

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

EKONOMETRİ PROGRAMI

**DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YARDIMIYLA ÜRETİM PLANLAMASININ
SANAL BİR PETROL RAFİNERİ ŞİRKETİNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlgin MALTEPE

OCAK – 2012

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

EKONOMETRİ PROGRAMI

**DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YARDIMIYLA ÜRETİM PLANLAMASININ
SANAL BİR PETROL RAFİNERİ ŞİRKETİNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlgin MALTEPE

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hilmi ZENGİN

OCAK – 2012

TRABZON

ONAY

İlgın Maltepe tarafından hazırlanan Doğrusal Programlama Yardımıyla Üretim Planlanmasının Sanal Bir Petrol Rafineri Şirketine Uygulanması adlı bu çalışma 02.02.2012 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Ekonometri Anabilim dalında **yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hilmi ZENGİN (Başkan-Danışman)

Prof. Dr. Birdoğan BAKİ

Üye

Y. Doç. Dr. Tuba YAKICI AYAN

Üye

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım .. /.../2012

Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

İlgin MALTEPE

02/02/2012

ÖNSÖZ

Üretim planlama problemi, gelecekteki üretim faaliyetlerinin ve miktarlarının sınırlarını ve düzeylerini belirleyen bir karar problemidir. Bu problemin ulaşılmak istenen amaçları sağlayacak şekilde çözümünde yararlanılan en güçlü tekniklerin başında doğrusal programlama teknikleri gelmektedir.

Bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; üretim sistemleri, üretim planlamasının tanımı, ikinci bölümde yöneylem araştırmasının doğuşundan başlanarak, doğrusal programlamanın tanımı, uygulama alanları, genel bir doğrusal programlama modelinin matematiksel ifadesi ile çözüm tekniklerinden, simpleks yöntemi konularına değinilecektir. Üçüncü bölüm ise uygulama aşamasıdır. Uygulamanın yapıldığı ve işletmenin var olduğu kabul edilen bölge İzmir'in Aliğa ilçesidir. Tezin uygulama aşamasında ise dinamik yapıya sahip olduğu varsayılan petrol ürünleri üretimi yapan sanal bir işletmenin, üretim planlama probleminin doğrusal programlama yaklaşımı ile çözümlenmesi amaçlanmıştır.

Tez konumun seçiminde yardımlarını ve araştırmam boyunca gösterdiği yakın ilgi, teşvik ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım K.T.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğretim üyelerinden Profesör Dr. Hilmi Zengin' e sonsuz teşekkür ederim. Çalışmanın başlangıcından bu yana hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, öğrenim hayatım boyunca başarılı olmam için her türlü imkânı sağlayan çok sevdiğim annem, babam ve sevgili ablama da teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2012

İlgin MALTEPE

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
TABLolar LİSTESİ	X
ŞEKİLLER LİSTESİ	XII
GRAFİKLER LİSTESİ	XI
KISALTMALAR LİSTESİ	XIII
GİRİŞ.....	1-2

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÜRETİM KAVRAMI VE PLANLAMA	3-12
1.1. Üretim ve Üretim Yönteminin Tarihçesi	3
1.2. Üretim Sistemleri.....	5
1.2.1. Sürekli Üretim Tipi	7
1.2.2. Kesikli Üretim Tipi	7
1.2.3. Proje Tipi Üretim Tipi.....	7
1.3. Üretim Planlaması.....	8
1.3.1. Üretim Planlamasının Tanımı	8
1.3.2. Üretim Planlamasının Amacı	9
1.3.3. Üretim Planlamasının Aşamaları	9
1.3.4. Üretim Planlama Çeşitleri	10
1.3.5. Üretim Planlamasında Kullanılan Modeller.....	11

İKİNCİ BÖLÜM

2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	13-37
2.1. Yöneylem Araştırmasının Tanımı, Gelişimi ve Uygulama Alanları	12
2.2. Doğrusal Programlama Problemi.....	16
2.3. Doğrusal Programlamanın Varsayımları	17
2.4. Doğrusal Programlama Modelinin Matematiksel Yapısı	19
2.5. Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler	20
2.5.1. Grafik Çözüm Yöntemi.....	21
2.5.2. Simpleks Çözüm Yöntemi	24
2.5.2.1. Simpleks Yönteminin Aşamaları	24
2.5.2.2. Simpleks Yönteminde Karşılaşılan Özel Durumlar.....	32
2.6. Doğrusal Programlama Dualite ve Duyarlılık Analizi	33
2.6.1. Dualitenin Ekonomik Yorumu	35
2.6.2. Duyarlılık Analizi.....	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN SANAL BİR PETROL RAFİNERİ ŞİRKETİNE UYGULANMASI	38-65
3.1. Giriş	38
3.2. Literatür Taraması.....	41
3.3. Sektör Hakkında Genel Bilgi	46
3.3.1. Ham Petrol ve Sektörün Durumu	46
3.3.2. Dünyadaki Ham Petrol Üretimi ve Tüketimi	48
3.4. İşletme İle İlgili Genel Bilgiler ve Üretim Sürecinin Tanıtılması	50
3.4.1. İşletme ile İlgili Bilgiler	50
3.4.2. İşletmede Üretilen Ürünlerin Tanıtılması	52
3.4.3. Asfalt Üretiminde Kullanılan Ünitenin Tanıtılması.....	54
3.4.4. Asfalt Üretim Sürecinin Tanıtılması	56
3.5. Alternatif Modelin Planlanması.....	61
3.6. Alternatif Modele İlişkin Yapılan Varsayımlar	61
3.7. Modelin Oluşturulması	62

SONUÇ VE ÖNERİLER	66
YARARLANILAN KAYNAKLAR	70
EKLER	76
ÖZGEÇMİŞ	81

ÖZET

Doğrusal programlama; işletmelerin üretim, işgücü kullanımı ve depolama planlama problemleri çözümleri başta olmak üzere geniş uygulama alanı bulan matematiksel bir yöntemdir. Devamlı ürün işleme sürecine sahip olan petrol rafineleri ise dünya ekonomisinde büyük bir paya sahiptir. Kullanım alanının yaygın olması bu ürüne bağımlılığı arttırmış ve 20.ci yüzyılın başından itibaren sürekli gelişen petrol rafinaj teknolojisi bugün en üst düzeyine yaklaşmıştır. Bu stratejik önemi anlayan işletmeler ise doğrusal programlamadan yararlanarak işletme için en karlı optimizasyonu ulaşmayı amaçlamışlardır.

Bu çalışma, bir petrol ürünleri üretici firmanın üretim planı, doğrusal programlama tekniği yardımıyla hazırlanmıştır. Bu çalışmada üç ana bölüm halinde düzenlenmiştir. Birinci bölümde, üretim planlaması ve üretim sisteminin türüne göre sınıflandırılarak teorik düzeyde incelenmeye çalışılmıştır. İkinci bölümde ise, doğrusal programlama tekniği yardımıyla modelleme süreci incelenmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise, bir petrol ürünleri üretici firmanın üretim planı, doğrusal programlama yöntemi WINQSB 2,0 paket programı yardımıyla hazırlanmıştır. İlerde kullanılabilen çalışmalara kısa bir yol gösterici olacak şekilde dikkatle çözümlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Planlaması, Doğrusal Programlama, WINQSB 2,0

ABSTRACT

Linear programming is a mathematical method that finds a wide application area in business of production, labor use and storages planning solutions. Continuous product refinement process has a large share of oil refineries in the World economy. Because it has a wide usage area of this product has increased the dependency and the petroleum refining technology constantly improving since the beginning of 20 the century and today has reached the top level. The business who realized the strategic importance of this product they have aimed to rich the most profitable optimization by taking a advantage of linear programming.

In this study, the production plan of a petroleum product manufacturing company has been prepared linear programming technique. This study is organized into three main sections. The first section, production planning and production system are explored the theoretical level that depending on the type of planning. The second section is the process of modeling with the help of the linear programming technique. The final part of the work is a petroleum products manufacturer production plan with the help of the linear programming technique which name WINQSB 2, 0 package program. In the future, it will be used in a manner that is guiding the work carefully.

