde ele alınan problemde, ürün gruplarının günlük satış verilerinin gösterdiği değişkenlik, emniyet stoklarının modelin çalıştırıldığı her döngüde yeniden hesaplanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Modelin kapsadığı her beş günlük periyot için, bir önceki beş günün tahminlenen talebi ve gerçekleşen satışı baz alınarak MAD ve TBM değerleri hesaplanmış ve bu değerler, MAD ve TBM temelli emniyet stokları formüllerinde yerine konmuştur.

Tablo 4- 23: Hizmet Düzeyleri ve Bunlara İlişkin k Değerleri

Hizmet Düzeyi	k (MAD)	k (sigma)	Hizmet Düzeyi	k (MAD)	k (sigma)
%50	0	0	%97	2.35	1.88
%75	0.84	0.67	%98	2.56	2.05
%80	1.05	0.84	%99	2.91	2.33
%85	1.30	1.04	%99.5	3.20	2.57
%90	1.60	1.28	%99.9	3.85	3.09
%95	2.06	1.65	%99.99	5.00	4.00
%96	2.19	1.75	%100	Sonsuz	Sonsuz

Kaynak: Krupp, 1997:9

Emniyet stoklarının hesaplanmasında değirmenlerin üretim kapasiteleri göz önünde bulundurularak kaybedilen satış miktarını en aza indirmeyi amaçlayan (ES1) ve kaybedilen satış miktarı ile elde bulundurulan stok miktarını dengelemeye çalışan (ES2) olmak üzere iki yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşımlara göre k değerleri

belirlenmiştir. k değerleri her ürün grubu için, %99.5 hizmet düzeyi için belirtilen 3.2 değerinden başlanarak kademe kademe artırılmış ve denenmiştir. ES1 ve ES2 için karar verilen k değerleri sırasıyla k1 ve k2 olarak ifade edilmiş ve Tablo 4-24’ te sunulmuştur.

Tablo 4- 24: Hizmet Düzeyleri ve Bunlara İlişkin k Değerleri

Ürün Grupları	k1	k2
CEM-I	11,79	8,64
CEM-II	10,72	5,76
CEM-III	10,72	5,76
CEM-IV	10,72	7,2

Emniyet stoklarının hesaplanmasında, ürün gruplarının gün sayısı ve satış yüzdesi yaklaşımları ile elde edilen haftalık tahminlerinin hangisinin kullanılacağına MAD değerleri karşılaştırılarak karar verilmiştir.

Tablo 4- 25: CEM-III Ürün Grubu Tahminleme Yaklaşımlarının MAD Değerleri (Ton)

CEM-III Ürün Grubu	Gün Sayısı Yaklaşımı Haftalık Tahminler	Satış Yüzdesi Yaklaşımı Haftalık Tahminler
MAD	3093,43	2678,343

Tablo 4- 26: CEM-I Ürün Grubu Tahminleme Yaklaşımlarının MAD Değerleri (Ton)

CEM-I Ürün Grubu	Gün Sayısı Yaklaşımı Haftalık Tahminler	Satış Yüzdesi Yaklaşımı Haftalık Tahminler
MAD	1375,687	1728,631

Tablo 4- 27: CEM-II Ürün Grubu Tahminleme Yaklaşımlarının MAD Değerleri (Ton)

CEM-II Ürün Grubu	Gün Sayısı Yaklaşımı Haftalık Tahminler	Satış Yüzdesi Yaklaşımı Haftalık Tahminler
MAD	339,965	615,4187

CEM-IV ürün grubunun en iyi tahminleri haftalık düzeyde elde edildiği için gün sayısı ve satış yüzdesi yaklaşımlarının kullanımına gerek olmamıştır. MAD değerleri incelendiğinde CEM-III ürün grubu için satış yüzdesi; CEM-I ve CEM-II ürün grupları için ise gün sayısı yaklaşımının daha başarılı olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu yaklaşımlar

ile elde edilen tahminler hem modellerin tahmin girdisi olarak hem de emniyet stokları hesaplanırken girdi olarak kullanılmıştır.

Ürün gruplarının emniyet stokları, modelin çalıştırıldığı her döngü için hesaplanmıştır. Her döngünün sonunda o döngünün kapsadığı beş gün boyunca gerçekleşen satışlar temel alınarak bir sonraki döngüde kullanılacak emniyet stokları bulunmuştur. Ürün gruplarının emniyet stoklarının beşer günlük döngüler halinde nasıl hesaplandığı Tablo 4-28’ de ayrıntılı bir şekilde ifade edilmiştir. Örnek uygulama olarak CEM-III ürün grubu için ES2 yaklaşımı ile yapılan hesaplamaların bir bölümü sunulmuştur. 2014 yılının ilk beş günü için kullanılacak emniyet stoğu miktarını hesaplamak için (01.01.2014-05.01.2014), bir önceki beş günün (27.12.2013-31.12.2013) MAD ve TBM değerleri hesaplanmıştır. 27.12.2013- 31.12.2013 zaman aralığında gerçekleşen satışlar bilindiği için bu değerler hesaplanabilmiştir.

$$\text{MAD} = \frac{(|1701,28 - 2247,51| + |1701,28 - 2158,04| + |1701,28 - 1612,42| + |1701,28 - 2566,05| + |1701,28 - 1974,21|)}{5}$$
$$= 445,91$$

$$\text{TBM} = \frac{(|1 - \frac{2247,51}{1701,28}| + |1 - \frac{2158,04}{1701,28}| + |1 - \frac{1612,42}{1701,28}| + |1 - \frac{2566,05}{1701,28}| + |1 - \frac{1974,21}{1701,28}|)}{5}$$
$$= 0,26$$

2014 yılının ilk beş günü için kullanılacak MAD ve TBM temelli emniyet stoğu miktarları ise şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{MAD temelli emniyet stoğu miktarı} = 5,76 * 445,91 * \sqrt{1}$$
$$= 2568,44$$

$$\text{TBM temelli emniyet stoğu miktarı} = 5,76 * 0,26 * 0,00 * \sqrt{1}$$

$$= 0,00$$

Tablo 4- 28: CEM-III Ürün Grubu Emniyet Stoğu Hesaplama Örneği¹⁰

Tarih	Tahmin	Gerçek Satış	AD	MAD	TBAD	TBM	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
27.12.2013	1701,28	2247,51	546,23		0,32			
28.12.2013	1701,28	2158,04	456,76		0,27			
29.12.2013	1701,28	1612,42	88,86		0,05			
30.12.2013	1701,28	2566,05	864,77		0,51			
31.12.2013	1701,28	1974,21	272,93	445,91	0,16	0,26		
1.1.2014	0,00	0,00	0,00	336,66	0,00	0,20	2568,44	0,00
2.1.2014	1797,49	1974,73	177,24	280,76	0,10	0,16		
3.1.2014	1797,49	1922,90	125,41	288,07	0,07	0,17		
4.1.2014	1797,49	2207,12	409,63	197,04	0,23	0,11		
5.1.2014	1797,49	1277,84	519,65	246,39	0,29	0,14		
6.1.2014	1797,49	1944,88	147,39	275,87	0,08	0,15	1419,19	1419,19
7.1.2014	1797,49	2405,20	607,71	361,96	0,34	0,20		
8.1.2014	1797,01	2107,26	310,25	398,93	0,17	0,22		
9.1.2014	1797,01	1887,78	90,77	335,16	0,05	0,19		
10.1.2014	1797,01	2242,48	445,47	320,32	0,25	0,18		
11.1.2014	1797,01	2437,71	640,70	418,98	0,36	0,23	1845,06	1844,82

2014 yılının ikinci beş günü için kullanılacak MAD ve TBM temelli emniyet stoğu miktarları ise şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{MAD temelli emniyet stoğu miktarı} = 5,76 * 246,39 * \sqrt{1}$$

$$= 1419,19$$

$$\text{TBM temelli emniyet stoğu miktarı} = 5,76 * 0,14 * 1797,49 * \sqrt{1}$$

$$= 1419,19$$

Tüm ürün grupları için ES1 ve ES2 yaklaşımları ile hesaplanan emniyet stokları Ek 5 – Ek 12’de ifade edilmiştir.

¹⁰ AD (Absolute Deviation) mutlak sapmayı, TBAD (Time Based Absolute Deviation) zaman temelli mutlak sapmayı ifade etmektedir.

4.6.3. Modelin Diğer Girdilerinin Hazırlanması

Geçmiş satış verileri incelendiğinde bazı haftalarda satış miktarlarının ihracat vb. çeşitli nedenlerle, değirmenler tam kapasite çalıştırılrsa dahi karşılanamayacak kadar büyük miktarlarda gerçekleştiği görülmektedir. Amaçlanan talep karşılayamama durumunu da minimize etmeye çalışan uygulanabilir çizelgeler elde etmek olduğu için, birer günlük 5 makro periyot içeren modele ek olarak, bu modelden sonraki 15 günü kapsayan bir model (M2) daha oluşturulmuştur. Bu model 5'er günlük 3 makro periyot içermektedir. M2, M1'in sadece makro periyotlarının süresinin ve sayısının değiştirilmesiyle elde edilmiş olan bir modeldir. M2, M1'in kapsadığı 5 günden sonraki 15 günü kapsamaktadır. M2, M1'den önce çalıştırılmaktadır. M2'nin çalıştırılmasıyla çizelgelemenin oluşturulacağı 5 günden sonraki 15 gün boyunca, öngörülen talep tahminlerine göre ürünlerin karşılanamayan talepleri olup olmadığı belirlenmektedir. Ürün gruplarının karşılanamayan talep miktarları M1'in emniyet stoklarına eklenmektedir. Bu model de döngüsel olarak çalıştırılmaktadır.

M2'de tüm ürün grupları için tüm döngülerde başlangıç stok miktarı sıfır alınmıştır. Emniyet stokları ise ES1 yaklaşımı için çalıştırılan M2'de CEM-III, CEM-I, CEM-IV ve CEM-II için sırasıyla 3000, 2500, 2500 ve 1000; ES2 yaklaşımı için ise 2500, 2000, 1000 ve 500 olarak alınmıştır. ES1 yaklaşımında emniyet stokları olarak firmanın mevcut durumda kullandığı emniyet stokları kullanılırken, ES2'de değirmenlerin üretim kapasiteleri ve geçmiş satış verileri göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamaların sonucunda elde edilen miktarlar kullanılmıştır.

M2 ile amaçlanan üretim kapasite kısıtları nedeniyle ortaya çıkabilecek talebi karşılayamama durumunu azaltmaktır. Aynı zamanda M1 ile elde edilecek üretim miktarlarının modelin kapsadığı periyot içinde son günlerde daha çok olmasını ve buna bağlı olarak da ilk günlerde satış kaybı yaşanmasını önlemek amacıyla M1'e iki kısıt eklenmiştir. Bu kısıtlar:

$$\sum_{t=1}^3 QST_{jt} + TX_{jt} \geq \sum_{t=4}^T QST_{jt} + TX_{jt} \quad \forall j \quad (4.27)$$

$$TS_{mtz} + PT_{mtz} \geq TS_{m,t+1,z} + PT_{m,t+1,z} \quad \forall m, t < T, z \quad (4.28)$$

Kısıt (4.27) modelin kapsadığı beş günün ilk üç gününde hazırlık sırasında ve sonrasında üretilen toplam j ürünü miktarının en az dört ve beşinci günlerde üretilen j ürünü toplamı kadar olmasını sağlamaktadır. (4.28) numaralı kısıt ise t gününün z alt periyodunda tüm değirmenlerdeki üretim ve hazırlık süreleri toplamının en az t+1 gününün z alt periyodunda kullanılan kadar olmasını sağlamaktadır.

M1'in her döngüsünde, model çalıştırılmadan önce başlangıç stoğu ve 5 günün sonunda elde bulunması gereken stok miktarları hesaplanmaktadır. Başlangıç stoğu 2014 yılının ilk 5 gününü içeren döngüde, firmanın elinde bulunan stok miktarları olarak kullanılmıştır. Modelin çalıştırılması ile elde edilen günlük üretim miktarları ve 5 gün boyunca gerçekleşen talep miktarlarına göre her gün için gün sonu stok ve kaybedilen satış miktarları hesaplanmaktadır. Döngünün içerdği son günün gün sonu stok miktarı, bir sonraki döngünün başlangıç stoğunu oluşturmaktadır. j ürün grubunun t günü sonu stok ve kaybedilen satış miktarları aşağıda verilen formüller ile hesaplanmaktadır.

gün sonu stok miktarı j,t :

$$\begin{cases} \text{gün sonu stok miktarı}_{j,t-1} + \text{üretim miktarı}_{j,t} - \text{gerçekleşen talep}_{j,t} > 0 \text{ ise} \\ \quad \text{gün sonu stok miktarı}_{j,t-1} + \text{üretim miktarı}_{j,t} - \text{gerçekleşen talep}_{j,t} \\ \text{gün sonu stok miktarı}_{j,t-1} + \text{üretim miktarı}_{j,t} - \text{gerçekleşen talep}_{j,t} \leq 0 \text{ ise} \\ 0 \end{cases}$$

$$\text{kaybedilen satış miktarı}_{j,t}:$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{gün sonu stok miktarı}_{j,t-1} + \text{üretim miktarı}_{j,t} - \text{gerçekleşen talep}_{j,t} > 0 \text{ ise} \\ 0 \\ \text{gün sonu stok miktarı}_{j,t-1} + \text{üretim miktarı}_{j,t} - \text{gerçekleşen talep}_{j,t} \leq 0 \text{ ise} \\ \text{gerçekleşen talep}_{j,t} - \text{gün sonu stok miktarı}_{j,t-1} - \text{üretim miktarı}_{j,t} \end{array} \right.$$

M1'in her döngüsünde, ilgili döngünün sonunda ürün gruplarından elde bulunması gereken miktarlar, o döngü için hesaplanmış olan emniyet stoğuna, modelin kapsadığı 5 günden sonraki 15 günü içeren M2 modelinin sonuçlarına göre elde edilen kaybedilen satış miktarlarının eklenmesiyle elde edilmektedir. Modelde her döngünün sonunda ürün gruplarından elde bulunması gereken minimum miktar, modelin parametrelerinde belirtildiği gibi $\text{infin}_{j,T}$ ile ifade edilmiştir.

Modelin her döngüde güncellenen verilerinin nasıl hazırlandığının daha net anlaşılabilmesi için ES2 yaklaşımıyla ilk iki döngüde yapılan hesaplamalar açıklanmıştır. 2014 yılının ilk gününün başlangıcında CEM-I, CEM-II, CEM-III ve CEM-IV ürün gruplarının stok miktarları sırasıyla 9045,57; 1965,89; 6252,00 ve 3975,44 ton şeklindedir. 2014 yılının ilk M2 modeli¹¹ çalıştırıldığında karşılanamayan talep olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle 5 günü kapsayan modelde ürün gruplarının bitiş stok miktarları olarak emniyet stok miktarları kullanılmıştır.

Tablo 4- 29: Ürün Gruplarının İlk Döngüdeki Bitiş Stok Miktarları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
5525,76	634,05	2568,44	1367,45

Modelin ilk döngüsünün, bu başlangıç ve bitiş stok miktarları, türetilen üretim süresi¹², tahminlenen talep ve diğer veriler kullanılarak çalıştırılması sonucu elde edilen

¹¹ 2014 yılının ilk 5 gününü kapsayan M1 modelinden sonraki 15 günü kapsayan model

¹² Ek bölümünde 2014 yılının her günü için türetilen üretim süreleri verilmiştir. Firmadan alınan 2014 yılı gerçek üretim verilerine göre türetilen üretim sürelerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Birebir karşılaştırma yapabilmek için gerçek üretim ve model için aynı üretim süreleri kullanılmıştır.

günlük üretim miktarları Tablo 4-30'da sunulmuştur. Döngünün sonunda satış miktarlarının elde edilmesiyle gün sonu stok miktarları ve kaybedilen satışlar hesaplanmıştır. İlk döngü sonuçlarına bakıldığında, gerçek gün sonu stok miktarlarının hepsinin sıfırdan büyük olduğu görülmüştür. Yani ilk döngüde hiçbir ürün grubundan satış kaybı yaşanmamıştır.

Tablo 4- 30: İlk Döngü Üretim Miktarları ve Gün Sonu Gerçek Stok Miktarları¹³

Tarih	Model Üretim Sonucu (ton)				Gün Sonu Stok Miktarı (ton)				Satış Miktarı (ton)			
	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5
					9045,57	1965,89	6252,00	3975,44				
1.1.2014	0,00	0,00	0,00	0,00	9045,57	1965,89	6252,00	3975,44	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2014	877,80	0,00	874,79	0,00	8414,17	1589,26	5152,06	3683,69	1509,20	376,63	1974,73	291,75
3.1.2014	882,17	0,00	878,40	0,00	8079,61	1346,71	4107,56	3226,99	1216,73	242,55	1922,90	456,70
4.1.2014	524,16	0,00	871,69	0,00	7377,71	1057,99	2772,14	2632,54	1226,06	288,72	2207,12	594,45
5.1.2014	516,39	0,00	881,50	0,00	6772,56	930,51	2375,80	2632,54	1121,54	127,48	1277,84	0,00

Elde edilen ilk döngü sonuçlarına göre, döngünün son günü olan 05.01.2014 gün sonu stok miktarları, bir sonraki döngünün başlangıç stok miktarları olarak kullanılmıştır. 2014 yılının ikinci M1 modelinin kapsadığı zaman diliminden sonraki 15 günü kapsayan M2 modeli çalıştırıldığında CEM-I ürün grubu için 4181,86 ton karşılanamayan talep ortaya çıkmıştır. Bu miktarların 5 günü kapsayan modelin ikinci döngüsü için hesaplanmış olan emniyet stoklarına eklenmesiyle, döngünün bitiş stok miktarları elde edilmiştir.

Tablo 4- 31: Ürün Gruplarının İkinci Döngüdeki Bitiş Stok Miktarları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
6336,32	382,13	1419,19	1544,13

Modelin ilk döngüsünün, bu veriler kullanılarak çalıştırılması sonucu elde edilen günlük üretim miktarları Tablo 4-32'de sunulmuştur. Döngünün sonunda satış

¹³ Bundan sonraki tablolarda CEM-I, CEM-II, CEM-III ve CEM-IV ürün grupları sırasıyla j=2,3,4 ve 5; çimento değirmenleri ÇD2, ÇD3 ve ÇD4 sırasıyla m=1,2 ve 3; gündüz, puant ve gece alt periyotları sırasıyla z=1,2 ve 3 ve klinker, alçı, tras, kalker ve kül sırasıyla k=1,2,3,4 ve 5 olarak ifade edilmiştir.

miktarlarının elde edilmesiyle gün sonu stok miktarları ve kaybedilen satışlar hesaplanmıştır.

Tablo 4- 32: İkinci Döngü Üretim Miktarları ve Gün Sonu Gerçek Stok Miktarları

Tarih	Model Üretim Sonucu (ton)				Gün Sonu Stok Miktarı (ton)				Satış Miktarı (ton)			
	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5
5.1.2014					6772,56	930,51	2375,80	2632,54				
6.1.2014	1568,63	124,66	930,41	1059,15	6733,14	644,66	1361,33	2821,54	1608,04	410,51	1944,88	870,15
7.1.2014	874,75	728,98	1983,34	62,95	5830,27	983,68	939,47	1375,65	1777,63	389,95	2405,20	1508,85
8.1.2014	1444,87	0,00	2059,69	0,00	5810,47	605,85	891,90	0,00	1464,67	377,83	2107,26	1382,60
9.1.2014	1436,54	0,00	2067,33	0,00	5755,78	253,14	1071,45	0,00	1491,23	352,71	1887,78	857,35
10.1.2014	1462,19	0,00	988,61	1034,97	5849,69	0,00	0,00	745,92	1368,29	379,90	2242,48	289,05

Tablo 4- 33: İkinci Döngü Kaybedilen Satış Miktarları

Tarih	Karşılanamayan Talep Miktarı (ton)			
	j=2	j=3	j=4	j=5
6.1.2014	0,00	0,00	0,00	0,00
7.1.2014	0,00	0,00	0,00	0,00
8.1.2014	0,00	0,00	0,00	6,95
9.1.2014	0,00	0,00	0,00	857,35
10.1.2014	0,00	126,76	182,42	0,00

Buna göre 08.01.2014 ve 09.01.2014 tarihlerinde CEM-IV ürün grubundan sırasıyla 6,95 ve 857,35 ton; 10.01.2014 tarihinde CEM-II ürün grubundan 126,76 ve CEM-III ürün grubundan 182,42 ton satış kaybı yaşanmıştır.

M1'in her döngüsünde bunlara ek olarak modelin kapsadığı zaman aralığındaki talep tahminleri ve türetilen üretim süreleri güncellenmektedir. Diğer tüm parametreler tüm döngülerde sabit tutulmuştur. Modelde kullanılan diğer parametrelerin değerleri Tablo 4-34 – 4-46'de sunulmuştur.

Tablo 4- 34: Alt periyotların kapasitesi (dakika)

z=1	z=2	z=3
660	300	480

Tablo 4- 35: z alt periyodundaki elektrik enerjisi fiyatı – encost (TL/kwH)

z=1	z=2	z=3
0,183194	0,332716	0,075345

Tablo 4- 36: j ürünün birim stokta bulundurulma maliyeti – h (TL/ton)

j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
0	0,056	0,053	0,054	0,051

Tablo 4- 37: m makinesinde j ürününün birim üretim maliyeti – CP (TL/ton)

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
m=1	0	74,59	65,05	0	0
m=2	0	74,59	65,05	0	0
m=3	0	0	0	46,7	43,09

Tablo 4- 38: j ürününün m makinesinde üretilebileceği minimum parti büyüklüğü

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
m=1	0	360	280	0	0
m=2	0	420	480	0	0
m=3	0	0	0	0	0

Tablo 4- 39: j ürününden elde bulundurulabilecek maksimum miktar - maxl (ton)

j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
0	15000	2500	15000	7500

Tablo 4- 40: m makinesinde j ürününün üretilip üretilmediği – uygunluk (0-1 değişkeni)

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
m=1	1	1	1	0	0
m=2	1	1	1	0	0
m=3	1	0	0	1	1

Tablo 4- 41: Hazırlık durumunda yapılan üretimin maliyeti – cst (TL/ton)

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
m=1	0	0	74,59	0	0
m=2	0	0	74,59	0	0
m=3	0	0	0	0	46,7

Tablo 4- 42: m makinesinde j ürününden bir ton üretildiğinde tüketilen enerji - ec (kWh/ton)

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
m=1	0	41	43	0	0
m=2	0	39	41	0	0
m=3	0	0	0	38	42

Tablo 4- 43: j ürününden bir ton satış kaybı gerçekleşmesinin maliyeti - lsc (TL/ton)

j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
0	95,85	99,16	118,52	117,16

Tablo 4- 44: k bileşeninin işleme maliyeti - prcost (TL/ton)

k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
75,67	26,685	11,811	9,345	43,113

4.6.4. Modelin Çalıştırılması

Oluşturulan M1 ve M2 modelleri 2014 yılı için döngüsel olarak Lingo 9.00 programında çözülmüştür. Modellerin döngüsel olarak çalıştırılmasında uygulanan adımlar aşağıda sunulmuştur.

Adım 1: Tüm ürün grupları için günlük talebin tahminlenmesi

Adım 2: M2 modelinin ilk döngüsünün çalıştırılması ve öngörülen kapasite yetersizliklerinin belirlenmesi

Adım 3: M1 modelinin ilk döngüsü için tüm ürün gruplarının emniyet stoklarının hesaplanması, öngörülen kapasite yetersizliklerinin emniyet stoklarına eklenmesi ve döngü sonunda elde bulunması gereken stok miktarlarının hesaplanması

Adım 4: Talep tahminleri, başlangıç sok miktarları, döngü sonu elde bulundurulmaları gereken stok miktarları ve diğer model parametreleri ile M1 modelinin çalıştırılması

Adım 5: M1 modelinin çalıştırılmasıyla ürün gruplarının üretim miktarlarının elde edilmesi

Adım 6: M2 modelinin bir sonraki dönem için çalıştırılması ve öngörülen kapasite yetersizliklerinin belirlenmesi

Adım 7: Ürün gruplarının M1 modelinin kapsadığı dönem için gerçek satışları yapıldıktan sonra, bir sonraki dönem için ürünlerin başlangıç stok miktarları, emniyet stokları ve döngü sonu elde bulunması gereken stok miktarlarının güncellenmesi

Adım 8: Son döngüye kadar 4- 7 adımlarının tekrarlanması

M1 modelinde yer alan toplam değişken sayısı 4855 (900 tam sayı), toplam kısıt sayısı 10412 ve toplam sıfırdan farklı katsayı sayısı 30767'dir. M2 modelinde 2655 değişken (540 tam sayı), 4846 kısıt ve 14555 toplam sıfırdan farklı katsayı sayısı bulunmaktadır. M2 modelinin hem boyutu, hem de makro periyotların 5 gün olması nedeniyle çözüm süresi oldukça kısa sürmüştür. M1 modelinin çözüm süresi ise değişkenlik göstermiştir. Modelin çözüm süresi 5 saat ile kısıtlanmıştır. Modellerin çözümünde Intel Core i7-CPU 2.10GHz 8 Gb Ram Windows7 64-bit özelliklerine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. M1 modelinin ES1 ve ES2 yaklaşımları ile çalıştırıldığı döngülerinin çözüm süreleri Tablo 4-45'de sunulmuştur.

Tablo 4- 45: ES1-M1 ve ES2- M1 Modellerinin Çözüm Süreleri

Döngü No	ES1- M1	ES2- M1	Döngü No	ES1- M1	ES2- M1	Döngü No	ES1- M1	ES2- M1
1	00:13:22	00:00:16	26	05:00:00	00:40:10	51	01:17:49	05:00:00
2	00:01:34	00:10:04	27	00:52:12	00:35:58	52	00:08:36	00:10:51
3	00:02:16	00:08:06	28	00:01:26	00:05:11	53	04:44:39	01:41:12
4	00:19:53	00:05:12	29	00:01:27	00:02:04	54	00:08:00	00:50:54
5	00:03:42	00:07:51	30	00:02:11	00:02:05	55	00:25:05	00:01:31
6	00:03:51	00:01:05	31	00:04:32	00:03:59	56	04:45:30	00:00:16
7	01:01:13	00:16:00	32	00:02:49	04:32:21	57	00:00:03	00:03:37
8	00:12:08	00:20:01	33	00:03:27	00:06:18	58	00:11:12	04:52:22
9	05:00:00	00:21:52	34	04:58:17	01:29:57	59	00:06:37	01:02:48
10	00:10:25	00:06:00	35	00:11:16	00:43:14	60	00:10:07	01:22:39
11	00:02:21	00:03:00	36	00:06:57	01:37:29	61	00:04:45	00:03:48
12	00:03:03	00:02:06	37	00:06:40	00:04:51	62	00:06:14	00:03:49
13	00:04:09	00:06:05	38	00:07:00	00:31:51	63	00:08:55	02:35:00
14	00:04:59	00:18:40	39	00:00:45	01:35:15	64	00:01:35	00:06:22
15	00:01:18	00:49:32	40	00:32:05	02:24:41	65	00:03:25	00:45:11
16	00:01:57	00:32:00	41	00:00:54	00:03:11	66	05:00:00	00:08:52
17	00:04:24	02:31:53	42	03:00:14	00:01:34	67	00:07:31	00:03:49
18	02:20:15	00:19:13	43	00:42:10	00:02:04	68	00:06:55	00:03:08
19	00:09:44	00:06:43	44	03:24:09	05:00:00	69	04:47:32	01:28:43
20	00:02:23	00:02:46	45	00:20:35	00:28:45	70	00:25:00	00:12:47
21	00:03:28	00:11:02	46	01:15:55	05:00:00	71	04:59:57	04:54:18
22	00:02:39	00:01:36	47	00:03:21	00:01:47	72	04:48:48	05:00:00
23	00:01:19	00:01:54	48	02:46:02	00:02:17	73	00:18:59	00:37:44
24	00:04:03	01:35:12	49	00:01:11	01:08:12			
25	02:32:54	00:24:25	50	00:00:58	00:07:35			

4.6.5. Modele Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Bu bölümde M1 modelinin ES1 ve ES2 emniyet stoğu yaklaşımları ile 2014 yılı için döngüsel olarak çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar ve bu modellerin kayıp satışların gerçekleştiği döngülerinin yeniden çalıştırılması ile elde edilen sonuçları¹⁴ gerçek üretim performansı ile karşılaştırılarak sunulacak ve değerlendirilecektir. Model sonuçları ile gerçek üretimi birebir karşılaştırabilmek için ikisinde de aynı üretim süreleri kullanılmıştır. Firmadan sadece 2014 yılında hangi ürün grubundan hangi

¹⁴ ES1-M1 modelinin kayıp satışlarının çalıştırıldığı model ES1-M1-KS, ES2-M1 modelinin ise ES2-M1-KS olarak ifade edilmiştir.

değirmende ne kadar üretildiği verisi alınabilmektedir. Üretimin gerçekleştirildiği zaman dilimleri ve üründen ürüne geçişler ile ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır. Gerçek üretim ile model sonuçlarını karşılaştırabilmek için, her gün her değirmende gerçekte ne kadar süre üretim yapıldığı bulunarak, bu süre alt periyotlara atanmıştır. Atama işlemi her değirmen için enerji maliyetini minimize edecek şekilde, üretimi daha yüksek enerji maliyeti gerektiren ürün öncelikli olacak şekilde en düşük enerji maliyetli alt periyoda maksimum atanarak, yeterli olmadığı durumda bir sonraki en düşük alt periyoda geçiş yapılarak gerçekleştirilmiştir. Performans, üretim miktarları ve maliyetleri, gün sonu stok miktarları ve maliyetleri, değirmenlerin alt periyotlardaki kullanım süreleri, enerji maliyetleri, klinker ve katkı maddelerinin işleme maliyetleri, kaybedilen satış miktarları ve maliyetleri karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

4.6.5.1. ES1-M1 – ES2-M1 Modellerinin Sonuçları

Bu bölümde ES1-M1 – ES2-M1 modellerinin 2014 yılı performansları üretim ve stok miktar ve maliyetleri, değirmenlerin kullanım süreleri, enerji, klinker - katkı maddelerinin ve kaybedilen satışların maliyetleri açısından değerlendirilmiş ve gerçek üretim performansı ile karşılaştırılmıştır.

4.6.5.1.1. Üretim Miktarları ve Maliyetleri

ES1-M1 model sonuçlarına göre 2014 yılında **CEM-I** ürün grubundan toplam olarak **282.931,61** ton, **CEM-II** ürün grubundan **94.431,42** ton, **CEM-III** ürün grubundan **661.809,34** ton ve **CEM-IV** ürün grubundan **160.797,5** ton üretilmiştir. **CEM-II** ürün grubunun toplam üretiminin **2.565,70** ve **CEM-IV** ürün grubunun **4.023,49** tonu üründen ürüne geçiş sırasında gerçekleşmiştir.

ES2-M1 model sonuçlarına göre 2014 yılında **CEM-I** ürün grubundan toplam olarak **281.193,27** ton, **CEM-II** ürün grubundan **93.238,00** ton, **CEM-III** ürün grubundan **650.794,39** ton ve **CEM-IV** ürün grubundan **157.310,87** ton üretilmiştir. **CEM-II** ürün

grubunun toplam üretiminin **2.721,08** ve **CEM-IV** ürün grubunun **4.333,61** tonu üründen ürüne geçiş sırasında gerçekleşmiştir.

2014 yılı gerçekleşen üretim miktarlarına bakıldığında ise **CEM-I** ürün grubundan toplam olarak **286.763,54** ton, **CEM-II** ürün grubundan **99.123,45** ton, **CEM-III** ürün grubundan **662.512,36** ton ve **CEM-IV** ürün grubundan **162.488,02** ton üretildiği görülmektedir. Firmada 2014 yılında gerçekleştirilen üründen ürüne geçişler ile ilgili veriler tutulmamıştır. Üretim miktarlarının alt periyotlara enerji maliyetini minimize edecek şekilde atanması durumunda alt periyotlarda gerçekleştirilmesi gereken hazırlık işlemleri hesaplanmıştır. Buna göre **CEM-II** ürün grubunun toplam üretiminin **9.066,46** ve **CEM-IV** ürün grubunun **8.687,492** tonu üründen ürüne geçiş sırasında gerçekleşmiştir.

Tablo 4-46 – 4-59 ‘da model sonuçlarına ve gerçek üretim verilerine göre 2014 yılında kaç kez üründen ürüne geçiş yapıldığı, enerji maliyetlerinin farklılaştığı alt periyotlarda üründen ürüne geçiş ve sonrasında yapılan üretim miktarı ve maliyetleri sunulmuştur.

Tablo 4- 46: 2014 Yılı Toplam Hazırlık İşlem Sayıları

Değirmen	ES1-M1	ES2-M1	Gerçekleşen
ÇD2	18	12	10
ÇD3	44	51	188
ÇD4	63	68	136

Tablo 4- 47: ES1-M1 Model Sonucuna Göre 2014 Yılında Alt Periyotlarda Hazırlık İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)

Değirmen	CEM-II			CEM-IV		
	z=1	z=2	z=1	z=2	z=1	z=2
ÇD2	365,50	28,52	114,77	0	0	0
ÇD3	1.127,29	46,75	882,87	0	0	0
ÇD4	0	0	0	1.278,57	0	2.744,93

Tablo 4- 48: ES2-M1 Model Sonucuna Göre 2014 Yılında Alt Periyotlarda Hazırlık İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)

Değirmen	CEM-II			CEM-IV		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD2	196,29	28,075	116,14	0	0	0
ÇD3	651,16	45,58	1.683,84	0	0	0
ÇD4	0	0	0	1.335,13	64,07	2.934,41

Tablo 4- 49: Gerçek Üretim Verilerine Göre 2014 Yılında Alt Periyotlarda Hazırlık İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)

Değirmen	CEM-II			CEM-IV		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD2	83,73	0	201,30	0	0	0
ÇD3	850,73	0	7.930,70	0	0	0
ÇD4	0	0	0	2.171,05	0	6.516,44

Tablo 4- 50: ES1-M1, ES2-M1 Modellerinin ve Gerçekleşen Üretimin 2014 Yılı Hazırlık İşlemleri Sırasında Gerçekleştirilen Üretim Maliyeti (TL)

Değirmen	ES1-M1		ES2-M1		Gerçekleşen	
	CEM-II	CEM-IV	CEM-II	CEM-IV	CEM-II	CEM-IV
ÇD2	37.950,57		25.398,64		21.260,22	
ÇD3	153.425,20		177.566,80		655.006,69	
ÇD4		187.897,10		202.379,56		405.705,85
Toplam	379.272,87		405.345,00		1.081.972,76	

Buna göre 2014 yılı gerçek üretim verilerinin daha önce belirtilen şekilde alt periyotlara atanması sonucunda elde edilen hazırlık sayılarına göre, hazırlık işlemi sırasında gerçekleştirilen üretimin toplam maliyeti 1.081.972,76 TL'dir. ES1-M1 model sonucuna göre bu maliyet 379.272,87 TL; ES2-M1 model sonuçlarına göre ise 405.345,00 TL olarak gerçekleşmiştir. Buna göre ES1-M1 modeli ile 2014 yılı boyunca üründen ürüne geçiş sırasında yapılan üretimin maliyeti **702.699,89 TL** ve ES2-M1 ile ise **676.627,76 TL** azalmaktadır.

Tablo 4- 51: ES1-M1 Model Sonucuna Göre Hazırlık İşlemi Sonrasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)

Değirmen	CEM-I			CEM-II		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD2	18.015,63	3.860,57	84.875,53	4.301,65	38,90	24.451,07
ÇD3	47.259,60	5.745,66	123.174,60	21.495,22	818,29	40.760,58

Değirmen	CEM-III			CEM-IV		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD4	348.969,80	51.419,54	261.42	36.335,92	3.793,47	116.644,60

Tablo 4- 52: ES2-M1 Model Sonucuna Göre Hazırlık İşlemi Sonrasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)

Değirmen	CEM-I			CEM-II		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD2	15.943,06	2.226,05	84.661,26	3.891,80	394,85	24.332,02
ÇD3	50.269,47	6.172,73	121.920,71	19.025,41	681,22	42.191,62

Değirmen	CEM-III			CEM-IV		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD4	358.987,86	35.937,15	255.869,37	29.263,48	2.569,70	121.144,08

Tablo 4- 53: Gerçek Üretim Verilerine Göre Hazırlık İşlemi Sonrasında Gerçekleştirilen Üretim Miktarı (Ton)

Değirmen	CEM-I			CEM-II		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD2	29.479,16	2.266,54	108.724,49	776,31	161,40	2.486,16
ÇD3	61.520,81	9.630,75	75.141,79	11.004,44	1023,41	74.605,27

Değirmen	CEM-III			CEM-IV		
	z=1	z=2	z=3	z=1	z=2	z=3
ÇD4	361.680,66	78.551,78	222.279,92	22.719,87	1.092,16	129.988,50

Tablo 4- 54: ES1-M1 Model Sonuçlarına Göre Hazırlık İşlemleri Sonrası Gerçekleştirilen Üretimin Maliyeti (TL)

Değirmen	CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
ÇD2	7.962.611,27	1.872.895,02		
ÇD3	13.141.257,65	4.102.969,73		
ÇD4			30.906.496,13	6.755.393,17

Tablo 4- 55: ES2-M1 Model Sonuçlarına Göre Hazırlık İşlemleri Sonrası Gerçekleştirilen Üretimin Maliyeti (TL)

Değirmen	CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
ÇD2	7.670.116,99	1.861.644,24		
ÇD3	13.304.089,18	4.026.481,12		
ÇD4			30.392.097,79	6.591.790,11

Tablo 4- 56: Gerçek Üretim Verilerine Göre Hazırlık İşlemleri Sonrası Gerçekleştirilen Üretimin Maliyeti (TL)

Değirmen	CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
ÇD2	10.477.671,99	222.722,96		
ÇD3	10.912.020,20	5.635.484,33		
ÇD4			30.939.327,21	6.627.264,93

Tablo 4- 57: ES1-M1 Model Sonuçlarına Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Toplam Üretim Maliyetleri (TL)

Değirmen	CEMI 42,5R	CEMIIAM(PL) 42,5N	CEMIIBM(LW) 42,5R	CEMIVB(PW) 32,5R	Toplam
ÇD2	7.962.611,27	1.910.845,59			9.873.456,86
ÇD3	13.141.257,65	4.256.394,93			17.397.652,58
ÇD4			30.906.496,13	6.943.290,27	37.849.786,40
Toplam	21.103.868,92	6.167.240,52	30.906.496,13	6.943.290,27	65.120.895,84

Tablo 4- 58: ES2-M1 Model Sonuçlarına Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Toplam Üretim Maliyetleri (TL)

Değirmen	CEMI 42,5R	CEMIIAM(PL) 42,5N	CEMIIBM(LW) 42,5R	CEMIVB(PW) 32,5R	Toplam
ÇD2	7.670.116,99	1.887.042,88			9.557.159,87
ÇD3	13.304.089,18	4.204.047,93			17.508.137,10
ÇD4			30.392.097,79	6.794.169,67	37.186.267,46
Toplam	20.974.206,16	6.091.090,81	30.392.097,79	6.794.169,67	64.251.564,43

Tablo 4- 59: Gerçek Üretim Verilerine Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Toplam Üretim Maliyetleri (TL)

	CEMI 42,5R	CEMIIAM(PL) 42,5N	CEMIIBM(LW) 42,5R	CEMIVB(PW) 32,5R	Toplam
ÇD2	10.477.671,99	243.983,18			10.721.655,17
ÇD3	10.912.020,20	6.290.491,02			17.202.511,22
ÇD4			30.939.327,21	7.032.970,78	37.972.297,99
Toplam	21.389.692,19	6.534.474,20	30.939.327,21	7.032.970,78	65.896.464,38

2014 yılı gerçek üretim verilerine göre, hazırlık işlemi sonrasında gerçekleştirilen üretimin toplam maliyeti 64.814.491,62 TL 'dir. ES1-M1 model sonuçlarına göre bu maliyet 64.741.622,97 TL, ES2-M1 model sonuçlarına göre ise 63.846.219,43 TL olarak gerçekleşmiştir. Buna göre ES1-M1 modeli ile 2014 yılı boyunca üründen ürüne geçiş sonrasında yapılan üretimin maliyeti **72.868,65 TL**, ES2-M1 modeli ile ise **968.272,19 TL** azalmaktadır. Üründen ürüne geçiş ve sonrasında yapılan üretimin toplam maliyeti ise gerçek üretim verileri ile 65.896.464,38 TL olarak oluşurken, ES1-M1 modeli ile 65.120.895,84 ve ES2-M1 modeli ile 64.251.564,43TL şeklinde ortaya çıkmıştır. Toplam üretim maliyetinde ES1-M1 modeli ile **775.568,54 TL**, ES2-M1 modeli ile **1.644.899,95 TL** düşüş elde edilmiştir. 2014 yılı model ile elde edilen ve gerçekte yapılan üretim miktarları Ek 13'te sunulmuştur.

4.6.5.1.2. Stok Miktarları ve Maliyetleri

ES1-M1 sonuçlarına göre 2014 yılı için ürünlerin gün sonu stok miktarları toplamı CEM-I, CEM-II, CEM-III ve CEM-IV için sırasıyla 1.357.125,10; 415.646,96; 1.716.614,77 ve 1.209.392,63 ton şeklindedir. ES2-M1 sonuçlarına göre gün sonu stok miktarları toplamı aynı ürün grubu sıralaması için sırasıyla 1.107.040,48; 267.998,15; 1.010.869,59 ve 662.936,85 ton şeklinde elde edilirken, 2014 yılı gerçek gün sonu stok miktarları 1.540.566,154; 869.072,8533; 2.251.547,862 ve 1.166.341,608 ton olmuştur.