Key Words: Production Planning, Linear Programming, WINQSB 2,0

TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo Nr.</u>	<u>Tablonun Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Üretim Yönetiminin Tarihçesi	5
2	Yöneylem Araştırması Kullanım Alanları	15
3	Yöneylem Araştırması Modellerinin Sınıflandırılması	16
4	Simpleks Tablosu.....	26
5	Başlangıç Simpleks Tablosu (Maksimizasyon).....	28
6	Birinci Simpleks Çözüm Tablosu (Maksimizasyon).....	29
7	İkinci (Optimal) Simpleks Çözüm Tablosu (Maksimizasyon)	29
8	Başlangıç Simpleks Tablosu (Minimizasyon)	31
9	Birinci Simpleks Çözüm Tablosu (Minimizasyon).....	31
10	İkinci (Optimal) Simpleks Çözüm Tablosu (Minimizasyon)	31
11	Dual Probleminin Formülasyonu	34
12	2010 Yılına Ait Rafineri Sayıları ve Rafinaj Kapasitesi.....	48
13	Dünya Ham Petrol Üretimi	49
14	Dünya Ham Petrol Tüketimi	50
15	İşletme Ürünlerinin 2010-2011 Yılları Üretim Miktarları.....	51
16	İşletme Ürünlerinin Satış Miktarı	52
17	U-1900 Ünite Tasarım Değerleri	55
18	Tanklar ve Özellikleri	55
19	Pompalar ve Özellikleri	56
20	Modelde Kullanılan Karar Değişkenleri	61
21	Doğrusal Programlama Üretim Planlaması Sonuçları	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil Nr.</u>	<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Üretim İşleminin Yapısı ve Elemanları	6
2	Bitüm ve Bitüm Bağlayıcı Hazırlama Akışı	59

GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafik Nr.</u>	<u>Grafğin Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Maksimizasyon Probleminin Grafik Çözümü	22
2	Minimizasyon Probleminin Grafik Çözümü.....	23
3	Ham Petrol Fiyatlarının Yıllara Göre Değişimi.....	40

KISALTMALAR LİSTESİ

- A.Ş. : Anonim Şirket
AKS : Amaç Katsayı Sütunu
Ç.V. : Çözüm Vektör Satırı
DP : Doğrusal Programlama
Lindo : Linear Interactive and Discrete Optimizer
Log : Logaritmik
OECD : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OPEC : Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü:
T.D.K. : Türk Dil Kurumu
T.D.S. : Temel Değişken Sütunu
U.Ç.A.: Uygun Çözüm Alanı
YA : Yöneylem Araştırması

GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve artan rekabet günümüzde ki firmaların, endüstrilerin gelir ve yatırım planlamasında amaçlanan hedeflere ulaşılmasında, işletmelerin karar verebilmesine yönelik bilgiye olan ihtiyacı arttırmaktadır.

Böyle bir durumda, işletmelerinin etkin şekilde gerekli olan üretimi sağlaması için talep edilen miktarın, en iyi kalite, en uygun zaman ve yöntemle elde edilmesiyle üretimde etkinlik sağlanır. Etkinliğin sağlanması için üretimin planlanması ve matematiksel modellerle çözümlenmesiyle amaca ulaşılabilir.

İşletmenin büyüklüğü ve üretim konusu ne olursa olsun temel faaliyetlerinden bir tanesi üretim işlemidir. Üretimin hareket noktası da üretim planıdır. Sanayi işletmelerinin dinamik ortamda çalışmalarından dolayı, üretim planı geçmiş verileri, beklenen verilerle birleşir ve geleceğe ait üretim faaliyetlerine rehberlik niteliğindedir. Alınan kararlar, işletmede satın alma, pazarlama, kontrol ve finansman gibi bütün işletme fonksiyonlarıyla ilgilidir. Mantığa uygun, tüm kaynakların kullanıldığı, sayısal bir yöntem yardımıyla tüm olasılıkların incelenmesiyle elde edilir.

İyi hazırlanmış üretim planından sonraki aşama ise yöneylem araştırmasından yararlanmaktır. Yöneylem araştırması, bilimle sanatın karışımıdır. Çözüm yöntemleriyle bilimsel varlığını, mevcut problemlerin farklı karakterleri barındırması da sanatsal varlığının bir göstergesidir.

Sonuca ulaşmak için yöneylem araştırmasından yararlanarak çeşitli analizler yapılarak, modeller oluşturulur ve amaca uygun olup olmadığı rahatça anlaşılabilir. Geçmişte ki verilerinde plana dâhil edilmesiyle belirsizlik azaltılır. İşletmenin objektif kararlar almasına yardımcı olarak işletmeyi amaçladığı hedefe ulaştırır.

Bu çalışmada amaç fonksiyonu ve teknik sınırlamaların doğrusal fonksiyon biçimde ifade edilen problemleri çözmek için kullanılan doğrusal programlama modelleri ve yöntemleri incelenecek, uygulamayla da teorik kısım desteklenecektir.

Rakamlar ve tasnifler, biliminde hemen hemen her dalına girmiş ya da girmek için kapıyı zorlamaktadır. İstatistik, artık günümüzün vazgeçilmezleri arasına girmiştir ve iktisattan soyutlanması beklenemez. Bu araştırma aynı zamanda bir ekonometrik araştırmadır. Hatırlanacağı gibi ekonometri, iktisat teorisi ile istatistik metotlarını, kantitatif sonuçlara varmak amacıyla birleştiren bir bilim dalıdır(Zengin, 1987:1).

Uygulamanın yapıldığı İzmir'in Aliağa ilçesinde, böyle bir uygulama çalışmasının yapılabileceği bir firma (verilerin elde edilme zorluğu nedeniyle) bulunamadığından problemle ilgili veriler hayali olarak belirlenmiştir. Ancak çalışmanın temelini oluşturan firma ve firma ile ilgili kullanılan verilerin gerçek hayata olabildiğince uygun olmasına özen gösterilmiştir.

Birinci bölümde; üretim ve üretim planlamasının tanımı, oluşturulma amacı, hazırlanması ve çeşitleri gibi konular incelenmiştir.

İkinci bölümde; yöneylem araştırmasının gelişimi, doğrusal programlamasının tanımı, uygulama alanları, genel bir doğrusal programlama modelinin matematiksel ifadesi ile çözüm tekniklerinden, simpleks yöntemi konularına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde ise; sanal bir firma olan İzmir Aliağa Akçay Petrol Rafineri A.Ş. tanıtımı yapılmış, petrol ürünlerinden biri olan asfalt ürününün, üretim planlaması doğrusal programlama ile modellenmiş, çözüm sonuçları önerilerle ortak sunulmuştur. İşletmenin üretim süreçlerinin, ürünlerinin ve işleyiş akışının bilinmesi uygulama aşamasını kolaylaştıran etkenlerdir. Mevcut modelin çözümünde ise optimizasyon paket programı olan WINQSB 2,0 sürümü kullanılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÜRETİM KAVRAMI VE PLANLAMA

1.1. Üretim ve Üretim Yönetiminin Tarihçesi

En basit ifadeyle üretim, hammaddeleri ve diğer maddeleri ürüne dönüştürmek suretiyle fayda yaratma işlemidir. Var olan kısıtlı kaynaklarla maksimum faydayı elde etmek olarak da ifade edilebilir.

Ekonomistler üretimi fayda yaratmak şeklinde tanımlarlar. Mühendisler ise, bir fiziksel varlık üzerinde, onun değerini arttıracak bir değişiklik yapmayı veya hammadde veya yarı mamullerin kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim sayarlar(Kobu, 2006:4).

Değişen bilim dallarına göre üretimin tanımı da değişmektedir. Ekonomi bilimi üretimi, fayda meydana getiren işlemler olarak adlandırırken, mühendisler üretimi, varlık üzerinde varlığın değerini arttıracak bir değişiklik yapmak olarak tanımlarlar.

İnsanoğlu ilk çağlardan beri üretim işlemini gerçekleştirmektedir. Çünkü toplum içinde yaşamak ve insanın yaşamasını sürdürebilmesi üretimi gerekli kılmaktadır. Avlanma, barınma ve giyinme gibi temel gereksinimleri karşılamak amacıyla günümüzde şimdiki halini almıştır (Çelikçapa, 2007: 3).

Üretim yönetimi, işletmenin elinde bulunan tüm kaynakların kullanılması ve yeni kaynakların bulunup temin edilmesi ile mamulün, istenilen kalitede, istenilen zamanda ve en uygun maliyetle üretimini sağlayacak şekilde bir araya getirilmesi işlemleridir (Ayanoğlu, 2006:7).

Üretim yönetimi, işletmelerin hedeflerine ulaşmak için planlama, tasarlama ve uygulama süreçlerinin bir disiplin içinde uygulanmasını gerektiren bir bilim dalıdır (Martirich, 1991: 10).

Adam Smith'in 18. Yüzyılda işgücüyle ilgili çalışmalarının sonuçları ekonomik karlılık ölçüleriyle açıklamaya çalışmasıyla başlayan üretim yönetimin gelişimi 1799' da Eli Whitney' nin ortaya attığı birbirleriyle değiştirilebilir kavramını ortaya artmasıyla hız kazanmıştır. 1822 yılında Charles Babbage işin ekonomik analizi ve işbölümün yararları ile ilgili araştırmalar yapmıştır. 1900' lü yıllarda ise Frank B. Gilbreth hareket ekonomisi, bir yıl sonrasında Henry L. Gantt fabrikada makine, iş ve işçiler için şemalar geliştirmiştir. 1915 yılında F. W. Harris ekonomik stok miktarı üzerine çalışırken 1927'de ise Elton Mayo davranışlarla ilgili faktörlere dikkat çekmiştir. H. F. Dodge 1935 yılında kalite kontrolünde istatistiksel örnekleme ile ilgili çalışmasını ortaya koymuştur. 1940 yılında P.M.S. Blanket ve çalışma arkadaşları İkinci dünya savaşında yöneylem araştırmasını kullanmışlardır. Yöneylem araştırmasının kullanılmasından yedi yıl sonra 1947' de George B. Dantzig, William Orchard ve diğerleri doğrusal programlama tekniğini bulmuştur. 1950 yılında A. Charnes, W. W. Cooper, H. Raiffa ve diğerleri, matematiksel programlama, doğrusal olmayan programlama ve stokastik modeller üzerine çalışmalar yapmıştır. 1970 ve 1980 ler de robotlar ve bilgisayarların hayatımıza girmesiyle üretim sistemleri bütünleşmişlerdir. 1990 lar da üretim yönetimini, teknolojiye ki hızlı gelişmelerle birlikte daha da mükemmelleştirmiştir. Üretim yönetiminin tarihçesi aşağıdaki Tablo 1' de özetlenmiştir.