Tablo 4- 60: ES1-M1 Model Sonuçlarına Göre 2014 Yılı Toplam Gün Sonu Stok Miktarları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
1.357.125, 10	415.646,96	1.716.614,77	1.209.392,63

Tablo 4- 61: ES2-M1 Model Sonuçlarına Göre 2014 Yılı Toplam Gün Sonu Stok Miktarları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
1.107.040,48	267.998,15	1.010.869,59	662.936,85

Tablo 4- 62: Gerçek Üretim Verilerine Göre 2014 Yılı Toplam Gün Sonu Stok Miktarları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
1.540.566,15	869.072,85	2.251.547,86	1.166.341,61

ES1-M1 modeli ile elde edilen gün sonu stok miktarları ile gerçek stok verileri ile karşılaştırıldığında, ES1-M1 modeli ile CEM-IV ürün grubu dışındaki tüm ürün gruplarında daha az stok tutulduğu görülmüştür. ES2-M1 modeli ise tüm ürün gruplarında gerçek stok miktarının oldukça altında sonuç vermiştir. Tablo 4-63 ve 4-64'te modeller ile elde edilen 2014 yılı toplam gün sonu stok miktarları toplamı ile gerçekleşen stok miktarları toplamı arasındaki farklar sunulmuştur.

Tablo 4- 63: ES2-M1 Modeli – Gerçekleşen Stok Miktarları Farkları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
183.441,05	453.425,89	534.933,09	-43.051,02

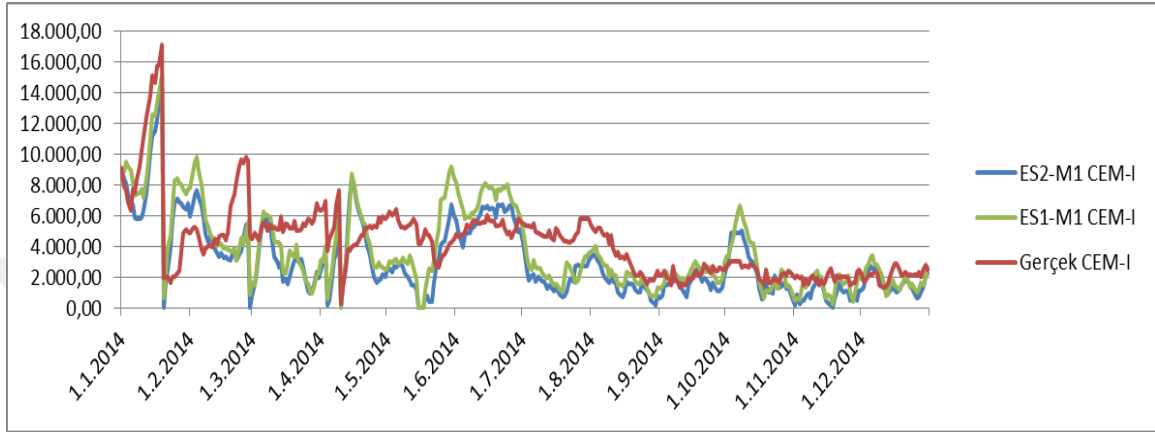
Tablo 4- 64: ES2-M1 Modeli – Gerçekleşen Stok Miktarları Farkları (ton)

CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
433.525,67	601.074,70	1.240.678,27	503.404,76

ES1-M1 modeli ile stoklama maliyetinde CEM-I, CEM-II ve CEM-III ürün grupları için sırasıyla 10.202,34; 23.957,04 ve 29.007,30 TL'lik maliyet düşüşü; CEM-IV ürün grubu için ise 2.214,77 TL'lik bir maliyet artışı ortaya çıkmaktadır. Toplamda elde edilen maliyet azalışı ise **60.951,9 TL**'dir. ES2-M1 modeli ile ürün grupları için sırasıyla

24.111,15; 31.758,15; 67.277,05 ve 25.897,76 TL daha düşük stok maliyeti ortaya çıkmaktadır. Toplamda elde edilen maliyet azalışı ise **149.044,11 TL**'dir.

Grafik 4- 1: CEM-I Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları

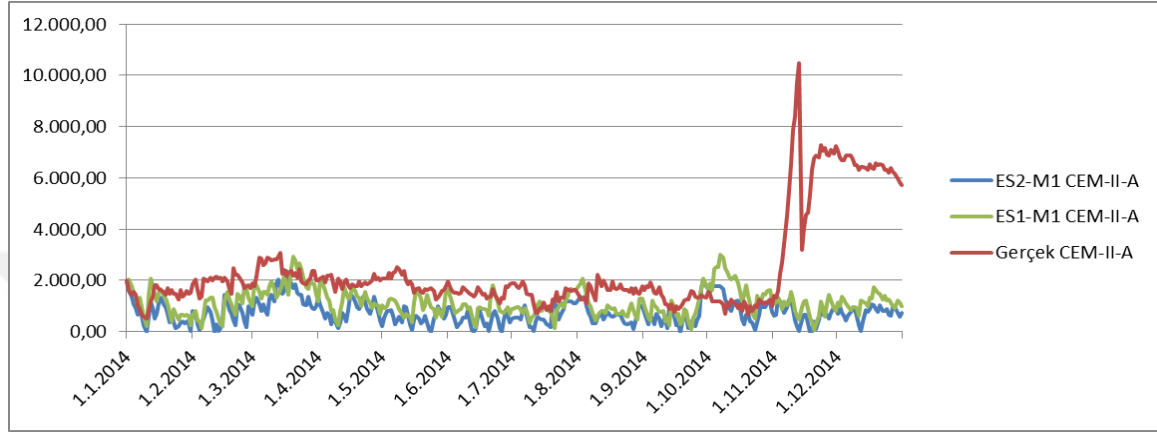


CEM-I ürün grubunun ES1-M1 ve ES2-M1 ile elde edilen gün sonu stok miktarları 2014 yılının büyük bir bölümünde gerçek stok miktarlarının altında kalmıştır. Model stok miktarlarında sıfır olarak görünen noktalar, talep tahmini ve emniyet stoğunu temel alarak oluşan üretim miktarlarının, gerçekleşen satışı karşılayamadığı durumlarda ortaya çıkmıştır. 2014 yılının tamamında ES1-M1 model sonucu ile gerçek stok verileri arasındaki farklar incelendiğinde, farkın ortalaması 502,58; ortanca değeri 558,43 ve üst çeyrek değeri 2092,61 ton olarak bulunmuştur. 2014 yılının tamamında ES2-M1 model sonucu ile gerçek stok verileri arasındaki farklar incelendiğinde, farkın ortalaması 1187,74; ortanca değeri 1051,73 ve üst çeyrek değeri 2774,522 ton olarak bulunmuştur.

Kaybedilen satış miktarını en aza indirmeyi amaçlayan ES1-M1 ile kaybedilen satış miktarı ile elde bulundurulacak stok miktarını dengelemeye çalışan ES2-M1 modelleri ile elde edilen stok miktarlarının farkları incelendiğinde, ES2-M1 modeli ile ES1-M1 modeline göre oldukça düşük stok seviyelerinin elde edildiği görülmüştür. Aradaki farkın ortalamasının 685.16, ortanca değerinin 607.95 ve üst çeyrek değerinin 1010.14 ton olduğu görülmüştür. Bu ürün grubunun 2014 yılı gün sonu gerçek stok

miktarlarının ortalaması 4220,73 tondur. ES2-M1 modeli ile elde edilen stok azalışının ortalama ve ortanca değeri düşünüldüğünde, bu ürün grubu için yıl boyu gerçek stok miktarlarının ortalama %24,9 altında stok ile çalışılabileceği görülmüştür¹⁵.

Grafik 4- 2: CEM-II Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları



CEM-II ürün grubunun ES2-M1 modeli ile elde edilen gün sonu stok miktarları 2014 yılı boyunca dengeli bir seyir izlemiştir. Sadece eylül sonundan başlayan ve ekim ortalarına kadar devam eden zaman diliminde düzenli olarak gerçek gün sonu stok miktarlarının üstünde yer almıştır. Diğer tüm zaman dilimlerinde ise birkaç gün¹⁶dışında gerçek stok verilerinin aşağısındadır. ES1-M1 modeli ile elde edilen gün sonu stok miktarları ES2-M1'e benzer bir seyir izlemekle birlikte daha yukarıda yer almıştır; 2014 yılının çok büyük bir bölümünde gerçek stok miktarlarının altında yer almıştır.

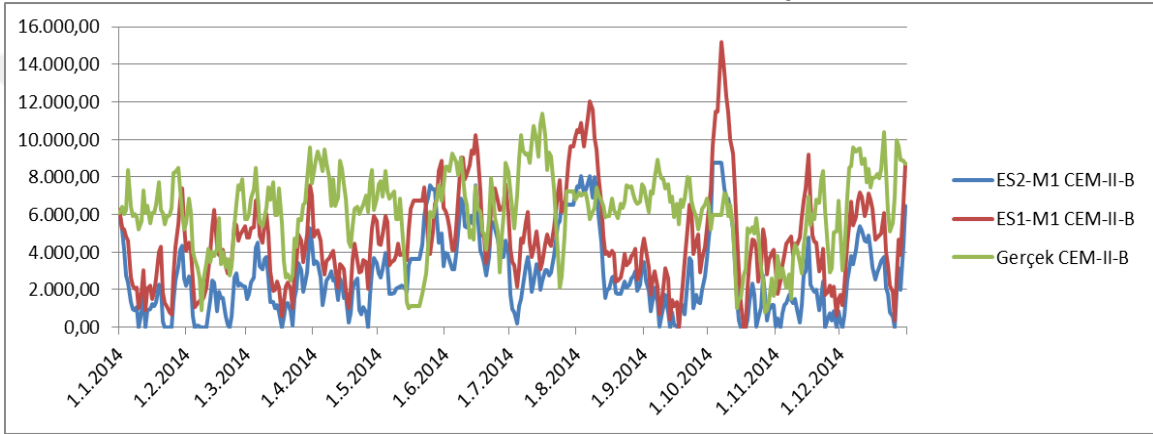
2014 yılının tamamında ES1-M1 model sonucu ile gerçek stok verileri arasındaki farklar incelendiğinde, farkın ortalaması 1.242,26; ortanca değeri 704,86 ve üst çeyrek değeri 1.214,02 ton olduğu görülmüştür. 2014 yılının tamamında ES2-M1 model sonucu ile gerçek stok verileri arasındaki farklar incelendiğinde ise farkın ortalaması 1.646,78; ortanca değeri 1.075,58 ve üst çeyrek değeri 1.531,83 ton olarak

¹⁵ Stok azalış yüzdeleri hesaplanırken, günlük stok miktarı farklarının ortalama ve ortanca değerinden küçük olanı kullanılmıştır.

¹⁶ 07.01.2014, 17.03.2014, 02.08.2014 ve 04.08.2014

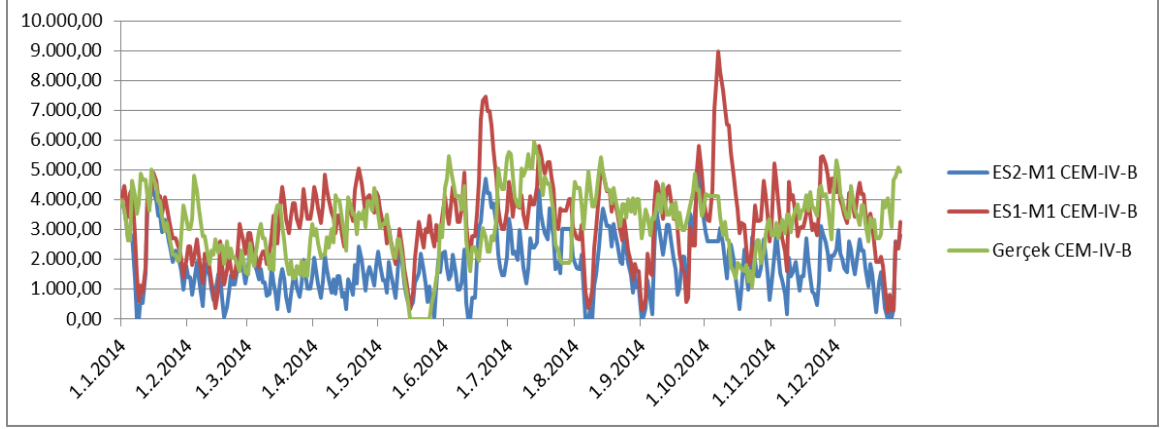
gerçekleşmiştir. ES1-M1 ile ES2-M1 modellerinin stok miktarlarının farkları incelendiğinde, ES2-M1 modelinin 2014 yılı gün sonu stok miktarı ortalamasının ES1-M1 modeline göre %35 daha az olduğu görülmektedir. Aradaki farkın ortalaması 404,52; ortanca değeri 396.77 ve üst çeyrek değeri 569,05'tir. ES2-M1 modeli ile elde edilen stok azalışının ortalama ve ortanca değeri düşünüldüğünde, yıl boyu gerçek stok miktarlarının neredeyse yarısı ile çalışılabileceği görülmüştür.

Grafik 4- 3: CEM-III Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları



CEM-III ürün grubunun ES1-M1 ve ES2-M1 modelleri ile elde edilen gün sonu stok miktarları, 2014 yılının çok büyük bir kısmında gerçek stok miktarlarının oldukça altında yer almıştır. 2014 yılının tamamında modellerin sonuçları ile gerçek stok verileri arasındaki farklar incelendiğinde, ES1-M1 modeli ile aradaki farkın ortalaması 1.465,57 ton; ortanca değeri 1.977,06 ton ve üst çeyrek değeri 3.659,05 ton; ES2-M1 modeli aradaki farkın ortalaması 3.399,12 ton; ortanca değeri 3.914,73 ton ve üst çeyrek değeri 5250,63 ton olarak bulunmuştur. ES1-M1 modeli ile elde edilen ortalama stok miktarı, gerçekleşen ortalama stok miktarından %23,76; ES2-M1 ile elde edilen ortalama stok miktarı ise gerçekleşen ortalama stok miktarından %55,10 daha düşüktür. ES2-M1 modeli ile elde edilen gün sonu stok miktarlarının ES1-M1 modeline göre ortalama 1.933,55 ton daha az olduğu görülmüştür. Aynı zamanda aradaki farkın ortanca değeri 1.840,27 ton ve üst çeyrek değeri 2.578,27 ton olmuştur.

Grafik 4- 4: CEM-IV Ürün Grubu 2014 Yılı ES1-M1 - ES2-M2 - Gerçek Gün Sonu Stok Miktarları



CEM-IV ürün grubu en yüksek talebe sahip ürün grubu olan CEM-III ile birlikte sadece ÇD4 değirmeninde öğütülebilmektedir. ES1-M1 modelinde, kayıp satış miktarları en aza indirilmeye çalışıldığı için emniyet stok miktarları yüksek tutulmaktadır. Aynı zamanda M2 modelinde, CEM-III ve CEM-IV ürün gruplarının talep tahminlerinin ÇD4 değirmeninin kapasitesini aştığı durumlarda, CEM-IV ürün grubunun kayıp satışları ortaya çıkmaktadır. ES1-M1 modelinde CEM-IV ürün grubunun emniyet stoklarına eklenen bu miktarlar nedeniyle, özellikle 2014 yılının ekim ayının başlarında ES1-M1 modelinin bu ürün grubunun gün sonu stok miktarları gerçek stok miktarlarının oldukça üstünde yer almıştır. Sonuç olarak ES1-M1 modeli ile elde edilen gün sonu stok miktarlarının ortalaması, bu ürün grubunun gerçek stok miktarı ortalamasının 117,95 ton üstünde yer almıştır. Stok miktarları farkının (ES1-M1- gerçek stok) ortanca değeri 120,62 ve üst çeyrek değeri 824,82 ton olmuştur. CEM-IV ürün grubunun ES2-M1 modeli ile elde edilen gün sonu stok miktarları 2014 yılının çok büyük bir bölümünde gerçek stok miktarlarının altında kalmıştır¹⁷. 2014 yılının tamamında ES2-M1 model sonucu ile gerçek stok verileri arasındaki farklar incelendiğinde, farkın ortalaması 1379,19; ortanca değeri 1441,58 ve üst çeyrek değeri 2241,70 ton olarak bulunmuştur. Bu tanımlayıcı istatistiklerden de görüldüğü gibi ES2-M1 modeli ile elde edilen stok değerleri, gerçek stok değerlerinin oldukça altındadır. Bu ürün grubunun 2014 yılı gün

¹⁷ CEM-IV ürün grubunun ES2-M1 modeli ile elde edilen stok miktarlarının gerçek stok miktarının düzenli olarak üstünde olduğu zaman dilimleri 1-4 Mart, 16-26 Mayıs, 17-24 Haziran, 26-30 Temmuz, 13-15 Ekim şeklindedir.

sonu gerçek stok miktarlarının ortalaması 3195,46 tondur. Bu ürün grubu için de ES2-M1 modeli ile elde edilen stok azalışının ortalama ve ortanca değeri düşünüldüğünde, ortalama olarak yıl boyu gerçek stok miktarlarının %43,5 altında stok ile çalışılabileceği görülmüştür. 2014 yılı modeller ile elde edilen ve gerçekleşen stok miktarları Ek 14'te sunulmuştur.

4.6.5.1.3. Değirmenlerin Kullanım Süreleri

2014 yılı boyunca enerji maliyetinin farklılaştığı üç alt periyotta, değirmenlerin hazırlık ve üretim için gerçekte ne kadar süre çalıştırıldığı ve geliştirilen model sonuçlarına göre ne kadar çalıştırılması gerektiği Tablo 4-65 ve Tablo 4-67'de gösterilmiştir.

Tablo 4- 65: ES1-M1 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika)

Değirmen	z=1 (Gündüz)	z=2 (Puant)	z=3 (Gece)	Toplam
ÇD2	30.317,17	5.008,66	146.351,41	181.677,24
ÇD3	63.620,50	5.930,39	149.237,69	218.788,58
ÇD4	169.553,54	24.119,03	169.911,68	363.584,24
Toplam	263.491,20	35.058,08	465.500,78	764.050,06

Tablo 4- 66: ES2-M1 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika)

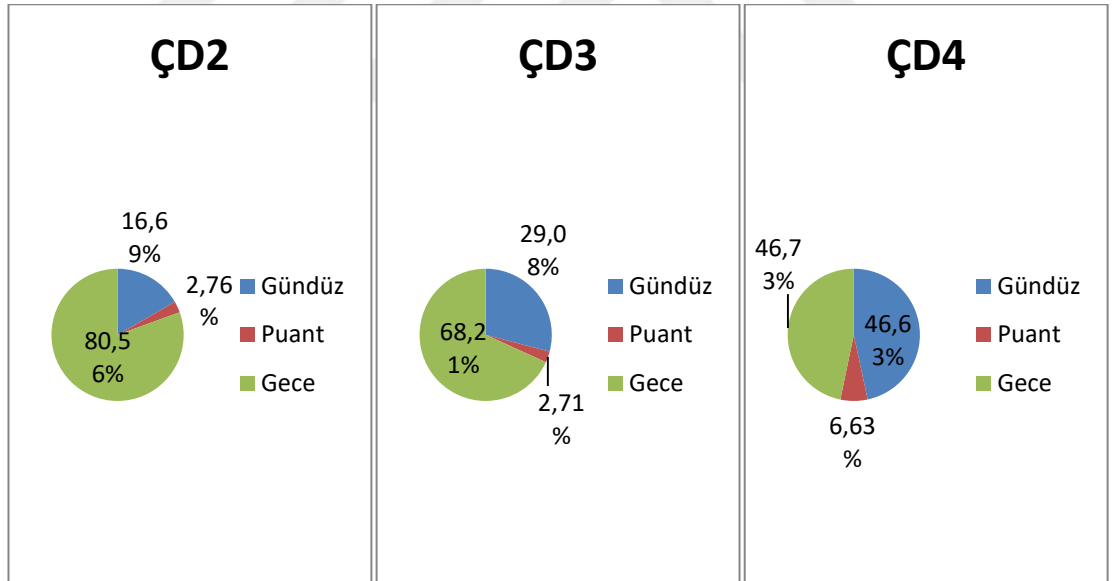
Değirmen	z=1 (Gündüz)	z=2 (Puant)	z=3 (Gece)	Toplam
ÇD2	26.742,86	3.507,93	146.112,90	176.363,69
ÇD3	63.435,78	6.188,77	150.261,60	219.886,15
ÇD4	170.481,53	16.850,28	169.462,07	356.793,89
Toplam	260.660,17	26.546,98	465.836,58	753.043,73

Tablo 4- 67: 2014 Yılı Değirmenlerin Gerçekleşen Alt Periyot Kullanım Süreleri (dakika)

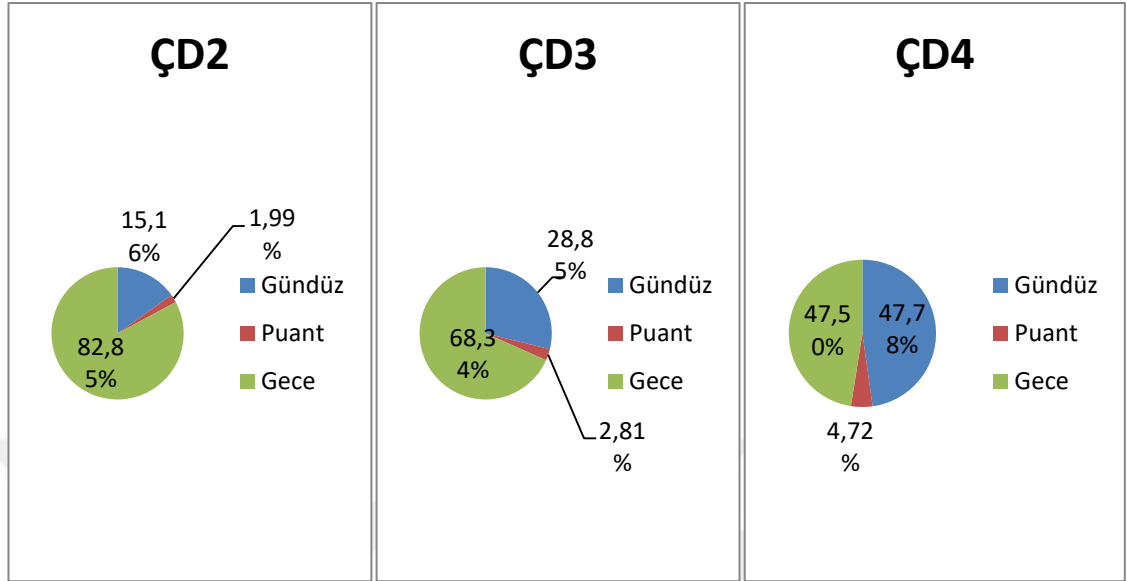
Değirmen	z=1 (Gündüz)	z=2 (Puant)	z=3 (Gece)	Toplam
ÇD2	38.617,42	3.089,18	141.693,90	183.400,50
ÇD3	65.741,93	9.379,14	145.775	220.896,07
ÇD4	169.074,40	34.583,88	160.927,30	364.585,58
Toplam	273.433,75	47.052,19	448.396,20	768.882,14

ES1-M1 sonuçlarına göre değirmenlerde 2014 yılında toplam olarak 4.832,08 dakika (3,36 gün); ES2-M1 sonuçlarına göre ise 15.761,72 dakika (10,95 gün) daha az çalışılmaktadır. Değirmenlerin kullanım sürelerinin gündüz, puant ve gece alt periyotlarına nasıl dağıldığı modeller ve gerçekleşen durum için Grafik 4-5 – Grafik 4-7’de verilmiştir. Tüm değirmenlerde elektrik enerjisi maliyetinin en düşük olduğu gece alt periyodunun en yüksek kullanım oranına ES2-M1 modeli ile ulaşılmıştır. ÇD3’te gece alt periyodunun kullanım yüzdesi ES1-M1 ve ES2-M1 modellerinde birbirine çok yakındır. Model sonuçları tüm değirmenler için gerçek performanstan daha fazla gece alt periyodunun kullanım yüzdesi ortaya koymuştur. Tüm değirmenlerin hem çalışma süreleri hem de bu sürelerin alt periyotlara dağılımı açısından en başarılı sonuçlara ES2-M1 modeli ile ulaşılmaktadır.

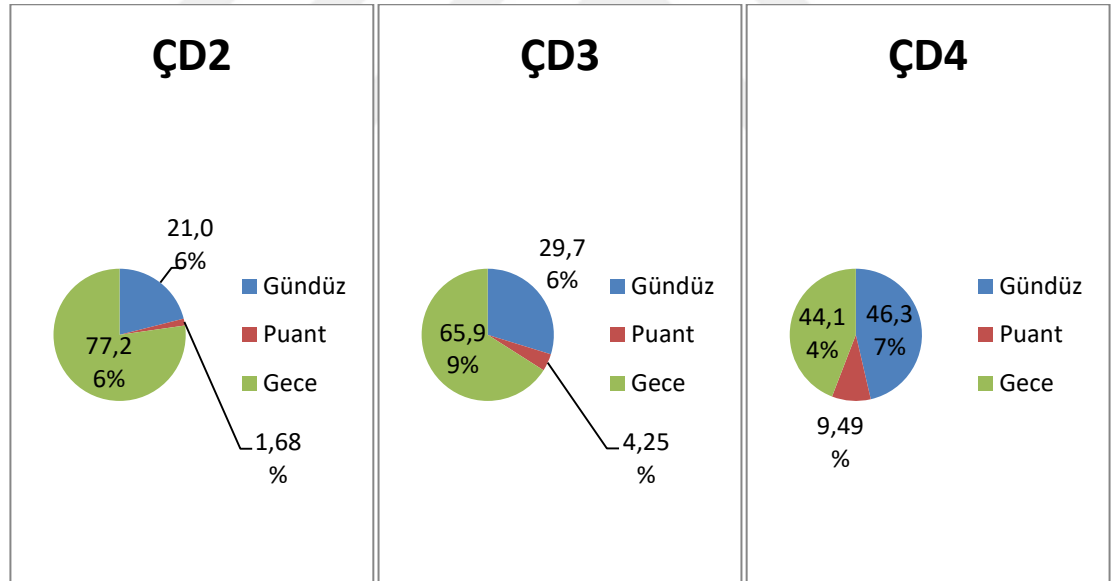
Grafik 4- 5: ES1-M1 Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı



Grafik 4- 6: ES2-M1 Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı



Grafik 4- 7: Değirmenlerin Gerçek Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı



4.6.5.1.4. Enerji Maliyeti

2014 yılı boyunca tüketilen elektrik enerjisinin toplam maliyeti ES1-M1 model sonuçlarına göre 6.200.116,35 TL; ES2-M1 modeline göre 5.970.728,51 TL ve en düşük enerji maliyetine sahip alt periyotlardan başlanarak üretim miktarının dağıtıldığı gerçek üretim verilerine göre 6.535.780,42 TL olarak bulunmuştur. ES1-M1 modeli ile gerçek

üretime göre **335.664,07 TL**, ES2-M1 modeli ile ise **565.051,91 TL** tasarruf elde edilmektedir.

Modellerin gerçek üretim performansına göre düşük enerji maliyetli üretim çizelgeleri oluşturmada, modeller ile değirmenlerin kullanım sürelerinin azalması, gece kullanım oranlarının artması ve ÇD2 ve ÇD3 değirmenlerinde CEM-I ve CEM-II ürün gruplarının üretim oranlarındaki değişim etkili olmuştur. 2014 yılı gerçek üretim verilerine göre üretilen toplam CEM-I miktarının %49'u ÇD2'de, %51'i ÇD3'te; toplam CEM-II'nin %3,8'i ÇD2'de ve %96,2'si ÇD3'te üretilmiştir. ES1-M1 ve ES2-M1 modellerine göre ise sırasıyla CEM-I %37,7 ve %36,6 oranında ÇD2'de, %62,3 ve %63,4 oranlarında ÇD3'te; CEM-II %31,3 ve %31,6 oranlarında ÇD2'de ve %68,7 ve %68,4 oranlarında ÇD3'te üretilmektedir. ES1-M1 ve ES2-M2 modelleri ile sırasıyla ÇD3'te CEM-I 29.886,51 ve 32.069,56 ton daha fazla üretilirken, CEM-II'nin üretim miktarı sırasıyla 30.283,55 ve 31.135,72 ton azalmıştır. Buna bağlı olarak da ÇD2'de 33.718,46 ve ES2-M2'de 37.639,82 ton daha az CEM-I ve 25.591,51 ve 25.250,28 ton daha fazla CEM-II üretilmiştir. ÇD2 ve ÇD3 değirmenlerinin üretim miktarlarının dağılımındaki bu değişim bu değirmenlerde daha az elektrik enerjisi kullanılmasına katkıda bulunmuştur.

4.6.5.1.5. Klinker ve Katkı Maddelerinin Maliyetleri

Modelde yer alan ürün gruplarının birim üretim maliyetleri, klinker-katkı maddelerinin işleme maliyetlerini içermemektedir. Bu nedenle burada model sonuçları ile gerçek sonuçlar 2014 yılı boyunca kullanılan toplam klinker ve katkı maddesi miktarı ve maliyeti açısından karşılaştırılmıştır. ES1-M1 ve ES2-M1 modelleri ile 2014 yılında çimento öğütme sürecinde ve gerçekte kullanılan toplam klinker ve katkı maddesi miktarları Tablo 4-68'de ifade edilmiştir.

Tablo 4- 68: 2014 Yılı ES1-M1, ES2-M2 ve Gerçekleşen Klinker ve Katkı Maddeleri Kullanım Miktarları

Modeller/Gerçekleşen	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
ES1-M1	864.346,16	82.104,71	56.689,37	66.976,86	129.852,80
ES2-M1	852.415,62	80.952,07	55.535,97	65.848,62	127.784,25
Gerçekleşen	873.756,62	81.976,41	58.184,37	67.767,46	129.202,50

2014 yılı ES1-M1 modelinin sonuçları ile gerçekleşen üretim performansı karşılaştırıldığında kullanılması gereken alçı (k=2) ve kül (k=5) miktarının ES1-M1 modelinde daha fazla olduğu görülmektedir. Kullanılması gereken alçı miktarının daha yüksek çıkmasının nedenlerinden biri ES1-M1 modelinde CEM-II ürün grubunun ÇD2’de yapılan üretiminin, gerçekleşen üretim miktarından çok daha fazla olmasıdır. ÇD2 değirmeninde CEM-II ürün grubunun üretiminde kullanılan alçı oranı ÇD3’ten daha fazladır (sırasıyla % 10 ve % 6,5). Gerçekte ÇD2’de CEM-II ürün grubu 3.708,9 ton üretilmiş iken ES1-M1 modeli ile 29.300,41 ton üretilmektedir. Alçı tüketim miktarının daha fazla olmasının bir diğer sebebi ES1-M1 modelinde CEM-IV ürün grubunun 2014 yılı toplam üretim miktarının gerçekleşen üretim miktarından daha fazla olmasıdır. Bu aynı zamanda kül tüketim miktarını da artırmaktadır. Kül tüketim miktarını artıran bir diğer sebep ise ES1-M1 modelinde ÇD3’te üretilen CEM-I ürün grubu miktarının gerçekleşen miktardan daha fazla olmasıdır.

2014 yılında toplamda 99.123,45 ton üretilen CEM-II ürün grubunun üretiminin % 96,3’ ünün ve 286.763,54 ton üretilen CEM-I ürün grubunun üretiminin %51’inin ÇD3’te gerçekleştiği görülmektedir. ES1-M1 modelinde ise 2014 yılında toplamda 94.431,42 ton üretilen CEM-II ürün grubunun üretiminin %68,7’ si ve 282.931,6 ton üretilen CEM-I ürün grubunun üretiminin %62,3’ ü ÇD3’te yapılmaktadır. ÇD3’te CEM-I %89 klinker, %8 alçı ve %3 külün karıştırılması ile üretilirken; ÇD2’de %92 klinker ve %8 alçı ile üretilmektedir. CEM-II ise ÇD3’te %77,5 klinker, %6,5 alçı, %9,6 tras ve %6,4 kalker ile; ÇD2’de ise %77,5 klinker, %10 alçı, %7,5 tras ve %5 kalker ile üretilmektedir. Bir ton CEM-I ürününü ÇD2 yerine ÇD3’te üretmek kullanılan klinker ve katkı

maddelerinin maliyetleri açısından 0,98 TL tasarruf sağlarken; bir ton CEM-II'yi ÇD2 yerine ÇD3'te üretmek 0,56 TL daha maliyetli olmaktadır. Bu nedenle ÇD3'te CEM-I ürün grubunun üretiminin artması klinker ve katkı maddelerinin maliyeti açısından avantajlı olmaktadır.

2014 yılı ES2-M1 modelinin sonuçları, ES1-M1 ve gerçekleşen üretim performansı ile karşılaştırıldığında klinker ve tüm katkı maddeleri için en düşük tüketim miktarına ES2-M1 modeli ile ulaşıldığı görülmektedir. ES2-M1 modelinde ürün gruplarının değirmenlerdeki üretim oranları ES1-M1 modeline paralel gerçekleşmiştir. ES2-M1 modelinde tüm ürün gruplarının üretim miktarlarının ES1-M1 modeli ve gerçekleşen miktarlara göre düşük olması nedeniyle 2014 yılı boyunca kullanılması gereken klinker ve katkı maddeleri miktarları en düşük çıkmıştır.

2014 yılı boyunca kullanılması gereken klinker ve katkı maddelerinin işleme maliyetleri ES1-M1 modelinde gerçekleşene göre 705.675,48 TL; ES2-M1 modelinde ise 1.752.565,173 TL daha az olarak ortaya çıkmıştır.

4.6.5.1.6. Kaybedilen Satış Maliyeti

Buraya kadar bahsedilen tüm maliyet unsurları modellerin gerçek üretim ile karşılaştırılabildiği unsurlardır. Kaybedilen satış maliyeti ise, 2014 yılında firmanın ürün gruplarından yapmış olduğu satışların, modeller tarafından karşılanamayan miktarlarının maliyetini ifade etmektedir. Modeller, talep tahminlerine ve emniyet stoklarına göre, göz önünde bulundurulmuş maliyet unsurlarının toplamını minimize edecek şekilde değirmenleri çizelgelemektedir. Modeller, kaybedilen satış miktarlarını en aza indirmek için emniyet stoklarını ve talebin yoğun olacağı öngörülen dönemlerde ortaya çıkabilecek kapasite yetersizliklerini göz önünde bulundurmaktadır. Buna rağmen, talep tahminlerinin kaçınılmaz olan hata payları, tahminlerin sadece gerçekleşen satışlar üzerinden yapılmış olması, yılın başında yapılan tahminlerin tüm yıl boyunca değiştirilmeden kullanılması ve olağan satış seyrinden çok daha büyük

miktarlarda ortaya çıkan ihracat rakamları gibi nedenlerden dolayı modellerde kaybedilen satışlar ortaya çıkmıştır. Mevcut durumda modellerin sonuçlarına göre 2014 yılı boyunca ürün gruplarının kaybedilen satış miktarları toplamı Tablo 4-69’da ifade edilmiştir.

Tablo 4- 69: Model Sonuçlarına Göre Ürün Gruplarının 2014 Yılı Kaybedilen Satış Miktarları Toplamı (Ton)

Modeller	CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
ES1-M1	4.029,35	0,00	677,63	0,00
ES2-M1	5.394,10	929,38	9.483,41	3.034,45

ES1-M1 model sonucuna göre CEM-I ürün grubundan 4.029,35 ve CEM-III ürün grubundan 677,625 ton satış kaybı yaşanmakta, diğer ürün gruplarının tüm talebi karşılanmaktadır. ES2-M1 modeline göre CEM-I ürün grubundan 5.394,10; CEM-II ürün grubundan 929,38; CEM-III ürün grubundan 9.483,41 ve CEM-IV ürün grubundan 3.034,45 ton satış kaybı yaşanmaktadır.

ES1-M1 modelinde CEM-I ürün grubunun 2014 yılı toplam satışları içinde % 1,37’lik bir satış kaybı, CEM-III ürün grubu için ise % 0,10’luk bir satış kaybı ortaya çıkmaktadır. ES2-M1 modelinde CEM-I ürün grubunun 2014 yılı toplam satışları içinde % 1,84’lik, CEM-II ürün grubunun % 0,97’lik, CEM-III ürün grubunun % 1,44’lik ve CEM-IV ürün grubunun % 1,88’lik bir satış kaybı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4- 70: ES1-M1 Modeli Ürün Gruplarının 2014 Yılı Kaybedilen Satış Miktarlarının Toplam Satışlar İçindeki Payı

Modeller	CEM-I	CEM-II	CEM-III	CEM-IV
ES1-M1	% 1,37	% 0,00	% 0,10	% 0,00
ES2-M1	% 1,84	% 0,97	% 1,44	% 1,88

Firma, kaybedilen satışların maliyeti verisini tutmamaktadır. Yapılan görüşmeler sonrası kayıp satış maliyeti olarak ürün gruplarının karlarının kullanılabileceğine karar

verilmiştir. Buna göre ES1-M1 ve ES2-M1 modellerinin kayıp satış maliyetleri sırasıyla 466.525,50 TL ve 2.088.671,38 TL olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 4- 71: 2014 Yılı Modellerin Maliyetleri ve Gerçekleşen Maliyetler

	Enerji	Üretim	Stoklama	Klinker-Katkı Mad.	Kayıp Satış	Toplam
ES1-M1	6.200.116,35	65.120.895,84	252.742,08	74.489.838,63	466.525,50	146.530.118,40
ES2-M1	5.970.728,51	64.251.564,43	164.649,87	73.442.948,93	2.088.671,38	145.918.563,12
Gerçek	6.535.780,42	65.896.464,38	313.693,98	75.195.514,11	0,00	147.941.452,89

2014 yılında gerçekleşen üretim performansı ile ES1-M1 ve ES2-M1 model sonuçlarının, üründen ürüne geçiş sırasında ve sonrasında yapılan üretimin maliyeti, ürünlerin elde bulundurulma maliyeti, kullanılan klinker ve katkı maddelerinin işleme maliyeti, elektrik enerjisi maliyeti ve kaybedilen satış maliyetleri Tablo 4-71’de sunulmuştur. Buna göre ES1-M1 ve ES2-M1 modelleri ile sırasıyla 1.411.334,49 TL ve 2.022.889,67 TL tasarruf edildiği görülmektedir.

4.6.5.2. ES1-M1-KS – ES2-M1-KS Modellerinin Sonuçları

2014 yılında gerçekleşen sipariş karşılanamama miktarları bilinmemektedir. Bu nedenle 2014 yılının gerçek performansı sadece gerçekleşen satış miktarları ile değerlendirilebilmiştir. ES1-M1 ve ES2-M1 sonuçlarında üretim, stok, klinker ve katkı maddesi kullanımı ve enerji tüketimi miktarları, gerçekleşen üretime göre oldukça düşük çıkmıştır. Bu modellerde karşılanamayan siparişlerin de etkisiyle ürün gruplarının toplam üretim miktarları gerçek üretim miktarlarının altında kalmıştır. Bu durum kayıp satış maliyeti dışındaki tüm maliyet unsurlarının değerlerini azaltmıştır. Modelin çalıştırılacağı her döngü için, satış uzmanlarının mevcut talep tahminlerini görüp, talebi etkileyebilecek değişkenlerde yaşanan gelişmelere göre talebi güncellemesi ile kaybedilen satışların ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle ES1-M1 ve ES2-M1 modellerinde kaybedilen satışların ortaya çıktığı döngüler,

kaybedilen satış miktarlarının ilgili ürünlerin talep miktarlarına eklenmesiyle yeniden çalıştırılmış ve bu kayıplar ortadan kaldırılmıştır.

ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modellerinin enerji, üretim, stoklama ve klinker-katkı maddelerinin işleme maliyetleri, gerçekleşen maliyetler ile birlikte Tablo 4-72’de sunulmuştur.

Tablo 4- 72: 2014 Yılı ES1-M1-KS, ES2-M1-KS Modellerin Maliyetleri ve Gerçekleşen Maliyetler

	Enerji	Üretim	Stoklama	Klinker-Katkı Mad.	Toplam
ES1-M1-KS	6.246.828,40	65.453.097,67	252.742,20	74.817.481,92	146.770.150,19
ES2-M1-KS	6.137.679,86	65.287.871,44	164.570,43	74.614.961,84	146.205.083,57
Gerçek	6.535.780,42	65.896.464,38	313.693,98	75.195.514,11	147.941.452,89

2014 yılında ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modelleri ile gerçekleşene göre sırasıyla 1.171.302,70 TL ve 1.736.369,32 TL maliyet tasarrufu elde edilmiştir. ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modellerinin sonuçlarına göre 2014 yılında toplamda değirmenlerin alt periyotlardaki kullanım süreleri Tablo 4-73’de gösterilmiştir.

Tablo 4- 73: ES1-M1-KS 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika)

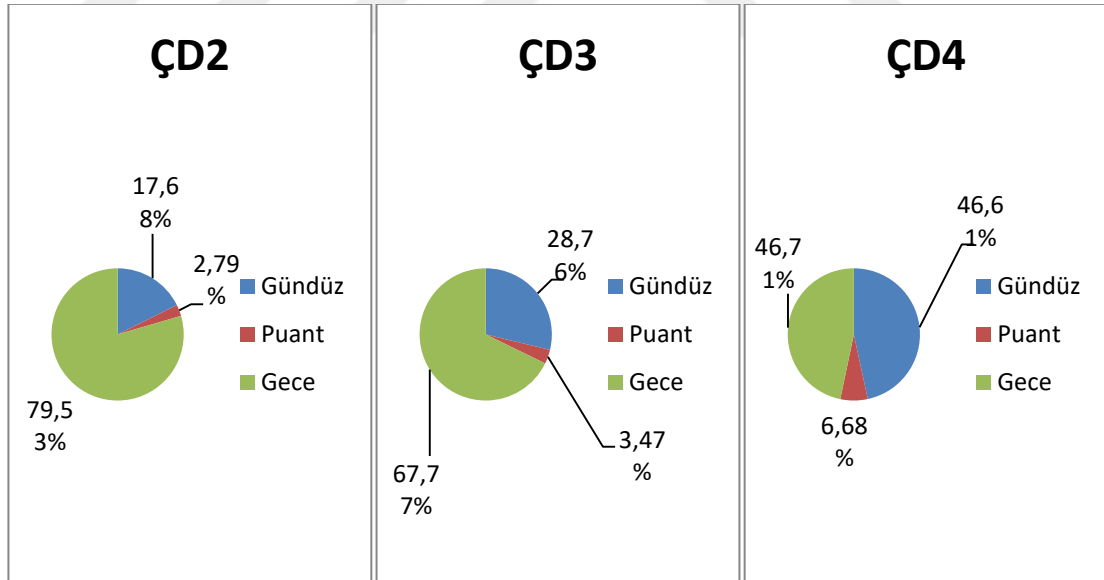
Değirmen	z=1	z=2	z=3	Toplam
	(Gündüz)	(Puant)	(Gece)	
ÇD2	32.328,99	5.104,87	145.431,63	182.865,49
ÇD3	63.716,69	7.687,99	150.174,30	221.578,98
ÇD4	169.618,77	24.289,67	169.971,38	363.879,82
Toplam	265.664,44	37.082,52	465.577,31	768.324,29

Tablo 4- 74: ES2-M1-KS 2014 Yılı Değirmenlerin Alt Periyotlarda Kullanım Süreleri (dakika)

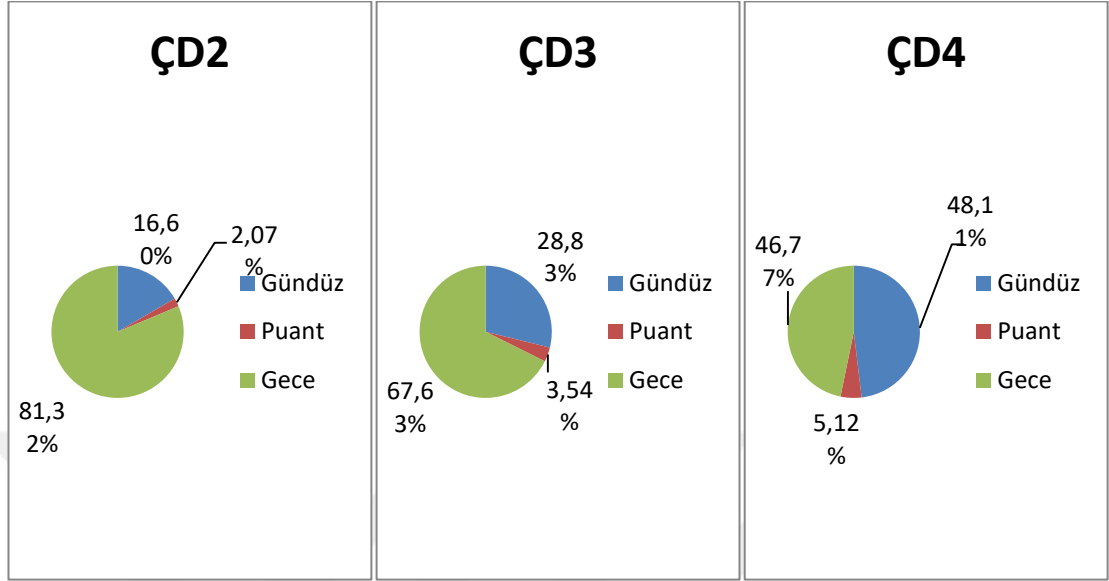
Değirmen	z=1	z=2	z=3	Toplam
	(Gündüz)	(Puant)	(Gece)	
ÇD2	30.102,04	3.760,12	147.429,68	181.291,84
ÇD3	64.086,91	7.868,43	150.330,68	222.286,02
ÇD4	174.330,79	18.565,78	169.462,07	362.358,64
Toplam	268.519,74	30.194,33	467.222,43	765.936,50

ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modelleri ile ÇD2 ve ÇD4 gerçekleşene göre daha az, ÇD3 daha çok kullanılmıştır. ES1-M1-KS model sonuçlarına göre ÇD2 ve ÇD4 sırasıyla gerçekleşene göre 8,9 ve 11,8 saat daha az ve ÇD3 11,4 saat daha fazla kullanılmıştır. ES2-M1-KS model sonuçlarına göre ise ÇD2 ve ÇD4'ün kullanım süreleri sırasıyla 35,1 ve 37,1 saat daha az ve ÇD3 23,2 saat daha fazla olmuştur. Değirmenlerin kullanım sürelerinin alt periyotlara dağılımına bakıldığında, ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modellerinin ÇD3'ü neredeyse aynı dağılım ile kullandıkları görülmektedir. ÇD2 ve ÇD4 ise ES2-M1-KS modeli ile, ES1-M1-KS'ye göre daha düşük enerji maliyeti ortaya çıkaracak şekilde kullanılmıştır. Gerçek performans ile kıyaslandığında bu modeller ile gece alt periyodunun kullanım oranının arttığı görülmektedir. ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modelleri ile gerçekleşene göre ÇD3 ve ÇD4'te puant alt periyodu daha az oranda kullanılırken, ÇD2 sırasıyla % 1,1 ve % 0,39 daha fazla kullanılmıştır.

Grafik 4- 8: ES1-M1-KS Modeli Değirmenlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı



Grafik 4- 9: ES2-M1-KS Modeli Değirmerlerin Kullanım Sürelerinin Alt Periyotlara Dağılımı



2014 yılında ES1-M1-KS modeli ile gerçekleşen üretim performansı üretim miktarları ve değirmerlerin kullanım süreleri açısından birbirine oldukça yakındır. Değirmerlerin toplam kullanım süreleri arasında sadece 9,3 saat fark bulunmaktadır. ES1-M1-KS modelinde değirmerlerde hangi ürünlerin hangi zaman aralığında, hangi parti büyüklükleri ve sıralama ile üretilmesi gerektiğinin belirlenmesi ile toplamda 1.171.302,70 TL'lik maliyet tasarrufu elde edilmektedir. ES2-M1-KS modeli ile değirmerler gerçekleşene göre toplamda 49,1 saat daha az kullanılmış ve toplam 1.736.369,32 TL'lik maliyet tasarrufu ortaya çıkmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İşletmelerin günümüz yoğun rekabet koşullarında müşteri memnuniyeti ile maliyetler arasındaki dengeyi sağlayabilmesi gittikçe zorlaşmaktadır. Üretim planlama ve çizelgeleme bu noktada kritik öneme sahiptir. İşlerin belirlenmiş olan performans kriterlerini en iyileyecek şekilde hangi zaman aralığında hangi sıralama ile hangi kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilmesi gerektiği kararlarının verildiği üretim çizelgeleme sürecinin başarılı olarak gerçekleştirilebilmesi birçok faktöre bağlıdır. Üretim çizelgeleme ile ilgili bugüne gelinceye kadar çok sayıda çalışma yapılmış, çok sayıda model geliştirilmiştir. Bu modeller, geliştirildikleri çalışmalarda örnek veri setlerinde başarılı sonuçlar verse de gerçek hayat problemlerine uygulanabilirlikler ile ilgili literatürde eleştiriler almışlardır. Üretim çizelgeleme problemleri, ele alındıkları süreçlerin yapısı ve endüstrinin özelliklerinden etkilenen problemlerdir. Bu nedenle bu alanda yapılan çalışmaların uygulanabilir olması için çizelgeleme probleminin endüstriye özgü özellikler ve değişkenlikler göz önünde bulundurularak ele alınması gerekmektedir.

Literatürde üretim çizelgeleme problemleri son yıllara kadar ağırlıklı olarak kesikli üretim endüstrilerinde incelenmiştir. Son dönemlerde süreç endüstrilerinin talep yapısındaki değişimin ve ürün çeşitliliğindeki artışın da etkisiyle, süreç endüstrilerinde çizelgeleme problemi daha çok ilgi görmeye başlamıştır.

Süreç endüstrilerinde üretim akış ya da parti tipinde gerçekleşmektedir. Üretim tamamen akış ya da tamamen parti tipi olabildiği gibi hibrit yapıda da gerçekleşebilmektedir. Bu iki süreç tipi çizelgeleme sürecini etkileyen birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Bu çalışmada akış tipi süreç endüstrilerinin altında yer alan çimento üretim süreci ele alınmıştır. Çimento sektörünün süreç endüstrilerinin özelliklerinin birçoğunu göstermesinin yanı sıra, sektör genelinde üretim sürecinin çok benzer şekilde gerçekleşmesi nedeniyle geliştirilecek çizelgeleme mantığının sektör için

genellenebileceği düşüncesi de uygulama için bu sektörün seçilmesinde etkili olmuştur. Akış tipi süreç endüstrilerinde büyük miktarda üretim yapılmakta, bir ya da birkaç paralel üretim hattı kullanılmakta ve genellikle üretim süreci içinde baskın olan bir darboğaz süreci bulunmaktadır. Çimento üretim sürecinde birimlerin sürekli yapıdan kesikli yapıya geçtiği aşama çimento öğütme aşamasıdır ve bu aşama çimento üretim sürecinin darboğazını oluşturmaktadır. Akış tipi süreç endüstrilerinde kapasite kullanımına odaklanması, genel olarak üründen ürüne geçiş sürelerinin yüksek olması, ürünlerin parti büyüklüklerinin de çizelgeleme sürecinde belirlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada bu noktalardan hareketle çimento öğütme sürecinde parti büyüklüğü ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Uygulama çalışması Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş. (BBA)'nin Bornova fabrikasında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, süreç endüstrilerinin çizelgeleme sürecini etkileyen özelliklerini ve aynı zamanda ele alınan probleme özgü özelliklerini göz önünde bulunduran GLSP tabanlı bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli (M1) geliştirilmiştir. M1'in amacı stok tutma, üründen ürüne geçiş sırasında ve sonrasında gerçekleştirilen üretimin maliyeti, elektrik enerjisi maliyeti, satış kaybı maliyeti, klinker ve katkı maddelerinin üretim maliyetlerinin toplamını minimize etmektir. Çalışmada buna ek olarak geliştirilen bu temel modelin en önemli girdilerinden olan ürünlerin talep tahminleri ve emniyet stokları da oluşturulmuştur. Emniyet stokları ürün gruplarının özellikleri ve değişen talep koşullarına bağlı olarak döngüsel olarak hesaplanmıştır. Emniyet stoklarının hesaplanmasında değirmenlerin üretim kapasiteleri göz önünde bulundurularak kaybedilen satış miktarını en aza indirmeyi amaçlayan (ES1) ve kaybedilen satış miktarı ile elde bulundurulan stok miktarını dengelemeye çalışan (ES2) olmak üzere iki yaklaşım kullanılmıştır. Uygulanabilir çizelgeler elde etmek için bunların dışında, talebin yoğun olduğu durumlarda ortaya çıkabilecek kapasite yetersizlikleri de göz önünde bulundurulmuştur. Talebin yoğun olduğu dönemlerde kaynak kapasitelerinin yetersiz kalmasından kaynaklanan talebi karşılayamama durumunu en aza indirmek için kapasite kontrolünün gerçekleştirildiği ve yetersiz kalınacak miktarların öngörüldüğü

bir kontrol modeli (M2) de kullanılmıştır. M2, M1'in sadece makro periyotlarının süresinin ve sayısının değiştirilmesiyle elde edilmiş olan bir modeldir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen GLSP tabanlı parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli, ürün gruplarının tahminlenen talepleri, hesaplanan emniyet stokları ve modelin diğer parametreleri kullanılarak 2014 yılı boyunca döngüsel olarak çalıştırılmıştır. Geliştirilen model ILP' dir ve modelin çözüm yöntemi olarak kesin çözüm yöntemlerinden Dal-Sınır yöntemi kullanılmıştır.

M1 model sonuçları öncelikle ES1 ve ES2 emniyet stoğu yaklaşımları ile 2014 yılı için döngüsel olarak çalıştırılarak sunulmuştur. Performans, üretim miktarları ve maliyetleri, gün sonu stok miktarları ve maliyetleri, değirmenlerin alt periyotlardaki kullanım süreleri, enerji maliyetleri, klinker ve katkı maddelerinin işlenme maliyetleri, kaybedilen satış miktarları ve maliyetleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. ES1-M1 ve ES2-M1 sonuçlarında üretim, stok, klinker ve katkı maddesi kullanımı ve enerji tüketimi miktarları, firmanın 2014 yılı gerçek performansına göre oldukça düşük çıkmıştır. ES1-M1 ve ES2-M1 modelleri ile 2014 yılı için gerçek performansa göre sırasıyla 1.411.334,49 TL ve 2.022.889,67 TL tasarruf edilmiştir.

ES1-M1 ve ES2-M1 modellerinde kayıp satışların olması, kayıp satış maliyeti dışındaki tüm maliyet unsurlarının değerlerini azaltmıştır. Modelin çalıştırılacağı her döngü için, satış uzmanlarının mevcut talep tahminlerini görüp, talebi etkileyebilecek değişkenlerde yaşanan gelişmelere göre talebi güncellemesi ile kaybedilen satışların ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir. Bu nedenle, firmanın 2014 yılında gerçekleştirdiği gerçek satış miktarlarını karşılayacak şekilde bu modeller yeniden çalıştırılmıştır. Kayıp satışların ortadan kaldırıldığı ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modelleri ile 2014 yılında gerçekleşen performansa göre sırasıyla 1.171.302,70 TL ve 1.736.369,32 TL maliyet tasarrufu elde edilmiştir. Firmanın 2014 yılında ürettiği toplam ürün miktarı ve değirmenlerin kullanım süresi ile ES1-M1-KS modeli ile elde edilenler

birbirine çok yakın olarak ortaya çıkmıştır. Ancak ES1-M1-KS modelinde değirmenlerde hangi ürünlerin hangi zaman aralığında, hangi parti büyüklükleri ve sıralama ile üretilmesi gerektiğinin belirlenmesi ile toplamda 1.171.302,70 TL'lik maliyet tasarrufu elde edilmiştir. Bu tecrübeye dayalı olarak gerçekleştirilen çizelgeler ile, model ile sistematik olarak elde edilen çizelgeler arasındaki farkı göstermesi açısından önemlidir.

M1 modelinin tüm varyasyonlarının talep tahminleme, emniyet stokları hesaplama ve kapasite kontrolü ile bütünleşik olarak döngüsel olarak çalıştırılma mantığının 2014 yılı boyunca yapılan uygulaması oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Kayıp satışların ortadan kaldırılmadığı modeller içinde ES2-M1 modeli 2014 yılı için firmanın gerçekleşen performansına göre 2.022.889,67 TL tasarruf ile en fazla tasarrufun sağlandığı model olmuştur. Kayıp satışların ortadan kaldırıldığı modeller içinde ise 1.736.369,32 TL maliyet tasarrufu sunan ES2-M1-KS, ES1-M1-KS'den daha başarılı olmuştur.

Bu çalışmada uygulanan ES1-M1-KS ve ES2-M1-KS modelleri, ES1-M1 ve ES2-M1 modellerinin kaybedilen satışların ortaya çıktığı döngülerinin, kaybedilen satış miktarlarının ilgili ürünlerin talep miktarlarına eklenerek yeniden çalıştırılması ile edilmiştir. Bu da bazı döngülerde ani üretim miktarı artışlarına neden olmuştur. ES1-M1 ve ES2-M1 modellerinin firmanın satış uzmanlarının model döngüleri öncesi yapacakları talep güncellemeleri ile çalıştırılması halinde mevcut durumda elde edilenden daha başarılı sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada çizelgeleme sürecini etkileyen tipik özelliklere sahip olan süreç endüstrilerinin altında yer alan çimento sektöründe, endüstrinin özelliklerini göz önünde bulunduran; üretim, üründen ürüne geçiş, stok elde bulundurma ve elektrik enerjisi maliyetinin toplamını kabul edilebilir bir sürede en küçükleyen, uygulanabilirliği test edilmiş bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli ortaya konarak bu alandaki literatüre bir katkıda bulunulmuştur. Bu model gerçek veriler kullanılarak

2014 yılı boyunca çalıştırılmıştır. Çalışmada geliştirilen M1 modelinin, önerilen talep tahminleme, emniyet stokları hesaplama ve kapasite kontrolü mantığı ile firmanın ihtiyaç duyduğu başka dönemler için de uygulanabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

Abdullah, F. (2003). Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel. PhD thesis, University of Pittsburgh

Abdulmalek, F. A., Rajgopal, J. ve Needy, K. L. (2006). "A Classification Scheme for the Process Industry to Guide the Implementation of Lean". Engineering Management Journal, 18(2): 15-25.

Akkerman, R. (2007). Operational performance of two-stage food production systems: Process interactions and capacitated storage. PhD thesis, University of Groningen

Akkerman, R. ve Van Donk, D.P. (2009). "Analyzing scheduling in the food-processing industry: structure and tasks". Cognition, Technology & Work, 11(3): 215-226.

Almada-lobo, B., Klabjan, D., Antnia Carravilla, M. ve Oliveira, J. F. (2007). "Single machine multi-product capacitated lot sizing with sequence-dependent setups". International Journal of Production Research, 45(20): 4873-4894.

Almada-Lobo, B., Oliveira, J. F. ve Carravilla, M.A. (2008). "A note on "the capacitated lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent setup costs and setup times". Computers & Operations Research, 35: 1374 – 1376.

Anderson, D. R., Sweeney, D.J. ve Williams, T. A. (2011). Statistics For Business And Economics. 11th Edition. South-Western, Cengage Learning

Apannaiah, H.R. and Shanthi, S. (2009). Economics for Business. Mumbai, IND: Global Media.

Araujo, S. A., Arenales, M. N. ve Clark, A. R. (2007). "Joint rolling-horizon scheduling of materials processing and lot-sizing with sequence-dependent setups". *Journal of Heuristics*, 13(4): 337-358.

Armstrong, J. S. ve Green, K. C. (2005). "Demand Forecasting: Evidence based Methods". , Luiz Moutinho ve Geoff Southern (Ed.) *Strategic Marketing Management: A Business Process Approach* (s. 1-17). Working Paper, 24/05.

Ashayeri, J., Teelen, A. ve Selen, W. (1995). "Computer integrated manufacturing in the chemical industry: Theory and Practice". *CentER Discussion Paper*, 1995 (7): 1-10.

Bahl, H. C., Ritzman, L.P. ve Gupta, J. N. D. (1987). "OR Practice—Determining Lot Sizes and Resource Requirements: A Review". *Operations Research*, 35(3): 329-345.

Blömer, F. and Günther, H.O. (2000). LP-based heuristics for scheduling chemical batch processes. *International Journal of Production Research*, 38: 1029-1051.

Blum, C. ve Roli, A. (2003). "Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison". *ACM Computing Surveys*, 35(3): 268–308.

Brahimi, N., Dauzere-Peres, S., Najid, N. M. Ve Nordli, A. (2006). "Single Item Lot Sizing Problems". *European Journal of Operational Research*, 168: 1–16.

Brüggemann, W. ve Jahnke, H. (2000). "The discrete lot-sizing and scheduling problem: Complexity and modification for batch availability". *European Journal of Operational Research*, 124: 511-528.

Buschkühl, L., Sahling, F., Helber, S. ve Tempelmeier, H. (2010). "Dynamic capacitated lot-sizing problems: a classification and review of solution approaches". *OR Spectrum*, 32: 231–261.

Castro, P. M., Dogan, M.E. ve Grossmann, I.E. (2008). "Simultaneous Batching and Scheduling of Single Stage Batch Plants with Parallel Units". *AIChE Journal*, 54(1): 183-193.

Cattrysse, D., Salomon, M., Kuik, R. ve Van Wassenhove, L. N. (1993). "A Dual Ascent and Column Generation Heuristic for the Discrete Lotsizing and Scheduling Problem with Setup Times". *Management Science*, 39(4): 477-486.

Chase, C. W. (2013). *Demand-Driven Forecasting : A Structured Approach to Forecasting*, Wiley and SAS Business Series. John Wiley & Sons.

Chatfield, C. (1978). "The Holt-Winters forecasting procedure". *Applied Statistics*, 27 (3): 64-279.

Chatfield, C. and Yar, M. (1988). "Holt-Winters Forecasting: Some Practical Issues". *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, 37(2): 129-140.

Chua, W.K.W., Yuan, X.M., Ng, W.K. ve Cai, T. X. (2008). Short term forecasting for lumpy and non-lumpy intermittent demands. *The IEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2008)*. DCC, Daejeon, Korea July 13-16, 2008.

Claassen, G.D.H., Gerdessen, J.C., Hendrix, E.M.T. ve Van der Vorst, J.G.A.J. (2016). "On production planning and scheduling in food processing industry: Modelling non-triangular setups and product decay". *Computers & Operations Research* 76 (2016) 147–154.

Clark, A. R. and Clark, S. J. (2000). "Rolling-horizon lot-sizing when set-up times are sequence-dependent". *International Journal of Production Research*, 38(10): 2287-2307.

Cooke, D. L. ve Rohleder, T. R. (2006). "Inventory evaluation and product slate management in large-scale continuous process industries". *Journal of Operations Management*, 24: 235–249.

Craig, I. Aldrich, C., Braatz, R., Cuzzola, F., Domlan, E., Engell, S., Hahn, J., Havlena, V., Horch, A., Huang, B., Khanbaghi, M., Konstantellos, A., Marquardt, W., McAvoy, T., Parisini, T., Pistikopoulos, S., Samad, T., Skogestad, S., Thornhill, N. ve Jie Yu (2011). Control in the Process Industries, in "The Impact of Control Technology", T. Samad and A.M. Annaswamy (Ed.), IEEE Control Systems Society, (s.21-34), http://www.diag.uniroma1.it/~automatica/uploads/IEEE_ImpactControlTechnology_Report_2011.pdf

Crama, Y., Pochet, Y. ve Wera, Y. (2001). "A Discussion Of Production Planning Approaches In The Process Industry", CORE Discussion Paper 2001/42. [Erişim: 20.06.2014, EconPapers, http://alfresco.uclouvain.be/alfresco/download/attach/workspace/SpacesStore/24960aca-a366-4636-8229-68d332a3af4c/coredp_2001_42.pdf]

Crawford, S., MacCarthy, B.L., Wilson, J.R. ve Vernon, C. (1999). "Investigating the Work of Industrial Schedulers through Field Study". *Cognition, Technology & Work*, 1: 63-77.

Croston, J. D. (1972). "Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands". *Operational Research Quarterly*, 23(3): 289-303.

David, F., Gayot, N., Caux, C. ve Pierreval, H. Calculation of the Dependent Demand: The Case of Batch Process Industries. *Management and Control of Production and Logistics 2004*. Edited by Gaston Lefranc. IFAC, 2015. 37-42.

Dempster, M.A., Lenstra, J.K. ve Rinnooy Kan, A.G.H. (1982). *Deterministic and Stochastic Scheduling*. NATO Advanced Study Institutes Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences.

Dobson, G. ve Nambimadom, R.S. (2001). "The Batch Loading and Scheduling Problem". *Operations Research*, 49(1): 52-65.

Doğan, M.E. ve Grossmann, I.E. (2007). Optimal Production Planning Models for Parallel Batch Reactors with Sequence-dependent Changeovers. *AIChE Journal*, 53(9): 2284-2300.

Drexel, A. ve Kimms, A. (1997). "Lot sizing and scheduling - Survey and extensions". *European Journal of Operational Research*, 99: 221-235.

Drexel, A. ve Haase, K. (1995). "Proportional Lot sizing and Scheduling". *International Journal of Production Economics*, 40: 73-87.

Eaves, A. H. C. (2002). Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Consumable Spare Parts. PhD Thesis, Lancaster University.

Fandel, G. ve Stammen-Hegene, C. (2006). "Simultaneous lot sizing and scheduling for multi-product multi-level production". *International Journal of Production Economics*, 104: 308–316.

Ferreira, D., Morabito, R. ve Rangel, S. (2009). "Solution approaches for the soft drink integrated production lot sizing and scheduling problem". *European Journal of Operational Research*, 196: 697–706.

Ferris, M., Sundaramoorthy, A. ve Maravelias, C.T. (2009). "Simultaneous Batching and Scheduling Using Dynamic Decomposition on a Grid". *INFORMS Journal on Computing*, 21(3): 398 – 410.

Flapper, S.D.P., Fransoo, J.C. , Broekmeulen, R.A.C.M. ve Inderfurth, K. (2002). "Planning and control of rework in the process industries: A review". *Production Planning & Control*, 13(1): 26–34.

Fleischmann, B. ve Meyr, H. (1997). "The general lotsizing and scheduling problem". OR Spektrum, 19: 11-21.

Floudas, C. A. ve Lin, X. (2004). "Continuous-time versus discrete-time approaches for scheduling of chemical processes: a review". Computers and Chemical Engineering, 28: 2109–2129.

Floudas, C. A. ve Lin, X. (2005). "Mixed Integer Linear Programming in Process Scheduling: Modeling, Algorithms, and Applications". Annals of Operations Research, 139: 131–162.

Fransoo, J. C. ve Rutten, W.G.M.M. (1994). "A Typology of Production Control Situations in Process Industries". International Journal of Operations & Production Management, 14(12): 47 – 57.

Gicquel, C., Minoux, M. ve Dallery, Y. (2009). "On the discrete lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent changeover times". Operations Research Letters, 37: 32-36.

Gicquel, C., Minoux, M. ve Dallery, Y. (2011). "Exact solution approaches for the discrete lot-sizing and scheduling problem with parallel resources". International Journal of Production Research, 49(9): 2587–2603.

Goh, C. ve Law, R. (2002). "Modeling and forecasting tourism demand for arrivals with stochastic nonstationary seasonality and intervention", Tourism Management, 23: 499-510.

Gopalakrishnan, M. Miller, D.M. ve Schmidt, C.P. (1995). "A framework for modelling setup carryover in the capacitated lot sizing problem". International Journal of Production Research, 33(7): 1973-1988.

Gopalakrishnan, M. (2000). "A modified framework for modelling set-up carryover in the capacitated lot-sizing problem". *International Journal of Production Research*, 38(14): 3421-3424.

Gopalakrishnan, M., Ding, K., Bourjolly, J.M. ve Mohan, S (2001). "A tabu-search heuristic for the capacitated lot-sizing problem with set-up carryover". *Management Science*, 47: 851-863.

Graves, S. C. (1981). "A Review of Production Scheduling". *Operations Research*, 29(4): 646-675.

Gujarati, D.N. (2003). *Basic Econometrics*. 4th Ed. Mc. Graw Hill. New York. USA

Gunasekaran, A. (1998). "Concurrent engineering: a competitive strategy for process industries". *Journal of the Operational Research Society*, 49: 758-765.

Gupta, D. ve Magnusson, T.(2005). "The capacitated lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent setup costs and setup times". *Computers & Operations Research*, 32: 727-747.

Günther, H-O. ve Van Beek, P. (2003). "Advanced Planning and Scheduling Solutions in Process Industry". Günther, H-O. ve Van Beek, P. (Ed.). *Advanced Planning and Scheduling Solutions in Process Industry* (s. 1-7). Springer, Berlin.

Haase, K. (1996). "Capacitated lot-sizing with sequence dependent setup costs". *OR Spektrum*, 18: 51-59.

Haase, K. (1994). "Lotsizing and Scheduling for Production Planning". *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 408: 1-8.

Heizer, J. ve Render, B. (2006). *Operations Management*. 8th Edition. Prentice Hall

Ierapetritou, M. G. ve Floudas, C.A. (1998). "Effective Continuous-Time Formulation for Short-Term Scheduling. 1. Multipurpose Batch Processes". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 37: 4341-4359.

Jans, R. ve Degraeve, Z. (2004). "An industrial extension of the discrete lot-sizing and scheduling problem". *IIE Transactions*, 36: 47–58.

Jarboui, B., Siarry, P. ve Teghem, J. (2013). *Metaheuristics for Production Scheduling*. John Wiley & Sons.

Johnston, F.R. ve Boylan, J.E. (1996). "Forecasting for items with intermittent demand". *The Journal of the Operational Research Society*, 47: 113-121.

Jankovic, A., Valery, W. ve Davis, E. (2004). "Cement grinding optimisation". *Minerals Engineering*, 17: 1075–1081.

Jovan, V. (2002). "The Specifics of Production Scheduling in Process Industries". *IEEE International Conference on Industrial Technology*, 11 -14 December 2002, 2: 1049- 1054.

ICR Research (2015). Best Energy Consumption. Erişim: 01.06.2015, <http://www.cemnet.com/Articles/story/156121/best-energy-consumption.html>

Kaczmarczyk, V. (2011). "Proportional lot-sizing and scheduling problem with identical parallel machines". *International Journal of Production Research*. 49(9): 2605–2623.

Karimi, B., Ghomi, S.M.T.F. ve Wilson, J.M. (2003). "The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms". *The International Journal of Management Science*, 31: 365-378.

Kılıç, O. A. (2011). *Planning and scheduling in process industries considering industry-specific characteristics*. PhD Thesis, University of Groningen.

Kimms, A. (1999). "A genetic algorithm for multi-level, multi-machine lot sizing and scheduling". *Computers & Operations Research*, 26: 829-848.

Kimms, A. (1996). "Multi-level, single-machine lot sizing and scheduling (with initial inventory)". *European Journal of Operations Research*, 89: 86-99.

Kimms, A. ve Drexler, A. (1998a). "Proportional Lot Sizing and Scheduling: Some Extensions". *Networks*, 32(2): 85–101.

Kimms, A. ve Drexler, A. (1998b). "Some Insights into Proportional Lot Sizing and Scheduling". *The Journal of the Operational Research Society*, 49(11): 1196-1205.

Koçlar, A. (2005). *The General Lot Sizing and Scheduling Problem with Sequence Dependent Changeovers*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Koçlar, A. ve Sürat, H. (2005). "A note on The general lot sizing and scheduling problem". *OR Spectrum*, 27: 145-146.

Kondili, E., Pantelides, C.C. ve Sargent, R.W.H. (1993). "A general algorithm for short-term scheduling of batch operations—I. MILP formulation". *Computers and Chemical Engineering*, 17: 211-217.

Krupp, J. A.G. (1997). "Managing demand variations with safety stock". *Journal of Business Forecasting*, 16(2): 8- 13.

Kumar, S. A. ve Suresh, N. (2009). *Operations Management*. New Age International Publishers.

Kvarnström, B. ve Oghazi, P. (2008). "Methods for traceability in continuous processes—Experience from an iron ore refinement process". *Minerals Engineering*, 21: 720–730.

Kvarnström, B. ve Vanhatalo, E. (2009). "Using RFID to improve traceability in process industry: Experiments in a distribution chain for iron ore pellets". *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(1): 139 – 154.

Lasserre, J. B. (1992). "An Integrated Model for Job-Shop Planning and Scheduling". *Management Science*, 38(8): 1201-1211.

Leven, E. ve Segertedt, A. (2004). "Inventory control with a modified Croston procedure and Erlang distribution". *International Journal of Production Economics*. 90: 361-367.

Maravelias, C.T. ve Grossmann, I.E. (2003). "Minimization of the makespan with a discrete-time state-task network formulation". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42: 6252-6257.

Maravelias, C. T. ve Papalamprou, K. (2009). "Polyhedral results for discrete-time production planning MIP formulations for continuous processes". *Computers and Chemical Engineering*, 33: 1890–1904.

Marinelli, F., Nenni, M. E. ve Sforza, A. (2007). "Capacitated lot sizing and scheduling with parallel machines and shared buffers: A case study in a packaging Company". *Annals of Operations Research*, 150: 177- 192.

Meyr, H. (2000). "Simultaneous lotsizing and scheduling by combining local search with dual reoptimization". *European Journal of Operational Research*, 120: 311-326.

Meyr, H. (2002). "Simultaneous lotsizing and scheduling on parallel machines". *European Journal of Operational Research*, 139: 277–292.

Mockus, L. ve Reklaitis, G. V. (1997). "Mathematical programming formulation for scheduling of batch operations based on nonuniform time discretization". *Computers and Chemical Engineering*, 21: 1147–1156.

Mohammadi, M., Ghomi, S. M. T. F., Karimi, B. ve Torabi, S. A. (2010). "Rolling-horizon and fix-and-relax heuristics for the multi-product multi-level capacitated lotsizing problem with sequence-dependent setups". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21: 501–510.

Ovacık, I.M. ve Uzsoy, R. (1997). *Decomposition Methods for Complex Factory Scheduling Problems*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Özdamar, L. ve Barbarosoğlu, G. (2000). "An integrated Lagrangean relaxation-simulated annealing approach to the multi-level multi-item capacitated lot sizing problem". *International Journal of Production Economics*, 68: 319-331.

Park, Y. ve Kim, S-K. (2000). "Some Properties Of Discrete Lot Sizing and Scheduling Problem With Setup Times Using Integral Demand". *Management of Innovation and Technology*, 2000. ICMIT 2000. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on, 2: 859-862.

Pilinkiene, V. (2008). "Selection of Market Demand Forecast Methods: Criteria and Application". *Engineering Economics*, 58(3): 19-25.

Pinedo, M. (2002). *Scheduling. Theory, Algorithms, And Sytems*. Second Edition. Prentice Hall.

Puchinger, J. ve Raidl, G.R. (2005). "Combining Metaheuristics and Exact Algorithms in Combinatorial Optimization: A Survey and Classification". J. Mira and J. Alvarez (Ed.). *Proceedings of the First International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation* (s. 41-53). Springer.

Rodrigues, M.T.M., Latre, L.G. ve Rodrigues, L.C.A. (2000). "Production planning using time windows for short-term multipurpose batch plants scheduling problems". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39: 3823-3834.

Sahling, F., Buschkühl, L., Tempelmeier, H. ve Helber, S. (2009). "Solving a multi-level capacitated lot sizing problem with multi-period setup carry-over via a fix-and-optimize heuristic", *Computers & Operations Research*, 36: 2546-2553.

Salomon, M., Solomon, M.M., Van Wassenhove, L. N., Dumas, Y. ve Dauzere-Peres, S. (1997). "Solving The Discrete Lot Sizing and Scheduling Problem with Sequence Dependent Set-Up Cost and Set-Up Times Using The Travelling Salesman Problem with Time Windows". *European Journal of Operational Research*, 100(3): 494–513.

Schilling, G. ve Pantelides, C.C. (1996). "Simple Continuous-Time Process Scheduling Formulation And A Novel Solution Algorithm", *Computers & Chemical Engineering*, 20 (S2):S1221-S1222.

Schuster, E. W., Unahabhokha, C. ve Allen, S. J. (2003). "Master Production Schedule Stability Under Conditions of Finite Capacity". MIT Working Paper, s: 1-25.

Seeanner, F. ve Meyr, H. (2013). "Multi-stage simultaneous lot-sizing and scheduling for flow line production". *OR Spectrum*, 35: 33–73.

Shobrys, D. E. ve White, D. C. (2002). "Planning, scheduling and control systems: why cannot they work together". *Computers and Chemical Engineering*, 26: 149–160.

Stadtler, H. (2011). "Multi-level single machine lot-sizing and scheduling with zero lead times". *European Journal of Operational Research*, 209: 241–252.

Stadtler, H. ve Sahling, F. (2013). "A lot-sizing and scheduling model for multi-stage flow lines with zero lead times". *European Journal of Operational Research*, 225: 404–419

Staggemeier, A. T. ve Clark, A. R. (2001). "A Survey of Lot-sizing and scheduling models". 23rd Annual Symposium of the Brazilian Operational Research Society, Brazil.

Stefansson, H. , Sigmarsdottir, S., Jensson, P. ve Shahc, N. (2011). “Discrete and continuous time representations and mathematical models for large production scheduling problems: A case study from the pharmaceutical industry”. *European Journal of Operational Research*, 215(2011): 383–392.

Stevenson, W. J. (2012). *Operations Management*. 11th Edition. McGraw-Hill Global Education.

Suerie, C. ve Stadtler, H. (2003). “The capacitated lot-sizing problem with linked lot sizes”. *Management Science*, 49: 1039–1054.

Suerie, C. (2006). “Modeling of period overlapping setup times”. *European Journal of Operational Research*, 174: 874–886.

Suerie, C. (2005). *Time Continuity in Discrete Time Models. New Approaches for Production Planning in Process Industries*. Springer.

Sundaramoorthy, A. ve Maravelias, C.T. (2008). “Modeling of Storage in Batching and Scheduling of Multistage Processes”. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(17): 6648–6660.

Syntetos, A. A. ve Boylan, J. E. (2001). “On the bias of intermittent demand estimates”. *International Journal of Production Economics*, 71: 457–466.

Syntetos, A. A., Boylan, J. E. ve Croston, J. D. (2005).” On the Categorization of Demand Patterns”. *The Journal of the Operational Research Society*, 56(5): 495-503.

Taylor III, B. (2010). *Introduction to Management Science*. 10th Edition: Pearson.

Taylor, S.G. ve Bolander, S.F. (1991). “Process flow scheduling principles”. *Production and Inventory Management Journal*, 32(1): 67–71.

Tempelmeier, H. ve Buschkühl, L. (2008). "Dynamic multi-machine lotsizing and sequencing with simultaneous scheduling of a common setup resource". *International Journal of Production Economics*, 113: 401–412.

Transchel, S., Minner, S., Kallrath, J., Lhndorf, N. ve Eberhard, U. (2011). "A hybrid general lot-sizing and scheduling formulation for a production process with a two-stage product structure". *International Journal of Production Research*, 49(9): 2463-2480.

Üreten, S. (2006). *Üretim/İşlemler Yönetimi. Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri*. 5. Baskı. Gazi Kitabevi.

Vanderbeck, F. (1998). "Lot-Sizing with Start-Up Times". *Management Science*, 44 (10): 1409-1425.

Van Donk, D.P. ve Van Dam, P. (1998). "Structuring complexity in scheduling: a study in a food processing industry". *British Food Journal*, 100(1): 18–24.

Vinh, D.Q. (2005). "Forecasting irregular demand for spare parts inventory". Department of Industrial Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea.

Wagner, M. (2002). "Demand Planning". Hartmut Stadtler ve Christoph Kilger (Ed.). *Supply Chain Management and Advanced Planning. Concepts, Models, Software and Case Studies* (s.139-157). Springer, Berlin.

Wang, S. ve Guignard, M. (2006). "Hybridizing discrete- and continuous-time models for batch sizing and scheduling problems". *Computers & Operations Research*, 33: 971–993.

White, K.P. (2012). "Advances in the theory and practice of production scheduling", C.T. Leondes (Ed.). *Control and Dynamic Systems, Advances In Theory And*

Applications. Volume 37. Advances In Industrial Systems. (s. 115-159). Academic Press, Inc.

Williams, T.M. (1984). "Stock Control with Sporadic and Slow-Moving Demand". The Journal of the Operational Research Society, 35(10): 939-948.

Wisner, J.D., Tan, K.C., Leong, G.K. (2011). Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach. 4th Edition. Cengage Learning.

Wolsey, L.A. (2002). "Solving multi-item lot-sizing problems with an MIP solver using classification and reformulation". Management Science, 48(12): 1587-1602.

Wu,T., Shi, L., Geunes, J. ve Akartunalı, K. (2011). "An optimization framework for solving capacitated multi-level lot-sizing problems with backlogging". European Journal of Operational Research, 214: 428–441.

Zhang, G. P. (2003). "Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model". Neurocomputing, 50: 159 – 175.

Zhang, X. and Sargent, R.W.H. (1996). "The optimal operation of mixed production facilities - a general formulation and some approaches for the solution". Computers & Chemical Engineering, 20: 897-904.

Zou, X., Zhang, Y. ve Dong, H-G. (2015). "Integration of Batch Process Schedules and Water Allocation Network". Thokozani Majozi, Esmael Reshid Seid ve Jui-Yuan Lee (Ed.). Synthesis, Design, and Resource Optimization in Batch Chemical Plants (s.319-336). CRS Press.