Tablo 1: Üretim Yönetiminin Tarihçesi

Üretim Yönetiminin Tarihçesi
• İş bölümü ve Uzmanlaşma (Adam Smith 1776 ve Charles Babbage 1852)
• Standart Parçalar (Whitney 1800)
• Bilimsel Yönetim (Taylor 1881)
• Hareketli Montaj Hattı (Ford/ Sorenson/ Avery 1913)
• Gantt Şemaları (Gantt 1916)
• Hareket Etüdü (Frank & Lillian Gilbert 1922)
• Kalite Kontrol (Shewhart 1924; Deming 1950)
• Bilgisayar (Atanasoff 1938)
• CPM / PERT (Du Pont 1957)
• Malzeme İhtiyaç Planlaması (Orlicky 1960)
• Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)
• Esnek İmalat Sistemleri (FMS)
• Bilgisayarla Bütünleşik İmalat (CIM)

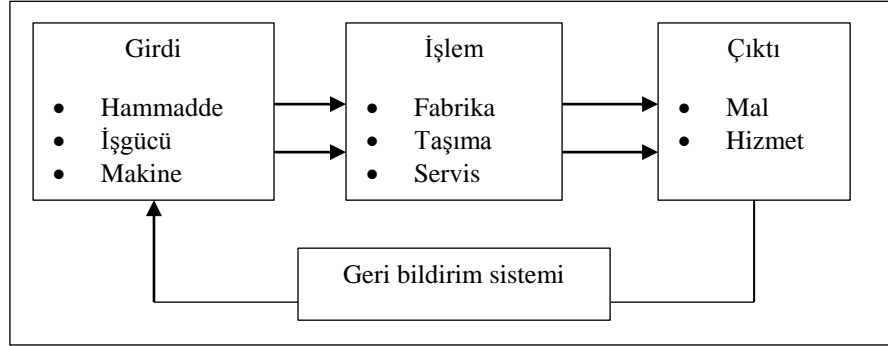
Kaynak: Ayanoğlu, 2006:2

1.2. Üretim Sistemleri

Üretim sistemi, temel öğeleri girdiler, kaynakların mal ve hizmetlere dönüştürülme işlemi olan dönüşüm süreci, dönüştürülen ürünlerin elde edilmesi yani çıktılar ve sistemde ki hatalara anında fark edilip müdahale edilmesiyle oluşan geri bildirim sürecidir. Üretim işleminin yapısı ve elemanları Şekil 1’de gösterilmiştir.

Üretimim tanımı, üretim sistemleri elemanlarının yararlı ürünler haline dönüştüren tasarım süreci olarak düşünülebilir. Bu süreç, girişlerden çıkışlara doğru dönüşüm içinde gerçekleştirilen organize bir işlemdir (Riggs, 1987: 7).

Şekil 1: Üretim İşleminin Yapısı ve Elemanları



Üretim sürecinde kullanılan girdi türlerini tanımlamak gerekirse en başta sermaye olmakla birlikte hammaddeler, yardımcı maddeler, işletme malzemeleri, makineler, çeşitli donanımlar, binalar, araziler, üretimi oluşturan işgücü girdileri oluşturur. Elde bulundurulmuş girdilerle birlikte dönüşüm sisteminde üretim kaynakları, mal veya hizmete dönüştürülür. İşletmeler dönüştürme işlemi sırasında farklı şekillerle katma değer yaratma yolunu seçerler. Dönüşüm sürecinde biçim değişikliği, ürünü taşıma, depolama ve değişim yoluyla fazladan fayda yaratmayı tercih ederler. Dönüşüm süreci sonunda işletmeler mal ve hizmet olmak üzere iki çeşit çıktı elde ederler. Tabii ki bu çıktı elde edilmiş aşamasında hatalar olabilir. Geribildirim sayesinde hatalar fark edilip, gerekli düzeltici önlemler ile üretim planlamasında en iyi süreci sağlamış olurlar. Örnek olarak, demir cevherinin fabrikalarda işlenerek demir – çelik üretimi, fıncığın çeşitli işlemlerden geçirilerek fıncık yağı üretimi verilebilir.

Her sistem bir etkili bileşenlerin bir koleksiyonudur. Her bileşen kendi başına bir sistemin ayırt edici özelliğidir. Bir sistemin hedefi, daha büyük bir sistemin daha büyük bir sistemin hedefine ulaşmak için diğer bileşenleri birbirine harmanlayarak yeni bir ürün elde etmek için kullanılır (Riggs, 1987:8).

Üretim sistemleri malzeme miktarına ve akışına bağlı olarak üç ana başlıkta incelenebilir: sürekli üretim, kesikli üretim, proje tipi üretim sistemleridir.

1.2.1. Sürekli Üretim Tipi

Kesintisiz bir akışın söz konusu olduğu üretim sistemidir. Bu sistemde girdi, kendisini çıktıya dönüştüren bir dizi doğrudan birbirine bağlı süreç/işlemden geçer. Kesikli parçalar ele alınmadığı için, genellikle kimyasal üretim dışında göz ardı edilmektedir (Üretim Sistemleri Hakkında Bilgiler (t.y.), <http://erp.karmabilgi.net/uretim-sistemleri-hakkinda-bilgiler>).

Sürekli üretim sisteminde çok sayı ve çeşitte girdi olmasına karşın çıktı, tek veya az çeşitte olup miktar olarak yüksek ve standart bir görünüm arz eder. Bunun için talebin dengeli, sürekli, uzun vadeli ve yüksek olması gerekmektedir (Top, 1996:16).

1.2.2. Kesikli Üretim Tipi

Üretim sürekli olmayıp partiler halindedir. Tüketicinin veya müşteri firmanın zaman, miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği bir mamulün üretilmesidir. Gemi, büyük buhar kazanı, büyük takım tezgâhları, süreç makineleri, özel elektronik cihazlar vs. nin üretimi bu gruba girer (Üretim Yönetimi Ders Notları (t.y.), <http://www.scribd.com/doc/27377225/uretim-sistemleri>).

Üretim genelde sipariş üzerine yapıldığından mamul stoklar düşük, buna karşın, özellikle yüksek bir kapasitede çalışılıyorsa aynı anda bir iş istasyonuna birden fazla iş gelebileceğinden yüksek bir ara stok ortaya çıkmaktadır (Top, 1996: 17).

1.2.3. Proje Tipi Üretim Tipi

Bu tip sistemde, bir mamulün büyüklüğü ya da ağırlığı nedeniyle üretim sırasında sabit bir konum veya yerde bulunması zorunlu olabilir. Bu sistem zorunlu olarak, geniş çaplı karmaşık proje için tüm bileşenleri oluşturan bir atölye sistemi gibidir ve buna göre işlevsel hale getirilmiş bir üretim sistemi özelliğine sahiptir (Üretim Sistemleri Hakkında Bilgiler (t.y.), <http://erp.karmabilgi.net/uretim-sistemleri-hakkinda-bilgiler>).

Parti üretiminde iki temel problem vardır. Bunlardan biri en uygun parti büyüklüğünün saptanması, diğeri minimum kapasite kaybına yol açan üretim programlarının hazırlanmasıdır. Parti üretimi endüstride ağırlığı en fazla olan ve sık rastlanılan bir üretim tipidir. Ev eşyası, hazır giyim, gıda, otomobil gibi her çeşit tüketim malı parti üretimi grubunda yer alır.

1.3. Üretim Planlaması

1.3.1. Üretim Planlamasının Tanımı

Ürünün istenilen miktarda, zaman ve nitelikte gerçekleşmesi için işletme, üretim planlamasına başvurur.

Üretim planlaması, gelecekteki üretim faaliyetlerinin ve miktarlarının sınırlarını ve düzeylerini belirleyen bir fonksiyondur. Üretim planlaması, işletmenin mevcut kaynaklarını rasyonel olarak kullanarak istenilen kalitede mamullerin üretilmesi konusunda karar alma işlemidir.

Üretim planları üzerinde gerektiği zaman değişiklikler yapılabilir. Hangi mamulün, ne zaman ve hangi iş istasyonlarında işlem görerek imal edileceği üretim planlarında değil, üretim programlarında belirlenir (Kobu, 1998:414).

Bir başka ifadeyle üretim planlaması, işletmenin üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer, zamanda; kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağına ilişkin faaliyetlerden meydana gelmektedir.

Üretim planı üretim faaliyetlerini ayrıntılı olarak kapsar. Plan zamanla değişen şartlar icabı, üretim metodu, işgücü ve üretim araçları üzerinde değişiklik yapabilir. Bu haliyle üretim planı, dinamik bir plan karakteri taşır (Tatar, t.y.:22).

1.3.2. Üretim Planlamasının Amacı

Üretim planlamasının amacı, üretim sürecinde yapılmakta olan faaliyetleri minimum maliyetle gerçekleştirerek ve zamanında üretim yaparak tüketici taleplerini karşılamaktır (Tekin, 1996:250).

Üretim planlaması işletmeler açısından çok önemlidir. Üstünde iyi çalışılmış bir üretim planlaması sayesinde işletme, düşük üretim maliyetiyle en iyi stok yatırımı ve dengeli bir üretime sahip olabilir. Üretim faktörlerini maksimum kılarak işletme karında olumlu değişiklikler elde edebilir. Ve bu sayede işletmenin rekabet gücünün artması ve sağlanmasısıyla yeni ürünlerin pazarlanması da kolaylaşır.

1.3.3. Üretim Planlamasının Aşamaları

Üretim planlamanın aşamaları şu şekilde ifade edilebilir:

1. Üretim planının kapsayacağı zaman aralığı tespit edilir,
2. Ekonomik stok düzeyleri hesaplanır,
3. Talep tahminleri yapılır,
4. Plan dönemi başındaki ve sonundaki stok düzeyleri belirlenir,
5. Başlangıç ve bitiş stokları arasındaki fark bulunur,
6. Planlama dönemi içinde üretilmesi gereken miktar bulunur,
7. Üretilmesi gereken miktar dönem dilimlerine dağıtılır,

Yukarıda ifade edilen basamakların başarıyla uygulanabilmesi için, var olan temel ilkeler, uygun bir planlama döneminin seçilmesi, uygun ürün gruplarının oluşturulması ve üretim planlamasına ilişkin işletme içi ve işletme dışı kısıtlayıcı faktörlerin bilinçli şekilde ifade edilmesi ile olur (Özgen, 1979:295).

Üretim planlama farklı organizasyonel düzeylerde ve değişik zaman aralıklarını içerecek şekilde oluşur. Firmanın üst yönetimi uzun vadeli kapasite planlarını oluşturur. Bu yüksek düzeyli planlar genellikle üretim hatları, fabrikalar, pazarlarla ilgili olup yıl ölçeğindedir. Bir aşağı düzeyde operasyondan sorumlu yöneticiler orta vadeli planlar

oluşturur. Bu planlar ürünlerin ayrıntılı planları yerine toplu üretim miktarlarını içerir. Kısa vadeli planlar (çizelgeler) fabrika düzeyinde oluşturulur ve ayrıntılı olarak ürünlerin üretim miktarlarını ve üretilecekleri zamanları içerir (Kavi, 2008:23).

1.3.4. Üretim Planlama Çeşitleri

Üretim yöneticileri işletmenin ihtiyacı olan gerekli üretim kapasitesini sağlamakla yükümlüdür. Bu amaçla yapılan talep tahminlerinden sonra uzun, orta ve kısa dönemi içeren üretim planları yapılır.

a) Uzun Dönem Üretim Planlaması

Planlama süresinin bir üst sınır olmamakla birlikte, genellikle 2 yıl ve daha uzun süreleri kapsayan planlamalara, uzun dönemli planlar olarak adlandırılır. Uzun dönemli üretim planlarında, işletmenin ihtiyacı olan kapasite ve ideal yer seçimi konusunda cevaplar bulmasına olanak sağlar. Kısa dönemli planlara yol gösterici niteliktedir.

Uzun dönem üretim planlaması büyük ölçüde teknolojik tahminlere bağlıdır ve işletme politikasını etkiler. Ekonomik ve demografik tahminlerle birlikte politik ve sosyal yapıdaki değişiklikleri de inceler. Böylelikle üretim sisteminin amaçlarına ulaşmasına ve uzun dönemde varlığını sürdürmesine yardımcı olacak kararların alınmasını sağlar.

b) Orta Dönem Üretim Planlaması

Orta dönem üretim planlaması yaklaşık 24 aylık olarak planlanarak üretim ve ihtiyaç miktarları arasında ki uyumu sağlar. Orta dönem üretim planlamalarında kapasite sabit kabul edilerek toplam maliyeti minimize edecek şekilde her ay talep tahminleri, başlangıç stok miktarı ve işgücü sayısı kaynaklardan ne ölçüde yararlanılacağına, üretim düzeyinin ve işgücü sayısının ne olması gerektiğine karar verilir. Tüm ürünleri bir arada inceleyerek, tek bir ölçü kullanılarak planlama yapılır. Minimum maliyette, kapasiteden maksimum yararlanmayı sağlayacak planlardır.

İşletmeler bilinen maliyetlerle birlikte plânlama sürecinde, fazla mesai uygulamak, işgücünü arttırmak veya azaltmak ya da işin bir bölümünü taşeronlara yaptırmak gibi seçeneklerin yanında üretim stokunu bulundurarak teslimatları geciktirmemek ve pazar stratejilerini geliştirmek gibi seçeneklerden birisini ya da birkaçını uygularlar.

c) Kısa Dönem Üretim Planlaması

Makine, teçhizat, işgücü ve alan gibi eldeki kaynakların veya kullanılabilir kapasitenin işlere, siparişlere veya müşterilere kısa dönemli planlarla tahsis edilmeleri sağlayan planlama, ayrıntılı üretim planlaması ya da çizelgeleme olarak adlandırılan kısa dönem üretim planlamasıdır. Günlük, haftalık ya da aylık olarak hazırlanırlar.

Uzun ve orta dönem planlamalarda kapasite artırılarak kaynakların temini söz konusuysen, kısa dönem planlamalarda sabit kapasite ile çalışılmaktadır. Kısa dönem planlamalarda işin yapılabilmesi için gerekli malzeme ve parçaların cins ve miktarları, iş akış süreleri ve bilgileri ile birlikte kaynakların en iyi dağılım için çalışılır.

Kısacası hangi işin, hangi tezgâhta ve ne zaman başlatılacağına ilişkin kararları kapsayan ayrıntılı çizelgeleme konusu üretim yönetimi, endüstri mühendisliği ve yönetim bilimi alanlarında üzerinde yoğun olarak durulan bir karar problemidir. Bu konu, seçeneklerini çeşitliliği nedeniyle araştırmacıların oldukça ilgisini çekmiş ve birçok yaklaşım geliştirilerek farklı durumlardaki en iyi çözümler araştırılmıştır.

1.3.5. Üretim Planlamasında Kullanılan Modeller

Üretim planlaması sürecinde karşılaşılan problem, üretilen ürünün özelliklerine, işletmenin büyüklüğüne, üretim sistem tipine, rekabet ortamına kadar farklılıklar gösterebilmektedir. Bu durumlarda karar vericilere yardımcı olabilecek birçok teknik bulunmaktadır. Aşağıda gösterilen tekniklerden hangisinin uygulanacağı amaçlara, eldeki verilere, kullanıcıların uzmanlık düzeyine ve uygulama maliyetlerine göre belirlenir.

- Cebirsel modeller (maliyet analizi, başabaş noktası analizi gibi),
- Matematiksel programlama modeller (doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, hedef programlama, dinamik programlama, bulanık doğrusal programlama gibi)
- Bekleme hattı modelleri,
- Simülasyon modelleri,
- İstatistik teknikler,
- Şebeke analiz teknikleri (CPM ve PERT gibi).

İKİNCİ BÖLÜM

2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

2.1. Yöneylem Araştırması Tanımı, Gelişimi ve Uygulama Alanları

Yöneylem, karmaşık sorunların çözümünde ve incelenmesinde bilimsel ve özellikle matematiksel yöntemlerin uygulanışı; yöneylem araştırması ise herhangi bir problemi yöneylem yöntemine göre araştırma, incelemedir (Türk Dil Kurumu [TDK], 1998:185).

Yöneylem araştırması, insan, makine, para ve malzemeden oluşan, endüstriyel, ticari, resmi ve askeri sistemlerin yönetiminde karşılaşılan problemlere modern bilimin saldırısıdır. Belirgin yaklaşımı, sistemin, şans ve risk ölçüsünü de içeren ve alternatif karar, strateji ve kontrollerin sonuçlarını tahmin ve karşılaştırmaya yarayan bilimsel bir modelini geliştirmektedir. Amacı, yönetimin politika ve eylemlerini, bilimsel olarak saptanmasına yardımcı olmaktır (Doğrusöz, 1976:7).

Yöneylem araştırması (YA) disiplinler arası araştırma, sistem yaklaşımı ve bilimsel yöntem kullanım özellikleriyle gerçek hayatın problemlerine en iyi çözümler arayan bilimsel bir uğraşı alanı olarak kendini göstermiştir (Kara, 1979:3).

Yöneylem araştırmasının doğuşunun bilimsel akımın babası sayılan Frederik Taylor'a ve Henry L. Gantt dayandığı düşünülmektedir. Değişik kaynaklara göre ise yöneylem araştırmasının ilk kullanımı Birinci Dünya Savaşı'nda Thomas Edison'un askeri bir amaç için yaptığı, düşman denizaltılarına en az kayıp verecek şekilde ticaret gemilerinin güzergâh ve manevralarının saptanması çalışması sayılmaktadır. Danimarkalı matematikçi A.K. Erland bir telefon sorunun çözümünde ve bir doğa bilimcisi olan H.C. Levinson ise 1930'lar da bu yöntemi ilk kullananlardan sayılırlar.

Yöneylem araştırması, mevcut koşullar altında sahip olunan kaynakların doğru paylaşımı ile en iyi dizaynı oluşturmak ve sistemi yönetmek için kullanılan basit bir bilim yaklaşımıdır (Winsten, 2004:11).

Farklı inanışlara göre de Yöneylem Araştırması'nın ilk ortaya çıkışı İkinci Dünya Savaşı'ndaki askeri problemlerin çözümüne kullanılması sayılmaktadır. Savaş esnasında başarıya ulaşmak için elde bulunan kıt kaynakların doğru strateji ve taktikler uygulanarak en uygun atamayı gerçekleştirmeyi amaç sayan askeri birlikler, bilim adamlarının askeri operasyonlar üzerinde çalışmasıyla ortaya çıkmıştır. Kayıtlara göre İngiltere'de Patrick Blackett, Frank Yates ve ABD'deki George Dantzig adlı bilim adamları ülkelerin lojistik açısından en uygun çözüme ulaşmak için yöneylem araştırmasından yararlandılar.