EKLER

**Ek 1: CEM-III Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı
Günlük Talep Tahminleri (Ton)**

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
1.1.2014	0	0	11.2.2014	1573,89	1612,30	24.3.2014	1977,34	2206,42
2.1.2014	1839,80	1797,49	12.2.2014	1573,89	1758,38	25.3.2014	1977,34	2206,42
3.1.2014	1839,80	1797,49	13.2.2014	1573,89	1758,38	26.3.2014	1992,86	2080,24
4.1.2014	1839,80	1797,49	14.2.2014	1573,89	1758,38	27.3.2014	1992,86	2080,24
5.1.2014	1839,80	1797,49	15.2.2014	1573,89	1758,38	28.3.2014	1992,86	2080,24
6.1.2014	1839,80	1797,49	16.2.2014	1573,89	1758,38	29.3.2014	1992,86	2080,24
7.1.2014	1839,80	1797,49	17.2.2014	1573,89	1758,38	30.3.2014	1992,86	2080,24
8.1.2014	1576,97	1797,01	18.2.2014	1573,89	1758,38	31.3.2014	1992,86	2080,24
9.1.2014	1576,97	1797,01	19.2.2014	1573,89	1877,67	1.4.2014	1992,86	2080,24
10.1.2014	1576,97	1797,01	20.2.2014	1573,89	1877,67	2.4.2014	2085,97	2047,31
11.1.2014	1576,97	1797,01	21.2.2014	1573,89	1877,67	3.4.2014	2085,97	2047,31
12.1.2014	1576,97	1797,01	22.2.2014	1573,89	1877,67	4.4.2014	2085,97	2047,31
13.1.2014	1576,97	1797,01	23.2.2014	1573,89	1877,67	5.4.2014	2085,97	2047,31
14.1.2014	1576,97	1797,01	24.2.2014	1573,89	1877,67	6.4.2014	2085,97	2047,31
15.1.2014	1576,97	1774,08	25.2.2014	1573,89	1877,67	7.4.2014	2085,97	2047,31
16.1.2014	1576,97	1774,08	26.2.2014	1804,43	1826,60	8.4.2014	2085,97	2047,31
17.1.2014	1576,97	1774,08	27.2.2014	1804,43	1826,60	9.4.2014	2085,97	2319,76
18.1.2014	1576,97	1774,08	28.2.2014	1804,43	1826,60	10.4.2014	2085,97	2319,76
19.1.2014	1576,97	1774,08	1.3.2014	1804,43	1826,60	11.4.2014	2085,97	2319,76
20.1.2014	1576,97	1774,08	2.3.2014	1804,43	1826,60	12.4.2014	2085,97	2319,76
21.1.2014	1576,97	1774,08	3.3.2014	1804,43	1826,60	13.4.2014	2085,97	2319,76
22.1.2014	1576,97	1513,83	4.3.2014	1804,43	1826,60	14.4.2014	2085,97	2319,76
23.1.2014	1576,97	1513,83	5.3.2014	1977,34	1809,67	15.4.2014	2085,97	2319,76
24.1.2014	1576,97	1513,83	6.3.2014	1977,34	1809,67	16.4.2014	2085,97	1941,66
25.1.2014	1576,97	1513,83	7.3.2014	1977,34	1809,67	17.4.2014	2085,97	1941,66
26.1.2014	1576,97	1513,83	8.3.2014	1977,34	1809,67	18.4.2014	2085,97	1941,66
27.1.2014	1576,97	1513,83	9.3.2014	1977,34	1809,67	19.4.2014	2085,97	1941,66
28.1.2014	1576,97	1513,83	10.3.2014	1977,34	1809,67	20.4.2014	2085,97	1941,66
29.1.2014	1575,21	1546,59	11.3.2014	1977,34	1809,67	21.4.2014	2085,97	1941,66
30.1.2014	1575,21	1546,59	12.3.2014	1977,34	1952,95	22.4.2014	2085,97	1941,66
31.1.2014	1575,21	1546,59	13.3.2014	1977,34	1952,95	23.4.2014	2085,97	2241,95
1.2.2014	1575,21	1546,59	14.3.2014	1977,34	1952,95	24.4.2014	2085,97	2241,95
2.2.2014	1575,21	1546,59	15.3.2014	1977,34	1952,95	25.4.2014	2085,97	2241,95
3.2.2014	1575,21	1546,59	16.3.2014	1977,34	1952,95	26.4.2014	2085,97	2241,95
4.2.2014	1575,21	1546,59	17.3.2014	1977,34	1952,95	27.4.2014	2085,97	2241,95
5.2.2014	1573,89	1612,30	18.3.2014	1977,34	1952,95	28.4.2014	2085,97	2241,95
6.2.2014	1573,89	1612,30	19.3.2014	1977,34	2206,42	29.4.2014	2085,97	2241,95
7.2.2014	1573,89	1612,30	20.3.2014	1977,34	2206,42	30.4.2014	2032,97	2230,29
8.2.2014	1573,89	1612,30	21.3.2014	1977,34	2206,42	1.5.2014	2032,97	2230,29
9.2.2014	1573,89	1612,30	22.3.2014	1977,34	2206,42	2.5.2014	2032,97	2230,29
10.2.2014	1573,89	1612,30	23.3.2014	1977,34	2206,42	3.5.2014	2032,97	2230,29

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
4.5.2014	2032,97	2230,29	14.6.2014	2220,48	2214,19	25.7.2014	3219,76	2822,21
5.5.2014	2032,97	2230,29	15.6.2014	2220,48	2214,19	26.7.2014	3219,76	2822,21
6.5.2014	2032,97	2230,29	16.6.2014	2220,48	2214,19	27.7.2014	0	0
7.5.2014	2024,13	1900,82	17.6.2014	2220,48	2214,19	28.7.2014	0	0
8.5.2014	2024,13	1900,82	18.6.2014	2220,48	2195,04	29.7.2014	0	0
9.5.2014	2024,13	1900,82	19.6.2014	2220,48	2195,04	30.7.2014	0	0
10.5.2014	2024,13	1900,82	20.6.2014	2220,48	2195,04	31.7.2014	2050,45	1812,86
11.5.2014	2024,13	1900,82	21.6.2014	2220,48	2195,04	1.8.2014	2050,45	1812,86
12.5.2014	2024,13	1900,82	22.6.2014	2220,48	2195,04	2.8.2014	2050,45	1812,86
13.5.2014	2024,13	1900,82	23.6.2014	2220,48	2195,04	3.8.2014	2050,45	1812,86
14.5.2014	2024,13	1423,23	24.6.2014	2220,48	2195,04	4.8.2014	2050,45	1812,86
15.5.2014	2024,13	1423,23	25.6.2014	2166,11	1741,27	5.8.2014	2050,45	1812,86
16.5.2014	2024,13	1423,23	26.6.2014	2166,11	1741,27	6.8.2014	1724,60	1372,19
17.5.2014	2024,13	1423,23	27.6.2014	2166,11	1741,27	7.8.2014	1724,60	1372,19
18.5.2014	2024,13	1423,23	28.6.2014	2166,11	1741,27	8.8.2014	1724,60	1372,19
19.5.2014	2024,13	1423,23	29.6.2014	2166,11	1741,27	9.8.2014	1724,60	1372,19
20.5.2014	2024,13	1423,23	30.6.2014	2166,11	1741,27	10.8.2014	1724,60	1372,19
21.5.2014	2024,13	1946,23	1.7.2014	2166,11	1741,27	11.8.2014	1724,60	1372,19
22.5.2014	2024,13	1946,23	2.7.2014	1839,86	1722,16	12.8.2014	1724,60	1372,19
23.5.2014	2024,13	1946,23	3.7.2014	1839,86	1722,16	13.8.2014	1724,60	1822,72
24.5.2014	2024,13	1946,23	4.7.2014	1839,86	1722,16	14.8.2014	1724,60	1822,72
25.5.2014	2024,13	1946,23	5.7.2014	1839,86	1722,16	15.8.2014	1724,60	1822,72
26.5.2014	2024,13	1946,23	6.7.2014	1839,86	1722,16	16.8.2014	1724,60	1822,72
27.5.2014	2024,13	1946,23	7.7.2014	1839,86	1722,16	17.8.2014	1724,60	1822,72
28.5.2014	2108,28	2223,84	8.7.2014	1839,86	1722,16	18.8.2014	1724,60	1822,72
29.5.2014	2108,28	2223,84	9.7.2014	1839,86	1922,70	19.8.2014	1724,60	1822,72
30.5.2014	2108,28	2223,84	10.7.2014	1839,86	1922,70	20.8.2014	1724,60	1754,56
31.5.2014	2108,28	2223,84	11.7.2014	1839,86	1922,70	21.8.2014	1724,60	1754,56
1.6.2014	2108,28	2223,84	12.7.2014	1839,86	1922,70	22.8.2014	1724,60	1754,56
2.6.2014	2108,28	2223,84	13.7.2014	1839,86	1922,70	23.8.2014	1724,60	1754,56
3.6.2014	2108,28	2223,84	14.7.2014	1839,86	1922,70	24.8.2014	1724,60	1754,56
4.6.2014	2220,48	2287,02	15.7.2014	1839,86	1922,70	25.8.2014	1724,60	1754,56
5.6.2014	2220,48	2287,02	16.7.2014	1839,86	1923,82	26.8.2014	1724,60	1754,56
6.6.2014	2220,48	2287,02	17.7.2014	1839,86	1923,82	27.8.2014	1711,13	1617,32
7.6.2014	2220,48	2287,02	18.7.2014	1839,86	1923,82	28.8.2014	1711,13	1617,32
8.6.2014	2220,48	2287,02	19.7.2014	1839,86	1923,82	29.8.2014	1711,13	1617,32
9.6.2014	2220,48	2287,02	20.7.2014	1839,86	1923,82	30.8.2014	1711,13	1617,32
10.6.2014	2220,48	2287,02	21.7.2014	1839,86	1923,82	31.8.2014	1711,13	1617,32
11.6.2014	2220,48	2214,19	22.7.2014	1839,86	1923,82	1.9.2014	1711,13	1617,32
12.6.2014	2220,48	2214,19	23.7.2014	3219,76	2822,21	2.9.2014	1711,13	1617,32
13.6.2014	2220,48	2214,19	24.7.2014	3219,76	2822,21	3.9.2014	1677,46	1496,12

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
4.9.2014	1677,46	1496,12	15.10.2014	1583,73	1461,09	25.11.2014	1787,85	1876,42
5.9.2014	1677,46	1496,12	16.10.2014	1583,73	1461,09	26.11.2014	1840,67	2052,34
6.9.2014	1677,46	1496,12	17.10.2014	1583,73	1461,09	27.11.2014	1840,67	2052,34
7.9.2014	1677,46	1496,12	18.10.2014	1583,73	1461,09	28.11.2014	1840,67	2052,34
8.9.2014	1677,46	1496,12	19.10.2014	1583,73	1461,09	29.11.2014	1840,67	2052,34
9.9.2014	1677,46	1496,12	20.10.2014	1583,73	1461,09	30.11.2014	1840,67	2052,34
10.9.2014	1677,46	1410,10	21.10.2014	1583,73	1461,09	1.12.2014	1840,67	2052,34
11.9.2014	1677,46	1410,10	22.10.2014	1583,73	1400,26	2.12.2014	1840,67	2052,34
12.9.2014	1677,46	1410,10	23.10.2014	1583,73	1400,26	3.12.2014	1972,73	1880,66
13.9.2014	1677,46	1410,10	24.10.2014	1583,73	1400,26	4.12.2014	1972,73	1880,66
14.9.2014	1677,46	1410,10	25.10.2014	1583,73	1400,26	5.12.2014	1972,73	1880,66
15.9.2014	1677,46	1410,10	26.10.2014	1583,73	1400,26	6.12.2014	1972,73	1880,66
16.9.2014	1677,46	1410,10	27.10.2014	1583,73	1400,26	7.12.2014	1972,73	1880,66
17.9.2014	1677,46	1925,96	28.10.2014	1583,73	1400,26	8.12.2014	1972,73	1880,66
18.9.2014	1677,46	1925,96	29.10.2014	1700,37	1826,92	9.12.2014	1972,73	1880,66
19.9.2014	1677,46	1925,96	30.10.2014	1700,37	1826,92	10.12.2014	1972,73	1870,73
20.9.2014	1677,46	1925,96	31.10.2014	1700,37	1826,92	11.12.2014	1972,73	1870,73
21.9.2014	1677,46	1925,96	1.11.2014	1700,37	1826,92	12.12.2014	1972,73	1870,73
22.9.2014	1677,46	1925,96	2.11.2014	1700,37	1826,92	13.12.2014	1972,73	1870,73
23.9.2014	1677,46	1925,96	3.11.2014	1700,37	1826,92	14.12.2014	1972,73	1870,73
24.9.2014	1677,46	2218,38	4.11.2014	1700,37	1826,92	15.12.2014	1972,73	1870,73
25.9.2014	1677,46	2218,38	5.11.2014	1787,85	1748,99	16.12.2014	1972,73	1870,73
26.9.2014	1677,46	2218,38	6.11.2014	1787,85	1748,99	17.12.2014	1972,73	1935,19
27.9.2014	1677,46	2218,38	7.11.2014	1787,85	1748,99	18.12.2014	1972,73	1935,19
28.9.2014	1677,46	2218,38	8.11.2014	1787,85	1748,99	19.12.2014	1972,73	1935,19
29.9.2014	1677,46	2218,38	9.11.2014	1787,85	1748,99	20.12.2014	1972,73	1935,19
30.9.2014	1677,46	2218,38	10.11.2014	1787,85	1748,99	21.12.2014	1972,73	1935,19
1.10.2014	3695,36	4295,03	11.11.2014	1787,85	1748,99	22.12.2014	1972,73	1935,19
2.10.2014	3695,36	4295,03	12.11.2014	1787,85	1973,94	23.12.2014	1972,73	1935,19
3.10.2014	3695,36	4295,03	13.11.2014	1787,85	1973,94	24.12.2014	1972,73	1630,26
4.10.2014	0	0	14.11.2014	1787,85	1973,94	25.12.2014	1972,73	1630,26
5.10.2014	0	0	15.11.2014	1787,85	1973,94	26.12.2014	1972,73	1630,26
6.10.2014	0	0	16.11.2014	1787,85	1973,94	27.12.2014	1972,73	1630,26
7.10.2014	0	0	17.11.2014	1787,85	1973,94	28.12.2014	1972,73	1630,26
8.10.2014	1583,73	1751,08	18.11.2014	1787,85	1973,94	29.12.2014	1972,73	1630,26
9.10.2014	1583,73	1751,08	19.11.2014	1787,85	1876,42	30.12.2014	1972,73	1630,26
10.10.2014	1583,73	1751,08	20.11.2014	1787,85	1876,42	31.12.2014	1972,73	1630,26
11.10.2014	1583,73	1751,08	21.11.2014	1787,85	1876,42			
12.10.2014	1583,73	1751,08	22.11.2014	1787,85	1876,42			
13.10.2014	1583,73	1751,08	23.11.2014	1787,85	1876,42			
14.10.2014	1583,73	1751,08	24.11.2014	1787,85	1876,42			

**Ek 2: CEM-I Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı
Günlük Talep Tahminleri (Ton)**

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
1.1.2014	0	0	11.2.2014	1173,45	660,02	24.3.2014	919,99	716,42
2.1.2014	1580,08	736,82	12.2.2014	1173,45	485,67	25.3.2014	919,99	716,42
3.1.2014	1580,08	736,82	13.2.2014	1173,45	485,67	26.3.2014	899,61	902,41
4.1.2014	1580,08	736,82	14.2.2014	1173,45	485,67	27.3.2014	899,61	902,41
5.1.2014	1580,08	736,82	15.2.2014	1173,45	485,67	28.3.2014	899,61	902,41
6.1.2014	1580,08	736,82	16.2.2014	1173,45	485,67	29.3.2014	899,61	902,41
7.1.2014	1580,08	736,82	17.2.2014	1173,45	485,67	30.3.2014	899,61	902,41
8.1.2014	1354,36	662,72	18.2.2014	1173,45	485,67	31.3.2014	899,61	902,41
9.1.2014	1354,36	662,72	19.2.2014	1173,45	672,86	1.4.2014	899,61	902,41
10.1.2014	1354,36	662,72	20.2.2014	1173,45	672,86	2.4.2014	1377,34	1444,97
11.1.2014	1354,36	662,72	21.2.2014	1173,45	672,86	3.4.2014	1377,34	1444,97
12.1.2014	1354,36	662,72	22.2.2014	1173,45	672,86	4.4.2014	1377,34	1444,97
13.1.2014	1354,36	662,72	23.2.2014	1173,45	672,86	5.4.2014	1377,34	1444,97
14.1.2014	1354,36	662,72	24.2.2014	1173,45	672,86	6.4.2014	1377,34	1444,97
15.1.2014	3497,21	2756,62	25.2.2014	1173,45	672,86	7.4.2014	1377,34	1444,97
16.1.2014	3497,21	2756,62	26.2.2014	1743,47	1340,49	8.4.2014	1377,34	1444,97
17.1.2014	3497,21	2756,62	27.2.2014	1743,47	1340,49	9.4.2014	1946,63	1961,37
18.1.2014	3497,21	2756,62	28.2.2014	1743,47	1340,49	10.4.2014	1946,63	1961,37
19.1.2014	3497,21	2756,62	1.3.2014	1743,47	1340,49	11.4.2014	1946,63	1961,37
20.1.2014	3497,21	2756,62	2.3.2014	1743,47	1340,49	12.4.2014	1946,63	1961,37
21.1.2014	3497,21	2756,62	3.3.2014	1743,47	1340,49	13.4.2014	1946,63	1961,37
22.1.2014	1354,36	581,53	4.3.2014	1743,47	1340,49	14.4.2014	1946,63	1961,37
23.1.2014	1354,36	581,53	5.3.2014	919,99	706,99	15.4.2014	1946,63	1961,37
24.1.2014	1354,36	581,53	6.3.2014	919,99	706,99	16.4.2014	777,34	1091,79
25.1.2014	1354,36	581,53	7.3.2014	919,99	706,99	17.4.2014	777,34	1091,79
26.1.2014	1354,36	581,53	8.3.2014	919,99	706,99	18.4.2014	777,34	1091,79
27.1.2014	1354,36	581,53	9.3.2014	919,99	706,99	19.4.2014	777,34	1091,79
28.1.2014	1354,36	581,53	10.3.2014	919,99	706,99	20.4.2014	777,34	1091,79
29.1.2014	1250,98	544,14	11.3.2014	919,99	706,99	21.4.2014	777,34	1091,79
30.1.2014	1250,98	544,14	12.3.2014	1134,28	921,90	22.4.2014	777,34	1091,79
31.1.2014	1250,98	544,14	13.3.2014	1134,28	921,90	23.4.2014	777,34	818,47
1.2.2014	1250,98	544,14	14.3.2014	1134,28	921,90	24.4.2014	777,34	818,47
2.2.2014	1250,98	544,14	15.3.2014	1134,28	921,90	25.4.2014	777,34	818,47
3.2.2014	1250,98	544,14	16.3.2014	1134,28	921,90	26.4.2014	777,34	818,47
4.2.2014	1250,98	544,14	17.3.2014	1134,28	921,90	27.4.2014	777,34	818,47
5.2.2014	1173,45	660,02	18.3.2014	1134,28	921,90	28.4.2014	777,34	818,47
6.2.2014	1173,45	660,02	19.3.2014	919,99	716,42	29.4.2014	777,34	818,47
7.2.2014	1173,45	660,02	20.3.2014	919,99	716,42	30.4.2014	704,17	842,92
8.2.2014	1173,45	660,02	21.3.2014	919,99	716,42	1.5.2014	704,17	842,92
9.2.2014	1173,45	660,02	22.3.2014	919,99	716,42	2.5.2014	704,17	842,92
10.2.2014	1173,45	660,02	23.3.2014	919,99	716,42	3.5.2014	704,17	842,92

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
4.5.2014	704,17	842,92	14.6.2014	978,89	554,45	25.7.2014	955,98	1367,04
5.5.2014	704,17	842,92	15.6.2014	978,89	554,45	26.7.2014	955,98	1367,04
6.5.2014	704,17	842,92	16.6.2014	978,89	554,45	27.7.2014	0	0
7.5.2014	691,97	922,55	17.6.2014	978,89	554,45	28.7.2014	0	0
8.5.2014	691,97	922,55	18.6.2014	978,89	562,76	29.7.2014	0	0
9.5.2014	691,97	922,55	19.6.2014	978,89	562,76	30.7.2014	0	0
10.5.2014	691,97	922,55	20.6.2014	978,89	562,76	31.7.2014	603,55	929,43
11.5.2014	691,97	922,55	21.6.2014	978,89	562,76	1.8.2014	603,55	929,43
12.5.2014	691,97	922,55	22.6.2014	978,89	562,76	2.8.2014	603,55	929,43
13.5.2014	691,97	922,55	23.6.2014	978,89	562,76	3.8.2014	603,55	929,43
14.5.2014	691,97	1142,61	24.6.2014	978,89	562,76	4.8.2014	603,55	929,43
15.5.2014	691,97	1142,61	25.6.2014	917,08	832,13	5.8.2014	603,55	929,43
16.5.2014	691,97	1142,61	26.6.2014	917,08	832,13	6.8.2014	505,75	506,49
17.5.2014	691,97	1142,61	27.6.2014	917,08	832,13	7.8.2014	505,75	506,49
18.5.2014	691,97	1142,61	28.6.2014	917,08	832,13	8.8.2014	505,75	506,49
19.5.2014	691,97	1142,61	29.6.2014	917,08	832,13	9.8.2014	505,75	506,49
20.5.2014	691,97	1142,61	30.6.2014	917,08	832,13	10.8.2014	505,75	506,49
21.5.2014	691,97	890,79	1.7.2014	917,08	832,13	11.8.2014	505,75	506,49
22.5.2014	691,97	890,79	2.7.2014	546,27	991,32	12.8.2014	505,75	506,49
23.5.2014	691,97	890,79	3.7.2014	546,27	991,32	13.8.2014	505,75	690,58
24.5.2014	691,97	890,79	4.7.2014	546,27	991,32	14.8.2014	505,75	690,58
25.5.2014	691,97	890,79	5.7.2014	546,27	991,32	15.8.2014	505,75	690,58
26.5.2014	691,97	890,79	6.7.2014	546,27	991,32	16.8.2014	505,75	690,58
27.5.2014	691,97	890,79	7.7.2014	546,27	991,32	17.8.2014	505,75	690,58
28.5.2014	814,93	745,26	8.7.2014	546,27	991,32	18.8.2014	505,75	690,58
29.5.2014	814,93	745,26	9.7.2014	546,27	643,62	19.8.2014	505,75	690,58
30.5.2014	814,93	745,26	10.7.2014	546,27	643,62	20.8.2014	505,75	636,50
31.5.2014	814,93	745,26	11.7.2014	546,27	643,62	21.8.2014	505,75	636,50
1.6.2014	814,93	745,26	12.7.2014	546,27	643,62	22.8.2014	505,75	636,50
2.6.2014	814,93	745,26	13.7.2014	546,27	643,62	23.8.2014	505,75	636,50
3.6.2014	814,93	745,26	14.7.2014	546,27	643,62	24.8.2014	505,75	636,50
4.6.2014	978,89	685,07	15.7.2014	546,27	643,62	25.8.2014	505,75	636,50
5.6.2014	978,89	685,07	16.7.2014	546,27	633,68	26.8.2014	505,75	636,50
6.6.2014	978,89	685,07	17.7.2014	546,27	633,68	27.8.2014	521,41	679,53
7.6.2014	978,89	685,07	18.7.2014	546,27	633,68	28.8.2014	521,41	679,53
8.6.2014	978,89	685,07	19.7.2014	546,27	633,68	29.8.2014	521,41	679,53
9.6.2014	978,89	685,07	20.7.2014	546,27	633,68	30.8.2014	521,41	679,53
10.6.2014	978,89	685,07	21.7.2014	546,27	633,68	31.8.2014	521,41	679,53
11.6.2014	978,89	554,45	22.7.2014	546,27	633,68	1.9.2014	521,41	679,53
12.6.2014	978,89	554,45	23.7.2014	955,98	1367,04	2.9.2014	521,41	679,53
13.6.2014	978,89	554,45	24.7.2014	955,98	1367,04	3.9.2014	560,57	847,96

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
4.9.2014	560,57	847,96	15.10.2014	613,45	654,56	25.11.2014	532,60	825,88
5.9.2014	560,57	847,96	16.10.2014	613,45	654,56	26.11.2014	584,79	943,40
6.9.2014	560,57	847,96	17.10.2014	613,45	654,56	27.11.2014	584,79	943,40
7.9.2014	560,57	847,96	18.10.2014	613,45	654,56	28.11.2014	584,79	943,40
8.9.2014	560,57	847,96	19.10.2014	613,45	654,56	29.11.2014	584,79	943,40
9.9.2014	560,57	847,96	20.10.2014	613,45	654,56	30.11.2014	584,79	943,40
10.9.2014	560,57	927,17	21.10.2014	613,45	654,56	1.12.2014	584,79	943,40
11.9.2014	560,57	927,17	22.10.2014	613,45	1080,68	2.12.2014	584,79	943,40
12.9.2014	560,57	927,17	23.10.2014	613,45	1080,68	3.12.2014	715,27	980,61
13.9.2014	560,57	927,17	24.10.2014	613,45	1080,68	4.12.2014	715,27	980,61
14.9.2014	560,57	927,17	25.10.2014	613,45	1080,68	5.12.2014	715,27	980,61
15.9.2014	560,57	927,17	26.10.2014	613,45	1080,68	6.12.2014	715,27	980,61
16.9.2014	560,57	927,17	27.10.2014	613,45	1080,68	7.12.2014	715,27	980,61
17.9.2014	560,57	774,45	28.10.2014	613,45	1080,68	8.12.2014	715,27	980,61
18.9.2014	560,57	774,45	29.10.2014	567,25	1041,54	9.12.2014	715,27	980,61
19.9.2014	560,57	774,45	30.10.2014	567,25	1041,54	10.12.2014	715,27	777,13
20.9.2014	560,57	774,45	31.10.2014	567,25	1041,54	11.12.2014	715,27	777,13
21.9.2014	560,57	774,45	1.11.2014	567,25	1041,54	12.12.2014	715,27	777,13
22.9.2014	560,57	774,45	2.11.2014	567,25	1041,54	13.12.2014	715,27	777,13
23.9.2014	560,57	774,45	3.11.2014	567,25	1041,54	14.12.2014	715,27	777,13
24.9.2014	560,57	857,34	4.11.2014	567,25	1041,54	15.12.2014	715,27	777,13
25.9.2014	560,57	857,34	5.11.2014	532,60	839,49	16.12.2014	715,27	777,13
26.9.2014	560,57	857,34	6.11.2014	532,60	839,49	17.12.2014	715,27	869,59
27.9.2014	560,57	857,34	7.11.2014	532,60	839,49	18.12.2014	715,27	869,59
28.9.2014	560,57	857,34	8.11.2014	532,60	839,49	19.12.2014	715,27	869,59
29.9.2014	560,57	857,34	9.11.2014	532,60	839,49	20.12.2014	715,27	869,59
30.9.2014	560,57	857,34	10.11.2014	532,60	839,49	21.12.2014	715,27	869,59
1.10.2014	1431,38	2080,97	11.11.2014	532,60	839,49	22.12.2014	715,27	869,59
2.10.2014	1431,38	2080,97	12.11.2014	532,60	728,23	23.12.2014	715,27	869,59
3.10.2014	1431,38	2080,97	13.11.2014	532,60	728,23	24.12.2014	715,27	746,71
4.10.2014	0	0	14.11.2014	532,60	728,23	25.12.2014	715,27	746,71
5.10.2014	0	0	15.11.2014	532,60	728,23	26.12.2014	715,27	746,71
6.10.2014	0	0	16.11.2014	532,60	728,23	27.12.2014	715,27	746,71
7.10.2014	0	0	17.11.2014	532,60	728,23	28.12.2014	715,27	746,71
8.10.2014	613,45	1095,35	18.11.2014	532,60	728,23	29.12.2014	715,27	746,71
9.10.2014	613,45	1095,35	19.11.2014	532,60	825,88	30.12.2014	715,27	746,71
10.10.2014	613,45	1095,35	20.11.2014	532,60	825,88	31.12.2014	715,27	746,71
11.10.2014	613,45	1095,35	21.11.2014	532,60	825,88			
12.10.2014	613,45	1095,35	22.11.2014	532,60	825,88			
13.10.2014	613,45	1095,35	23.11.2014	532,60	825,88			
14.10.2014	613,45	1095,35	24.11.2014	532,60	825,88			

Ek 3: CEM-IV Ürün Grubu 2014 Yılı Günlük Talep Tahminleri (Ton)

Tarih	Günlük Tahminler	Tarih	Günlük Tahminler	Tarih	Günlük Tahminler
1.1.2014	0	11.2.2014	381,26	24.3.2014	424,16
2.1.2014	603,80	12.2.2014	411,36	25.3.2014	424,16
3.1.2014	603,80	13.2.2014	411,36	26.3.2014	424,71
4.1.2014	603,80	14.2.2014	411,36	27.3.2014	424,71
5.1.2014	603,80	15.2.2014	411,36	28.3.2014	424,71
6.1.2014	603,80	16.2.2014	411,36	29.3.2014	424,71
7.1.2014	603,80	17.2.2014	411,36	30.3.2014	424,71
8.1.2014	526,59	18.2.2014	411,36	31.3.2014	424,71
9.1.2014	526,59	19.2.2014	441,15	1.4.2014	424,71
10.1.2014	526,59	20.2.2014	441,15	2.4.2014	434,39
11.1.2014	526,59	21.2.2014	441,15	3.4.2014	434,39
12.1.2014	526,59	22.2.2014	441,15	4.4.2014	434,39
13.1.2014	526,59	23.2.2014	441,15	5.4.2014	434,39
14.1.2014	526,59	24.2.2014	441,15	6.4.2014	434,39
15.1.2014	534,56	25.2.2014	441,15	7.4.2014	434,39
16.1.2014	534,56	26.2.2014	435,60	8.4.2014	434,39
17.1.2014	534,56	27.2.2014	435,60	9.4.2014	397,15
18.1.2014	534,56	28.2.2014	435,60	10.4.2014	397,15
19.1.2014	534,56	1.3.2014	435,60	11.4.2014	397,15
20.1.2014	534,56	2.3.2014	435,60	12.4.2014	397,15
21.1.2014	534,56	3.3.2014	435,60	13.4.2014	397,15
22.1.2014	414,82	4.3.2014	435,60	14.4.2014	397,15
23.1.2014	414,82	5.3.2014	352,74	15.4.2014	397,15
24.1.2014	414,82	6.3.2014	352,74	16.4.2014	416,78
25.1.2014	414,82	7.3.2014	352,74	17.4.2014	416,78
26.1.2014	414,82	8.3.2014	352,74	18.4.2014	416,78
27.1.2014	414,82	9.3.2014	352,74	19.4.2014	416,78
28.1.2014	414,82	10.3.2014	352,74	20.4.2014	416,78
29.1.2014	311,71	11.3.2014	352,74	21.4.2014	416,78
30.1.2014	311,71	12.3.2014	365,16	22.4.2014	416,78
31.1.2014	311,71	13.3.2014	365,16	23.4.2014	401,29
1.2.2014	311,71	14.3.2014	365,16	24.4.2014	401,29
2.2.2014	311,71	15.3.2014	365,16	25.4.2014	401,29
3.2.2014	311,71	16.3.2014	365,16	26.4.2014	401,29
4.2.2014	311,71	17.3.2014	365,16	27.4.2014	401,29
5.2.2014	381,26	18.3.2014	365,16	28.4.2014	401,29
6.2.2014	381,26	19.3.2014	424,16	29.4.2014	401,29
7.2.2014	381,26	20.3.2014	424,16	30.4.2014	385,60
8.2.2014	381,26	21.3.2014	424,16	1.5.2014	385,60
9.2.2014	381,26	22.3.2014	424,16	2.5.2014	385,60
10.2.2014	381,26	23.3.2014	424,16	3.5.2014	385,60

Tarih	Günlük Tahminler	Tarih	Günlük Tahminler	Tarih	Günlük Tahminler
4.5.2014	385,60	14.6.2014	396,09	25.7.2014	690,45
5.5.2014	385,60	15.6.2014	396,09	26.7.2014	690,45
6.5.2014	385,60	16.6.2014	396,09	27.7.2014	0
7.5.2014	409,19	17.6.2014	396,09	28.7.2014	0
8.5.2014	409,19	18.6.2014	585,22	29.7.2014	0
9.5.2014	409,19	19.6.2014	585,22	30.7.2014	0
10.5.2014	409,19	20.6.2014	585,22	31.7.2014	355,49
11.5.2014	409,19	21.6.2014	585,22	1.8.2014	355,49
12.5.2014	409,19	22.6.2014	585,22	2.8.2014	355,49
13.5.2014	409,19	23.6.2014	585,22	3.8.2014	355,49
14.5.2014	406,05	24.6.2014	585,22	4.8.2014	355,49
15.5.2014	406,05	25.6.2014	457,36	5.8.2014	355,49
16.5.2014	406,05	26.6.2014	457,36	6.8.2014	378,75
17.5.2014	406,05	27.6.2014	457,36	7.8.2014	378,75
18.5.2014	406,05	28.6.2014	457,36	8.8.2014	378,75
19.5.2014	406,05	29.6.2014	457,36	9.8.2014	378,75
20.5.2014	406,05	30.6.2014	457,36	10.8.2014	378,75
21.5.2014	399,86	1.7.2014	457,36	11.8.2014	378,75
22.5.2014	399,86	2.7.2014	475,70	12.8.2014	378,75
23.5.2014	399,86	3.7.2014	475,70	13.8.2014	482,66
24.5.2014	399,86	4.7.2014	475,70	14.8.2014	482,66
25.5.2014	399,86	5.7.2014	475,70	15.8.2014	482,66
26.5.2014	399,86	6.7.2014	475,70	16.8.2014	482,66
27.5.2014	399,86	7.7.2014	475,70	17.8.2014	482,66
28.5.2014	420,73	8.7.2014	475,70	18.8.2014	482,66
29.5.2014	420,73	9.7.2014	486,40	19.8.2014	482,66
30.5.2014	420,73	10.7.2014	486,40	20.8.2014	401,51
31.5.2014	420,73	11.7.2014	486,40	21.8.2014	401,51
1.6.2014	420,73	12.7.2014	486,40	22.8.2014	401,51
2.6.2014	420,73	13.7.2014	486,40	23.8.2014	401,51
3.6.2014	420,73	14.7.2014	486,40	24.8.2014	401,51
4.6.2014	380,23	15.7.2014	486,40	25.8.2014	401,51
5.6.2014	380,23	16.7.2014	409,63	26.8.2014	401,51
6.6.2014	380,23	17.7.2014	409,63	27.8.2014	381,28
7.6.2014	380,23	18.7.2014	409,63	28.8.2014	381,28
8.6.2014	380,23	19.7.2014	409,63	29.8.2014	381,28
9.6.2014	380,23	20.7.2014	409,63	30.8.2014	381,28
10.6.2014	380,23	21.7.2014	409,63	31.8.2014	381,28
11.6.2014	396,09	22.7.2014	409,63	1.9.2014	381,28
12.6.2014	396,09	23.7.2014	690,45	2.9.2014	381,28
13.6.2014	396,09	24.7.2014	690,45	3.9.2014	515,43

Tarih	Günlük Tahminler	Tarih	Günlük Tahminler	Tarih	Günlük Tahminler
4.9.2014	515,43	15.10.2014	589,42	25.11.2014	557,31
5.9.2014	515,43	16.10.2014	589,42	26.11.2014	515,18
6.9.2014	515,43	17.10.2014	589,42	27.11.2014	515,18
7.9.2014	515,43	18.10.2014	589,42	28.11.2014	515,18
8.9.2014	515,43	19.10.2014	589,42	29.11.2014	515,18
9.9.2014	515,43	20.10.2014	589,42	30.11.2014	515,18
10.9.2014	579,96	21.10.2014	589,42	1.12.2014	515,18
11.9.2014	579,96	22.10.2014	580,06	2.12.2014	515,18
12.9.2014	579,96	23.10.2014	580,06	3.12.2014	430,66
13.9.2014	579,96	24.10.2014	580,06	4.12.2014	430,66
14.9.2014	579,96	25.10.2014	580,06	5.12.2014	430,66
15.9.2014	579,96	26.10.2014	580,06	6.12.2014	430,66
16.9.2014	579,96	27.10.2014	580,06	7.12.2014	430,66
17.9.2014	510,14	28.10.2014	580,06	8.12.2014	430,66
18.9.2014	510,14	29.10.2014	580,59	9.12.2014	430,66
19.9.2014	510,14	30.10.2014	580,59	10.12.2014	369,51
20.9.2014	510,14	31.10.2014	580,59	11.12.2014	369,51
21.9.2014	510,14	1.11.2014	580,59	12.12.2014	369,51
22.9.2014	510,14	2.11.2014	580,59	13.12.2014	369,51
23.9.2014	510,14	3.11.2014	580,59	14.12.2014	369,51
24.9.2014	604,12	4.11.2014	580,59	15.12.2014	369,51
25.9.2014	604,12	5.11.2014	570,16	16.12.2014	369,51
26.9.2014	604,12	6.11.2014	570,16	17.12.2014	358,34
27.9.2014	604,12	7.11.2014	570,16	18.12.2014	358,34
28.9.2014	604,12	8.11.2014	570,16	19.12.2014	358,34
29.9.2014	604,12	9.11.2014	570,16	20.12.2014	358,34
30.9.2014	604,12	10.11.2014	570,16	21.12.2014	358,34
1.10.2014	1355,31	11.11.2014	570,16	22.12.2014	358,34
2.10.2014	1355,31	12.11.2014	555,97	23.12.2014	358,34
3.10.2014	1355,31	13.11.2014	555,97	24.12.2014	425,08
4.10.2014	0	14.11.2014	555,97	25.12.2014	425,08
5.10.2014	0	15.11.2014	555,97	26.12.2014	425,08
6.10.2014	0	16.11.2014	555,97	27.12.2014	425,08
7.10.2014	0	17.11.2014	555,97	28.12.2014	425,08
8.10.2014	580,85	18.11.2014	555,97	29.12.2014	425,08
9.10.2014	580,85	19.11.2014	557,31	30.12.2014	425,08
10.10.2014	580,85	20.11.2014	557,31	31.12.2014	425,08
11.10.2014	580,85	21.11.2014	557,31		
12.10.2014	580,85	22.11.2014	557,31		
13.10.2014	580,85	23.11.2014	557,31		
14.10.2014	580,85	24.11.2014	557,31		

**Ek 4: CEM-II Ürün Grubu Gün Sayısına ve Satış Yüzdesine Dayanan 2014 Yılı
Günlük Nihai Talep Tahminleri**

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
1.1.2014	0	0	11.2.2014	276,90	198,25	24.3.2014	345,60	346,51
2.1.2014	306,92	246,59	12.2.2014	276,90	246,60	25.3.2014	345,60	346,51
3.1.2014	306,92	246,59	13.2.2014	276,90	246,60	26.3.2014	336,86	348,28
4.1.2014	306,92	246,59	14.2.2014	276,90	246,60	27.3.2014	336,86	348,28
5.1.2014	306,92	246,59	15.2.2014	276,90	246,60	28.3.2014	336,86	348,28
6.1.2014	306,92	246,59	16.2.2014	276,90	246,60	29.3.2014	336,86	348,28
7.1.2014	306,92	246,59	17.2.2014	276,90	246,60	30.3.2014	336,86	348,28
8.1.2014	263,07	198,95	18.2.2014	276,90	246,60	31.3.2014	336,86	348,28
9.1.2014	263,07	198,95	19.2.2014	276,90	226,08	1.4.2014	336,86	348,28
10.1.2014	263,07	198,95	20.2.2014	276,90	226,08	2.4.2014	284,47	323,68
11.1.2014	263,07	198,95	21.2.2014	276,90	226,08	3.4.2014	284,47	323,68
12.1.2014	263,07	198,95	22.2.2014	276,90	226,08	4.4.2014	284,47	323,68
13.1.2014	263,07	198,95	23.2.2014	276,90	226,08	5.4.2014	284,47	323,68
14.1.2014	263,07	198,95	24.2.2014	276,90	226,08	6.4.2014	284,47	323,68
15.1.2014	263,07	207,27	25.2.2014	276,90	226,08	7.4.2014	284,47	323,68
16.1.2014	263,07	207,27	26.2.2014	316,15	250,82	8.4.2014	284,47	323,68
17.1.2014	263,07	207,27	27.2.2014	316,15	250,82	9.4.2014	284,47	347,01
18.1.2014	263,07	207,27	28.2.2014	316,15	250,82	10.4.2014	284,47	347,01
19.1.2014	263,07	207,27	1.3.2014	316,15	250,82	11.4.2014	284,47	347,01
20.1.2014	263,07	207,27	2.3.2014	316,15	250,82	12.4.2014	284,47	347,01
21.1.2014	263,07	207,27	3.3.2014	316,15	250,82	13.4.2014	284,47	347,01
22.1.2014	263,07	197,63	4.3.2014	316,15	250,82	14.4.2014	284,47	347,01
23.1.2014	263,07	197,63	5.3.2014	345,60	283,28	15.4.2014	284,47	347,01
24.1.2014	263,07	197,63	6.3.2014	345,60	283,28	16.4.2014	284,47	313,69
25.1.2014	263,07	197,63	7.3.2014	345,60	283,28	17.4.2014	284,47	313,69
26.1.2014	263,07	197,63	8.3.2014	345,60	283,28	18.4.2014	284,47	313,69
27.1.2014	263,07	197,63	9.3.2014	345,60	283,28	19.4.2014	284,47	313,69
28.1.2014	263,07	197,63	10.3.2014	345,60	283,28	20.4.2014	284,47	313,69
29.1.2014	270,97	195,75	11.3.2014	345,60	283,28	21.4.2014	284,47	313,69
30.1.2014	270,97	195,75	12.3.2014	481,03	299,24	22.4.2014	284,47	313,69
31.1.2014	270,97	195,75	13.3.2014	481,03	299,24	23.4.2014	284,47	295,46
1.2.2014	270,97	195,75	14.3.2014	481,03	299,24	24.4.2014	284,47	295,46
2.2.2014	270,97	195,75	15.3.2014	481,03	299,24	25.4.2014	284,47	295,46
3.2.2014	270,97	195,75	16.3.2014	481,03	299,24	26.4.2014	284,47	295,46
4.2.2014	270,97	195,75	17.3.2014	481,03	299,24	27.4.2014	284,47	295,46
5.2.2014	276,90	198,25	18.3.2014	481,03	299,24	28.4.2014	284,47	295,46
6.2.2014	276,90	198,25	19.3.2014	345,60	346,51	29.4.2014	284,47	295,46
7.2.2014	276,90	198,25	20.3.2014	345,60	346,51	30.4.2014	232,92	295,06
8.2.2014	276,90	198,25	21.3.2014	345,60	346,51	1.5.2014	232,92	295,06
9.2.2014	276,90	198,25	22.3.2014	345,60	346,51	2.5.2014	232,92	295,06
10.2.2014	276,90	198,25	23.3.2014	345,60	346,51	3.5.2014	232,92	295,06