Örnek olarak İngiliz bilim adamları Britanya sevkiyat kayıplarını azaltmak için konvoy sistemini araştırdı. Fakat sisteminde kendi içerisinde sorunları vardı. Konvoyların küçük ya da büyük olması ulaşma sürelerini ve düşman hattı tarafından fark edilmesini etkilemekteydi. İngiliz ekip, büyük konvoyların daha etkili, yavaş konvoyların daha büyük bir risk altında olduğunu saptadılar ve geniş konvoyların kullanılmasını sağladılar (Yöneylem araştırması (t.y.), <http://tr.wikipedia.org/wiki/yöneylem>).

İlerleyen yıllarda da üretimin makineleşmesi, gelişen teknolojiyle birlikte artan hacimler karşısında sorunlarda ortaya çıkmıştır. Büyümeyle artan sorunlar karşısında yöneylem araştırması da endüstri alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Gerçek hayatta ilk kullanımı 1947 yılında George Dantzig'in "Simpleks Metodu"nu doğrusal programlama (lineer programlama) problemlerinin çözümleri için uygulanmasıyla başlanmıştır. Bilgi birikimi ve bilgisayar programlarıyla desteklenmesiyle, elle çözümü hata oranını artıran ve uzun zaman alan problemlerde kullanılarak çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır.

Yöneylem araştırması sistemlerin karşılaştıkları problemlerde, disiplinler arası bir ekiple, bilimsel metotları kullanarak ve problemin kontrol edilebilir unsurları ile ilgili alternatifleri değerlendirmek suretiyle optimal çözümü bulmayı amaçlar. Yöneylem araştırması gerçek hayattan kaynaklanan ve çoğunlukla sınırlı kaynakların paylaştırıldığı deterministik ve olasılıklı problemlerin modellenmesi ve optimal kararın verilmesi ile ilgilenir (Savunma Planlama Sürecinde Yöneylem Araştırması, 2000:17).

Yöneylem araştırması çalışmalarının Türkiye’deki gelişi ise Genelkurmay Başkanlığında savunma kesiminde “Hareket Araştırması” adı altında başlamış ve günümüzde işletme sadece savunma kesiminde değil, hemen hemen her alanda büyük bir ilgi ile gelişmekte ve kullanılmaktadır. Yöneylem araştırması kullanılarak sonuca ulaşılmaya çalışılan problem türleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Yöneylem Araştırması Kullanım Alanları

Yöneylem Araştırması Kullanım Alanları	
Ulusal Planlama	Stokastik Sistemler
Enerji Planlaması ve Yönetimi,	Sağlık Planlaması
Teknoloji Planlaması	Savunma
Yatırım Projeleri Yönetimi	Ulaşım Planlaması
İnsan Gücü Planlaması	Haberleşme Sistemleri
Sanayide Bakım-Onarım	Çevre Sağlığı
Üretim Planlaması	Bankacılıkta Yöneylem Araştırması
Stok Kontrolü ve Malzeme Yönetimi	Finansal Yönetim ve Yatırım Planlaması
Yönetim Bilişim Sistemleri	Yöneylem Araştırmacılarının Eğitimi ve Yetiştirilmesi

Yöneylem araştırması bir süreç olup, gerekli verilerin dikkatlice elde edilmesi, bilimsel bir model formülüne dâhil edilmesi ve gözlemlenmesidir. Yöneylem araştırmasının problemlerin yapısına göre farklılık değiştirmekle birlikte modelleri deterministik ve olasılıklı modeller olarak gruplandırabiliriz. Bunlar Tablo 3’te geniş bir biçimde gösterilmektedir. Çalışmamızın bu aşamasından sonra yöneylem araştırmasının optimizasyon problemlerinin deterministik modellerin çözümünde en belirgin ve başarıyla kullanılan doğrusal programlama anlatılacaktır.

Tablo 3: Yöneylem Araştırması Modellerinin Sınıflandırılması

Yöneylem Araştırması Modellerinin Sınıflandırılması	
Olasılıklı Modeller	Deterministik Modeller
• Markov Zincirleri	• Doğrusal Programlama
• Kuyruk Teorisi	• Tamsayı Programlama
• Karar Analizi	• Hedef Programlama
• Simülasyon	• Ulaştırma ve Atama Modelleri
• Tahmin Modelleri	• Doğrusal Olmayan Programlama
• Güvenirlilik Analizi	• Oyun Teorisi
• Olasılıklı Dinamik Programlama	• Deterministik Dinamik Programlama
• Olasılıklı Stok Modelleri	• Şebeke (Ağ) Analizi
	• CPM ve Pert ile Proje Planlama

2.2. Doğrusal Programlama Problemi

Doğrusal programlamayı iyi bir şekilde tanımlayabilmek için öncelikle "doğrusal" ve "programlama" kelimelerinin anlamı üzerinde durmak gerekir "Doğrusal" kelimesi iki veya daha çok değişken arasındaki direkt ilişkiyi ifade etmek amacıyla kullanılır. "Programlama" ise matematiksel tekniklerin kullanımıyla eldeki sınırlı kaynakları değerlendiren en iyi çözüme ulaşılmasıdır. "Doğrusal" ve "Programlama" kelimelerine ilişkin bu amaçların ışığı altında "Doğrusal programlama, eldeki sınırlı kaynakların en iyi dağılımı belirlemek için kullanılan matematiksel bir tekniktir." şeklinde bir tanım yapılabilir (Doğan, 1995:2).

Bir Doğrusal Programlama modeli doğrusal kısıtlar altında bir doğrusal fonksiyonun değerini maksimize yâda minimize etmeye çalışır. Doğrusal programlama, sınırlı kaynakların kullanımıyla karı maksimize etmek ve maliyeti minimum etmek için uygulanan bir matematiksel modellemedir.

Eldeki bir grup kısıtlı kaynağın değişik aktiviteler tarafından talep edilmesi durumunda ortaya çıkmaktadır. Belli kaynakların belli aktivitelere paylaştırılmaları bir amacın gerçekleştirilmesine katkıda bulunacaktır. Doğrusal programlama sorunlarında kaynakların aktiviteler tarafından paylaşımının amacı maksimize ya da minimize edecek biçimde olması istenmektedir (Tütek, 2000: 113).

Daha genel bir tanım yapmak gerekirse, Doğrusal Programlama belirli ortak özellikleri bulunan problemlere uygulanan optimizasyon tekniğidir denilebilir (Kobu, 1997: 517-518).

İşletmeci açısından Doğrusal Programlama para, malzeme, makine, zaman işgücü, teçhizat gibi kaynakların çeşitli sınırlayıcı şartlar altında optimal faydayı sağlayacak şekilde kombine edilmesini sağlayan tekniklerdir. Üretim, pazarlama, finans, reklam, tarım, enerji, sağlık ve davranış bilimleri ile sosyal bilimler alanında uygulanır. Birçok kamu ve özel sektörün sorunlarının çözülmesinde yardımcı olarak kullanılmaktadır.

Üretim planlama ve petrol rafineri uygulamaları, büyük maliyet kayıplarını fark etmek ve ürünü geliştirmek için çok önemlidir. Doğrusal programlama modelleri ise üretim planlama ve petrol rafinerinde uygulamalarında sağladıkları kolay çözümlere fark edildiğinden beri kullanılmaktadır (Ganji, 2010:1).

2.3. Doğrusal Programlamanın Varsayımları

Doğrusal programlama modelinden tutarlı sonuçların elde edilmesi aşağıda ele alınacak varsayımlara bağlıdır.

a. Doğrusallık Varsayımı

Doğrusal programlama (DP) modelinin barındırdığı amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı fonksiyonları arasındaki ilişkilerin doğrusal olduğu varsayımına dayanır. Bir diğer deyişle modelin bütün ilişkilerin birinci dereceden fonksiyonlar ile ifade edilmesidir.

Kısaca, doğrusal programlamada eşitlik veya eşitsizlikler doğrusal bir karakter taşımakta, kübik, kuadratik, logaritmik veya başka bir fonksiyonel bağlantıyı ifade etmemektedir (Doğan, 1995:6).

b. Toplanabilirlik Varsayımı

Toplanabilirlik varsayımı doğrusallık varsayımının doğal bir sonucudur. Kıt kaynakların kullanılması çerçevesinde toplanabilirlik varsayımı düşünüldüğünde, rakip faaliyetler tarafından birlikte kullanılan toplam kaynak miktarının bu rakip faaliyetlerin teker teker kullandıkları miktarların toplamına eşitlenmesidir. Bu varsayım amaç fonksiyonu çerçevesinde düşünüldüğünde ise, bu fonksiyonun bağımlı değişkeninin değeri tek tek faaliyetlerden kaynaklanan kar katkılarının toplamına eşitlenmesidir (Seçme, 2005: 24).

c. Bölünebilirlik Varsayımı

Bölünebilirlik varsayımı DP modelinin her bir karar değişkeninin kesirli değerler alabilmesini ifade eder. Bir diğer ifade ile ilişkiler sürekli olmalıdır. Kesirli sonuç istenmeyen durumlarda da DP modeli kullanılabilir fakat elde edilen sonuç yuvarlanır. Bunun dışında karar değişkenlerinin zorunlu olarak tamsayı değerler almaları istenilirse tamsayı doğrusal programlama kullanılır.

Doğrusallık, toplanabilirlik ve bölünebilirlik varsayımlarına ek olarak bir doğrusal programlama modeli, deterministik model olması ve barındırdığı değişkenlerin negatif olmaması koşullarını da barındırır. DP varsayımları kısa başlıklar halinde aşağıda gösterilmiştir.

- Amaç fonksiyonu ve kısıtlar iyi bir şekilde tanımlanmalıdır.
- Doğrusal programlama modeli kısa dönemi kapsar.
- Analize konu olan bütün değişkenler bölünebilir niteliktedir.
- Modelin barındırdığı tüm değişkenler doğrusaldır.
- Doğrusal programlama modeli alternatif çözüm teknikleriyle de çözümlenebilir.
- Doğrusal programlama kısıtları $n \geq 2$ şartını sağlamaktadır.

Kısıt Fonksiyonu:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & 0 & 1 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{12} & \dots & a_{mn} & 0 & 0 & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \\ x_{n+1} \\ x_{n+2} \\ \dots \\ x_{n+m} \end{bmatrix} (\leq; =; \geq) \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix} = Ax (\leq; =; \geq) b_m \quad (2)$$

2.5. Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler

Doğrusal programlama modellerinin çözümlerinde farklı matematiksel tekniklerle birlikte gelişen teknoloji sayesinde bilgisayar programlarıyla çözüm sağlanabilmektedir. Kullanılan matematiksel teknikler problemin barındırdığı değişken sayısına bağlı olarak değişmektedir. İki değişkenli doğrusal programlama modellerinde grafik yöntemi çözüme ulaşmamızı sağlarken, iki veya daha fazla değişkenli modellerin çözümünde ise simpleks algoritması, karmaşık ve çok değişkenli problemlerin çözümünde ise bilgisayar paket programları olan LINDO (Lindo Interactive and Discrete Optimizer), WINQSB ve Microsoft Excel kullanılır. Kullanılan yöntem problemin barındırdığı değişken sayısına bağlı olsa da, bir doğrusal programlama modeli binlerce kısıt içerebilir. Bu bölümde, grafik ve simpleks yöntemlerinin çözümlene mantığı ve yapısı açıklanmaya çalışılmıştır.

2.5.1. Grafik Çözüm Yöntemi

İki değişkenli doğrusal programlama modelinin çözümünde grafik çözüm yönteminden yararlanılarak sonuca ulaşılır.

Değişkenlerinin negatif olmama koşulu altında koordinat sisteminin yatay ve dikey eksenlerine yerleştirilip, kısıtlayıcı fonksiyonların değerlerinin koordinat sistemi üzerinde grafiği çizilip en uygun çözüm alanı belirlenir. Uygun çözüm alanının köşe noktaları belirlenerek amaç fonksiyonu üzerinde yerleştirilerek optimal çözüme ulaşılır.

Grafik çözüm yönteminde optimal çözüme ulaşmak isterken dikkat edilmesi gereken amaç fonksiyonuna dikkat edilerek uygun çözüm alanının belirlenmesidir.

Maksimizasyon Problemlerinin Grafik Çözümü

$$\text{Amaç denklemi: Maksimum } Z = 6x_1 + 9x_2 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlayıcılar : } \quad 4x_1 + 8x_2 &\leq 1600 & (2) \\ \quad \quad \quad 6x_1 + 2x_2 &\leq 1800 \end{aligned}$$

$$\text{ve } x_1, x_2 \geq 0 \quad (3)$$

Çözüme başlamadan önce unutmamalıyız ki x_1 değişkenini yatay, x_2 değişkenini dikey eksen üzerinde gösterilirken, pozitiflik koşulundan dolayı uygun çözümler düzleminin birinci bölgesinde bulunacak olmasıdır. Koordinat belirleme ilgili tüm işlemler aşağıda verilmiştir.

1. $4x_1 + 8x_2 \leq 1600$ şeklindeki eşitsizlik
 $4x_1 + 8x_2 = 1600$ şeklinde eşitliğe dönüştürülür.
 $x_1 = 0$ için; $x_2 = 200$, $x_2 = 0$ için; $x_1 = 400$ olur.
2. $6x_1 + 2x_2 \leq 1800$ şeklindeki eşitsizlik
 $6x_1 + 2x_2 = 1800$ şeklinde eşitliğe dönüştürülür.
 $x_1 = 0$ için; $x_2 = 900$, $x_2 = 0$ için; $x_1 = 300$ değerleri elde edilir.

Elde edilen değerlerle birlikte kısıtlayıcı fonksiyonların her biri için eşitsizlik yönlerinin dikkate alınarak pozitiflik koşuluyla uygun çözüm alanı belirlenir. Uygun çözüm alanı (U.Ç.A.) grafik 1' de ki taralı alandır. Çözüm alanının köşe nokta değerleri amaç denkleminde yerleştirilerek optimal çözüme ulaşılır.

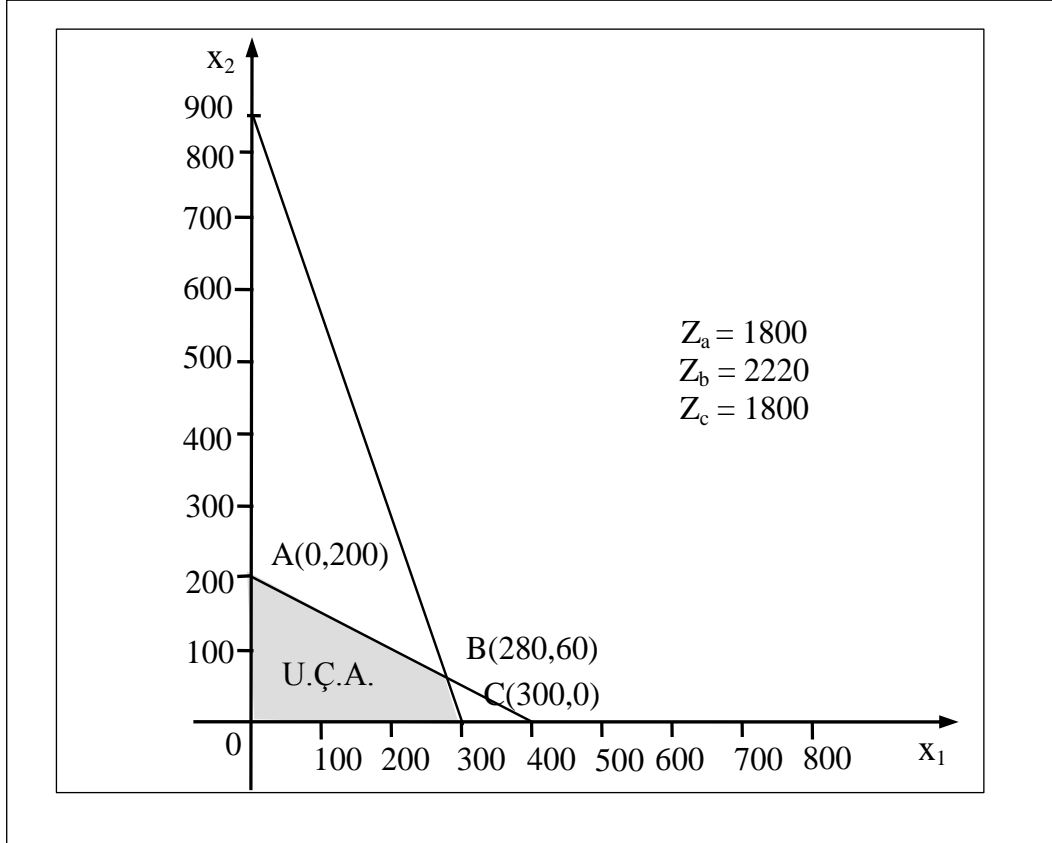
Grafik 1' de görüldüğü gibi uygun çözüm alanında a, b ve c olmak üzere üç köşe noktası işaretlenmiş, bu noktaların x_1 ve x_2 değerleri hesaplanmıştır. Köşe noktaları amaç fonksiyonuna yerleştirilerek en yüksek değer 2220 olarak B noktasında bulunur ki, bu değer de modelin optimum çözümünü vermektedir.

A (0;200) noktası için Maksimum $Z_a = 6x_1 + 9x_2 = 6(0)+9(200) = 1800$

B (280;60) noktası için Maksimum $Z_b = 6x_1 + 9x_2 = 6(280)+9(60) = 2220$

C (300;0) noktası için Maksimum $Z_c = 6x_1 + 9x_2 = 6(300)+9(0) = 180$

Grafik 1: Maksimizasyon Probleminin Grafik Çözümü



Minimizasyon Probleminin Grafik Çözümü

Amaç denklemi: Minimizasyon $Z = 7x_1 + 12x_2$ (1)

Kısıtlayıcılar: $2x_1 + 4x_2 \geq 800$
 $4x_1 + 6x_2 \geq 1200$ (2)
 $x_1 \geq 200$

Ve $x_1, x_2 \geq 0$ (3)

Minimizasyon problemlerinde, maksimum problemlerinin aksine uygun çözüm alanı (U.Ç.A.) kapalı bir alanı oluşturmaz. x_1 değişkenini yatay, x_2 değişkenini dikey eksen üzerinde gösterilirken, pozitiflik koşulundan dolayı uygun çözümler düzleminin birinci bölgesinde bulunacak olmasıdır. Koordinat belirleme ilgili tüm işlemler aşağıda verilmiştir.