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
4.5.2014	232,92	295,06	14.6.2014	212,84	250,97	25.7.2014	482,05	628,24
5.5.2014	232,92	295,06	15.6.2014	212,84	250,97	26.7.2014	482,05	628,24
6.5.2014	232,92	295,06	16.6.2014	212,84	250,97	27.7.2014	0	0
7.5.2014	224,33	262,93	17.6.2014	212,84	250,97	28.7.2014	0	0
8.5.2014	224,33	262,93	18.6.2014	212,84	268,38	29.7.2014	0	0
9.5.2014	224,33	262,93	19.6.2014	212,84	268,38	30.7.2014	0	0
10.5.2014	224,33	262,93	20.6.2014	212,84	268,38	31.7.2014	274,36	332,00
11.5.2014	224,33	262,93	21.6.2014	212,84	268,38	1.8.2014	274,36	332,00
12.5.2014	224,33	262,93	22.6.2014	212,84	268,38	2.8.2014	274,36	332,00
13.5.2014	224,33	262,93	23.6.2014	212,84	268,38	3.8.2014	274,36	332,00
14.5.2014	224,33	271,64	24.6.2014	212,84	268,38	4.8.2014	274,36	332,00
15.5.2014	224,33	271,64	25.6.2014	221,78	260,64	5.8.2014	274,36	332,00
16.5.2014	224,33	271,64	26.6.2014	221,78	260,64	6.8.2014	219,06	261,71
17.5.2014	224,33	271,64	27.6.2014	221,78	260,64	7.8.2014	219,06	261,71
18.5.2014	224,33	271,64	28.6.2014	221,78	260,64	8.8.2014	219,06	261,71
19.5.2014	224,33	271,64	29.6.2014	221,78	260,64	9.8.2014	219,06	261,71
20.5.2014	224,33	271,64	30.6.2014	221,78	260,64	10.8.2014	219,06	261,71
21.5.2014	224,33	289,18	1.7.2014	221,78	260,64	11.8.2014	219,06	261,71
22.5.2014	224,33	289,18	2.7.2014	275,45	276,37	12.8.2014	219,06	261,71
23.5.2014	224,33	289,18	3.7.2014	275,45	276,37	13.8.2014	219,06	304,01
24.5.2014	224,33	289,18	4.7.2014	275,45	276,37	14.8.2014	219,06	304,01
25.5.2014	224,33	289,18	5.7.2014	275,45	276,37	15.8.2014	219,06	304,01
26.5.2014	224,33	289,18	6.7.2014	275,45	276,37	16.8.2014	219,06	304,01
27.5.2014	224,33	289,18	7.7.2014	275,45	276,37	17.8.2014	219,06	304,01
28.5.2014	219,41	265,91	8.7.2014	275,45	276,37	18.8.2014	219,06	304,01
29.5.2014	219,41	265,91	9.7.2014	275,45	288,76	19.8.2014	219,06	304,01
30.5.2014	219,41	265,91	10.7.2014	275,45	288,76	20.8.2014	219,06	206,52
31.5.2014	219,41	265,91	11.7.2014	275,45	288,76	21.8.2014	219,06	206,52
1.6.2014	219,41	265,91	12.7.2014	275,45	288,76	22.8.2014	219,06	206,52
2.6.2014	219,41	265,91	13.7.2014	275,45	288,76	23.8.2014	219,06	206,52
3.6.2014	219,41	265,91	14.7.2014	275,45	288,76	24.8.2014	219,06	206,52
4.6.2014	212,84	255,76	15.7.2014	275,45	288,76	25.8.2014	219,06	206,52
5.6.2014	212,84	255,76	16.7.2014	275,45	331,72	26.8.2014	219,06	206,52
6.6.2014	212,84	255,76	17.7.2014	275,45	331,72	27.8.2014	226,75	199,27
7.6.2014	212,84	255,76	18.7.2014	275,45	331,72	28.8.2014	226,75	199,27
8.6.2014	212,84	255,76	19.7.2014	275,45	331,72	29.8.2014	226,75	199,27
9.6.2014	212,84	255,76	20.7.2014	275,45	331,72	30.8.2014	226,75	199,27
10.6.2014	212,84	255,76	21.7.2014	275,45	331,72	31.8.2014	226,75	199,27
11.6.2014	212,84	250,97	22.7.2014	275,45	331,72	1.9.2014	226,75	199,27
12.6.2014	212,84	250,97	23.7.2014	482,05	628,24	2.9.2014	226,75	199,27
13.6.2014	212,84	250,97	24.7.2014	482,05	628,24	3.9.2014	245,98	268,53

Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi	Tarih	Gün Sayısı	Satış Yüzdesi
4.9.2014	245,98	268,53	15.10.2014	271,92	248,63	25.11.2014	245,53	301,52
5.9.2014	245,98	268,53	16.10.2014	271,92	248,63	26.11.2014	240,03	364,53
6.9.2014	245,98	268,53	17.10.2014	271,92	248,63	27.11.2014	240,03	364,53
7.9.2014	245,98	268,53	18.10.2014	271,92	248,63	28.11.2014	240,03	364,53
8.9.2014	245,98	268,53	19.10.2014	271,92	248,63	29.11.2014	240,03	364,53
9.9.2014	245,98	268,53	20.10.2014	271,92	248,63	30.11.2014	240,03	364,53
10.9.2014	245,98	284,94	21.10.2014	271,92	248,63	1.12.2014	240,03	364,53
11.9.2014	245,98	284,94	22.10.2014	271,92	402,30	2.12.2014	240,03	364,53
12.9.2014	245,98	284,94	23.10.2014	271,92	402,30	3.12.2014	226,30	290,44
13.9.2014	245,98	284,94	24.10.2014	271,92	402,30	4.12.2014	226,30	290,44
14.9.2014	245,98	284,94	25.10.2014	271,92	402,30	5.12.2014	226,30	290,44
15.9.2014	245,98	284,94	26.10.2014	271,92	402,30	6.12.2014	226,30	290,44
16.9.2014	245,98	284,94	27.10.2014	271,92	402,30	7.12.2014	226,30	290,44
17.9.2014	245,98	292,28	28.10.2014	271,92	402,30	8.12.2014	226,30	290,44
18.9.2014	245,98	292,28	29.10.2014	256,84	342,26	9.12.2014	226,30	290,44
19.9.2014	245,98	292,28	30.10.2014	256,84	342,26	10.12.2014	226,30	301,47
20.9.2014	245,98	292,28	31.10.2014	256,84	342,26	11.12.2014	226,30	301,47
21.9.2014	245,98	292,28	1.11.2014	256,84	342,26	12.12.2014	226,30	301,47
22.9.2014	245,98	292,28	2.11.2014	256,84	342,26	13.12.2014	226,30	301,47
23.9.2014	245,98	292,28	3.11.2014	256,84	342,26	14.12.2014	226,30	301,47
24.9.2014	245,98	339,55	4.11.2014	256,84	342,26	15.12.2014	226,30	301,47
25.9.2014	245,98	339,55	5.11.2014	245,53	253,13	16.12.2014	226,30	301,47
26.9.2014	245,98	339,55	6.11.2014	245,53	253,13	17.12.2014	226,30	288,75
27.9.2014	245,98	339,55	7.11.2014	245,53	253,13	18.12.2014	226,30	288,75
28.9.2014	245,98	339,55	8.11.2014	245,53	253,13	19.12.2014	226,30	288,75
29.9.2014	245,98	339,55	9.11.2014	245,53	253,13	20.12.2014	226,30	288,75
30.9.2014	245,98	339,55	10.11.2014	245,53	253,13	21.12.2014	226,30	288,75
1.10.2014	634,49	811,63	11.11.2014	245,53	253,13	22.12.2014	226,30	288,75
2.10.2014	634,49	811,63	12.11.2014	1314,81	299,49	23.12.2014	226,30	288,75
3.10.2014	634,49	811,63	13.11.2014	1314,81	299,49	24.12.2014	226,30	251,73
4.10.2014	0	0	14.11.2014	1314,81	299,49	25.12.2014	226,30	251,73
5.10.2014	0	0	15.11.2014	1314,81	299,49	26.12.2014	226,30	251,73
6.10.2014	0	0	16.11.2014	1314,81	299,49	27.12.2014	226,30	251,73
7.10.2014	0	0	17.11.2014	1314,81	299,49	28.12.2014	226,30	251,73
8.10.2014	271,92	299,83	18.11.2014	1314,81	299,49	29.12.2014	226,30	251,73
9.10.2014	271,92	299,83	19.11.2014	245,53	301,52	30.12.2014	226,30	251,73
10.10.2014	271,92	299,83	20.11.2014	245,53	301,52	31.12.2014	226,30	251,73
11.10.2014	271,92	299,83	21.11.2014	245,53	301,52			
12.10.2014	271,92	299,83	22.11.2014	245,53	301,52			
13.10.2014	271,92	299,83	23.11.2014	245,53	301,52			
14.10.2014	271,92	299,83	24.11.2014	245,53	301,52			

Ek 5: CEM-III Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)

Tarih	Gün Sayısına Göre		Satış Yüzdesine Göre	
	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	4314,23	0,00	4779,24	0,00
6.1.2014	2459,38	2459,38	2640,76	2640,76
11.1.2014	4666,83	4461,49	3433,20	3432,76
16.1.2014	6285,63	10144,78	4901,99	4850,71
21.1.2014	9753,74	9753,74	3767,34	3767,34
26.1.2014	5202,48	4909,82	6612,26	6386,74
31.1.2014	4527,36	4523,92	4122,59	4180,82
5.2.2014	5288,43	8694,62	5472,46	5704,96
10.2.2014	3160,84	3160,84	8970,23	8970,23
15.2.2014	5457,42	4931,87	5782,07	6040,38
20.2.2014	8826,86	16208,97	7549,40	7982,37
25.2.2014	9538,26	9538,26	7146,25	7146,25
2.3.2014	7682,68	6538,08	5050,78	5045,62
7.3.2014	4989,93	5199,43	5037,47	5016,76
12.3.2014	2747,57	2747,57	2832,14	3056,38
17.3.2014	3154,15	3154,15	3311,01	3311,01
22.3.2014	6033,50	6966,14	3439,53	3699,35
27.3.2014	9717,90	6735,41	5410,20	5119,94
1.4.2014	5090,22	5090,22	4703,11	4703,11
6.4.2014	3403,00	3420,62	3381,44	3378,42
11.4.2014	6998,63	8668,64	3292,57	3685,80
16.4.2014	9327,98	6019,00	4402,73	3685,13
21.4.2014	5501,80	5501,80	5769,25	5769,25
26.4.2014	3299,23	3922,60	4942,05	5275,39
1.5.2014	8001,65	5705,82	5044,06	5018,31
6.5.2014	4681,36	4681,36	5104,35	5104,35
11.5.2014	11035,11	11365,32	4091,97	4074,61
16.5.2014	14559,73	0,00	6730,70	0,00
21.5.2014	0,00	0,00	0,00	0,00
26.5.2014	9066,77	13405,67	12570,73	12570,73
31.5.2014	1949,98	1973,59	2197,70	2278,70
5.6.2014	4624,53	4811,95	5235,42	5348,76
10.6.2014	7435,07	7435,07	8148,21	8148,21
15.6.2014	2830,73	2830,73	2946,39	2919,34

20.6.2014	4615,82	4615,82	4602,35	4568,62
25.6.2014	6665,78	6502,55	6502,18	5158,01
30.6.2014	6954,61	6954,61	4222,57	4222,57
5.7.2014	4337,23	4210,91	5207,88	5186,78
10.7.2014	7296,95	9784,33	2474,84	2732,89
15.7.2014	17257,84	17257,84	3708,20	3708,20
20.7.2014	7403,89	5552,79	4693,96	4694,92
25.7.2014	7895,07	9227,42	6730,65	7812,36
30.7.2014	7917,86	0,00	6213,50	0,00
4.8.2014	12081,41	12081,41	10044,24	10044,24
9.8.2014	6567,64	6007,37	4058,30	3448,91
14.8.2014	4181,41	4181,41	2579,15	3322,40
19.8.2014	2502,92	2502,92	3133,94	3133,94
24.8.2014	2314,50	2314,50	2524,84	2506,85
29.8.2014	3698,43	3676,42	3488,93	3253,32
3.9.2014	2389,00	2600,46	1883,31	1742,17
8.9.2014	3547,96	3542,11	3887,10	3887,10
13.9.2014	2915,69	3082,15	2770,70	2758,38
18.9.2014	3991,82	5146,10	7511,75	9712,28
23.9.2014	9869,59	9869,59	2454,47	2454,47
28.9.2014	6217,39	6257,87	3464,98	3603,07
3.10.2014	10923,59	12003,58	11129,13	13417,60
8.10.2014	7373,61	3160,12	8659,04	3530,28
13.10.2014	2506,34	2506,34	2865,08	2865,08
18.10.2014	6363,82	6363,82	6435,03	6026,93
23.10.2014	5420,88	5420,88	6339,92	6171,77
28.10.2014	5437,68	5437,68	6617,51	6617,51
2.11.2014	6795,92	7026,65	7562,10	8070,33
7.11.2014	4920,17	7041,43	7361,16	7230,28
12.11.2014	9187,79	5126,97	9505,83	10728,44
17.11.2014	4356,34	4356,34	4421,24	4421,24
22.11.2014	4491,75	4491,75	3124,43	3033,12
27.11.2014	5296,21	5421,01	4462,81	4823,26
2.12.2014	8177,68	8177,68	6632,75	6632,75
7.12.2014	4088,56	4143,60	3842,85	3816,63
12.12.2014	7688,15	7688,15	6658,82	6635,62
17.12.2014	5326,50	5326,50	5107,84	5283,85
22.12.2014	2676,32	2676,32	2577,09	2577,09
27.12.2014	2412,43	2412,43	4775,72	4652,69

Ek 6: CEM-I Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)

Tarih	Gün Sayısına Göre		Satış Yüzdesine Göre	
	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	7540,19	0,00	9439,90	0,00
6.1.2014	2939,88	2939,88	5013,60	5013,60
11.1.2014	1147,45	1071,49	10016,69	9563,31
16.1.2014	2601,14	2601,14	6936,65	6508,50
21.1.2014	5106,59	5106,59	3730,05	3730,05
26.1.2014	4014,49	4014,49	5020,93	4970,34
31.1.2014	8067,24	7632,29	2400,21	2307,90
5.2.2014	3986,67	3739,59	4346,78	5272,51
10.2.2014	3196,94	3196,94	3701,30	3701,30
15.2.2014	2347,54	2347,54	4938,96	4546,27
20.2.2014	3207,93	3207,93	4459,41	5836,58
25.2.2014	3149,32	3149,32	3312,41	3312,41
2.3.2014	2500,86	2408,72	3451,73	3421,28
7.3.2014	3855,27	3609,93	1470,98	1593,66
12.3.2014	1536,23	1536,23	2309,68	2311,73
17.3.2014	3215,76	3215,76	2160,46	2160,46
22.3.2014	1557,54	1557,54	1497,47	1501,73
27.3.2014	1390,48	1364,59	2459,98	3039,38
1.4.2014	3666,64	3666,64	3673,23	3673,23
6.4.2014	1548,55	1511,47	1040,62	1022,84
11.4.2014	2060,93	2060,93	1901,46	1842,47
16.4.2014	2655,38	2655,38	2829,21	3899,70
21.4.2014	2128,46	2128,46	5586,79	5586,79
26.4.2014	1674,61	1674,61	3111,30	2640,55
1.5.2014	1885,16	1715,90	2600,18	2665,48
6.5.2014	3030,45	3030,45	4666,31	4666,31
11.5.2014	578,80	577,66	2086,35	2111,01
16.5.2014	5144,46	5144,46	6573,11	7310,73
21.5.2014	10918,94	10918,94	6596,40	5142,65
26.5.2014	9226,26	9226,26	7185,48	7185,48
31.5.2014	1468,71	1599,01	853,86	820,46
5.6.2014	3560,97	4081,13	2211,07	2055,33
10.6.2014	6192,11	6192,11	2728,14	2728,14
15.6.2014	4537,56	4537,56	623,79	608,15
20.6.2014	5908,90	5908,90	1345,10	1363,99
25.6.2014	4942,14	4630,12	1907,10	2819,99
30.6.2014	3151,97	3151,97	2150,43	2150,43

5.7.2014	2607,58	2313,90	1592,64	1654,94
10.7.2014	1679,82	1679,82	4241,07	2818,08
15.7.2014	1330,64	1330,64	1507,35	1507,35
20.7.2014	1506,86	1506,86	1053,49	1052,82
25.7.2014	2275,60	2978,52	4078,90	5007,05
30.7.2014	2614,59	0,00	4553,09	0,00
4.8.2014	3376,15	3376,15	6449,78	6449,78
9.8.2014	1670,49	1631,19	2730,70	2135,50
14.8.2014	2455,05	2455,05	2385,74	3185,63
19.8.2014	2021,72	2021,72	1818,28	1818,28
24.8.2014	1238,74	1238,74	1570,30	1540,25
29.8.2014	2237,49	2291,40	1929,18	2026,03
3.9.2014	3126,37	3361,15	2753,55	3436,03
8.9.2014	2652,54	2652,54	1985,26	1985,26
13.9.2014	2420,25	2420,25	1528,31	1557,88
18.9.2014	1918,30	1918,30	5408,42	4694,88
23.9.2014	1984,28	1984,28	3515,24	3515,24
28.9.2014	1441,56	1441,56	2397,79	2428,43
3.10.2014	5220,36	6647,27	9517,59	12589,53
8.10.2014	3259,19	1396,80	4790,89	2521,75
13.10.2014	1674,13	1674,13	7355,60	7355,60
18.10.2014	1750,99	1750,99	3431,28	2541,45
23.10.2014	2229,23	2229,23	2902,13	4150,67
28.10.2014	1274,66	1274,66	5476,01	5476,01
2.11.2014	2500,82	2471,21	3735,57	3709,91
7.11.2014	2680,38	2601,47	2531,85	2131,62
12.11.2014	2105,19	2105,19	2988,88	2592,75
17.11.2014	2936,46	2936,46	1571,37	1571,37
22.11.2014	2083,99	2083,99	1876,78	1974,24
27.11.2014	2490,36	2627,02	1741,02	1953,15
2.12.2014	3211,15	3211,15	3036,40	3036,40
7.12.2014	1261,64	1339,15	3764,86	3784,51
12.12.2014	1078,31	1078,31	2860,12	2325,27
17.12.2014	1707,64	1707,64	1948,19	2179,96
22.12.2014	1403,47	1403,47	3157,24	3157,24
27.12.2014	1398,39	1398,39	1338,35	1246,86

Ek 7: CEM-IV Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)

Tarih	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu	Tarih	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	2035,59	0,00	5.7.2014	1630,08	1645,49
6.1.2014	2298,60	2298,60	10.7.2014	2612,42	2660,61
11.1.2014	5564,12	5243,03	15.7.2014	1912,96	1912,96
16.1.2014	2494,59	2525,51	20.7.2014	2256,10	2152,43
21.1.2014	2402,93	2402,93	25.7.2014	3060,35	3800,32
26.1.2014	626,88	601,83	30.7.2014	2058,40	0,00
31.1.2014	2488,60	2031,44	4.8.2014	2622,31	2622,31
5.2.2014	2295,96	2808,30	9.8.2014	4361,67	4491,70
10.2.2014	1849,84	1849,84	14.8.2014	2728,55	3396,73
15.2.2014	1015,76	1054,39	19.8.2014	2400,54	2400,54
20.2.2014	2352,11	2514,16	24.8.2014	1342,32	1266,79
25.2.2014	2115,51	2115,51	29.8.2014	1746,61	1681,62
2.3.2014	807,40	806,88	3.9.2014	4581,10	6192,95
7.3.2014	1759,47	1535,99	8.9.2014	3677,97	3677,97
12.3.2014	2273,78	2353,87	13.9.2014	669,10	702,96
17.3.2014	1967,41	1967,41	18.9.2014	1989,24	1752,74
22.3.2014	1606,19	1765,19	23.9.2014	3655,47	3655,47
27.3.2014	2092,98	2095,25	28.9.2014	1835,43	1980,78
1.4.2014	1774,58	1774,58	3.10.2014	6632,06	9651,57
6.4.2014	266,39	268,23	8.10.2014	2841,46	1217,77
11.4.2014	1460,95	1353,19	13.10.2014	1495,08	1495,08
16.4.2014	1952,39	2048,90	18.10.2014	1723,89	1740,21
21.4.2014	1817,41	1817,41	23.10.2014	2044,58	2016,00
26.4.2014	1430,03	1403,28	28.10.2014	2373,67	2373,67
1.5.2014	1646,02	1587,82	2.11.2014	1459,06	1459,46
6.5.2014	2154,72	2154,72	7.11.2014	2003,42	1972,91
11.5.2014	959,67	971,27	12.11.2014	2443,90	2383,05
16.5.2014	2182,62	2167,41	17.11.2014	2270,25	2270,25
21.5.2014	1604,80	1580,36	22.11.2014	1925,42	1926,60
26.5.2014	1894,16	1894,16	27.11.2014	2515,46	2359,32
31.5.2014	991,95	1018,07	2.12.2014	1860,67	1860,67
5.6.2014	1400,27	1276,05	7.12.2014	2218,78	2162,55
10.6.2014	1901,72	1901,72	12.12.2014	1607,89	1421,24
15.6.2014	4058,78	4063,90	17.12.2014	2056,82	1994,65
20.6.2014	4499,23	6036,99	22.12.2014	2151,18	2151,18
25.6.2014	2759,89	2156,90	27.12.2014	2907,26	3160,90
30.6.2014	3759,94	3759,94			

Ek 8: CEM-II Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES1)

Tarih	Gün Sayısına Göre		Satış Yüzdesine Göre	
	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBMAD Temelli Emniyet Stoğu	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBMAD Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	1179,81	0,00	1492,23	0,00
6.1.2014	711,05	711,05	633,05	633,05
11.1.2014	1088,63	1031,49	1759,57	1632,31
16.1.2014	757,16	757,16	930,47	967,87
21.1.2014	627,24	627,24	577,02	577,02
26.1.2014	581,32	581,32	971,63	959,07
31.1.2014	696,76	711,87	1003,43	997,57
5.2.2014	1203,52	1229,83	1605,53	1625,98
10.2.2014	399,19	399,19	738,18	738,18
15.2.2014	857,27	857,27	1129,52	1333,36
20.2.2014	806,54	806,54	697,62	649,24
25.2.2014	681,50	681,50	525,79	525,79
2.3.2014	1033,76	1056,95	862,59	892,40
7.3.2014	1088,23	1152,74	400,94	436,20
12.3.2014	1230,15	1712,21	744,08	785,98
17.3.2014	2011,98	2011,98	609,02	609,02
22.3.2014	1613,52	1474,93	1414,34	1459,71
27.3.2014	1008,70	983,32	1024,44	1029,57
1.4.2014	1279,01	1279,01	1303,48	1303,48
6.4.2014	211,51	210,10	448,68	447,60
11.4.2014	919,25	919,25	965,53	1019,62
16.4.2014	900,10	900,10	1420,72	1284,31
21.4.2014	872,45	872,45	1185,60	1185,60
26.4.2014	604,34	604,34	675,03	662,88
1.5.2014	991,45	851,69	858,25	857,19
6.5.2014	667,14	667,14	1333,12	1333,12
11.5.2014	636,32	635,76	935,01	918,90
16.5.2014	1015,04	1015,04	920,38	944,15
21.5.2014	1019,54	1019,54	999,86	1064,43
26.5.2014	887,88	887,88	994,11	994,11
31.5.2014	656,96	650,45	734,40	728,34
5.6.2014	1115,91	1085,68	1023,90	985,36
10.6.2014	573,97	573,97	587,01	587,01
15.6.2014	1125,66	1125,66	999,43	998,22
20.6.2014	1407,14	1407,14	1148,53	1214,12

25.6.2014	1181,04	1230,67	1061,97	1031,36
30.6.2014	857,73	857,73	774,43	774,43
5.7.2014	377,77	446,10	429,76	450,06
10.7.2014	1502,28	1502,28	1473,76	1524,96
15.7.2014	1229,23	1229,23	1143,66	1143,66
20.7.2014	1016,55	1016,55	655,47	685,91
25.7.2014	1096,54	1538,79	1708,30	2221,96
30.7.2014	1793,60	0,00	2420,38	0,00
4.8.2014	911,29	796,72	1303,83	1189,28
9.8.2014	785,67	709,28	447,16	419,25
14.8.2014	637,46	637,46	729,77	830,57
19.8.2014	701,84	701,84	1529,76	1529,76
24.8.2014	529,09	529,09	658,63	608,65
29.8.2014	598,88	614,27	634,18	617,88
3.9.2014	578,12	627,17	538,30	725,38
8.9.2014	829,80	829,80	1071,50	1071,50
13.9.2014	802,04	802,04	551,53	560,76
18.9.2014	770,85	770,85	609,90	624,26
23.9.2014	1427,14	1427,14	1327,91	1327,91
28.9.2014	715,20	715,20	615,97	616,00
3.10.2014	2640,19	3288,81	3834,96	5011,20
8.10.2014	787,32	337,43	1167,03	431,14
13.10.2014	1456,08	1456,08	1635,57	1635,57
18.10.2014	813,97	813,97	963,78	908,25
23.10.2014	1081,21	1081,21	1104,25	1693,31
28.10.2014	1008,42	1008,42	2217,26	2217,26
2.11.2014	980,36	975,24	1441,32	1413,39
7.11.2014	811,87	780,47	1027,56	794,32
12.11.2014	1225,85	6564,50	1242,15	1469,66
17.11.2014	674,78	674,78	10932,21	10932,21
22.11.2014	958,83	418,20	5283,22	5317,12
27.11.2014	945,78	925,74	1112,82	1300,05
2.12.2014	757,49	757,49	1751,92	1751,92
7.12.2014	791,38	788,40	1276,33	1232,62
12.12.2014	891,19	891,19	706,40	729,34
17.12.2014	929,04	929,04	1692,60	1621,22
22.12.2014	1125,27	1125,27	1794,68	1794,68
27.12.2014	570,81	570,81	541,85	516,84

Ek 9: CEM-III Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)

Tarih	Gün Sayısına Göre		Satış Yüzdesine Göre	
	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	2318,54	0,00	2568,44	0,00
6.1.2014	1321,71	1321,71	1419,19	1419,19
11.1.2014	2508,03	2397,68	1845,06	1844,82
16.1.2014	3378,00	5451,97	2634,41	2606,85
21.1.2014	5241,82	5241,82	2024,63	2024,63
26.1.2014	2795,90	2638,62	3553,54	3432,34
31.1.2014	2433,08	2431,23	2215,55	2246,84
5.2.2014	2842,09	4672,63	2940,99	3065,94
10.2.2014	1698,69	1698,69	4820,75	4820,75
15.2.2014	2932,91	2650,47	3107,38	3246,20
20.2.2014	4743,70	8710,97	4057,17	4289,86
25.2.2014	5126,02	5126,02	3840,51	3840,51
2.3.2014	4128,80	3513,67	2714,37	2711,60
7.3.2014	2681,67	2794,26	2707,22	2696,09
12.3.2014	1476,59	1476,59	1522,04	1642,55
17.3.2014	1695,09	1695,09	1779,39	1779,39
22.3.2014	3242,50	3743,72	1848,46	1988,09
27.3.2014	5222,56	3619,72	2907,53	2751,54
1.4.2014	2735,57	2735,57	2527,53	2527,53
6.4.2014	1828,83	1838,30	1817,24	1815,62
11.4.2014	3761,18	4658,67	1769,48	1980,81
16.4.2014	5013,01	3234,71	2366,10	1980,45
21.4.2014	2956,76	2956,76	3100,49	3100,49
26.4.2014	1773,06	2108,07	2655,94	2835,08
1.5.2014	4300,22	3066,40	2710,76	2696,92
6.5.2014	2515,84	2515,84	2743,16	2743,16
11.5.2014	5930,45	6107,91	2199,09	2189,76
16.5.2014	7824,64	0,00	3617,19	0,00
21.5.2014	0,00	0,00	0,00	0,00
26.5.2014	4872,63	7204,43	6755,72	6755,72
31.5.2014	1047,95	1060,64	1181,08	1224,61
5.6.2014	2485,30	2586,02	2813,60	2874,51
10.6.2014	3995,73	3995,73	4378,98	4378,98
15.6.2014	1521,28	1521,28	1583,44	1568,90
20.6.2014	2480,62	2480,62	2473,38	2455,25
25.6.2014	3582,30	3494,58	3494,38	2772,00
30.6.2014	3737,52	3737,52	2269,28	2269,28

5.7.2014	2330,90	2263,01	2798,80	2787,46
10.7.2014	3921,50	5258,26	1330,02	1468,70
15.7.2014	9274,65	9274,65	1992,85	1992,85
20.7.2014	3978,97	2984,16	2522,61	2523,13
25.7.2014	4242,94	4958,97	3617,16	4198,49
30.7.2014	4255,19	0,00	3339,24	0,00
4.8.2014	6492,75	6492,75	5397,94	5397,94
9.8.2014	3529,56	3228,46	2181,00	1853,50
14.8.2014	2247,16	2247,16	1386,08	1785,51
19.8.2014	1345,11	1345,11	1684,23	1684,23
24.8.2014	1243,85	1243,85	1356,89	1347,22
29.8.2014	1987,60	1975,77	1875,01	1748,39
3.9.2014	1283,89	1397,53	1012,12	936,27
8.9.2014	1906,73	1903,59	2088,99	2088,99
13.9.2014	1566,94	1656,40	1489,02	1482,40
18.9.2014	2145,27	2765,60	4036,94	5219,54
23.9.2014	5304,08	5304,08	1319,07	1319,07
28.9.2014	3341,33	3363,08	1862,14	1936,35
3.10.2014	5870,52	6450,92	5980,98	7210,84
8.10.2014	3962,70	1698,30	4653,51	1897,23
13.10.2014	1346,95	1346,95	1539,74	1539,74
18.10.2014	3420,02	3420,02	3458,29	3238,97
23.10.2014	2913,27	2913,27	3407,18	3316,81
28.10.2014	2922,30	2922,30	3556,36	3556,36
2.11.2014	3652,24	3776,24	4064,00	4337,13
7.11.2014	2644,18	3784,18	3956,01	3885,67
12.11.2014	4937,67	2755,32	5108,59	5765,64
17.11.2014	2341,17	2341,17	2376,05	2376,05
22.11.2014	2413,94	2413,94	1679,12	1630,05
27.11.2014	2846,27	2913,34	2398,39	2592,10
2.12.2014	4394,82	4394,82	3564,55	3564,55
7.12.2014	2197,26	2226,84	2065,21	2051,12
12.12.2014	4131,74	4131,74	3578,56	3566,09
17.12.2014	2862,55	2862,55	2745,04	2839,63
22.12.2014	1438,30	1438,30	1384,97	1384,97
27.12.2014	1296,48	1296,48	2566,55	2500,43

Ek 10: CEM-I Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)

Tarih	Gün Sayısına Göre		Satış Yüzdesine Göre	
	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	5525,76	0,00	6917,94	0,00
6.1.2014	2154,46	2154,46	3674,17	3674,17
11.1.2014	840,90	785,23	7340,64	7008,38
16.1.2014	1906,22	1906,22	5083,46	4769,69
21.1.2014	3742,32	3742,32	2733,53	2733,53
26.1.2014	2941,98	2941,98	3679,54	3642,47
31.1.2014	5912,00	5593,25	1758,97	1691,32
5.2.2014	2921,59	2740,52	3185,50	3863,91
10.2.2014	2342,85	2342,85	2712,46	2712,46
15.2.2014	1720,37	1720,37	3619,47	3331,69
20.2.2014	2350,90	2350,90	3268,04	4277,28
25.2.2014	2307,95	2307,95	2427,47	2427,47
2.3.2014	1832,73	1765,21	2529,57	2507,25
7.3.2014	2825,30	2645,50	1077,99	1167,90
12.3.2014	1125,81	1125,81	1692,63	1694,13
17.3.2014	2356,64	2356,64	1583,27	1583,27
22.3.2014	1141,43	1141,43	1097,41	1100,53
27.3.2014	1019,00	1000,03	1802,77	2227,38
1.4.2014	2687,06	2687,06	2691,89	2691,89
6.4.2014	1134,84	1107,67	762,61	749,58
11.4.2014	1510,33	1510,33	1393,47	1350,24
16.4.2014	1945,97	1945,97	2073,36	2857,86
21.4.2014	1559,82	1559,82	4094,23	4094,23
26.4.2014	1227,22	1227,22	2280,09	1935,10
1.5.2014	1381,52	1257,48	1905,52	1953,37
6.5.2014	2220,84	2220,84	3419,66	3419,66
11.5.2014	424,17	423,33	1528,96	1547,03
16.5.2014	3770,07	3770,07	4817,04	5357,60
21.5.2014	8001,84	8001,84	4834,11	3768,74
26.5.2014	6761,38	6761,38	5265,81	5265,81
31.5.2014	1076,33	1171,82	625,74	601,27
5.6.2014	2609,62	2990,82	1620,36	1506,23
10.6.2014	4537,83	4537,83	1999,29	1999,29
15.6.2014	3325,31	3325,31	457,14	445,68
20.6.2014	4330,28	4330,28	985,74	999,59
25.6.2014	3621,80	3393,14	1397,60	2066,60
30.6.2014	2309,89	2309,89	1575,92	1575,92
5.7.2014	1910,94	1695,72	1167,15	1212,81

10.7.2014	1231,04	1231,04	3108,03	2065,20
15.7.2014	975,15	975,15	1104,65	1104,65
20.7.2014	1104,29	1104,29	772,04	771,55
25.7.2014	1667,65	2182,78	2989,18	3669,37
30.7.2014	1916,08	0,00	3336,69	0,00
4.8.2014	2474,18	2474,18	4726,66	4726,66
9.8.2014	1224,20	1195,40	2001,17	1564,98
14.8.2014	1799,16	1799,16	1748,37	2334,56
19.8.2014	1481,60	1481,60	1332,51	1332,51
24.8.2014	907,80	907,80	1150,78	1128,76
29.8.2014	1639,72	1679,23	1413,78	1484,76
3.9.2014	2291,13	2463,19	2017,91	2518,06
8.9.2014	1943,89	1943,89	1454,88	1454,88
13.9.2014	1773,66	1773,66	1120,01	1141,68
18.9.2014	1405,81	1405,81	3963,51	3440,60
23.9.2014	1454,16	1454,16	2576,11	2576,11
28.9.2014	1056,43	1056,43	1757,20	1779,65
3.10.2014	3825,69	4871,39	6974,88	9226,12
8.10.2014	2388,47	1023,63	3510,96	1848,04
13.10.2014	1226,87	1226,87	5390,48	5390,48
18.10.2014	1283,20	1283,20	2514,58	1862,48
23.10.2014	1633,67	1633,67	2126,80	3041,78
28.10.2014	934,12	934,12	4013,04	4013,04
2.11.2014	1832,70	1811,00	2737,58	2718,77
7.11.2014	1964,29	1906,46	1855,44	1562,14
12.11.2014	1542,77	1542,77	2190,37	1900,07
17.11.2014	2151,96	2151,96	1151,56	1151,56
22.11.2014	1527,23	1527,23	1375,38	1446,80
27.11.2014	1825,04	1925,19	1275,89	1431,35
2.12.2014	2353,26	2353,26	2225,20	2225,20
7.12.2014	924,58	981,38	2759,04	2773,44
12.12.2014	790,23	790,23	2096,01	1704,05
17.12.2014	1251,43	1251,43	1427,71	1597,56
22.12.2014	1028,52	1028,52	2313,75	2313,75
27.12.2014	1024,80	1024,80	980,80	913,75

Ek 11: CEM-IV Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)

Tarih	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu	Tarih	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBM Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	1367,45	0,00	5.7.2014	1095,04	1105,39
6.1.2014	1544,13	1544,13	10.7.2014	1754,95	1787,32
11.1.2014	3737,81	3522,11	15.7.2014	1285,07	1285,07
16.1.2014	1675,79	1696,56	20.7.2014	1515,58	1445,94
21.1.2014	1614,22	1614,22	25.7.2014	2055,85	2552,94
26.1.2014	421,12	404,29	30.7.2014	1382,77	0,00
31.1.2014	1671,77	1364,66	4.8.2014	1761,59	1761,59
5.2.2014	1542,36	1886,53	9.8.2014	2930,04	3017,39
10.2.2014	1242,67	1242,67	14.8.2014	1832,96	2281,82
15.2.2014	682,36	708,31	19.8.2014	1612,61	1612,61
20.2.2014	1580,08	1688,94	24.8.2014	901,73	850,99
25.2.2014	1421,14	1421,14	29.8.2014	1173,32	1129,66
2.3.2014	542,39	542,04	3.9.2014	3077,45	4160,24
7.3.2014	1181,96	1031,83	8.9.2014	2470,75	2470,75
12.3.2014	1527,46	1581,26	13.9.2014	449,48	472,23
17.3.2014	1321,65	1321,65	18.9.2014	1336,31	1177,44
22.3.2014	1078,99	1185,80	23.9.2014	2455,64	2455,64
27.3.2014	1406,00	1407,53	28.9.2014	1232,99	1330,63
1.4.2014	1192,11	1192,11	3.10.2014	4455,22	6483,64
6.4.2014	178,95	180,19	8.10.2014	1908,81	818,06
11.4.2014	981,42	909,03	13.10.2014	1004,35	1004,35
16.4.2014	1311,56	1376,39	18.10.2014	1158,06	1169,02
21.4.2014	1220,88	1220,88	23.10.2014	1373,49	1354,29
26.4.2014	960,65	942,68	28.10.2014	1594,56	1594,56
1.5.2014	1105,75	1066,65	2.11.2014	980,15	980,42
6.5.2014	1447,48	1447,48	7.11.2014	1345,84	1325,34
11.5.2014	644,68	652,47	12.11.2014	1641,74	1600,86
16.5.2014	1466,22	1456,00	17.11.2014	1525,09	1525,09
21.5.2014	1078,06	1061,64	22.11.2014	1293,44	1294,23
26.5.2014	1272,44	1272,44	27.11.2014	1689,81	1584,92
31.5.2014	666,36	683,91	2.12.2014	1249,94	1249,94
5.6.2014	940,66	857,21	7.12.2014	1490,51	1452,74
10.6.2014	1277,52	1277,52	12.12.2014	1080,13	954,75
15.6.2014	2726,57	2730,01	17.12.2014	1381,71	1339,95
20.6.2014	3022,45	4055,47	22.12.2014	1445,10	1445,10
25.6.2014	1854,01	1448,94	27.12.2014	1953,01	2123,40
30.6.2014	2525,82	2525,82			

Ek 12: CEM-II Ürün Grubu Emniyet Stoğu Miktarları (ES2)

Tarih	Gün Sayısına Göre		Satış Yüzdesine Göre	
	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBMAD Temelli Emniyet Stoğu	MAD Temelli Emniyet Stoğu	TBMAD Temelli Emniyet Stoğu
1.1.2014	634,05	0,00	801,95	0,00
6.1.2014	382,13	382,13	340,21	340,21
11.1.2014	585,05	554,34	945,62	877,23
16.1.2014	406,91	406,91	500,05	520,15
21.1.2014	337,09	337,09	310,10	310,10
26.1.2014	312,41	312,41	522,17	515,42
31.1.2014	374,45	382,57	539,26	536,11
5.2.2014	646,79	660,93	862,84	873,83
10.2.2014	214,53	214,53	396,71	396,71
15.2.2014	460,71	460,71	607,02	716,57
20.2.2014	433,45	433,45	374,91	348,91
25.2.2014	366,25	366,25	282,57	282,57
2.3.2014	555,56	568,02	463,57	479,59
7.3.2014	584,83	619,50	215,47	234,42
12.3.2014	661,10	920,17	399,88	422,40
17.3.2014	1081,27	1081,27	327,30	327,30
22.3.2014	867,13	792,65	760,09	784,47
27.3.2014	542,09	528,45	550,55	553,31
1.4.2014	687,36	687,36	700,51	700,51
6.4.2014	113,67	112,91	241,13	240,55
11.4.2014	494,02	494,02	518,89	547,96
16.4.2014	483,73	483,73	763,52	690,21
21.4.2014	468,87	468,87	637,16	637,16
26.4.2014	324,78	324,78	362,77	356,24
1.5.2014	532,82	457,71	461,24	460,67
6.5.2014	358,53	358,53	716,44	716,44
11.5.2014	341,97	341,67	502,49	493,83
16.5.2014	545,50	545,50	494,63	507,40
21.5.2014	547,92	547,92	537,34	572,04
26.5.2014	477,16	477,16	534,25	534,25
31.5.2014	353,06	349,56	394,68	391,42
5.6.2014	599,71	583,46	550,26	529,55
10.6.2014	308,46	308,46	315,47	315,47
15.6.2014	604,95	604,95	537,11	536,46
20.6.2014	756,22	756,22	617,24	652,49
25.6.2014	634,71	661,38	570,72	554,27
30.6.2014	460,96	460,96	416,19	416,19
5.7.2014	203,02	239,74	230,96	241,87

10.7.2014	807,35	807,35	792,02	819,54
15.7.2014	660,61	660,61	614,62	614,62
20.7.2014	546,31	546,31	352,26	368,62
25.7.2014	589,30	826,97	918,07	1194,12
30.7.2014	963,91	0,00	1300,75	0,00
4.8.2014	489,74	428,17	700,70	639,14
9.8.2014	422,23	381,18	240,31	225,31
14.8.2014	342,58	342,58	392,19	446,36
19.8.2014	377,18	377,18	822,12	822,12
24.8.2014	284,34	284,34	353,96	327,10
29.8.2014	321,85	330,12	340,82	332,06
3.9.2014	310,69	337,05	289,29	389,83
8.9.2014	445,95	445,95	575,84	575,84
13.9.2014	431,03	431,03	296,40	301,36
18.9.2014	414,27	414,27	327,77	335,49
23.9.2014	766,97	766,97	713,64	713,64
28.9.2014	384,36	384,36	331,03	331,05
3.10.2014	1418,88	1767,46	2060,97	2693,10
8.10.2014	423,12	181,34	627,18	231,70
13.10.2014	782,52	782,52	878,98	878,98
18.10.2014	437,44	437,44	517,95	488,11
23.10.2014	581,06	581,06	593,44	910,01
28.10.2014	541,94	541,94	1191,59	1191,59
2.11.2014	526,86	524,11	774,59	759,58
7.11.2014	436,31	419,44	552,23	426,88
12.11.2014	658,79	3527,87	667,55	789,82
17.11.2014	362,64	362,64	5875,15	5875,15
22.11.2014	515,29	224,75	2839,29	2857,51
27.11.2014	508,28	497,51	598,05	698,67
2.12.2014	407,09	407,09	941,51	941,51
7.12.2014	425,30	423,70	685,92	662,43
12.12.2014	478,94	478,94	379,63	391,96
17.12.2014	499,28	499,28	909,63	871,27
22.12.2014	604,74	604,74	964,49	964,49
27.12.2014	306,76	306,76	291,20	277,76

Ek 13: Model Sonuçları- Gerçekleşen Üretim Miktarları

Tarih	ES1-M1 Üretim Miktarı				ES2-M1 Üretim Miktarı				Gerçek Üretim Miktarı			
	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5
1.1.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	22,3	46,9	0,0
2.1.2014	1361,5	438,2	1000,2	788,5	877,8	0,0	874,8	0,0	326,2	0,0	2313,6	0,0
3.1.2014	1770,1	0,0	1858,3	0,0	882,2	0,0	878,4	0,0	1005,9	57,3	1508,5	0,0
4.1.2014	929,9	0,0	1852,1	0,0	524,2	0,0	871,7	0,0	399,6	427,0	2441,6	0,0
5.1.2014	913,8	0,0	1006,5	788,5	516,4	0,0	881,5	0,0	1191,2	0,0	3338,6	0,0
6.1.2014	867,9	62,9	0,0	1018,6	1568,6	124,7	930,4	1059,2	2116,8	0,0	0,0	2864,0
7.1.2014	927,3	682,4	1954,8	0,0	874,8	729,0	1983,3	63,0	1659,7	243,9	1938,0	1037,0
8.1.2014	1545,0	0,0	1962,8	0,0	1444,9	0,0	2059,7	0,0	2474,0	164,1	2227,0	771,0
9.1.2014	1535,6	0,0	1970,0	0,0	1436,5	0,0	2067,3	0,0	2388,6	252,0	1733,3	1176,2
10.1.2014	1561,8	0,0	1152,6	790,8	1462,2	0,0	988,6	1035,0	2310,5	306,9	1574,6	1308,4
11.1.2014	906,3	1498,7	3304,8	0,0	1829,2	815,1	3304,8	0,0	2005,3	557,7	2902,0	0,0
12.1.2014	1957,4	702,1	2373,2	869,4	1986,3	702,1	2207,0	1023,5	2128,1	480,1	2887,7	0,0
13.1.2014	2746,8	0,0	0,0	3084,4	2776,1	0,0	0,0	3084,4	2218,6	422,2	936,8	0,0
14.1.2014	2731,2	0,0	3327,3	0,0	2760,5	0,0	3091,3	219,0	2069,8	544,2	2526,4	0,0
15.1.2014	2731,9	0,0	2350,8	885,8	2200,4	383,2	2204,0	1022,0	2451,7	214,3	1279,4	1696,8
16.1.2014	965,5	581,3	1082,4	784,7	1257,8	678,1	2117,1	0,0	557,3	398,3	2357,6	0,0
17.1.2014	1684,9	308,0	2609,9	0,0	1655,6	364,5	2104,4	0,0	2240,3	155,7	2208,6	0,0
18.1.2014	1683,6	0,0	2633,7	0,0	2014,5	0,0	2123,5	0,0	995,0	174,3	2368,3	0,0
19.1.2014	1641,4	0,0	2603,9	0,0	1613,0	0,0	2099,5	0,0	1903,1	0,0	2373,5	0,0
20.1.2014	1684,7	0,0	2634,5	0,0	1655,6	0,0	2124,2	0,0	1011,4	499,9	884,8	27,0
21.1.2014	2723,3	0,0	2,3	1011,7	2723,3	0,0	781,5	902,1	1132,2	90,1	2297,5	0,0
22.1.2014	2647,1	0,0	1807,4	0,0	1784,6	661,6	1734,4	0,0	931,5	514,3	1715,3	623,5
23.1.2014	1874,6	809,6	1835,8	0,0	2596,4	0,0	1761,7	0,0	753,8	159,3	2398,7	0,0
24.1.2014	2698,1	75,8	1845,9	0,0	2630,0	0,0	1771,3	0,0	1299,2	240,0	2274,6	0,0
25.1.2014	2768,5	0,0	1799,7	38,5	2148,7	291,3	1766,9	0,0	1029,4	0,0	2317,9	0,0
26.1.2014	420,0	280,0	2637,8	0,0	542,2	295,1	1922,8	382,3	481,1	504,2	2370,5	0,0
27.1.2014	475,6	286,2	2729,3	0,0	532,6	285,9	2314,4	0,0	956,3	2,2	1314,5	0,0
28.1.2014	491,3	286,9	2731,0	0,0	550,1	286,5	2315,8	0,0	1527,2	435,9	1694,7	229,3
29.1.2014	475,7	286,3	2729,4	0,0	532,7	285,9	2314,5	0,0	1504,4	379,1	250,4	1274,0
30.1.2014	478,3	289,1	2736,7	0,0	535,6	288,7	2320,7	0,0	1281,5	216,9	934,1	1493,5
31.1.2014	1322,5	0,0	0,0	1011,2	1427,0	27,6	256,8	1243,5	1373,0	362,5	1106,2	0,0
1.2.2014	1256,9	635,4	666,6	835,7	384,6	1031,3	1618,4	0,0	1111,4	607,6	2383,8	0,0
2.2.2014	1619,5	323,6	1558,1	0,0	1427,0	46,7	1608,6	0,0	980,3	328,4	2388,2	0,0
3.2.2014	1622,7	0,0	1559,4	0,0	1480,4	0,0	1610,0	0,0	915,1	0,0	1210,0	954,2
4.2.2014	1064,7	490,7	665,3	817,7	1084,6	290,7	507,2	1010,7	705,4	187,8	185,9	2020,4
5.2.2014	0,0	0,0	1376,8	1148,0	389,3	492,8	1260,1	1211,2	401,6	419,8	2447,0	0,0
6.2.2014	0,0	792,5	2690,5	0,0	388,0	491,6	2563,4	0,0	0,0	873,2	1969,6	0,0
7.2.2014	0,0	808,8	2682,0	0,0	408,8	488,1	2555,2	0,0	881,7	233,6	2062,0	0,0
8.2.2014	0,0	312,6	2695,7	0,0	0,0	493,7	2568,3	0,0	1465,6	240,1	926,7	0,0
9.2.2014	0,0	286,6	1581,7	1013,4	0,0	0,0	1455,3	1013,4	670,4	287,9	3134,4	0,0

10.2.2014	420,0	323,5	2785,3	502,2	1291,1	0,0	1972,2	1028,8	920,6	236,4	3095,5	0,0
11.2.2014	824,4	74,1	3286,3	0,0	904,5	0,0	3043,8	0,0	977,6	550,9	3092,2	61,6
12.2.2014	832,3	46,9	3299,3	0,0	373,3	490,3	3055,9	0,0	1563,3	264,1	1608,7	927,0
13.2.2014	869,9	0,0	3279,0	0,0	839,6	46,2	3037,1	0,0	864,0	196,6	2504,7	220,2
14.2.2014	871,1	0,0	3282,9	0,0	524,2	280,0	2211,5	768,5	1167,4	232,8	2150,3	996,8
15.2.2014	851,3	56,9	773,1	1016,4	1094,9	496,4	1223,5	1016,4	923,1	0,0	3167,6	0,0
16.2.2014	375,0	1184,6	839,7	1632,3	370,9	1161,9	2317,0	0,0	707,7	336,6	2895,3	236,4
17.2.2014	907,3	678,8	2597,5	0,0	903,3	46,3	2314,2	0,0	477,8	174,8	169,7	823,4
18.2.2014	944,8	0,0	2641,9	0,0	940,5	0,0	2353,8	0,0	1575,3	0,0	3009,6	0,0
19.2.2014	943,8	0,0	1568,3	976,9	939,6	0,0	1428,8	841,0	2642,0	0,0	1591,2	1245,6
20.2.2014	939,9	0,0	2219,9	1029,9	1511,2	0,0	2198,8	1029,9	1311,3	1243,0	3041,7	0,0
21.2.2014	1366,5	64,6	2943,2	329,6	1428,9	46,9	1865,5	1309,5	1810,1	0,0	2181,6	1025,0
22.2.2014	377,2	1005,0	3291,6	0,0	377,2	1046,2	3270,8	0,0	1902,4	184,0	3284,4	0,0
23.2.2014	1322,6	46,1	3350,1	0,0	902,6	46,1	3328,9	0,0	1558,8	0,0	3287,5	0,0
24.2.2014	1361,0	0,0	1883,7	1359,5	917,4	0,0	2206,9	1038,5	1077,1	114,6	3061,2	259,6
25.2.2014	390,9	1069,0	1163,7	1368,4	1650,4	0,0	1354,0	1030,9	688,8	126,5	2984,5	253,0
26.2.2014	1573,6	47,3	2675,6	64,1	1631,1	0,0	2451,8	0,0	1080,9	262,0	2119,5	1043,7
27.2.2014	1609,9	0,0	2733,4	0,0	380,5	1128,1	2441,8	0,0	748,8	371,9	3147,9	0,0
28.2.2014	1579,2	0,0	2710,1	0,0	1518,5	46,0	2421,0	0,0	1377,5	91,1	297,4	0,0
1.3.2014	1599,4	0,0	1628,2	1017,3	1588,3	0,0	1506,4	860,6	655,1	359,9	2211,2	241,2
2.3.2014	384,1	1151,1	1104,1	0,0	1292,1	673,9	1395,3	796,1	925,3	86,3	1397,6	1019,8
3.3.2014	1990,9	46,6	2087,8	0,0	1651,3	360,9	2238,5	0,0	544,5	550,3	2435,5	0,0
4.3.2014	2011,9	0,0	1998,6	71,0	2009,4	0,0	2225,0	0,0	562,0	968,6	2404,2	0,0
5.3.2014	2025,2	0,0	2080,9	0,0	2022,7	0,0	2231,1	0,0	1315,4	234,6	1858,8	597,8
6.3.2014	1505,8	497,1	2088,5	0,0	1115,5	497,1	2239,3	0,0	956,8	0,0	394,4	1050,0
7.3.2014	526,2	280,0	0,0	1006,2	894,9	0,0	701,3	1006,2	636,1	337,0	628,7	870,4
8.3.2014	906,1	27,9	1560,1	648,4	918,0	0,0	1806,4	0,0	531,7	353,4	1716,7	0,0
9.3.2014	368,6	480,8	2259,7	0,0	0,0	762,2	1806,7	0,0	906,3	109,0	1765,0	0,0
10.3.2014	373,9	486,1	2270,9	0,0	0,0	487,4	1815,6	0,0	742,7	238,5	2195,9	0,0
11.3.2014	0,0	0,0	1177,6	1019,9	0,0	0,0	1144,5	629,4	1061,9	333,1	3337,7	0,0
12.3.2014	924,7	0,0	0,0	1022,3	772,5	1057,7	720,0	1438,6	831,2	183,5	1351,6	1039,3
13.3.2014	801,3	490,5	1209,3	1272,9	378,3	498,3	2194,2	63,6	819,0	333,3	3167,8	0,0
14.3.2014	383,9	496,1	2595,5	0,0	876,9	47,2	2274,4	0,0	1394,9	352,4	782,8	2283,8
15.3.2014	381,9	492,1	2590,7	0,0	923,7	0,0	2270,2	0,0	1129,4	238,1	2169,8	821,0
16.3.2014	384,3	494,5	1214,1	1282,2	544,3	304,3	1171,0	1024,3	969,7	223,3	2969,8	0,0
17.3.2014	1408,7	0,0	1243,6	1273,9	382,0	1135,9	1684,9	1022,0	615,6	0,0	930,3	0,0
18.3.2014	1626,9	0,0	2815,6	63,1	1318,9	45,9	2543,4	196,2	633,7	359,0	0,0	0,0
19.3.2014	387,6	1176,6	2931,8	0,0	1414,3	0,0	2801,1	0,0	688,6	223,0	1229,1	0,0
20.3.2014	929,8	665,4	2924,6	0,0	1406,5	0,0	2794,2	0,0	1542,2	0,0	2830,3	0,0
21.3.2014	1627,0	0,0	1809,3	1018,6	1009,7	298,6	1679,7	1018,6	265,4	284,0	1837,5	877,1
22.3.2014	0,0	0,0	1496,5	1021,8	896,8	0,0	1789,9	1014,3	1062,2	122,5	2842,9	0,0
23.3.2014	520,4	284,2	2958,0	0,0	896,6	0,0	2526,8	331,0	883,3	413,7	3022,5	0,0
24.3.2014	520,0	283,9	2957,1	0,0	362,5	480,0	2883,1	0,0	1237,5	0,0	1948,9	959,6

25.3.2014	520,3	0,0	2957,8	0,0	362,8	0,0	2883,8	0,0	940,9	293,7	2944,2	0,0
26.3.2014	515,1	0,0	1898,1	1021,8	0,0	280,0	1813,7	1030,4	1269,1	307,1	2174,9	1044,7
27.3.2014	534,2	294,2	1101,7	1387,4	852,6	715,8	1131,5	1311,1	886,7	492,9	3068,1	0,0
28.3.2014	1050,7	620,8	2794,9	0,0	1334,8	0,0	2560,1	0,0	913,0	381,0	2191,4	987,9
29.3.2014	946,8	29,4	2828,4	0,0	941,0	0,0	2590,8	0,0	865,5	447,3	3291,3	0,0
30.3.2014	916,3	0,0	2789,6	0,0	910,6	0,0	2555,3	0,0	1097,0	67,9	1924,8	1221,9
31.3.2014	921,4	0,0	1695,3	1020,7	375,0	500,7	1460,5	1020,7	446,0	0,0	288,1	1130,1
1.4.2014	1573,5	72,3	0,0	1016,8	1273,5	680,5	988,5	1019,9	725,5	336,9	2768,5	0,0
2.4.2014	851,6	1192,1	2126,4	190,5	1625,6	0,0	2113,0	0,0	1001,3	400,7	2609,5	658,6
3.4.2014	2044,4	46,2	2296,9	0,0	1593,8	0,0	2080,1	0,0	1493,3	350,4	2628,4	0,0
4.4.2014	1648,5	0,0	2304,4	0,0	1605,5	0,0	2086,9	0,0	1931,6	0,0	2303,7	0,0
5.4.2014	1679,3	0,0	1218,6	1025,0	1090,6	505,0	1004,8	1019,9	1581,1	526,1	1973,3	524,0
6.4.2014	1676,3	0,0	573,2	1024,1	2094,9	0,0	1702,6	889,5	973,0	90,7	2278,2	0,0
7.4.2014	2151,9	0,0	2636,6	0,0	2036,5	79,2	2676,2	0,0	1166,4	443,2	1201,5	1061,6
8.4.2014	1648,8	313,8	2602,9	0,0	1271,4	728,4	2642,0	0,0	2391,5	0,0	1609,5	0,0
9.4.2014	2053,0	0,0	2605,9	0,0	1653,1	0,0	2645,0	0,0	1668,7	0,0	942,9	1058,7
10.4.2014	1651,9	0,0	2368,5	259,9	1651,9	0,0	1732,7	889,5	1802,4	771,0	3318,0	0,0
11.4.2014	1947,9	744,4	1595,1	0,0	2165,9	410,7	2556,2	0,0	1616,5	76,7	1076,2	2088,0
12.4.2014	2004,6	683,7	1508,7	1017,2	1939,4	683,7	1414,7	1017,2	1890,8	0,0	2992,0	270,2
13.4.2014	2005,9	684,0	2648,9	0,0	2679,7	0,0	2553,4	0,0	1455,0	365,2	3339,8	0,0
14.4.2014	2688,8	0,0	2584,3	0,0	2625,2	0,0	2491,2	0,0	654,1	373,7	2544,5	0,0
15.4.2014	2783,7	0,0	2504,9	108,5	1833,4	690,4	1867,4	612,1	845,4	0,0	1901,2	0,0
16.4.2014	0,0	280,0	1489,5	1038,7	0,0	778,9	2640,6	0,0	950,5	113,7	1801,8	0,0
17.4.2014	0,0	773,1	1549,3	1429,7	0,0	283,1	1123,9	1455,0	822,8	425,6	207,7	2242,4
18.4.2014	0,0	0,0	3011,8	0,0	0,0	0,0	2555,4	63,2	780,2	134,4	1789,3	0,0
19.4.2014	0,0	0,0	3060,4	0,0	0,0	0,0	2665,9	0,0	929,1	245,0	2479,4	0,0
20.4.2014	0,0	0,0	1920,8	1012,3	0,0	0,0	1532,5	1012,3	426,8	240,8	2095,1	0,0
21.4.2014	434,5	0,0	1503,5	1013,5	0,0	501,0	2621,3	0,0	985,8	138,9	2687,4	0,0
22.4.2014	0,0	487,5	1904,1	889,1	0,0	499,5	767,5	1776,1	817,8	269,6	2005,9	1247,8
23.4.2014	0,0	500,2	2835,4	0,0	0,0	0,0	2585,7	64,1	769,5	290,2	3002,0	295,7
24.4.2014	0,0	0,0	2851,8	0,0	0,0	0,0	2670,3	0,0	614,5	205,1	2501,0	768,0
25.4.2014	0,0	0,0	2859,0	0,0	0,0	0,0	2677,0	0,0	780,5	244,2	3344,1	0,0
26.4.2014	780,0	0,0	1483,7	1088,2	375,5	480,0	2031,9	1037,8	668,0	257,0	1884,6	1362,1
27.4.2014	517,9	298,8	3034,7	64,0	381,6	483,8	2849,8	241,5	881,1	405,0	2899,2	0,0
28.4.2014	515,9	296,7	3097,7	0,0	848,8	47,1	3104,2	0,0	447,8	113,4	2515,4	0,0
29.4.2014	510,7	291,3	3082,3	0,0	888,9	0,0	3088,8	0,0	966,8	376,3	265,1	1036,6
30.4.2014	506,6	0,0	1978,0	1012,3	510,8	0,0	1984,4	1012,3	494,2	214,5	2843,1	0,0
1.5.2014	390,2	520,5	629,5	446,0	906,0	0,0	1263,8	1030,2	493,5	261,8	2598,3	0,0
2.5.2014	923,7	47,0	2488,2	0,0	371,6	480,0	2356,1	0,0	698,4	187,1	2670,8	0,0
3.5.2014	546,2	306,1	2498,0	0,0	375,8	480,2	2365,3	0,0	386,0	218,7	1158,0	655,2
4.5.2014	530,0	289,9	2461,3	0,0	780,0	45,9	2330,6	0,0	543,7	250,6	2827,5	0,0
5.5.2014	541,7	301,6	2487,8	0,0	442,3	280,0	2155,0	186,0	698,1	0,0	1786,7	925,6
6.5.2014	440,5	187,6	0,0	1019,8	850,6	0,0	799,1	1504,7	61,1	451,0	1875,1	0,0

7.5.2014	889,0	307,1	2477,0	0,0	780,9	45,8	2330,0	63,1	302,2	409,5	2461,6	0,0
8.5.2014	903,1	0,0	2509,2	0,0	461,2	296,5	2429,2	0,0	597,0	360,5	2612,5	0,0
9.5.2014	549,2	0,0	2523,0	0,0	466,3	302,4	2442,6	0,0	804,3	61,0	788,0	286,0
10.5.2014	550,3	0,0	1854,4	622,7	467,2	0,0	1334,7	1030,3	846,9	0,0	1275,3	878,3
11.5.2014	819,3	0,0	239,8	793,8	0,0	770,6	886,0	1016,1	328,0	302,9	1916,1	0,0
12.5.2014	365,1	500,9	1989,4	0,0	433,2	327,0	1990,8	0,0	859,8	0,0	468,3	0,0
13.5.2014	0,0	291,3	1994,7	0,0	486,5	0,0	1996,1	0,0	714,1	198,4	0,0	0,0
14.5.2014	0,0	291,1	1994,5	0,0	464,8	0,0	1995,9	0,0	367,9	421,0	248,3	0,0
15.5.2014	0,0	0,0	1973,6	0,0	454,9	0,0	1791,6	169,9	959,1	107,0	24,1	0,0
16.5.2014	746,6	1101,6	1106,6	0,0	1270,9	718,9	309,9	366,8	2418,4	0,0	157,0	0,0
17.5.2014	1424,4	684,6	424,0	1017,9	1637,0	400,7	0,0	648,8	2150,0	388,5	0,0	448,4
18.5.2014	2131,2	0,0	0,0	1163,1	1607,9	0,0	0,0	644,9	1446,5	133,5	0,0	0,0
19.5.2014	2173,4	0,0	0,0	1095,6	1638,5	0,0	0,0	650,8	1231,3	63,1	0,0	502,6
20.5.2014	2128,7	0,0	0,0	1085,4	1075,6	491,4	0,0	644,7	1334,8	380,6	0,0	475,4
21.5.2014	1610,1	600,5	18,8	0,0	1767,5	674,7	776,4	1010,7	1418,3	592,7	653,7	351,5
22.5.2014	2039,8	694,4	1035,4	64,6	2575,1	0,0	1891,6	0,0	237,4	221,3	1297,9	557,8
23.5.2014	2700,2	0,0	0,0	1031,9	2494,3	0,0	1909,6	0,0	1156,7	283,0	1553,9	426,1
24.5.2014	2740,9	0,0	0,0	548,2	2531,2	0,0	1908,4	0,0	1660,6	250,1	2500,0	651,1
25.5.2014	2742,3	0,0	0,0	548,3	1659,5	618,1	1299,0	537,0	1293,8	0,0	2775,3	0,0
26.5.2014	909,1	6,2	3347,1	0,0	989,8	497,9	1929,5	0,0	1134,8	0,0	2116,2	1032,9
27.5.2014	925,6	616,3	3308,4	0,0	925,6	572,0	1907,2	0,0	967,3	320,7	2311,4	902,4
28.5.2014	1580,8	0,0	2229,9	1037,3	1521,9	0,0	480,4	1346,9	980,6	300,4	2493,5	777,0
29.5.2014	1572,0	0,0	3328,8	0,0	1513,4	0,0	449,3	1346,9	1112,7	276,2	2494,9	761,1
30.5.2014	1061,5	508,8	2830,5	486,9	1550,4	0,0	2775,9	0,0	875,5	224,1	1325,8	1882,6
31.5.2014	0,0	830,1	0,0	1038,7	0,0	309,1	736,9	1038,7	971,4	299,9	3354,0	0,0
1.6.2014	0,0	0,0	837,3	703,2	0,0	295,1	1778,9	63,2	541,8	197,6	1497,9	1659,5
2.6.2014	0,0	0,0	1592,6	0,0	0,0	304,6	1826,3	0,0	516,9	0,0	2137,6	850,2
3.6.2014	0,0	0,0	1590,5	0,0	0,0	28,1	1823,9	0,0	533,1	179,0	2053,5	1139,7
4.6.2014	0,0	0,0	494,4	1026,8	0,0	0,0	1217,3	574,1	681,4	243,6	2763,6	0,0
5.6.2014	0,0	280,0	1509,1	1017,5	1368,2	0,0	1480,3	1017,5	756,4	231,8	1301,4	5,6
6.6.2014	512,4	297,6	2984,3	0,0	548,1	315,8	2602,7	0,0	837,2	189,8	1564,7	0,0
7.6.2014	503,3	288,2	2958,0	0,0	538,4	305,8	2579,8	0,0	346,4	277,1	751,1	599,6
8.6.2014	502,4	289,1	2960,6	0,0	539,3	304,8	2582,0	0,0	530,1	323,2	1639,8	0,0
9.6.2014	513,3	300,4	2135,4	794,8	551,0	316,7	1897,3	660,8	701,0	200,5	1155,3	0,0
10.6.2014	876,5	43,4	749,6	1731,3	923,8	528,5	672,8	1566,7	632,3	139,3	787,2	1240,6
11.6.2014	856,5	536,1	2592,4	63,3	906,9	0,0	2275,8	63,3	429,7	389,3	1922,0	0,0
12.6.2014	1340,0	0,0	2677,2	0,0	920,4	0,0	2358,6	0,0	628,7	308,4	419,4	55,0
13.6.2014	903,0	0,0	2656,5	0,0	903,4	0,0	2340,4	0,0	570,9	245,3	2306,6	0,0
14.6.2014	923,4	0,0	1579,6	1021,7	542,1	301,7	1260,5	1021,7	584,3	257,6	1315,8	1091,3
15.6.2014	0,0	796,7	1547,6	0,0	367,8	502,5	2644,6	0,0	592,1	277,4	3349,1	0,0
16.6.2014	420,0	343,6	1508,3	1017,0	362,4	497,0	919,5	1554,4	356,3	204,4	1175,0	0,0
17.6.2014	456,5	310,0	0,0	2446,2	498,4	47,8	0,0	2437,5	401,0	240,8	1868,5	1177,7
18.6.2014	439,0	288,9	0,0	2396,2	528,9	0,0	2063,8	475,6	499,9	287,4	1244,0	914,9

19.6.2014	0,0	297,8	1665,9	872,8	0,0	480,9	1500,3	1017,8	297,1	148,6	1804,7	778,4
20.6.2014	1220,8	103,0	595,6	464,5	1422,9	0,0	1336,7	1016,6	515,9	394,7	1119,0	0,0
21.6.2014	375,4	975,4	2557,4	0,0	375,4	480,0	2430,7	0,0	603,6	149,8	3190,5	0,0
22.6.2014	383,5	503,5	2576,2	0,0	383,5	483,8	2448,6	0,0	548,5	416,7	2869,1	0,0
23.6.2014	888,9	47,8	2591,9	0,0	390,2	490,3	2463,5	0,0	335,8	154,9	1454,0	1004,4
24.6.2014	891,2	0,0	2534,4	0,0	821,4	45,5	1410,0	925,2	293,8	194,0	460,1	649,8
25.6.2014	0,0	0,0	1092,4	0,0	879,4	0,0	1127,2	280,3	767,7	172,5	1006,2	1639,5
26.6.2014	512,5	293,4	1675,6	0,0	901,6	0,0	1447,8	0,0	482,7	572,2	0,0	2755,5
27.6.2014	500,4	281,0	1690,7	0,0	0,0	761,3	1460,9	0,0	1089,4	273,2	3311,0	0,0
28.6.2014	509,9	284,7	1671,4	0,0	0,0	491,2	1444,2	0,0	881,3	636,6	2889,9	0,0
29.6.2014	0,0	289,7	1683,4	0,0	0,0	0,0	1454,6	0,0	990,3	161,5	3327,8	0,0
30.6.2014	360,0	0,0	0,0	1016,6	824,3	0,0	890,2	1016,6	586,5	350,4	1030,5	1447,8
1.7.2014	0,0	292,7	611,6	1303,9	0,0	281,0	271,5	1598,2	638,0	165,1	1417,8	535,6
2.7.2014	0,0	293,4	2019,2	0,0	0,0	281,8	1996,3	0,0	761,9	227,0	1826,1	355,8
3.7.2014	0,0	291,7	2024,6	0,0	0,0	280,1	2001,8	0,0	855,5	172,1	1185,5	0,0
4.7.2014	0,0	294,4	606,2	1320,9	0,0	282,7	1156,3	789,2	659,3	234,0	3158,9	0,0
5.7.2014	435,4	0,0	2650,1	0,0	895,3	0,0	2581,3	0,0	581,6	176,4	3344,4	0,0
6.7.2014	891,7	0,0	2644,8	0,0	360,0	483,7	1433,8	1011,7	450,1	274,3	2699,4	0,0
7.7.2014	371,4	482,1	1577,3	1028,7	375,1	500,4	2564,7	0,0	294,9	155,2	1033,7	1893,6
8.7.2014	455,2	326,2	2648,1	0,0	831,9	46,2	2528,6	0,0	439,4	103,3	1326,7	431,1
9.7.2014	509,2	0,0	2350,0	285,8	360,0	0,0	2306,1	215,2	547,7	397,1	1815,8	955,8
10.7.2014	360,0	506,7	0,0	1026,7	550,6	296,4	988,4	1026,7	562,9	331,7	1194,1	991,4
11.7.2014	394,2	518,0	959,4	1008,2	558,5	303,9	539,8	1457,3	464,3	87,7	2809,3	0,0
12.7.2014	377,2	500,9	2014,3	0,0	0,0	785,0	2077,6	0,0	531,0	43,9	2474,4	268,5
13.7.2014	379,4	503,2	2018,5	0,0	489,2	336,5	2081,9	0,0	631,6	167,8	284,2	870,1
14.7.2014	371,8	495,4	955,2	972,3	532,1	282,2	1523,9	503,7	207,3	540,0	959,2	0,0
15.7.2014	420,0	0,0	0,0	1545,6	445,7	352,3	57,0	1951,4	542,5	393,4	2888,0	0,0
16.7.2014	372,8	499,9	1969,9	595,6	492,8	300,7	2083,7	63,7	1073,9	524,9	2162,6	0,0
17.7.2014	468,6	331,4	2590,8	0,0	484,6	291,7	2134,8	0,0	505,7	175,4	400,0	35,5
18.7.2014	530,3	297,4	2619,9	0,0	495,7	304,0	2158,7	0,0	456,1	488,7	329,9	880,3
19.7.2014	518,6	285,7	1940,9	635,7	484,8	292,0	2116,7	52,9	370,9	158,2	3324,8	0,0
20.7.2014	1365,3	0,0	1140,6	0,0	392,7	1065,6	1453,9	1032,7	170,4	645,1	1039,7	0,0
21.7.2014	1467,7	13,0	2617,8	0,0	873,6	588,8	2542,5	0,0	619,8	422,7	0,0	0,0
22.7.2014	391,2	1036,4	2639,0	0,0	1364,1	0,0	2563,1	0,0	525,2	635,8	0,0	0,0
23.7.2014	386,7	506,7	2628,4	0,0	933,4	0,0	2552,8	0,0	794,1	35,1	0,0	0,0
24.7.2014	375,9	495,9	2602,7	0,0	375,9	495,9	2060,3	433,4	755,4	482,3	0,0	0,0
25.7.2014	0,0	0,0	0,0	1019,3	1484,4	402,3	2641,8	0,0	749,0	169,5	2322,7	0,0
26.7.2014	516,5	303,9	1240,6	0,0	380,4	500,4	957,3	1535,7	615,5	476,3	3233,6	0,0
27.7.2014	518,6	306,2	1243,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	828,1	0,0	2340,0	0,0
28.7.2014	513,6	300,9	1237,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29.7.2014	521,4	28,6	820,3	395,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30.7.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,1	0,0	128,1
31.7.2014	428,1	309,9	962,5	0,0	536,8	300,6	1022,5	0,0	193,6	288,3	0,0	2766,0

1.8.2014	421,7	301,6	955,4	0,0	528,8	292,6	1015,0	0,0	0,0	0,0	778,7	966,8
2.8.2014	428,6	310,4	963,0	0,0	543,3	307,2	1023,1	0,0	0,0	0,0	1317,4	0,0
3.8.2014	421,2	301,0	954,8	0,0	0,0	0,0	1014,4	0,0	0,0	158,6	255,0	0,0
4.8.2014	0,0	47,2	0,0	1024,0	378,2	480,0	347,4	1024,0	765,1	375,9	1350,8	0,0
5.8.2014	519,7	0,0	1936,5	0,0	372,5	0,0	1443,8	0,0	711,4	171,4	1209,1	252,2
6.8.2014	507,4	0,0	1914,0	0,0	360,0	0,0	1427,0	0,0	535,7	1053,5	559,8	1920,5
7.8.2014	510,2	0,0	1928,7	0,0	366,5	0,0	1438,0	0,0	484,1	0,0	302,7	1713,0
8.8.2014	516,9	0,0	1108,0	772,6	373,4	0,0	459,1	916,4	818,6	0,0	1921,2	0,0
9.8.2014	0,0	0,0	0,0	1016,7	485,9	296,1	2563,1	3,7	0,0	0,0	1692,7	0,0
10.8.2014	517,2	283,3	0,0	1389,9	507,0	289,5	0,0	1128,8	527,0	1080,0	1693,7	0,0
11.8.2014	504,0	298,5	0,0	1411,3	494,0	305,1	0,0	1146,2	0,0	0,0	1055,8	1045,1
12.8.2014	504,5	299,0	0,0	1412,0	494,5	305,6	0,0	1146,8	119,1	0,0	1162,2	1146,1
13.8.2014	0,0	281,9	0,0	1387,8	0,0	0,0	0,0	1127,1	861,8	467,8	1399,6	805,6
14.8.2014	820,6	46,1	921,8	157,3	516,1	305,3	661,0	1011,5	270,4	0,0	1300,9	0,0
15.8.2014	394,5	522,8	1489,1	0,0	486,5	377,6	1789,5	0,0	760,4	0,0	1453,5	0,0
16.8.2014	840,3	45,4	1449,3	0,0	874,3	0,0	1741,7	0,0	401,8	168,2	1618,2	0,0
17.8.2014	896,0	0,0	1453,7	0,0	880,7	0,0	1746,9	0,0	456,5	357,6	2137,1	0,0
18.8.2014	544,3	304,3	1475,5	0,0	528,6	304,3	1740,3	30,4	391,5	0,0	1048,2	244,6
19.8.2014	420,0	0,0	128,9	894,4	477,3	280,0	731,8	1013,9	0,0	175,9	1398,8	804,9
20.8.2014	465,1	283,4	1974,4	0,0	479,5	280,0	1829,7	0,0	195,6	348,8	1677,1	0,0
21.8.2014	472,3	291,4	1989,4	0,0	486,9	281,0	1843,6	0,0	543,6	436,9	2575,4	0,0
22.8.2014	476,6	296,1	1998,3	0,0	491,4	0,0	1851,9	0,0	712,9	0,0	1343,8	0,0
23.8.2014	473,3	0,0	1991,5	0,0	488,0	0,0	1568,8	256,7	668,9	98,3	1539,3	1023,2
24.8.2014	794,3	0,0	373,1	663,3	877,8	0,0	587,7	1008,9	131,2	52,3	1796,6	0,0
25.8.2014	366,3	501,0	1683,0	0,0	532,8	290,2	1700,2	0,0	505,3	180,0	1432,1	0,0
26.8.2014	360,0	494,4	1672,9	0,0	526,3	283,9	1690,0	0,0	376,6	379,3	1437,4	1150,2
27.8.2014	371,2	0,0	1690,8	0,0	537,8	0,0	1708,1	0,0	935,8	70,2	1100,7	0,0
28.8.2014	373,7	0,0	1694,8	0,0	0,0	501,2	1710,4	1,6	502,7	416,8	1133,3	1033,8
29.8.2014	876,6	35,3	0,0	1017,4	722,2	505,3	598,4	1170,6	868,1	0,0	1461,2	0,0
30.8.2014	388,7	1019,2	1912,3	285,9	373,1	516,9	1880,4	0,0	855,2	157,0	1667,1	978,7
31.8.2014	922,0	47,0	2205,0	0,0	856,0	47,0	1867,3	0,0	575,4	364,9	1835,9	0,0
1.9.2014	920,6	0,0	2203,6	0,0	905,2	0,0	1866,1	0,0	724,5	140,9	1497,1	0,0
2.9.2014	918,3	0,0	1102,2	1019,2	903,0	0,0	765,0	1019,2	811,4	375,6	1129,3	1373,9
3.9.2014	925,1	0,0	985,7	1022,5	1348,1	0,0	1298,6	1022,5	924,7	162,4	1177,4	1279,8
4.9.2014	1483,1	0,0	78,4	2370,6	812,7	506,5	511,4	1767,1	383,1	348,7	2655,3	628,3
5.9.2014	379,0	985,5	2610,1	0,0	867,5	46,8	2393,4	0,0	668,9	0,0	1671,1	0,0
6.9.2014	837,5	45,3	1564,5	1000,0	886,6	0,0	1778,1	595,2	428,7	0,0	1533,4	1677,7
7.9.2014	895,2	0,0	0,0	2393,1	367,6	487,1	0,0	2194,4	1518,8	35,8	2189,7	0,0
8.9.2014	542,4	0,0	0,0	1232,0	961,1	0,0	219,3	1872,5	111,2	446,9	839,2	793,9
9.9.2014	541,4	298,1	2168,3	407,7	952,3	0,0	2161,0	63,6	387,4	0,0	1241,1	1042,7
10.9.2014	556,1	312,8	2642,9	0,0	392,8	496,9	2259,4	0,0	413,1	156,1	1723,5	0,0
11.9.2014	916,2	0,0	2604,2	0,0	376,5	481,1	2226,3	0,0	1059,6	152,0	1156,4	1408,3
12.9.2014	375,8	483,6	1506,8	1015,8	375,8	0,0	1129,2	1015,8	625,1	329,2	2241,0	0,0

13.9.2014	861,9	41,5	0,0	1013,4	376,3	1157,1	806,4	1013,4	700,3	148,0	1255,0	0,0
14.9.2014	379,1	1103,0	2124,3	112,5	921,0	46,8	1909,7	0,0	551,0	333,3	1370,4	0,0
15.9.2014	913,4	46,6	2240,8	0,0	916,3	0,0	1905,6	0,0	510,8	9,2	1465,1	1019,8
16.9.2014	895,2	0,0	2222,2	0,0	898,0	0,0	1889,7	0,0	576,5	543,5	2719,6	0,0
17.9.2014	547,4	307,4	1155,3	1027,4	547,4	307,4	1747,6	163,8	820,3	140,6	1669,6	1048,9
18.9.2014	483,7	0,0	3328,7	0,0	920,2	0,0	3328,7	0,0	486,3	490,6	3321,9	0,0
19.9.2014	360,0	495,1	3285,2	0,0	0,0	791,4	2190,1	1015,1	496,0	534,3	1827,4	1297,0
20.9.2014	0,0	788,2	3315,2	0,0	0,0	506,3	1561,7	1626,5	511,0	382,7	2507,8	0,0
21.9.2014	420,0	45,8	3264,7	0,0	420,9	45,8	3264,7	0,0	766,6	157,6	2758,7	0,0
22.9.2014	423,7	0,0	3321,6	0,0	480,5	0,0	3321,6	0,0	395,4	443,3	1915,7	1292,1
23.9.2014	910,5	0,0	2209,3	1024,6	363,9	500,7	2209,3	1024,6	378,4	619,9	1143,2	1157,7
24.9.2014	392,7	810,4	0,0	3098,0	371,5	508,6	0,0	3098,0	539,5	321,2	2083,0	1056,6
25.9.2014	381,1	489,7	3321,1	0,0	846,7	47,0	3321,1	0,0	866,1	149,0	2181,3	1046,5
26.9.2014	383,1	491,7	2955,3	328,3	362,5	499,1	2206,2	1023,1	425,8	201,2	1891,8	955,0
27.9.2014	380,1	488,8	0,0	3060,3	485,2	326,9	1962,2	1240,7	675,8	153,7	2565,2	0,0
28.9.2014	388,6	508,6	2444,3	817,8	388,6	1119,0	2476,8	787,6	577,5	233,7	2335,4	0,0
29.9.2014	935,5	635,7	3359,7	0,0	884,2	657,1	3359,7	0,0	540,4	167,9	3356,6	0,0
30.9.2014	1565,7	0,0	3341,1	0,0	1379,5	0,0	3341,1	0,0	611,2	228,2	2221,9	1029,2
1.10.2014	953,5	0,0	3350,3	0,0	953,5	0,0	3350,3	0,0	726,2	354,1	1905,3	1010,3
2.10.2014	542,5	302,5	3307,6	0,0	925,1	0,0	3307,6	0,0	616,2	0,0	1016,0	251,0
3.10.2014	867,8	4,8	2579,6	0,0	2032,6	510,6	3258,4	0,0	279,7	0,0	1057,0	0,0
4.10.2014	371,7	851,0	1807,8	1024,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.10.2014	861,6	47,1	0,0	2696,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.10.2014	892,3	0,0	1870,0	936,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7.10.2014	369,9	502,5	1804,8	1022,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8.10.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	569,0	0,0	179,2	1143,4	38,4	0,0	2651,6	0,0
9.10.2014	0,0	0,0	560,2	0,0	0,0	0,0	1337,3	63,6	618,0	52,1	1846,1	0,0
10.10.2014	0,0	0,0	563,7	0,0	0,0	0,0	1414,7	0,0	538,4	579,0	265,8	1013,2
11.10.2014	0,0	0,0	560,2	0,0	0,0	0,0	1405,9	0,0	569,8	47,9	2574,1	0,0
12.10.2014	0,0	0,0	561,7	0,0	0,0	0,0	309,6	1020,2	438,7	361,4	34,2	0,0
13.10.2014	496,0	295,3	0,0	0,0	381,1	509,2	80,6	1029,2	401,0	125,8	0,0	0,0
14.10.2014	0,0	489,3	376,5	0,0	361,6	489,3	837,9	306,2	636,3	378,6	497,4	602,5
15.10.2014	0,0	0,0	379,5	0,0	452,9	338,3	1177,5	0,0	639,5	137,7	2762,6	401,6
16.10.2014	0,0	0,0	380,0	0,0	0,0	0,0	1195,1	0,0	341,6	466,2	2180,8	1071,7
17.10.2014	0,0	0,0	376,0	0,0	0,0	0,0	900,9	261,1	596,3	128,1	2533,4	705,6
18.10.2014	370,3	482,4	1516,7	1023,1	1631,4	0,0	1461,1	1391,3	570,7	563,4	2694,5	531,6
19.10.2014	744,1	504,1	3259,1	0,0	384,1	502,1	1493,8	1363,6	1188,8	0,0	3285,4	0,0
20.10.2014	877,6	47,3	3259,6	0,0	384,3	502,2	2964,4	0,0	77,6	94,8	1764,2	985,9
21.10.2014	911,3	0,0	3234,1	0,0	858,9	46,5	2941,2	0,0	766,3	635,2	2297,0	0,0
22.10.2014	907,7	0,0	2410,2	758,6	531,7	280,0	1842,5	1013,8	926,2	143,1	2147,8	1029,8
23.10.2014	805,9	90,3	1492,8	1011,8	1703,2	0,0	268,7	1939,4	552,2	563,8	2730,2	0,0
24.10.2014	376,5	1067,3	231,9	2199,1	376,5	504,3	2371,5	0,0	746,9	74,1	1098,4	1822,5
25.10.2014	1360,3	47,8	2636,6	0,0	390,2	518,3	2401,1	0,0	545,1	517,1	0,0	1058,1