1. $2x_1 + 4x_2 \geq 800$ şeklindeki eşitsizlik

$2x_1 + 4x_2 = 800$ şeklinde eşitliğe dönüştürülür.

$x_1 = 0$ için; $x_2 = 200$, $x_2 = 0$ için; $x_1 = 400$ değerleri elde edilir.

2. $4x_1 + 3x_2 \geq 1200$ şeklindeki eşitsizlik

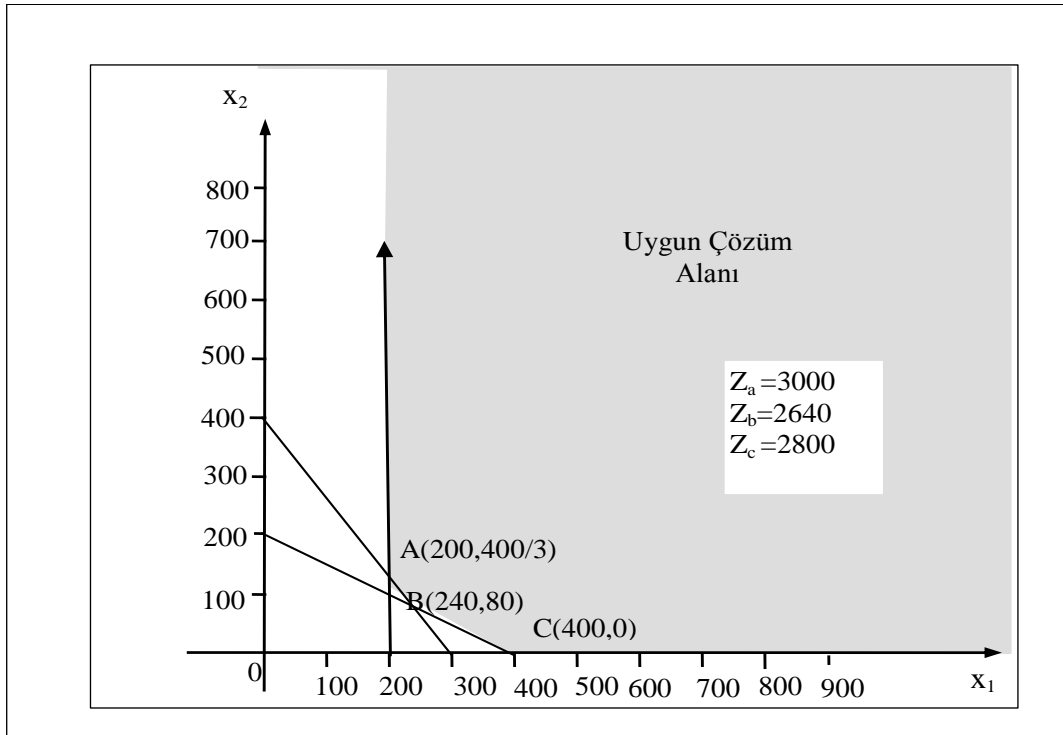
$4x_1 + 3x_2 = 1200$ şeklinde eşitliğe dönüştürülür.

$x_1 = 0$ için; $x_2 = 400$, $x_2 = 0$ için; $x_1 = 300$ değerleri elde edilir.

3. Sınır denklemi için: $x_1 \geq 200$ şeklindeki eşitsizlik

$x_1 = 200$ şeklinde eşitliğe dönüştürülür ve değeri elde edilir.

Grafik 2: Minimizasyon Probleminin Grafik Çözümü,



Grafik 2' de görüldüğü gibi uygun çözüm alanında a, b ve c olmak üzere üç köşe noktası işaretlenmiş, bu noktaların x_1 ve x_2 değerleri hesaplanmıştır. Köşe noktaları amaç

fonksiyonuna yerleştirilerek en düşük değer 2640 olarak B noktasında bulunur ki, bu değer de modelin optimum çözümlünü vermektedir.

$$A (200;400/3) \text{ noktası için Minimum } Z_a = 7x_1 + 12x_2 = 7(200) + 12(400/3) = 3000$$

$$B (240;80) \text{ noktası için Minimum } Z_b = 7x_1 + 12x_2 = 7(240) + 12(80) = 2640$$

$$C (400;0) \text{ noktası için Minimum } Z_c = 7x_1 + 12x_2 = 7(400) + 12(0) = 2800$$

2.5.2. Simpleks Çözüm Yöntemi

İki ve daha fazla değişkenli doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılarak Simpleks yöntemi olarak adlandırılan yöntem, olağanüstü etkili çözüm işlemleri sürecidir. Bu özelliğiyle doğrusal programla modelinin büyük kolaylıklarından birisidir (Hillier ve Lieberman, 2001:25).

İlk kez 1947 yılında G.B. Dantzig tarafından geliştirilerek kullanılmaya başlanılmıştır. Simpleks yöntemi fonksiyon yenileme işlemidir. Başlangıç simpleks tablosunun oluşturulmasıyla başlanılan çözüm yöntemi amaç fonksiyonunun ve karar değişkenlerinin bazı değişikler uygulanarak farklı değerlerinin iterasyon yöntemiyle uygun değer değerlerine ulaşılan kadar devam eder. Buradaki amaç uygun bir çözümle başlayıp her yinelemede daha iyi bir çözüme ulaşılan kadar devam etmektir. Doğrusal programlama modelinin maksimum(veya minimum) değerlerine ulaşıncaya kadar çözüm sağlanmış olur.

Simpleks çözüm yöntemi ile karışım problemleri, depolama problemleri, malzeme kullanımının optimize edilmesi ve uzun dönem planlama çalışmaları gibi problemlerin çözümlerinde kullanılır.

2.5.2.1. Simpleks Yönteminin Aşamaları

Bir doğrusal programlama problemi simpleks yöntemiyle çözümlenirken ilk aşama problemin standart forma getirilmesidir. Standart forma dönüştürme işleminde bütün kısıtlar aylak değişkenler yardımıyla eşitlik haline getirilmeli ve bütün değişkenler için pozitiflik kuralını sağlanmalıdır. Başlangıç simpleks tablosu oluşturulduktan sonra sistematik kurallar izlenerek optimal çözüme erişilmeye çalışılır.

Standart şekil, simpleks yönteminin temel ilkesidir (Doğan, 1995:34).

Doğrusal programlama modelinin standart forma dönüştürme işlemi aşağıda anlatılmıştır.

- Kısıtların eşitlik haline dönüştürülmesi: Kısıtlar eşitlik haline dönüştürülürken aylak değişkenlerden yararlanır. Eşitsizliğin türüne göre kullanılan aylak değişkenlerin sayısı ve eşitsizliğin sağ tarafı yâda sol tarafı eklenmesi gibi değişiklikler içerir. Eğer problemdeki eşitsizlikler $\leq b$ şeklinde ise denklemi eşitlik haline dönüştürmek için sol tarafına S aylak değişkeni eklenir. Bu değişken kullanılmayan kapasiteyi göstermektedir. Aylak değişkenin amaç fonksiyonundaki katsayı değeri sıfırdır. Eğer problemdeki eşitsizlikler $\geq b$ şeklinde ise denklemi eşitlik haline getirmek için bu kez sol tarafından V artık değişkeni çıkarılmakta ve A yapay değişkeni eklenmektedir. Artık değişken fazla kapasiteyi göstermektedir. Yapay değişkenin ise ekonomik bir anlamı yoktur. Artık değişkenin amaç fonksiyonundaki katsayı değeri sıfırken, yapay değişkenin katsayı değeri yüksek bir değer olarak tanımlayabileceğimiz M 'dir. Başlangıç simpleks tablosunun temel değişken sütununda artık değişken yer almamakta, onun yerine yapay değişken yer almaktadır. Buna göre kısıtlayıcı denklem şu şekilde yazılır. Eğer problemdeki kısıtlayıcı denklem eşitlik halinde ise (= b) denklemin sol tarafına sadece ekonomik bir anlamı olmayan A yapay değişkeni eklenmesiyle kısıt eşitlik halinde tekrar yazılır.

$$\text{Amaç denklemi: Maksimum } z = 6x_1 + 9x_2 \quad (1)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar: } 4x_1 + 8x_2 + S_1 = 1600$$

$$6x_1 + 2x_2 + A_1 - V_1 = 1800 \quad (2)$$

$$x_2 + A_2 = 350$$

$$\text{Ve } x_1, x_2, S_1, A_1, A_2, V_1 \geq 0 \quad (3)$$

- Değişkenler: Standart forma dönüştürülen doğrusal programlama probleminde bütün değişkenlerin sıfır veya sıfırdan büyük olması kuralı sağlanmalıdır.

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

- Amaç fonksiyonu: Amaç fonksiyonunun türüne göre maksimum ya da minimizasyon problemleri arasındaki tek farklılık uygunluk şartlarının sağlanmasıdır. Minimizasyon problemlerinde çözüme giren değişken amaç fonksiyonunda en büyük pozitif katsayıya sahip olan değişkendir (Doğan, 1995:46).