26.10.2014	929,8	0,0	2624,2	0,0	384,9	512,9	2389,8	0,0	911,1	0,0	0,0	0,0
27.10.2014	380,7	500,7	1737,2	813,3	870,7	46,9	1280,0	1020,7	718,4	123,9	2861,6	0,0
28.10.2014	0,0	280,0	371,6	2117,0	442,0	292,1	828,0	1778,2	614,1	362,6	2128,2	1121,5
29.10.2014	487,8	280,1	2870,4	0,0	440,9	290,8	2723,5	0,0	738,6	116,7	2091,1	1126,4
30.10.2014	491,6	283,9	2874,5	0,0	444,2	294,8	2727,4	0,0	597,6	382,2	2214,1	1020,2
31.10.2014	473,0	0,0	2801,7	0,0	427,5	0,0	2658,3	0,0	770,3	116,9	1661,7	1028,8
1.11.2014	489,3	0,0	1768,9	1030,5	442,2	0,0	1621,4	1030,5	610,0	527,9	3323,3	0,0
2.11.2014	808,1	114,9	355,7	2106,9	1364,9	113,4	2093,0	1026,0	844,4	0,0	3305,6	0,0
3.11.2014	910,6	529,1	3202,1	63,5	375,3	999,0	1662,0	1396,0	775,4	630,8	1352,0	1042,0
4.11.2014	1334,9	0,0	3276,9	0,0	864,5	46,6	3174,2	0,0	712,0	837,9	2886,3	198,8
5.11.2014	1337,7	0,0	3279,9	0,0	916,9	0,0	3177,1	0,0	363,8	684,0	2292,0	907,9
6.11.2014	382,0	502,0	3336,6	0,0	924,0	0,0	2907,8	296,5	1086,6	943,4	2328,3	926,8
7.11.2014	900,6	12,3	2735,5	0,0	907,1	379,2	2911,6	0,0	391,8	1416,3	3319,0	0,0
8.11.2014	927,7	308,1	3335,8	0,0	365,1	514,4	2907,8	0,0	1043,8	1027,7	1885,6	1305,4
9.11.2014	375,7	495,7	28,8	3020,5	852,1	46,5	848,2	1869,9	391,7	1333,3	3260,7	0,0
10.11.2014	852,2	46,0	3349,1	0,0	893,0	0,0	2919,3	0,0	297,1	1466,9	3334,0	0,0
11.11.2014	923,0	0,0	2229,5	1031,1	914,0	0,0	1800,4	1031,1	881,6	1107,7	1866,0	1356,5
12.11.2014	383,2	1207,8	3348,1	0,0	879,2	1183,9	2232,0	1036,5	490,4	1515,7	2239,8	1028,1
13.11.2014	807,3	1208,2	3294,5	0,0	867,7	1184,4	3105,1	175,6	1005,4	1006,9	1629,3	813,7
14.11.2014	0,0	1838,4	2498,4	749,9	0,0	1778,4	3307,0	0,0	610,5	501,8	3079,4	0,0
15.11.2014	384,2	1542,6	2524,3	749,9	384,2	1482,3	2029,1	1212,1	811,8	1116,2	2234,7	1000,5
16.11.2014	780,0	1193,4	3337,6	0,0	377,3	1169,8	3337,6	0,0	1339,2	615,6	3325,8	0,0
17.11.2014	379,1	1102,2	0,0	1019,1	379,1	1136,3	53,1	1844,7	808,0	443,6	1473,6	1070,4
18.11.2014	380,5	1188,7	527,7	1253,5	380,5	1139,5	2045,2	0,0	396,4	1128,0	2872,7	252,4
19.11.2014	1601,5	47,1	1882,3	0,0	1490,4	116,8	2048,3	0,0	486,2	1190,1	1979,5	1153,3
20.11.2014	1466,7	0,0	1898,0	0,0	891,0	700,8	2065,3	0,0	826,8	757,9	2957,9	0,0
21.11.2014	894,3	500,5	512,1	1297,8	1359,0	0,0	960,2	1038,2	617,1	420,5	2231,9	1042,4
22.11.2014	373,9	493,9	2652,5	0,0	364,9	493,9	3004,4	0,0	877,6	67,8	3202,9	134,2
23.11.2014	395,6	579,7	2206,9	768,7	386,1	515,6	2154,9	785,6	533,1	528,2	1805,2	901,5
24.11.2014	929,9	46,6	0,0	2414,9	826,9	46,6	0,0	2414,9	775,1	96,5	1259,5	651,0
25.11.2014	952,3	0,0	2212,3	388,6	520,0	300,4	2512,2	110,3	497,6	410,5	0,0	0,0
26.11.2014	0,0	781,2	2647,1	0,0	502,4	282,3	2647,1	0,0	613,3	0,0	2907,8	369,3
27.11.2014	375,1	495,3	2636,9	0,0	1324,9	0,0	2763,0	0,0	1137,7	127,2	3327,7	0,0
28.11.2014	1343,5	47,0	2760,3	0,0	796,5	501,5	2754,5	0,0	749,6	488,3	3317,4	0,0
29.11.2014	1364,7	0,0	1644,5	1019,6	375,1	500,1	1638,0	1020,4	1475,9	128,7	3203,5	0,0
30.11.2014	912,2	0,0	2746,0	0,0	856,4	46,5	2740,3	0,0	381,1	412,3	1713,4	1462,8
1.12.2014	379,7	499,7	2742,4	0,0	913,8	0,0	2013,0	671,0	467,3	0,0	757,2	1632,0
2.12.2014	828,2	99,2	1672,6	888,8	883,9	552,4	1734,3	1014,8	286,2	10,4	305,3	0,0
3.12.2014	1227,4	662,9	3199,2	0,0	1355,9	0,0	2806,0	0,0	698,6	144,5	3128,5	0,0
4.12.2014	904,6	0,0	3209,1	0,0	904,6	0,0	2814,7	0,0	931,8	121,5	3277,9	0,0
5.12.2014	922,1	0,0	3227,6	0,0	922,1	0,0	2830,9	0,0	615,9	337,2	3313,2	0,0
6.12.2014	913,6	0,0	3193,1	0,0	536,8	296,8	2635,6	152,9	763,3	115,8	3139,7	0,0
7.12.2014	0,0	0,0	0,0	1020,2	489,2	300,2	848,7	1020,2	626,6	177,3	2243,4	0,0

8.12.2014	485,7	310,0	1676,7	293,7	496,3	308,0	1962,8	0,0	528,8	0,0	986,3	1339,9
9.12.2014	476,8	299,9	1975,2	0,0	487,2	298,0	1945,0	0,0	0,0	125,6	1205,0	0,0
10.12.2014	487,7	312,3	1997,3	0,0	498,3	29,1	1966,8	0,0	625,2	332,2	1651,9	0,0
11.12.2014	0,0	28,8	884,8	1027,6	0,0	0,0	955,1	934,2	663,2	127,1	313,7	0,0
12.12.2014	0,0	820,1	451,9	608,4	965,4	0,0	915,4	746,9	826,0	330,7	1729,4	0,0
13.12.2014	864,1	74,5	2144,6	0,0	377,6	499,0	1704,8	0,0	946,7	127,6	511,6	1060,8
14.12.2014	920,5	0,0	2150,5	0,0	380,6	502,0	1709,4	0,0	788,7	2,5	2090,3	0,0
15.12.2014	934,1	0,0	2163,8	0,0	883,5	47,6	1720,0	0,0	1149,9	83,2	1496,5	0,0
16.12.2014	381,0	501,6	2152,5	0,0	541,6	301,6	1711,0	0,0	1022,2	404,1	3115,5	0,0
17.12.2014	496,0	148,3	144,7	882,1	505,5	360,8	1124,6	1078,2	576,9	0,0	1810,1	1109,0
18.12.2014	539,5	579,5	2084,4	0,0	837,4	74,9	2294,3	0,0	362,3	81,9	2124,9	0,0
19.12.2014	914,5	27,9	2080,2	0,0	883,7	0,0	2289,7	0,0	188,0	398,6	1779,4	930,5
20.12.2014	922,6	0,0	2087,8	0,0	891,5	0,0	2298,1	0,0	830,5	0,0	2448,7	0,0
21.12.2014	924,8	0,0	2090,0	0,0	511,2	302,4	1198,0	1022,4	508,4	123,8	2959,4	0,0
22.12.2014	475,4	0,0	0,0	1025,1	884,2	0,0	481,7	1183,0	718,3	174,9	0,0	1002,1
23.12.2014	374,3	480,0	1431,9	188,9	502,8	302,1	1756,9	0,0	837,8	108,5	0,0	1600,0
24.12.2014	814,3	46,0	1613,8	0,0	439,5	333,5	1733,5	0,0	576,0	255,8	1621,7	458,2
25.12.2014	527,1	280,0	1649,7	0,0	511,6	29,5	1772,2	0,0	991,7	120,9	2037,1	1183,1
26.12.2014	513,6	0,0	532,0	1020,4	447,9	46,9	653,7	1020,4	621,6	306,6	3312,6	0,0
27.12.2014	891,7	0,0	3343,4	0,0	726,6	491,7	2921,0	0,0	908,0	0,0	3312,1	0,0
28.12.2014	907,5	0,0	3330,5	0,0	849,9	46,2	2600,1	283,6	138,1	0,0	998,2	1583,9
29.12.2014	386,9	516,6	403,9	2717,4	936,1	0,0	0,0	2701,6	1120,2	0,0	459,8	537,9
30.12.2014	867,9	47,0	3303,6	0,0	917,2	0,0	2886,2	0,0	478,4	0,0	1800,0	500,0
31.12.2014	912,7	0,0	2196,5	1018,2	538,2	285,5	2310,4	526,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Ek 14: Model Sonuçları- Gerçekleşen Stok Miktarları

Tarih	ES1-M1 Stok Miktarı				ES2-M1 Stok Miktarı				Gerçek Stok Miktarı			
	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5	j=2	j=3	j=4	j=5
1.1.2014	9.045,6	1.965,9	6.252,0	3.975,4	9.045,6	1.965,9	6.252,0	3.975,4	9.059,4	1.988,1	6.099,3	3.975,4
2.1.2014	8.897,9	2.027,5	5.277,5	4.472,2	8.414,2	1.589,3	5.152,1	3.683,7	7.876,4	1.611,5	6.438,1	3.683,7
3.1.2014	9.451,3	1.784,9	5.213,0	4.015,5	8.079,6	1.346,7	4.107,6	3.227,0	7.665,6	1.426,3	6.023,7	3.227,0
4.1.2014	9.155,2	1.496,2	4.857,9	3.421,1	7.377,7	1.058,0	2.772,1	2.632,5	6.839,1	1.564,6	6.258,2	2.632,5
5.1.2014	8.947,4	1.368,7	4.586,6	4.209,6	6.772,6	930,5	2.375,8	2.632,5	6.332,9	1.437,1	8.369,0	2.632,5
6.1.2014	8.207,3	1.021,1	2.641,7	4.358,0	6.733,1	644,7	1.361,3	2.821,5	7.702,0	1.026,6	6.424,1	4.626,4
7.1.2014	7.356,9	1.313,6	2.191,3	2.849,2	5.830,3	983,7	939,5	1.375,6	7.440,3	880,6	5.906,9	4.154,6
8.1.2014	7.437,3	935,8	2.046,8	1.466,6	5.810,5	605,9	891,9	0,0	8.308,9	666,8	6.026,6	3.543,0
9.1.2014	7.481,6	583,1	2.129,0	609,2	5.755,8	253,1	1.071,4	0,0	9.206,3	566,1	5.872,1	3.861,8
10.1.2014	7.675,1	203,2	1.039,2	1.111,0	5.849,7	0,0	0,0	745,9	10.148,6	493,2	5.204,3	4.881,2
11.1.2014	7.195,8	1.446,5	1.906,3	886,1	6.293,3	559,7	867,1	521,0	11.068,2	795,4	5.668,6	4.656,3
12.1.2014	8.376,4	2.057,8	3.013,3	1.755,5	7.502,7	1.171,0	1.808,0	1.544,5	12.419,5	1.184,8	7.290,1	4.656,3
13.1.2014	9.551,5	1.799,6	889,1	4.268,0	8.707,1	912,8	0,0	4.057,0	13.066,5	1.348,8	6.102,7	4.084,3
14.1.2014	10.908,0	1.407,2	2.043,2	3.820,4	10.093,0	520,4	918,2	3.828,3	13.761,5	1.800,6	6.455,9	3.636,7
15.1.2014	12.542,3	1.183,2	2.208,0	4.382,7	11.195,7	679,6	936,1	4.526,9	15.115,6	1.820,9	5.549,3	5.010,0
16.1.2014	12.492,8	1.509,9	1.489,6	4.908,2	11.438,5	1.103,1	1.252,4	4.267,6	14.657,8	1.664,6	6.106,1	4.750,8
17.1.2014	13.290,7	1.656,1	1.885,2	4.622,9	12.207,1	1.305,9	1.142,4	3.982,4	15.711,1	1.628,4	6.100,3	4.465,5
18.1.2014	14.044,3	1.413,4	2.589,6	4.115,6	13.291,6	1.063,1	1.336,6	3.475,1	15.776,1	1.560,0	6.539,3	3.958,2
19.1.2014	15.094,3	1.302,0	3.999,9	4.115,6	14.313,2	951,8	2.242,7	3.475,1	17.087,7	1.448,6	7.719,3	3.958,2
20.1.2014	596,3	1.049,8	4.305,7	3.546,5	0,0	699,5	2.038,2	2.906,0	1.916,5	1.696,2	6.275,5	3.416,1
21.1.2014	2.297,4	716,5	1.816,7	4.075,8	1.701,1	366,3	328,4	3.325,7	2.026,5	1.453,0	6.081,7	2.933,7
22.1.2014	3.974,9	378,1	1.311,6	3.726,8	2.516,1	689,5	0,0	2.976,7	1.988,4	1.628,9	5.484,4	3.208,2
23.1.2014	4.715,9	866,7	1.133,5	3.364,1	3.978,9	368,5	0,0	2.613,9	1.608,6	1.467,2	5.869,2	2.845,5
24.1.2014	6.528,5	690,6	796,1	3.026,7	5.723,4	116,6	0,0	2.276,6	2.022,3	1.455,3	5.960,5	2.508,1
25.1.2014	8.238,7	484,0	682,7	2.695,4	6.813,8	201,4	0,0	1.906,7	1.993,5	1.248,8	6.365,4	2.138,2
26.1.2014	8.430,7	637,4	2.808,3	2.695,4	7.128,0	369,8	1.410,6	2.289,0	2.246,5	1.626,3	8.223,6	2.138,2
27.1.2014	8.078,6	666,9	4.277,0	2.510,4	6.832,9	399,0	2.464,5	2.104,0	2.375,1	1.371,8	8.277,6	1.953,2
28.1.2014	7.979,1	598,7	5.493,9	2.308,9	6.792,3	330,5	3.266,1	1.902,5	3.611,6	1.452,6	8.458,1	1.981,0
29.1.2014	7.712,7	644,1	6.780,4	1.979,6	6.582,9	375,5	4.137,7	1.573,2	4.874,0	1.590,7	7.265,6	2.925,8
30.1.2014	7.435,8	601,9	7.406,1	1.382,5	6.363,3	333,0	4.347,4	976,1	5.100,2	1.476,4	6.088,8	3.822,1
31.1.2014	7.721,9	254,7	5.413,1	1.936,9	6.754,0	13,4	2.611,2	1.762,7	4.936,9	1.491,8	5.201,9	3.365,3
1.2.2014	7.772,1	638,2	4.050,8	2.416,8	5.931,9	792,8	2.200,7	1.407,0	4.841,6	1.847,5	5.556,7	3.009,5
2.2.2014	8.748,3	797,8	4.531,1	2.416,8	6.715,5	675,5	2.731,5	1.407,0	5.178,6	2.011,9	6.867,2	3.009,5
3.2.2014	9.487,4	415,2	4.094,0	1.804,3	7.312,4	292,8	2.344,9	794,5	5.210,2	1.629,2	6.080,7	3.351,3
4.2.2014	9.758,0	387,4	2.507,2	2.040,9	7.602,7	65,1	600,2	1.224,1	5.121,4	1.298,5	4.014,6	4.790,6
5.2.2014	8.898,0	124,7	1.078,6	2.680,2	7.132,0	295,2	0,0	1.926,6	4.663,0	1.355,6	3.656,2	4.282,0
6.2.2014	7.998,4	637,3	1.270,2	2.107,1	6.620,4	506,9	64,4	1.353,5	3.763,4	2.048,9	3.126,9	3.708,8
7.2.2014	6.867,7	1.194,0	1.382,8	1.620,7	5.898,5	742,8	50,2	867,1	3.514,5	2.030,3	2.619,4	3.222,5

8.2.2014	5.727,4	1.207,4	1.443,1	1.182,1	4.758,2	937,3	0,0	428,5	3.839,8	1.971,2	910,7	2.783,9
9.2.2014	5.246,6	1.339,2	1.537,2	2.195,5	4.277,4	782,5	0,0	1.441,9	4.029,3	2.104,3	2.557,6	2.783,9
10.2.2014	4.815,5	1.307,4	2.092,4	2.105,4	4.717,5	427,2	0,0	1.878,5	4.098,9	1.985,5	3.422,9	2.191,6
11.2.2014	4.540,4	950,5	3.054,3	1.707,0	4.522,5	0,0	719,4	1.480,0	3.977,0	2.105,3	4.190,8	1.854,8
12.2.2014	4.276,6	778,1	4.009,2	1.214,0	3.799,7	271,1	1.431,0	987,1	4.444,2	2.150,1	3.455,1	2.288,8
13.2.2014	4.038,1	494,9	5.324,0	874,0	3.531,0	34,1	2.503,8	647,1	4.200,0	2.063,5	3.995,6	2.168,9
14.2.2014	4.192,5	321,5	6.272,9	369,9	3.338,4	140,7	2.381,3	911,5	4.650,7	2.122,9	3.812,0	2.661,6
15.2.2014	4.171,8	201,9	4.268,9	951,2	3.561,3	460,6	827,8	1.492,8	4.701,7	1.946,5	4.202,5	2.226,5
16.2.2014	3.880,1	1.201,3	3.844,7	2.583,5	3.265,5	1.437,2	1.880,9	1.492,8	4.742,7	2.097,8	5.834,0	2.462,9
17.2.2014	3.947,6	1.556,5	3.790,7	1.770,0	3.328,9	1.160,0	1.543,6	679,3	4.380,7	1.949,1	3.352,2	2.472,7
18.2.2014	3.813,0	1.247,2	4.103,2	1.151,8	3.190,0	850,6	1.567,9	61,1	4.876,5	1.639,8	4.032,4	1.854,6
19.2.2014	3.708,0	1.075,3	3.249,3	1.634,4	3.080,9	678,8	574,6	407,8	6.602,6	1.467,9	3.201,4	2.605,8
20.2.2014	3.644,3	835,3	2.853,3	2.120,6	3.588,4	438,7	157,5	894,0	7.010,3	2.470,8	3.627,3	2.062,1
21.2.2014	3.857,4	647,9	2.850,8	1.718,2	3.864,0	233,6	0,0	1.471,6	7.434,2	2.218,8	2.763,2	2.355,1
22.2.2014	3.120,9	1.453,8	3.444,5	1.395,9	3.127,5	1.080,7	572,9	1.149,3	8.223,0	2.203,7	3.249,7	2.032,8
23.2.2014	3.889,4	1.392,5	5.518,8	1.395,9	3.476,0	1.019,4	2.625,9	1.149,3	9.227,6	2.096,4	5.461,3	2.032,8
24.2.2014	4.543,5	1.106,7	5.419,3	2.280,9	3.686,5	733,6	2.849,7	1.713,3	9.597,8	1.925,2	6.589,4	1.817,8
25.2.2014	4.077,5	1.822,5	4.616,9	3.188,5	4.480,0	380,4	2.237,5	2.283,4	9.429,8	1.698,5	7.557,8	1.610,1
26.2.2014	4.929,6	1.670,2	4.937,0	2.877,5	5.389,6	180,8	2.333,8	1.908,4	9.789,2	1.760,9	7.321,6	2.278,8
27.2.2014	5.542,1	1.337,8	5.085,7	2.585,2	4.772,6	976,5	2.190,9	1.616,0	9.540,5	1.800,3	7.884,9	1.986,5
28.2.2014	882,8	1.153,9	5.361,1	2.173,6	52,5	838,7	2.177,1	1.204,4	4.679,4	1.707,6	5.747,5	1.574,9
1.3.2014	1.653,4	978,7	4.790,0	2.884,5	812,0	663,4	1.484,3	1.758,6	4.505,7	1.892,2	5.759,5	1.509,6
2.3.2014	1.500,1	1.931,1	4.770,9	2.884,5	1.566,8	1.138,6	1.756,5	2.554,7	4.893,6	1.779,9	6.034,0	2.529,4
3.3.2014	2.697,2	1.793,1	5.257,1	2.448,7	2.424,4	1.314,9	2.393,3	2.118,9	4.644,5	2.145,6	6.867,8	2.093,7
4.3.2014	3.939,7	1.551,0	5.315,4	2.196,4	3.664,4	1.072,8	2.678,0	1.795,6	4.437,0	2.872,2	7.331,7	1.770,4
5.3.2014	5.447,5	1.296,0	6.716,6	2.090,0	5.169,6	817,8	4.229,5	1.689,2	5.235,0	2.851,8	8.510,8	2.261,8
6.3.2014	6.280,4	1.541,4	6.817,5	1.710,9	5.612,3	1.063,2	4.481,1	1.310,1	5.518,9	2.600,1	6.917,6	2.932,6
7.3.2014	6.042,1	1.561,3	4.886,9	2.086,6	5.742,7	803,1	3.251,8	1.685,8	5.390,5	2.677,0	5.615,7	3.172,6
8.3.2014	6.026,4	1.438,1	4.487,1	2.266,6	5.738,9	652,0	3.098,3	1.217,4	5.000,4	2.879,2	5.372,5	2.704,2
9.3.2014	5.883,4	1.780,2	5.484,3	2.266,6	5.227,3	1.275,4	3.642,5	1.217,4	5.395,1	2.849,5	5.875,0	2.704,2
10.3.2014	5.263,3	1.940,5	6.033,8	1.831,2	4.233,3	1.437,1	3.736,7	782,0	5.143,8	2.762,3	6.349,5	2.268,8
11.3.2014	4.331,5	1.662,1	4.987,2	2.266,4	3.301,5	1.158,7	2.657,0	826,7	5.273,9	2.817,0	7.463,0	1.684,1
12.3.2014	4.232,6	1.329,4	2.971,0	2.768,7	3.050,4	1.883,6	1.360,7	1.745,3	5.081,6	2.803,2	6.798,4	2.203,4
13.3.2014	4.231,5	1.482,6	1.946,5	3.464,1	2.626,3	2.044,6	1.321,2	1.231,3	5.098,2	2.934,6	7.732,5	1.625,8
14.3.2014	4.037,4	1.623,8	1.977,3	3.097,4	2.925,1	1.737,0	1.030,9	864,6	5.915,1	3.067,6	5.950,6	3.542,9
15.3.2014	2.294,8	1.863,2	2.438,3	2.548,4	1.724,4	1.484,3	1.171,3	315,6	4.920,0	2.240,4	5.990,7	3.814,9
16.3.2014	2.264,2	2.168,8	2.111,4	3.830,6	1.853,8	1.599,7	801,3	1.340,0	5.474,9	2.410,2	7.419,4	3.814,9
17.3.2014	2.969,5	1.801,9	557,9	4.418,7	1.532,3	2.368,8	0,0	1.676,1	5.387,0	2.178,8	5.552,7	3.129,1
18.3.2014	3.747,8	1.436,3	1.330,9	3.978,2	2.002,7	2.049,1	500,7	1.368,8	5.172,2	2.307,7	3.510,0	2.625,5
19.3.2014	3.423,2	2.461,5	2.172,1	3.336,1	2.704,7	1.897,7	1.211,3	726,7	5.148,6	2.379,2	2.648,6	1.983,4
20.3.2014	3.311,2	2.932,8	2.405,2	2.862,1	3.069,4	1.703,5	1.314,1	252,7	5.649,0	2.185,1	2.787,4	1.509,4

21.3.2014	4.061,3	2.764,7	2.077,9	3.434,1	3.202,2	1.834,0	857,2	824,7	5.037,5	2.301,0	2.488,4	1.939,9
22.3.2014	3.002,3	2.455,6	1.028,1	3.872,8	3.040,0	1.524,9	100,7	1.255,8	5.040,7	2.114,4	2.785,0	1.356,8
23.3.2014	2.728,8	2.660,5	2.913,1	3.872,8	3.142,8	1.445,7	1.554,6	1.586,8	5.130,1	2.448,9	4.734,5	1.356,8
24.3.2014	2.384,5	2.456,2	3.478,8	3.344,1	2.641,0	1.437,5	2.046,2	1.058,2	5.503,2	1.960,7	4.291,9	1.787,7
25.3.2014	1.809,8	2.087,6	4.939,8	3.043,4	1.908,8	1.068,8	3.433,0	757,4	5.349,1	1.885,7	5.739,2	1.487,0
26.3.2014	1.519,2	1.748,7	4.601,6	3.475,1	1.103,1	1.009,9	3.010,5	1.197,7	5.812,5	1.853,9	5.677,8	1.941,6
27.3.2014	1.065,4	1.673,5	3.460,5	4.340,7	967,8	1.356,5	1.899,1	1.987,0	5.711,3	1.977,5	6.503,1	1.419,8
28.3.2014	971,3	1.990,9	4.171,9	3.854,2	1.157,8	1.053,0	2.375,8	1.500,6	5.479,5	2.055,0	6.611,1	1.921,2
29.3.2014	1.318,5	1.882,0	4.960,8	3.373,6	1.499,1	914,7	2.927,2	1.020,0	5.745,4	2.364,0	7.863,0	1.440,6
30.3.2014	2.160,7	1.828,8	7.534,5	3.373,6	2.335,5	861,5	5.266,6	1.020,0	6.768,3	2.378,6	9.571,9	2.662,5
31.3.2014	2.278,5	1.443,2	7.026,4	3.781,2	1.907,0	976,6	4.523,7	1.427,6	6.410,7	1.993,1	7.656,6	3.179,5
1.4.2014	3.068,0	1.174,4	4.857,6	4.411,1	2.396,6	1.316,0	3.343,4	2.060,6	6.352,4	1.988,8	8.256,3	2.792,7
2.4.2014	3.033,2	2.062,5	5.061,8	4.159,7	3.135,8	1.012,1	3.534,2	1.618,7	6.467,3	2.085,6	8.943,6	3.009,3
3.4.2014	4.052,8	1.819,1	5.132,3	3.693,3	3.704,8	722,5	3.388,0	1.152,3	6.935,8	2.146,5	9.345,6	2.542,9
4.4.2014	580,8	1.600,4	4.625,6	3.234,0	189,9	503,8	2.663,8	693,0	3.747,0	1.927,8	8.838,2	2.083,6
5.4.2014	1.441,3	1.320,1	3.375,9	3.802,6	461,7	728,4	1.200,3	1.256,5	4.509,3	2.173,6	8.343,4	2.151,3
6.4.2014	2.591,2	1.228,9	2.812,8	4.826,7	2.030,2	637,2	1.766,6	2.146,1	4.955,9	2.173,1	9.485,2	2.151,3
7.4.2014	3.858,4	810,3	3.503,4	4.346,6	3.182,1	297,8	2.496,8	1.665,9	5.237,6	2.197,7	8.740,7	2.732,7
8.4.2014	4.620,7	823,2	3.692,8	4.018,4	3.567,0	725,3	2.725,3	1.337,8	6.742,7	1.896,8	7.936,8	2.404,6
9.4.2014	5.974,7	483,8	3.911,0	3.557,1	4.521,0	386,0	2.982,7	876,4	7.612,3	1.557,4	6.492,1	3.001,9
10.4.2014	0,0	229,5	4.049,4	3.388,9	0,0	131,6	2.485,3	1.337,8	224,0	2.074,1	7.880,0	2.573,8
11.4.2014	1.428,5	790,4	3.174,3	2.890,6	1.646,5	358,8	2.571,2	839,5	1.321,1	1.967,3	6.486,0	4.163,6
12.4.2014	2.807,6	1.154,7	2.121,9	3.465,2	2.960,4	723,1	1.424,9	1.414,1	2.586,4	1.647,9	6.916,9	3.991,2
13.4.2014	4.529,7	1.728,8	3.371,3	3.465,2	5.356,3	613,2	2.578,8	1.414,1	3.757,7	1.903,2	8.857,2	3.991,2
14.4.2014	6.483,0	1.499,8	3.277,8	2.775,7	7.245,9	384,1	2.392,2	724,6	3.676,3	2.047,8	8.423,9	3.301,7
15.4.2014	8.670,3	1.269,3	3.079,2	2.412,4	8.482,9	844,1	1.556,1	864,9	3.925,2	1.817,4	7.621,6	2.829,8
16.4.2014	7.903,6	1.305,2	2.019,0	2.909,1	7.716,2	1.378,8	1.647,0	322,9	4.109,0	1.687,0	6.873,7	2.287,8
17.4.2014	7.073,5	1.814,4	1.034,4	3.873,0	6.886,1	1.398,0	237,0	1.312,1	4.101,7	1.848,7	4.547,5	4.064,4
18.4.2014	6.526,7	1.585,1	1.970,0	3.580,2	6.339,3	1.168,8	716,2	1.082,6	4.335,0	1.753,9	4.260,7	3.771,6
19.4.2014	5.941,5	1.372,0	3.657,5	3.296,2	5.754,1	955,6	2.009,2	798,5	4.678,9	1.785,7	5.367,1	3.487,6
20.4.2014	5.580,7	1.307,1	4.424,5	4.308,5	5.393,3	890,7	2.387,9	1.810,8	4.745,0	1.961,6	6.308,4	3.487,6
21.4.2014	5.436,8	989,6	3.517,5	4.687,5	4.814,9	1.074,2	2.598,7	1.176,4	5.152,4	1.783,0	6.425,3	2.853,1
22.4.2014	4.629,1	1.257,0	2.943,3	5.041,8	4.007,2	1.353,7	887,8	2.417,6	5.162,6	1.832,6	6.032,9	3.566,1
23.4.2014	4.057,4	1.546,5	2.978,9	4.555,0	3.435,6	1.143,0	673,6	1.994,9	5.360,4	1.912,0	6.315,0	3.375,1
24.4.2014	3.219,6	1.271,9	3.562,7	4.038,0	2.597,8	868,4	1.075,9	1.477,9	5.137,0	1.842,5	6.548,0	3.626,1
25.4.2014	2.657,0	1.088,3	3.463,8	3.506,5	2.035,2	684,7	795,0	946,4	5.354,9	1.903,0	7.034,1	3.094,6
26.4.2014	2.661,0	909,0	2.073,6	4.094,6	1.634,6	985,4	0,0	1.484,1	5.246,8	1.980,7	6.144,9	3.956,6
27.4.2014	2.945,2	1.092,7	3.973,7	4.158,6	1.782,5	1.354,1	1.715,2	1.725,6	5.894,3	2.270,5	7.709,4	3.956,6
28.4.2014	2.701,1	1.035,5	5.243,0	3.828,4	1.871,3	1.047,3	2.991,0	1.395,4	5.582,1	2.030,1	8.396,4	3.626,4
29.4.2014	2.634,6	1.026,5	5.926,0	3.550,5	2.183,1	746,9	3.680,5	1.117,5	5.971,8	2.106,1	6.262,3	4.385,0
30.4.2014	2.474,1	690,9	5.630,7	4.250,6	2.026,7	411,3	3.391,5	1.817,6	5.798,8	1.984,9	6.832,0	4.072,8

1.5.2014	2.525,4	1.023,3	4.461,1	4.109,6	2.593,8	223,2	2.856,2	2.260,7	5.953,4	2.058,6	7.631,3	3.485,8
2.5.2014	3.053,8	895,8	4.411,1	3.659,8	2.570,1	528,7	2.674,0	1.810,9	6.256,5	2.071,3	7.763,8	3.035,9
3.5.2014	2.950,5	980,0	4.951,3	3.150,2	2.296,4	786,9	3.081,5	1.301,3	5.993,0	2.068,0	6.964,0	3.181,6
4.5.2014	3.119,5	1.232,7	5.934,4	3.150,2	2.715,3	795,6	3.933,8	1.301,3	6.175,6	2.281,4	8.313,2	3.181,6
5.5.2014	3.170,4	1.302,7	5.574,4	2.534,6	2.666,7	844,0	3.241,1	871,8	6.382,8	2.049,8	7.252,2	3.491,6
6.5.2014	2.878,6	1.264,3	3.289,2	3.080,3	2.785,1	618,0	1.755,0	1.902,4	5.711,6	2.274,8	6.842,1	3.017,6
7.5.2014	3.034,6	1.202,4	3.449,8	2.644,2	2.833,0	294,9	1.768,6	1.529,4	5.280,8	2.315,3	6.987,4	2.581,5
8.5.2014	3.280,4	1.045,0	3.575,1	2.152,0	2.636,8	433,9	1.814,0	1.037,1	5.220,4	2.518,4	7.216,0	2.089,2
9.5.2014	3.013,8	886,9	3.868,5	1.825,7	2.287,2	578,2	2.027,0	710,9	5.208,8	2.421,3	5.774,4	2.048,9
10.5.2014	2.854,2	674,6	4.448,8	2.205,6	2.044,6	366,0	2.087,6	1.498,3	5.345,9	2.209,1	5.775,6	2.684,4
11.5.2014	3.402,7	544,2	3.860,1	2.999,3	1.773,8	1.006,2	2.145,1	2.514,4	5.403,1	2.381,6	6.863,2	2.684,4
12.5.2014	3.060,8	673,7	3.920,0	2.326,1	1.499,9	961,8	2.206,3	1.841,2	5.555,9	2.010,3	5.402,0	2.011,2
13.5.2014	2.582,4	608,4	3.807,6	1.665,6	1.508,1	605,2	2.095,3	1.180,7	5.791,7	1.852,0	3.294,9	1.350,7
14.5.2014	1.862,6	577,6	3.598,0	1.307,4	1.253,0	283,3	1.887,2	822,5	5.439,8	1.951,2	1.339,1	992,5
15.5.2014	0,0	350,5	5.200,1	855,4	0,0	56,2	3.307,3	540,5	4.202,7	1.831,0	991,7	540,5
16.5.2014	0,0	1.141,0	6.306,7	314,9	0,0	464,0	3.617,2	366,8	4.146,3	1.519,9	1.148,7	0,0
17.5.2014	0,0	1.573,0	6.730,7	884,5	0,0	612,1	3.617,2	567,3	4.568,5	1.655,8	1.148,7	0,0
18.5.2014	1.198,6	1.460,5	6.730,7	2.047,6	675,3	499,5	3.617,2	1.212,2	5.082,4	1.676,8	1.148,7	0,0
19.5.2014	1.849,8	1.277,8	6.730,7	2.640,6	791,7	316,8	3.617,2	1.360,3	4.791,5	1.557,2	1.148,7	0,0
20.5.2014	2.545,4	846,3	6.730,7	3.250,6	434,1	376,8	3.617,2	1.529,7	4.693,2	1.506,3	1.148,7	0,0
21.5.2014	2.375,7	1.009,8	6.749,5	2.899,2	421,7	614,5	4.393,6	2.188,9	4.331,7	1.662,1	1.802,5	0,0
22.5.2014	3.072,3	1.440,1	7.434,9	2.406,0	1.653,6	350,4	5.935,2	1.631,2	3.225,9	1.619,3	2.300,4	0,0
23.5.2014	4.115,2	1.183,1	6.112,9	3.011,8	2.490,5	93,3	6.522,8	1.205,1	2.725,2	1.645,3	2.872,3	0,0
24.5.2014	5.090,3	967,4	4.593,3	2.908,9	3.256,0	0,0	6.911,5	554,0	2.620,0	1.679,7	4.352,7	0,0
25.5.2014	7.006,1	863,5	3.918,1	3.457,2	4.089,0	514,2	7.535,3	1.091,0	3.087,4	1.575,8	6.112,8	0,0
26.5.2014	7.079,4	558,5	5.127,3	2.877,2	4.243,0	700,9	7.326,9	511,0	3.386,4	1.264,6	5.891,1	453,0
27.5.2014	7.145,8	898,8	6.562,6	2.424,0	4.309,4	996,9	7.361,0	57,8	3.494,6	1.309,3	6.329,4	902,2
28.5.2014	8.133,1	732,8	6.801,7	3.143,2	5.237,9	830,9	5.850,6	1.086,6	3.881,7	1.443,7	6.832,1	1.361,1
29.5.2014	8.852,8	578,8	8.346,3	2.651,2	5.898,9	676,8	4.515,7	1.941,6	4.142,1	1.565,8	7.542,8	1.630,2
30.5.2014	9.152,4	917,4	8.865,3	2.772,8	6.687,5	506,6	4.980,2	1.576,3	4.255,7	1.619,7	6.757,2	3.147,5
31.5.2014	8.428,8	1.602,8	6.383,0	3.396,3	5.963,9	671,1	3.234,8	2.199,7	4.503,5	1.774,9	7.578,8	2.732,2
1.6.2014	8.198,1	1.602,8	6.171,0	4.099,5	5.733,2	966,2	3.964,3	2.262,9	4.814,6	1.972,5	8.527,4	4.391,7
2.6.2014	7.486,3	1.288,9	5.858,8	3.548,6	5.021,5	957,0	3.885,9	1.712,1	4.619,7	1.658,7	8.560,3	4.691,0
3.6.2014	6.989,2	987,0	5.334,7	3.173,5	4.524,3	683,1	3.595,2	1.337,0	4.655,7	1.535,7	8.299,1	5.455,6
4.6.2014	6.424,0	724,7	4.123,2	3.768,8	3.959,1	420,8	3.106,6	1.479,6	4.771,9	1.517,0	9.256,8	5.024,1
5.6.2014	5.810,5	766,7	4.128,7	4.439,8	4.713,8	182,8	3.083,3	2.150,6	4.914,7	1.510,9	9.054,7	4.683,2
6.6.2014	5.937,1	834,1	5.325,8	3.859,7	4.876,1	268,3	3.898,8	1.570,4	5.366,2	1.470,4	8.832,3	4.103,1
7.6.2014	5.892,8	890,7	6.811,3	3.270,7	4.866,9	342,5	5.006,1	981,4	5.164,9	1.515,9	8.110,9	4.113,7
8.6.2014	6.158,2	1.072,3	9.039,5	3.270,7	5.169,2	539,8	6.855,8	981,4	5.458,1	1.731,5	9.018,3	4.113,7
9.6.2014	6.187,0	1.058,6	9.036,6	3.620,7	5.235,7	542,4	6.614,8	1.197,5	5.674,6	1.617,9	8.035,3	3.668,9
10.6.2014	6.413,3	876,4	7.895,3	4.914,5	5.509,2	845,3	5.396,6	2.326,7	5.656,7	1.531,6	6.931,7	4.472,0

11.6.2014	6.686,2	960,4	8.140,8	3.138,5	5.832,5	393,2	5.325,4	550,7	5.502,9	1.468,8	6.506,6	2.632,7
12.6.2014	7.399,8	614,1	8.672,4	2.501,8	6.126,4	46,9	5.538,4	0,0	5.505,1	1.430,9	4.780,5	2.050,9
13.6.2014	7.812,2	313,7	9.399,2	2.049,0	6.539,3	0,0	5.949,1	0,0	5.585,4	1.375,8	5.157,4	1.598,2
14.6.2014	8.116,5	152,9	9.257,1	2.770,2	6.462,2	140,9	5.487,9	721,2	5.550,5	1.472,6	4.651,5	2.389,0
15.6.2014	7.956,1	922,9	10.212,0	2.770,2	6.669,6	616,7	7.539,8	721,2	5.982,2	1.723,4	7.507,9	2.389,0
16.6.2014	7.767,5	943,8	9.415,2	3.527,4	6.423,4	791,1	6.154,1	2.015,7	5.729,9	1.605,1	6.377,8	2.129,2
17.6.2014	7.756,4	857,8	7.308,4	4.607,4	6.454,2	442,9	4.047,3	3.087,2	5.663,4	1.450,0	6.139,4	1.940,8
18.6.2014	7.637,2	892,6	5.018,6	6.705,2	6.424,9	188,8	3.821,3	3.264,3	5.605,0	1.483,3	5.093,6	2.557,2
19.6.2014	7.043,5	841,5	4.722,1	7.302,6	5.831,3	320,8	3.359,2	4.006,7	5.308,5	1.283,0	4.935,9	3.060,3
20.6.2014	7.739,8	626,7	3.391,3	7.461,3	6.729,7	2,9	2.769,4	4.717,6	5.299,9	1.359,8	4.128,4	2.754,5
21.6.2014	7.650,4	1.459,7	4.467,3	6.966,8	6.640,3	340,5	3.718,8	4.223,1	5.438,7	1.367,2	5.837,6	2.260,0
22.6.2014	7.747,0	1.822,4	6.300,9	6.966,8	6.736,9	683,5	5.424,8	4.223,1	5.700,2	1.643,0	7.964,2	2.260,0
23.6.2014	7.767,0	1.510,5	6.577,5	6.489,0	6.258,2	814,1	5.572,9	3.745,3	5.167,1	1.438,2	7.102,9	2.786,5
24.6.2014	8.004,8	1.141,1	7.395,0	5.679,0	6.426,2	490,2	5.266,1	3.860,5	4.807,6	1.262,7	5.846,2	2.626,4
25.6.2014	7.367,7	786,9	6.752,4	4.731,8	6.668,5	136,0	4.658,2	3.193,6	4.938,2	1.081,1	5.117,3	3.318,7
26.6.2014	7.051,4	747,2	6.255,7	3.692,1	6.741,3	0,0	3.933,8	2.153,9	4.592,2	1.320,2	2.945,1	5.034,5
27.6.2014	6.745,7	737,3	6.319,3	3.244,4	5.935,2	470,4	3.767,5	1.706,1	4.875,5	1.302,5	4.728,9	4.586,7
28.6.2014	6.639,7	837,6	6.519,3	3.001,9	5.319,4	777,2	3.740,3	1.463,6	5.141,0	1.754,7	5.997,5	4.344,2
29.6.2014	6.278,9	955,4	7.610,0	3.001,9	4.958,5	605,3	4.602,2	1.463,6	5.770,4	1.744,4	8.782,6	4.344,2
30.6.2014	5.929,6	707,4	6.046,7	3.625,2	5.073,6	357,2	3.929,1	2.087,0	5.647,6	1.846,7	8.249,8	5.398,8
1.7.2014	5.112,7	883,7	4.197,7	4.586,9	4.256,7	521,9	1.740,0	3.342,9	5.468,8	1.895,5	7.207,0	5.592,1
2.7.2014	4.250,1	928,9	3.445,6	4.177,9	3.394,1	555,4	965,1	2.933,9	5.368,1	1.874,2	6.261,8	5.539,0
3.7.2014	3.329,2	938,7	3.317,2	3.433,0	2.473,2	553,7	813,7	2.189,0	5.302,7	1.764,5	5.294,2	4.794,1
4.7.2014	2.676,1	946,7	2.148,9	4.032,9	1.820,1	550,0	195,6	2.257,3	5.308,9	1.712,1	7.048,7	4.073,1
5.7.2014	2.473,5	846,9	3.160,4	3.770,0	2.077,4	450,2	1.138,3	1.994,3	5.252,5	1.788,7	8.954,4	3.810,2
6.7.2014	3.108,2	735,0	4.741,2	3.743,0	2.180,4	822,0	1.508,0	2.979,1	5.445,6	1.951,1	10.219,8	3.783,2
7.7.2014	2.648,7	906,5	4.485,6	4.153,8	1.724,6	1.011,8	2.239,9	2.361,1	4.909,5	1.795,7	9.420,6	5.058,8
8.7.2014	2.585,1	798,7	5.593,1	3.483,1	2.037,6	624,0	3.227,8	1.690,5	4.830,2	1.465,0	9.206,6	4.819,2
9.7.2014	2.528,7	355,4	6.141,0	3.062,5	1.832,0	180,6	3.731,9	1.199,2	4.812,3	1.418,7	9.220,4	5.068,6
10.7.2014	2.246,4	554,8	4.469,3	3.556,9	1.740,4	169,7	3.048,5	1.693,7	4.732,9	1.443,1	8.742,7	5.527,7
11.7.2014	2.081,7	601,6	3.718,5	4.127,6	1.740,0	2,4	1.878,2	2.713,5	4.638,4	1.059,6	9.841,9	5.090,2
12.7.2014	1.952,4	713,2	4.161,3	3.824,3	1.233,6	398,1	2.384,3	2.410,2	4.662,9	714,3	10.744,7	5.055,5
13.7.2014	2.063,9	1.072,5	5.083,0	3.824,3	1.454,8	590,8	3.369,5	2.410,2	5.026,5	738,3	9.932,2	5.925,6
14.7.2014	1.751,7	1.192,1	4.204,7	4.438,3	1.303,0	497,1	3.059,9	2.555,6	4.549,8	902,4	9.057,9	5.567,2
15.7.2014	1.509,5	807,8	3.060,9	5.803,9	1.086,4	465,2	1.973,1	4.327,0	4.430,1	911,5	10.802,0	5.387,2
16.7.2014	1.525,7	1.010,9	3.453,5	5.543,9	1.222,6	469,2	2.479,4	3.535,1	5.147,4	1.139,6	11.387,3	4.531,7
17.7.2014	1.373,4	869,6	4.476,6	5.143,3	1.086,3	288,1	3.046,5	3.134,5	5.032,3	842,3	10.219,6	4.166,5
18.7.2014	1.158,9	809,0	4.949,4	4.883,5	837,2	234,1	3.058,1	2.874,7	4.743,6	972,9	8.352,4	4.787,0
19.7.2014	1.070,9	755,0	4.481,3	5.250,9	715,4	186,4	2.766,0	2.659,3	4.507,9	791,4	9.318,2	4.518,7
20.7.2014	2.110,1	551,1	4.347,7	5.250,9	782,0	1.048,1	2.945,6	3.692,0	4.352,2	1.232,6	9.083,7	4.518,7
21.7.2014	2.926,7	116,7	5.260,8	4.749,0	1.004,5	1.189,6	3.783,4	3.190,1	4.320,9	1.208,0	7.379,0	4.016,8

22.7.2014	2.699,2	846,0	6.187,8	4.341,0	1.749,9	882,5	4.634,5	2.782,2	4.227,5	1.536,7	5.667,0	3.608,9
23.7.2014	2.378,3	945,0	7.097,0	3.221,7	1.975,7	474,8	5.468,1	1.662,9	4.314,0	1.164,0	3.947,8	2.489,6
24.7.2014	2.117,4	1.121,0	7.833,8	3.026,6	1.714,8	650,8	5.662,5	1.901,1	4.432,6	1.326,5	2.081,9	2.294,4
25.7.2014	1.638,4	958,2	6.152,4	3.692,8	2.720,2	890,2	6.622,8	1.548,0	4.702,6	1.333,1	2.723,1	1.941,3
26.7.2014	1.803,2	1.165,0	6.328,7	3.625,3	2.748,9	1.293,5	6.515,8	3.016,1	4.966,5	1.712,3	4.892,4	1.873,8
27.7.2014	2.294,3	1.364,8	7.571,8	3.625,3	2.721,4	1.187,1	6.515,8	3.016,1	5.767,1	1.606,0	7.232,3	1.873,8
28.7.2014	2.807,9	1.665,7	8.809,0	3.625,3	2.721,4	1.187,1	6.515,8	3.016,1	5.767,1	1.606,0	7.232,3	1.873,8
29.7.2014	3.329,3	1.668,2	9.629,3	4.020,6	2.721,4	1.160,9	6.515,8	3.016,1	5.767,1	1.579,8	7.232,3	1.873,8
30.7.2014	3.329,3	1.614,7	9.629,3	4.020,6	2.721,4	1.107,5	6.515,8	3.016,1	5.767,1	1.620,4	7.232,3	2.001,8
31.7.2014	3.591,9	1.626,5	10.130,8	3.090,6	3.092,7	1.110,0	7.077,3	2.086,1	5.795,2	1.610,7	6.771,3	3.837,8
1.8.2014	3.649,1	1.759,2	10.490,9	2.893,6	3.257,0	1.233,8	7.497,0	1.889,1	5.430,7	1.441,8	6.954,8	4.607,6
2.8.2014	3.760,7	1.888,3	10.368,4	2.692,9	3.483,3	1.359,6	7.434,5	1.688,4	5.113,7	1.260,5	7.186,7	4.406,9
3.8.2014	4.046,4	2.064,5	10.899,2	2.673,0	3.347,9	1.234,8	8.025,0	1.668,5	4.978,3	1.294,2	7.017,8	4.387,0
4.8.2014	3.445,8	1.765,9	9.624,9	3.152,7	3.125,5	1.368,9	7.098,0	2.148,2	5.142,7	1.324,3	7.094,2	3.842,7
5.8.2014	3.261,9	1.386,2	10.379,5	2.058,9	2.794,5	989,3	7.359,9	1.054,4	5.150,6	1.116,1	7.121,5	3.001,0
6.8.2014	2.929,9	1.112,3	11.171,5	927,0	2.315,1	715,4	7.664,9	0,0	4.846,8	1.895,7	6.559,3	3.789,7
7.8.2014	2.784,2	982,7	12.020,7	356,3	2.025,7	585,8	8.023,4	0,0	4.675,0	1.766,0	5.782,6	4.932,0
8.8.2014	2.673,5	718,2	11.575,7	587,6	1.771,6	321,2	6.929,4	375,0	4.766,1	1.501,5	6.150,7	4.390,7
9.8.2014	2.046,9	428,2	10.071,5	996,8	1.630,9	327,4	7.988,3	0,0	4.139,5	1.211,5	6.339,2	3.783,1
10.8.2014	2.487,7	631,6	9.473,3	2.386,6	2.061,4	537,0	7.390,1	1.128,8	4.690,1	2.211,6	7.434,8	3.783,1
11.8.2014	2.133,9	734,9	8.075,1	3.034,2	1.697,6	646,8	5.991,9	1.511,4	3.832,3	2.016,3	7.092,3	4.064,6
12.8.2014	2.100,0	786,7	6.578,9	4.211,2	1.653,8	705,1	4.495,7	2.423,1	3.413,1	1.769,1	6.758,3	4.975,8
13.8.2014	1.487,9	814,1	4.903,4	5.253,0	1.041,6	450,6	2.820,1	3.204,3	3.662,8	1.982,5	6.482,4	5.435,4
14.8.2014	1.588,5	711,2	3.928,1	4.891,6	837,7	607,0	1.584,1	3.697,0	3.213,2	1.833,6	5.886,2	4.916,6
15.8.2014	1.369,6	1.013,2	4.020,5	4.609,9	710,7	763,7	1.977,0	3.415,3	3.360,1	1.612,7	5.943,1	4.634,9
16.8.2014	1.646,8	912,3	3.817,6	4.302,4	1.022,0	617,4	2.066,4	3.107,9	3.198,7	1.634,5	5.909,0	4.327,4
17.8.2014	2.359,8	858,5	4.093,6	4.302,4	1.719,7	563,6	2.635,7	3.107,9	3.472,2	1.938,3	6.868,5	4.327,4
18.8.2014	2.243,1	926,3	3.892,4	3.594,8	1.587,2	631,4	2.699,4	2.430,7	3.202,6	1.701,8	6.239,9	3.864,5
19.8.2014	2.135,2	695,0	2.423,1	4.216,2	1.536,7	680,1	1.832,9	3.171,6	2.674,7	1.646,4	6.040,5	4.396,3
20.8.2014	2.096,6	684,5	2.499,7	3.843,9	1.512,5	666,3	1.764,8	2.799,3	2.366,6	1.701,4	5.819,8	4.024,1
21.8.2014	1.742,3	691,7	2.676,1	3.532,8	1.172,8	663,1	1.795,5	2.488,2	2.083,6	1.854,1	6.582,2	3.713,0
22.8.2014	1.549,3	787,4	3.122,6	2.941,0	994,5	462,7	2.095,6	1.896,4	2.126,8	1.653,7	6.374,1	3.121,2
23.8.2014	1.533,2	644,3	3.908,5	2.646,2	993,1	319,7	2.458,8	1.858,2	2.306,3	1.608,9	6.707,9	3.849,5
24.8.2014	2.076,7	590,5	3.316,5	3.309,4	1.620,1	265,8	2.081,4	2.867,2	2.186,6	1.607,4	7.539,3	3.849,5
25.8.2014	1.684,6	857,9	3.461,9	2.849,1	1.394,5	322,4	2.244,0	2.406,9	1.933,5	1.553,8	7.433,8	3.389,2
26.8.2014	1.308,1	1.108,7	3.779,1	2.306,2	1.184,3	362,7	2.578,3	1.864,0	1.573,6	1.689,4	7.515,5	3.996,5
27.8.2014	956,7	832,4	3.897,9	1.893,1	999,4	86,5	2.714,5	1.450,9	1.786,8	1.483,4	7.044,2	3.583,3
28.8.2014	818,3	631,2	4.152,4	1.330,5	487,3	386,4	2.984,5	890,0	1.777,4	1.699,0	6.737,1	4.054,6
29.8.2014	805,0	471,3	2.532,8	1.836,5	319,6	696,6	1.963,3	1.549,1	1.755,7	1.503,9	6.578,6	3.543,1
30.8.2014	673,8	1.284,4	2.876,9	1.608,4	172,8	1.007,4	2.275,4	1.035,1	2.091,0	1.454,7	6.677,5	4.007,8
31.8.2014	1.321,8	1.274,0	4.172,9	1.608,4	754,6	997,0	3.233,7	1.035,1	2.392,2	1.762,2	7.604,4	4.007,8

1.9.2014	1.246,6	1.001,6	4.738,8	296,7	664,1	724,5	3.462,0	0,0	2.120,9	1.630,8	7.463,7	2.696,1
2.9.2014	1.409,3	777,2	4.125,2	372,0	811,5	500,2	2.511,3	75,4	2.176,7	1.782,1	6.877,4	3.126,2
3.9.2014	1.631,2	552,1	3.220,9	666,8	1.456,5	275,1	1.919,9	370,1	2.398,3	1.719,3	6.114,8	3.678,2
4.9.2014	2.351,6	413,2	1.726,0	2.203,1	1.506,5	642,6	857,9	1.302,9	2.018,6	1.929,1	7.246,7	3.472,2
5.9.2014	1.942,2	1.212,6	2.556,5	1.531,5	1.585,5	503,4	1.471,7	631,4	1.899,1	1.743,1	7.138,2	2.800,7
6.9.2014	1.927,8	1.017,8	2.968,7	1.451,6	1.620,1	263,3	2.097,5	146,6	1.475,8	1.502,9	7.919,3	3.398,4
7.9.2014	2.523,4	965,2	2.187,5	3.793,1	1.688,2	697,8	1.316,3	2.289,5	2.695,0	1.486,2	8.927,8	3.346,9
8.9.2014	2.226,0	758,2	670,3	4.594,4	1.809,4	490,7	18,4	3.731,3	1.966,4	1.726,1	8.249,8	3.710,1
9.9.2014	2.045,6	778,8	1.263,5	4.445,3	2.040,0	213,3	604,4	3.238,1	1.632,0	1.448,6	7.915,9	4.195,8
10.9.2014	1.887,8	805,0	2.125,2	3.818,6	1.718,8	423,6	1.082,6	2.611,3	1.331,1	1.318,1	7.858,1	3.569,1
11.9.2014	1.935,4	409,7	3.134,6	3.374,9	1.226,8	509,4	1.714,1	2.167,6	1.522,2	1.074,7	7.419,8	4.533,8
12.9.2014	1.626,1	533,5	2.594,5	3.807,8	917,5	149,6	796,4	2.600,6	1.462,2	1.044,2	7.613,9	3.950,9
13.9.2014	1.896,3	247,6	428,1	4.356,8	702,0	979,3	0,0	3.149,5	1.570,8	864,7	6.702,5	3.486,4
14.9.2014	2.112,7	1.219,2	1.434,5	4.469,2	1.460,4	894,8	791,8	3.149,5	1.959,1	1.066,7	6.954,9	3.486,4
15.9.2014	2.396,7	960,3	1.135,1	3.797,3	1.747,2	589,3	157,2	2.477,7	1.840,5	770,4	5.879,9	3.834,3
16.9.2014	2.804,2	632,0	1.319,7	3.346,4	2.157,6	261,0	9,3	2.026,7	1.929,4	985,6	6.561,9	3.383,3
17.9.2014	3.033,7	671,7	0,0	3.852,0	2.387,1	300,7	0,0	1.668,8	2.431,7	858,5	5.507,3	3.910,5
18.9.2014	2.754,3	276,3	1.206,3	3.004,7	2.544,1	0,0	1.206,3	821,5	2.154,9	953,8	6.806,8	3.063,2
19.9.2014	2.591,3	341,3	2.277,9	2.192,3	2.021,2	361,3	1.182,8	1.024,1	2.127,9	1.058,0	6.420,5	3.547,7
20.9.2014	2.250,6	890,2	3.540,5	1.634,7	1.680,5	628,3	692,0	2.093,0	2.298,3	1.201,3	6.875,8	2.990,1
21.9.2014	2.484,0	819,1	5.265,7	1.608,3	1.914,7	557,1	2.417,2	2.066,7	2.878,2	1.242,1	7.995,0	2.963,8
22.9.2014	2.339,7	376,5	6.513,5	563,7	1.827,2	114,6	3.665,0	1.022,0	2.705,6	1.242,8	7.936,9	3.211,2
23.9.2014	2.597,2	84,1	6.372,5	710,1	1.538,1	322,8	3.524,0	1.168,4	2.430,9	1.570,2	6.729,9	3.490,7
24.9.2014	2.284,6	551,9	3.883,6	3.065,7	1.204,4	489,0	1.035,1	3.524,1	2.265,2	1.549,0	6.324,0	3.805,0
25.9.2014	2.218,8	695,9	4.584,1	2.456,2	1.604,1	190,2	1.735,5	2.914,5	2.684,4	1.352,2	5.884,7	4.241,9
26.9.2014	1.916,1	948,9	4.963,6	2.445,4	1.280,8	450,6	1.366,0	3.598,5	2.424,5	1.314,6	5.200,7	4.857,8
27.9.2014	1.600,2	1.275,3	2.907,2	4.981,0	1.070,1	615,2	1.271,8	4.314,6	2.404,2	1.306,0	5.709,6	4.333,1
28.9.2014	1.634,2	1.690,7	3.626,2	5.798,8	1.104,1	1.641,0	2.023,4	5.102,2	2.627,2	1.446,6	6.319,7	4.333,1
29.9.2014	1.879,7	2.074,4	4.297,2	4.919,4	1.298,2	2.046,1	2.694,3	4.222,8	2.477,6	1.362,4	6.537,5	3.453,7
30.9.2014	2.830,8	1.795,6	5.242,9	4.061,9	2.063,1	1.767,3	3.640,0	3.365,2	2.474,1	1.311,8	6.864,0	3.625,4
1.10.2014	3.287,8	1.669,2	6.359,0	3.600,9	2.520,1	1.640,8	4.756,2	2.904,2	2.703,8	1.539,5	6.485,1	4.174,7
2.10.2014	3.288,4	1.869,3	7.362,0	3.312,3	2.903,3	1.538,4	5.759,2	2.615,7	2.778,1	1.437,0	5.196,6	4.137,1
3.10.2014	4.107,1	1.606,9	9.686,1	3.282,6	4.886,7	1.781,8	8.762,1	2.585,9	3.008,7	1.169,8	5.998,1	4.107,4
4.10.2014	4.478,8	2.457,9	11.493,9	4.306,9	4.886,7	1.781,8	8.762,1	2.585,9	3.008,7	1.169,8	5.998,1	4.107,4
5.10.2014	5.340,4	2.505,0	11.493,9	7.003,4	4.886,7	1.781,8	8.762,1	2.585,9	3.008,7	1.169,8	5.998,1	4.107,4
6.10.2014	6.232,7	2.505,0	13.363,9	7.939,8	4.886,7	1.781,8	8.762,1	2.585,9	3.008,7	1.169,8	5.998,1	4.107,4
7.10.2014	6.602,6	3.007,5	15.168,6	8.962,3	4.886,7	1.781,8	8.762,1	2.585,9	3.008,7	1.169,8	5.998,1	4.107,4
8.10.2014	6.194,7	2.888,0	13.631,6	8.273,1	5.047,8	1.662,3	7.404,3	3.040,1	2.639,2	1.050,3	7.112,7	3.418,2
9.10.2014	5.647,5	2.468,0	12.279,9	7.666,4	4.500,7	1.242,3	6.829,8	2.496,9	2.710,1	682,5	7.046,9	2.811,5
10.10.2014	5.073,2	2.335,9	11.446,1	7.087,7	3.926,3	1.110,3	6.847,0	1.918,2	2.674,1	1.129,4	5.915,1	3.246,0
11.10.2014	4.485,6	2.141,2	10.037,5	6.512,9	3.338,7	915,5	6.284,0	1.343,4	2.656,3	982,6	6.520,5	2.671,2

12.10.2014	4.245,3	2.031,1	9.238,6	6.487,1	3.098,5	805,4	5.233,0	2.337,8	2.854,8	1.233,9	5.194,1	2.645,4
13.10.2014	4.165,8	2.086,3	7.297,8	5.609,7	2.904,1	1.074,4	3.372,9	2.489,7	2.680,2	1.119,5	3.253,3	1.768,0
14.10.2014	3.488,4	2.183,6	4.963,3	4.809,7	2.588,3	1.171,8	1.499,8	1.995,8	2.639,1	1.106,2	1.039,7	1.570,5
15.10.2014	2.650,4	1.868,7	3.036,8	4.182,3	2.203,1	1.195,1	371,4	1.368,5	2.440,6	928,9	1.496,4	1.344,8
16.10.2014	1.726,7	1.553,8	1.324,5	3.656,4	1.279,5	880,3	0,0	842,5	1.858,6	1.080,3	1.584,9	1.890,5
17.10.2014	1.007,3	1.139,8	0,0	2.879,9	560,1	466,3	0,0	327,1	1.735,4	794,4	2.780,9	1.819,6
18.10.2014	637,7	1.426,9	0,0	3.206,8	1.451,6	271,0	0,0	1.022,2	1.566,3	1.162,5	3.067,1	1.655,1
19.10.2014	1.087,2	1.795,0	2.172,8	3.136,8	1.541,1	637,1	407,5	2.315,8	2.460,5	1.026,5	5.266,2	1.585,1
20.10.2014	1.091,7	1.386,8	3.467,9	2.369,5	1.052,3	683,8	1.407,4	1.548,5	1.665,1	665,7	5.065,9	1.803,7
21.10.2014	1.198,8	1.066,5	4.681,8	1.815,3	1.107,0	409,9	2.328,5	994,3	1.627,2	980,6	5.342,8	1.249,6
22.10.2014	1.443,2	734,7	4.618,5	1.879,6	975,4	358,2	1.697,5	1.313,7	1.890,2	792,0	5.017,1	1.585,0
23.10.2014	1.629,9	509,1	4.178,9	2.386,3	2.059,4	42,3	33,7	2.748,0	1.823,1	1.039,9	5.814,8	1.079,9
24.10.2014	1.235,2	1.402,4	2.451,0	3.796,3	1.664,7	372,7	445,4	1.958,9	1.798,8	940,1	4.953,5	2.113,3
25.10.2014	1.900,8	1.226,8	3.302,7	3.272,2	1.360,2	667,5	1.061,5	1.434,9	1.649,2	1.233,8	3.168,4	2.647,3
26.10.2014	2.480,6	1.172,8	5.219,4	3.272,2	1.395,0	1.126,5	2.743,8	1.434,9	2.210,3	1.179,8	2.461,0	2.647,3
27.10.2014	2.215,4	1.463,7	4.638,4	3.318,2	1.619,9	963,5	1.705,7	1.688,3	2.282,8	1.093,8	804,5	1.880,0
28.10.2014	1.435,2	1.428,7	2.831,7	4.648,4	1.281,6	940,6	355,3	2.679,7	2.116,6	1.141,4	904,3	2.214,7
29.10.2014	1.496,0	1.573,5	3.550,5	4.136,9	1.295,4	1.096,2	927,3	2.168,2	2.428,2	1.122,9	1.343,9	2.829,6
30.10.2014	1.299,9	1.613,4	3.935,8	3.475,6	1.052,0	1.147,0	1.165,5	1.506,8	2.338,1	1.261,1	2.618,8	3.188,5
31.10.2014	791,9	1.214,7	4.106,9	2.616,7	498,5	748,3	1.193,2	647,9	2.127,6	979,3	1.649,9	3.358,4
1.11.2014	494,5	1.095,9	3.089,7	3.112,5	154,0	629,4	28,6	1.143,7	1.950,8	1.388,4	2.187,1	2.823,6
2.11.2014	633,7	1.130,2	1.768,2	5.219,3	850,1	662,2	444,4	2.169,7	2.126,4	1.307,7	3.815,5	2.823,6
3.11.2014	594,1	1.311,6	2.479,6	4.640,9	275,2	1.313,4	0,0	2.924,0	1.951,6	1.590,8	2.676,9	3.223,7
4.11.2014	1.298,4	1.120,1	3.311,5	3.909,5	509,1	1.168,6	729,2	2.192,5	2.033,0	2.237,2	3.118,2	2.691,1
5.11.2014	1.709,7	887,4	3.845,7	3.241,9	499,5	935,9	1.160,6	1.524,9	1.470,4	2.688,5	2.664,5	2.931,3
6.11.2014	1.364,1	1.177,4	4.427,5	2.716,2	696,0	723,9	1.313,6	1.295,6	1.829,4	3.420,0	2.088,0	3.332,5
7.11.2014	1.609,2	1.027,0	4.664,3	2.257,1	947,5	940,4	1.726,6	836,6	1.565,7	4.523,6	2.808,4	2.873,4
8.11.2014	1.848,2	1.127,0	4.837,9	1.586,5	623,9	1.246,7	1.472,1	166,0	1.920,7	5.493,2	1.531,8	3.508,2
9.11.2014	2.004,3	1.541,6	3.840,6	4.607,0	1.256,4	1.212,1	1.294,4	2.035,9	2.092,8	6.545,4	3.766,5	3.508,2
10.11.2014	2.241,8	1.253,0	4.466,3	4.015,3	1.534,7	877,5	1.490,3	1.444,1	1.775,2	7.877,7	4.377,1	2.916,4
11.11.2014	2.413,5	809,5	4.372,7	4.139,5	1.697,4	434,0	967,5	1.568,3	1.905,5	8.391,9	4.170,0	3.366,0
12.11.2014	1.910,5	608,9	4.759,7	3.457,0	1.690,4	209,5	238,5	1.922,3	1.509,7	9.718,6	3.448,7	3.711,6
13.11.2014	1.993,5	450,4	5.872,3	2.775,2	1.833,8	27,1	1.161,7	1.416,1	1.790,8	10.468,1	2.896,1	3.843,5
14.11.2014	1.144,3	950,4	6.743,2	3.049,5	984,6	467,2	2.841,2	940,5	1.552,1	3.175,8	4.348,1	3.367,9
15.11.2014	621,2	1.178,5	7.401,8	3.072,9	461,6	635,0	3.004,5	1.426,1	1.856,7	4.046,7	5.167,0	3.641,9
16.11.2014	877,5	1.202,5	9.178,3	3.072,9	315,0	635,4	4.781,1	1.426,1	2.272,0	4.562,3	6.931,8	3.641,9
17.11.2014	733,6	857,5	6.631,5	3.515,9	171,2	324,5	2.287,3	2.694,6	2.557,1	4.628,0	5.408,6	4.136,2
18.11.2014	282,9	553,6	4.896,1	4.004,0	0,0	0,0	2.069,4	1.929,3	2.122,3	5.332,7	6.018,2	3.623,3
19.11.2014	1.004,4	381,2	4.554,7	3.482,6	610,5	0,0	1.894,0	1.407,9	1.728,5	6.303,3	5.773,9	4.255,1
20.11.2014	1.976,2	59,2	4.502,8	2.994,2	1.006,5	378,8	2.009,5	919,5	2.060,4	6.739,2	6.782,0	3.766,7
21.11.2014	2.147,3	279,6	2.963,7	3.170,8	1.642,3	98,6	918,5	836,5	1.954,4	6.879,6	6.622,7	3.687,9

22.11.2014	1.675,8	629,4	3.256,1	2.798,2	1.161,7	448,4	1.562,8	463,9	1.986,5	6.803,3	7.805,5	3.449,4
23.11.2014	1.544,4	1.155,3	4.162,5	3.566,9	1.020,8	910,3	2.417,2	1.249,5	1.992,6	7.277,7	8.310,3	4.351,0
24.11.2014	1.740,8	895,2	1.743,1	5.423,5	1.114,0	650,1	0,0	3.106,1	2.034,1	7.067,4	6.250,4	4.443,7
25.11.2014	2.088,6	586,1	1.888,1	5.475,4	1.029,5	641,4	444,9	2.879,8	1.927,2	7.168,8	4.183,1	4.107,0
26.11.2014	1.039,1	1.103,9	2.194,5	5.170,0	482,4	660,4	751,3	2.574,4	1.490,9	6.905,5	2.950,2	4.171,0
27.11.2014	408,8	1.438,7	1.685,2	4.827,6	801,9	499,8	368,1	2.232,0	1.623,3	6.872,2	3.131,8	3.828,6
28.11.2014	1.019,6	1.221,4	2.150,5	4.238,6	865,6	737,0	827,7	1.643,0	1.640,1	7.096,1	5.054,2	3.239,6
29.11.2014	1.606,2	926,4	653,1	4.697,9	462,5	942,0	0,0	2.103,1	2.337,8	6.929,8	5.115,8	2.679,3
30.11.2014	2.299,9	807,1	1.515,6	4.697,9	1.100,5	869,3	856,7	2.103,1	2.500,5	7.222,8	6.745,6	4.142,1
1.12.2014	1.861,2	1.140,6	1.706,2	4.243,9	1.195,8	703,1	318,0	2.320,0	2.149,3	7.056,6	4.951,1	5.320,0
2.12.2014	1.957,2	975,6	1.180,2	4.777,4	1.347,6	991,2	0,0	2.979,5	1.703,4	6.802,7	3.057,8	4.964,7
3.12.2014	2.577,4	1.359,0	2.215,6	3.987,7	2.096,4	711,7	642,2	2.189,8	1.794,9	6.667,7	4.022,5	4.175,0
4.12.2014	2.869,7	1.245,2	4.470,2	3.817,5	2.388,6	598,0	2.502,3	2.019,6	2.114,4	6.675,4	6.945,9	4.004,8
5.12.2014	3.221,3	1.093,2	5.428,4	3.498,2	2.740,3	446,0	3.063,9	1.700,3	2.159,9	6.860,6	8.489,7	3.685,5
6.12.2014	3.387,8	971,8	6.692,3	3.212,0	2.530,0	621,4	3.770,3	1.567,0	2.176,0	6.855,1	8.600,2	3.399,3
7.12.2014	2.890,3	825,9	5.422,6	4.232,2	2.521,6	775,7	3.349,4	2.587,3	2.305,0	6.886,4	9.573,9	3.399,3
8.12.2014	2.817,2	954,6	5.883,4	4.247,9	2.459,1	902,5	4.096,2	2.309,3	2.275,1	6.705,2	9.344,3	4.461,2
9.12.2014	2.501,7	935,9	6.751,3	3.787,4	2.154,0	881,9	4.933,9	1.848,7	1.482,7	6.512,1	9.442,0	4.000,7
10.12.2014	2.269,1	909,2	7.199,1	3.439,8	1.932,0	571,9	5.351,3	1.501,2	1.387,7	6.505,3	9.544,5	3.653,1
11.12.2014	1.554,9	626,3	6.949,2	4.212,8	1.217,8	260,3	5.171,6	2.180,8	1.336,6	6.320,8	8.723,4	3.398,5
12.12.2014	797,8	1.210,4	5.924,3	4.558,3	1.426,1	24,1	4.610,2	2.664,8	1.405,6	6.415,4	8.976,0	3.135,6
13.12.2014	830,5	1.169,1	6.313,8	4.172,8	972,3	407,3	4.559,8	2.279,2	1.520,8	6.427,2	7.732,4	3.810,9
14.12.2014	1.472,5	1.116,7	7.094,3	4.172,8	1.074,4	856,9	4.899,3	2.279,2	2.030,9	6.377,3	8.452,9	3.810,9
15.12.2014	1.763,0	981,9	6.775,8	3.560,0	1.314,3	769,7	4.137,0	1.666,4	2.537,2	6.325,7	7.467,0	3.198,0
16.12.2014	1.486,6	1.304,9	6.296,6	2.966,4	1.198,5	892,7	3.216,4	1.072,9	2.901,9	6.551,2	7.950,9	2.604,5
17.12.2014	1.329,7	1.278,4	4.646,6	3.539,6	1.051,2	1.078,7	2.546,3	1.842,0	2.825,9	6.376,4	7.966,2	3.404,5
18.12.2014	1.177,7	1.739,6	4.790,5	3.201,2	1.197,0	1.035,3	2.900,0	1.503,7	2.496,8	6.340,0	8.150,6	3.066,2
19.12.2014	1.514,2	1.613,3	4.869,1	2.524,0	1.502,7	881,1	3.188,1	826,4	2.106,7	6.584,5	7.928,4	3.319,4
20.12.2014	1.707,6	1.507,0	4.993,9	1.908,7	1.665,0	774,8	3.523,1	211,2	2.208,0	6.478,1	8.414,0	2.704,2
21.12.2014	2.275,0	1.454,0	6.110,9	1.908,7	1.818,8	1.024,2	3.748,1	1.233,6	2.359,0	6.548,9	10.400,4	2.704,2
22.12.2014	1.732,2	1.235,5	4.008,5	2.083,9	1.684,7	805,8	2.127,4	1.566,8	2.059,0	6.505,4	8.298,0	2.856,4
23.12.2014	1.362,7	1.406,1	3.308,1	1.770,6	1.443,8	798,4	1.752,1	1.064,6	2.153,1	6.304,4	6.165,7	3.954,1
24.12.2014	1.538,8	1.203,3	2.241,3	1.078,5	1.245,1	883,2	805,0	372,4	2.090,8	6.311,4	5.106,8	3.720,2
25.12.2014	1.187,9	1.234,6	1.891,1	228,3	878,7	663,9	577,2	0,0	2.204,5	6.183,6	5.544,0	4.053,2
26.12.2014	1.008,0	1.138,7	349,2	794,9	633,1	614,9	0,0	566,6	2.132,6	6.394,3	6.982,7	3.599,4
27.12.2014	1.215,3	973,3	2.673,1	286,6	675,3	941,2	1.901,6	58,2	2.356,3	6.228,9	9.975,3	3.091,0
28.12.2014	1.648,2	919,7	4.669,2	286,6	1.050,6	933,8	3.167,3	341,8	2.019,8	6.175,4	9.639,1	4.674,9
29.12.2014	1.468,0	1.229,0	3.876,0	2.576,7	1.419,7	726,4	1.970,3	2.616,1	2.572,8	5.968,0	8.901,9	4.785,5
30.12.2014	2.058,2	1.134,9	6.636,9	2.374,2	2.059,2	585,4	4.313,7	2.413,6	2.773,6	5.827,0	8.859,1	5.083,0
31.12.2014	2.655,7	1.006,1	8.693,3	3.253,0	2.282,1	742,1	6.484,1	2.800,8	2.458,3	5.698,1	8.718,7	4.943,5

ÖZGEÇMİŞ

İsim - Soyisim: Fatma DEMİRCAN KESKİN

Doğum Tarihi: 18 Temmuz 1986

Tel: 0232 311 2268

Email: demircan_fatma@yahoo.com

Akademik Geçmiş:

Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2004-2008.

Yüksek Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı Tezli Yüksek Lisans – İngilizce Finansman Programı, 2008-2011.

Yüksek Lisans Tez Başlığı ve Tez Danışmanı: “Fama French Faktörlerinin ve Piyasa Faktörünün İMKB’deki Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2011. Danışman: Prof. Dr. Tülay YÜCEL.

Akademik Unvan: Araştırma Görevlisi, Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, 2010 -

Burslar ve Destekler

- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı SAN-TEZ (Sanayi Tezleri Programı) Desteği, 2014-2015
- TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) Yurtiçi Doktora Bursiyerliği, 2011-2017.
- TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) Yurtiçi Yüksek Lisans Bursiyerliği, 2008-2011.

SSCI Dışındaki Uluslararası İndekslerce Taranan Dergilerde Yayımlanan Makaleler

- Demircan Keskin, F. (2015). “Tek Boyutlu Kesme Problemi: Bir İşletme Uygulaması”, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 17(1): 180-196.

- Demircan Keskin, F. ve Baybars, M. (2015). "Kar Maksimizasyonu Temelli Üretim – Tutundurma Faaliyetleri Entegrasyonu", EUL Journal of Social Sciences (VI-I) LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 6(1): 15-36.
- Aracıoğlu, B., Demircan, F., Soyuer, H. (2011). "Mean – Variance – Skewness – Kurtosis Approach To Portfolio Optimization: An Application In Istanbul Stock Exchange", Ege Akademik Bakış. 11: 9-17.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

- Demircan Keskin, F., Çiçekli, U. G., Kocamaz, M. (2016). "Comparison of CDS, Genetic Algorithm and GRASP for Permutation Flow Shop Scheduling Problem", 28th European Conference on Operational Research – EURO 2016, 3-6 July 2016, Poznan.
- Aracıoğlu, B., Demircan, F., Soyuer, H. (2011) "Mean – Variance – Skewness – Kurtosis Approach To Portfolio Optimization: An Application In Istanbul Stock Exchange", 2. Uluslararası Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu - (EYİ), 26-29 Mayıs 2011, Pamukkale Üniversitesi, Denizli/Türkiye.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

- Çiçekli, U. G., Demircan Keskin, F., Kocamaz, M. (2016). "Bir İmalat Hücresindeki Çizelgeleme Problemi İçin Meta Sezgisel Yöntemlerin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", Uluslararası Katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, s: 336- 341, 12-14 Ekim 2016, İstanbul.
- Kocamaz, M., Demircan Keskin, F. (2014). " Tek Kanal Akış Tipi Üretim Planlama Modellerinde Kutulama Modeli ile Optimizasyon", XXIV. Üretim Araştırmaları Sempozyum Bildiriler Kitabı, s:491-498, 3-5 Eylül 2014, İstanbul.
- Koçak, A., Demircan Keskin, F., Esmeray, M., Doğru, Ö. (2014). "Toplam Ekipman Etkinliğinden Toplam Tesis Etkinliğine Geçiş: Bir Uygulama Örneği", XXIV. Üretim Araştırmaları Sempozyum Bildiriler Kitabı, s:143-152, 3-5 Eylül 2014, İstanbul.

- Demircan, F., Soyuer, H. (2011). "Tek Boyutlu Kesme Problemi: Bir İşletme Uygulaması", XXI. Üretim Araştırmaları Sempozyum Bildiriler Kitabı, s:835-842, 23-24 Haziran 2011, İstanbul.
- Demircan, F., Aracıoğlu, B., Soyuer, H. "Tedarikçi Seçiminde Bulanık Topsis Yöntemi: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama", XX. Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler, s: 463-473, 16-18 Eylül 2010, KKTC.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

- Çiçekli, G., Demircan, F., Aracıoğlu, B., Soyuer, H., "Dağıtım Rotalarının Belirlenmesinde Bir Model Önerisi", YA/EM' 2010 Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği XXX. Ulusal Kongresi, 30 Haziran-2 Temmuz 2010, İstanbul.

Kitap Bölümü

- Soyuer, H. ve Demircan Keskin, F. (2013). Üniversite Sanayi İşbirliğinde Üniversiteler. R. Akpınar ve C. Arıkbay (Ed.). Bilim, Sanayi ve Teknoloji Politikalarının Yerele Yansıması: İzmir Örneği (s:1-17). İzmir: Dora Basım.
- Soyuer, H., Koçak, A., Kocamaz, M., Çapraz, B., Çiçekli, U. G., Demircan Keskin, F., Marmaris Yarımadası Stratejik Planı, Marmaris Ticaret Odası 7. Kültür Yayını, 2012.

ÖZET

Üretim faaliyetlerinin etkinliği üzerinde üretim çizelgeleme süreci oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Çizelgelemenin gerçekleştirileceği üretim sürecinin özellikleri, çizelgeleme sürecini doğrudan etkilemektedir. Bu tez çalışmasında, süreç endüstrilerinin altında yer alan çimento üretim sürecinin çimento öğütme alt sürecinde parti büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Bugüne kadar çizelgeleme ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış ve bu alanda çok sayıda başarılı model geliştirilmiş olmasına karşın literatürde bu modellerin uygulanabilirlikleri ile ilgili eleştiriler bulunmaktadır. Bu tezin amacı, üretim, üründen ürüne geçiş, stok elde bulundurma, hammadde ve elektrik enerjisi maliyetinin toplamını en küçükleyen, uygulanabilirliği test edilmiş bir parti büyüklüğü ve çizelgeleme modeli ortaya koyarak bu alandaki literatüre bir katkıda bulunmak olarak belirlenmiştir. Bu noktadan hareketle çalışmada endüstrinin çizelgeleme sürecini etkileyen kendine özgü özelliklerini göz önünde bulunduran GLSP tabanlı bir model geliştirilmiştir. Elde edilecek olan çizelgelerin uygulanabilirliklerini artırmak amacıyla, çizelgeleme sürecine sektörün özelliklerinin yanı sıra, talep tahminleme ve değişen talep koşullarına bağlı olarak döngüsel olarak hesaplanan emniyet stokları da dahil edilmiştir. Çalışmada geliştirilen ana modelin yanında, talebi karşılayamama durumunu en aza indirmek için kapasite kontrolünün gerçekleştirildiği bir kontrol modeli de kullanılmıştır. Geliştirilen GLSP tabanlı model ana model, ele alınan tüm unsurlar ile birlikte 2014 yılı gerçek verileri ile döngüsel olarak çalıştırılmış ve modelin performansı gerçek üretim performansı ile karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

Production scheduling has an important effect on the effectiveness of production activities. In production scheduling, characteristics of the production process to be scheduled must be concerned. In this study lot sizing and scheduling problem in the cement milling process, a sub-process of cement manufacturing that are taken place under the process industries was analyzed. Eventhough there has been many studies and successful models developed in the scheduling field so far, in the literature they have received some criticism for their practical applications. The aim of this thesis is to contribute to the existing literature by developing a practically tested lot sizing and scheduling model that minimizes total of production, set-up, inventory holding, raw material and electricity costs. In line with this purpose in this study a GLSP based mathematical model considering the industry specific characteristics was developed. To improve the practical applicability of this main model, besides industry specific characteristics, demand forecasting and safety stocks that are cyclically calculated depending on the changing demand conditions were considered in the scheduling process. In addition to this main model, a capacity control model aiming to minimize lost sales was used. The main GLSP based model was run cyclically during 2014 with real data and performance of this model was compared with the firm's real production performance for this year.