Daha önce açıklandığı gibi doğrusal programlama modeli önce standart forma dönüştürülür. Ve sonra çözüm için başlangıç tablosunun tablo 4’ de görülen şekilde oluşturulur.

Tablo 4: Simpleks Tablosu

Simpleks Tablosu										
AKS	TDS	x_1	x_2	...	x_n	S_{n+1}	S_{n+1}	...	S_{n+m}	ÇV
0	S_{n+1}	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	1	0	...	0	b_1
0	S_{n+2}	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	0	1	...	0	b_2
.	
.	
0	S_{n+m}	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	0	0	...	1	b_m
Z_j		0	0	...		0	0	...	0	0
$C_j - Z_j$		C_1	C_2	...	C_n	0	0	...	0	-

AKS: Amaç Katsayı Sütunu

C_j : Amaç Fonksiyonu Katsayıları

TDS: Temel Değişken Sütunu

x_j : Karar Değişkeni

ÇV: Çözüm Vektör Sütunu

z_j : J Faaliyetinin İkame Maliyeti

Başlangıç simpleks tablosunun oluşturulmasından sonra optimal çözüme ulaşabilmek için oluşturulan simpleks tabloları için anahtar sütun ve anahtar sıra belirlenir.

Anahtar sütunun belirlenebilmesi için $c_j - z_j$ satırı incelenir. Eğer amaç fonksiyonu maksimizasyon amaçlıysa tablodaki $c_j - z_j$ sıra değerleri içerisinde en büyük olanı seçilir ve bu değere karşılık gelen sütun değerleri anahtar sütunu oluşturur, amaç fonksiyonu minimizasyon amaçlıysa $c_j - z_j$ sıra değerleri içerisinde en büyük olanı seçilir ve o değeri

barındıran sütun dikkate alınır. Her iki fonksiyonda da bu sütuna karşılık gelen değişken ise işleme girmesi gereken değişken olarak seçilir.

Anahtar sıranın belirlenmesi için de her iki amaç fonksiyonunda da çözüm elemanlarının bulunduğu sütunun anahtar sütuna bölünmesiyle oluşan oranlarda en küçük pozitif değer seçilir. Ancak bu orana bakılırken anahtar sütundaki negatif ve sıfır olan değerler dikkate alınmaz. Bu oranlardan seçtiğimiz değere karşılık gelen sıra anahtar sıra olarak seçilir bu sıraya karşılık gelen değişken ise işlemde çıkması gereken değişken olarak belirlenir.

Anahtar sıra ve anahtar sütun belirlendikten sonra yeni simpleks tablosunun yeni sıralarını oluşturmak için çıkan değişkenin yerine gelecek olan giren değişkenin satır elemanlarının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için anahtar sıra ile anahtar sütunun kesiştiği değer anahtar sayı olarak belirlenir. Anahtar sıradaki tüm değerler anahtar sayı değerine bölünerek temel sıra oluşturulur. Anahtar sıra dışındaki diğer tüm sıralar eski sıra olarak belirlenir. Temel sıra elemanları giren değişken olarak tabloda yerini alır. Diğerleri ise şu formülle hesaplanarak tabloya yerleştirilir.

$$\text{Yeni sıra elemanı} = \text{Eski sıra elemanı} - (\text{Temel sayı} * \text{Temel sıra elemanı})$$

Burada temel sayı, anahtar sayıyla aynı sütunda yer alan eski sıra elemanıdır. Yeni sıra oluşturulurken, yeni sıranın her bir elemanı yukarıdaki formül yardımıyla hesaplanır. Simpleks yöntemle optimal çözüme ulaşıp ulaşılmadığı $c_j - z_j$ sıra elemanlarından anlaşılır. Eğer problem maksimizasyon amaçlı ise, çözümün optimal olabilmesi için $c_j - z_j$ sıra elemanlarının sıfır yada sıfırdan büyük olması gerekir. Minimizasyon amaçlı problemlerde bunun tersi durum geçerlidir. Başlangıç simpleks tablosundan başlayarak optimal çözüme ulaşana kadar anahtar sütun ve anahtar sıra belirlenerek yeni sıralar oluşturulur. Optimal çözüm $c_j - z_j$ sıra elemanlarının istenen değerlere ulaşmasıyla bulunur.

Simpleks yöntemle optimal çözüme ulaşıp ulaşılmadığı $c_j - z_j$ sıra elemanlarından anlaşılır. Eğer problem maksimizasyon amaçlı ise, çözümün optimal olabilmesi için $c_j - z_j$ sıra elemanlarının sıfır yada sıfırdan büyük olması gerekir. Minimizasyon amaçlı problemlerde bunun tersi durum geçerlidir. Başlangıç simpleks tablosundan başlayarak

optimal çözüme ulaşana kadar anahtar sütun ve anahtar sıra belirlenerek yeni sıralar oluşturulur. Optimal çözüm $c_j - z_j$ sıra elemanlarının istenen değerlere ulaşmasıyla bulunur.

Maksimizasyon Problemlerinin Simpleks Çözümü

Örnek:

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Maksimum } z = 6x_1 + 9x_2 \quad \text{Max } Z = 6x_1 + 9x_2 + 0S_1 + 0S_2 \quad (1)$$

Kısıtlayıcılar; (2)

$$4x_1 + 8x_2 \leq 1600 \quad 4x_1 + 8x_2 + S_1 = 1600$$

$$6x_1 + 2x_2 \leq 1800 \quad 6x_1 + 2x_2 + S_2 = 1800$$

$$x_1, x_2, S_1, S_2, \geq 0 \quad (3)$$

Yukarıda anlatılan çözüm yolları takip edilerek ilk olarak başlangıç simpleks tablosu oluşturulacak, sonrasında yineleme işlemleriyle optimal simpleks tablosuna ulaşılmaya çalışılacaktır.

Tablo 5: Başlangıç Simpleks Tablosu (Maksimizasyon)

Başlangıç Simpleks Tablosu (Maksimizasyon)						
AKS	TDS	6 X ₁	9 x ₂	0 S ₁	0 S ₂	ÇV
0	S ₁	4	8	1	0	1600/ 8=200
0	S ₂	6	2	0	1	1800/ 2=900
	Z _j	0	0	0	0	
	C _j - Z _j	6	9	0	0	

Maksimizasyon problemi olmasından dolayı C_j - Z_j satırındaki en büyük değer bulunduğü sütun, anahtar sütun olarak belirlenir. Çözüm vektöründeki her sayı anahtar sütunda kendisine denk gelen sayılara bölünerek anahtar satır bulunur. Anahtar satır belirlenirken çözüm vektöründeki 0 ya da negatif değerler dikkate alınmaz. Simpleks

tablomuzun devamında anahtar satır çözümden çıkarılarak yerine anahtar sütun çözüme girer. Yukarıda Tablo 5' e bakıldığında anahtar sayının 8, anahtar sütunun x_2 ve anahtar satır ise x_1 satırındır.

Diğer satır elemanları 'Yeni sıra elemanı = Eski sıra elemanı-(Temel sayı * Temel sıra elemanı)' formülasyonu dikkate alınarak yeni tablo değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

Tablo 6: Birinci Simpleks Çözüm Tablosu (Maksimizasyon)

Birinci Simpleks Çözüm Tablosu (Maksimizasyon)						
AKS	TDS	6 X_1	9 x_2	0 S_1	0 S_2	ÇV
9	X_2	1/2	1	1/8	0	200/0.5=400
0	S_2	5	0	-1/4	0	1400/ 5=280
Z_j		9/2	9	9/8	0	1800
$C_j - Z_j$		3/2	0	-9/8	0	

Tablo 7: İkinci (Optimal) Simpleks Çözüm Tablosu (Maksimizasyon)

İkinci (Optimal) Simpleks Çözüm Tablosu (Maksimizasyon)						
AKS	TDS	6 x_1	9 x_2	0 S_1	0 S_2	ÇV
9	X_2	0	1	1	6/40	60
6	X_1	1	0	-1/20	0	280
Z_j		6	9	174/20	27/20	2220
$C_j - Z_j$		0	0	-174/20	-27/20	

Maksimizasyon problemi olduğu için $C_j - Z_j$ çözüm değerlerinin 0 ya da negatif olması optimal çözüme ulaşıldığının kanıtıdır. Yukarıda Tablo 7' de optimal çözüm tablomuz olup çözüm sonuçlarını vermektedir.

Elde edilen optimal çözüm sonuçları; $X_1 = 280$ $X_2 = 60$ ve maksimum kar = 2220 olur.

Minimizasyon Problemlerinin Simpleks Çözümü

Probleminin içerdiği kısıtlar nedeniyle, problem çözümlenirken Büyük M Yönetimi'nden yararlanılır.

Büyük M yöntemi en basit haliyle ifadesi, kısıtlamalar " \leq " yerine " \geq " olursa, standart formata geçirildiğinde, eklenecek değişkenlerin katsayıları "-1" olacak ve eşitliklerin sağ tarafının pozitif olması şartı sebebiyle temel değişkenlerin seçiminde eklenen değişkenler kullanılamayacaktır. Bu durumda sisteme yeni yapay değişkenler eklenerek problem çözülebilir. Yapay değişkenlerin çözüme etki etmemesi için, çözümde bu değişkenlerin 0 olmasının sağlanması gerekmektedir. Bunu yapmak için amaç fonksiyonuna "M" olarak göstereceğimiz büyük bir katsayı ile eklenir ve optimum çözümde sistemin bu değişkenleri 0 yapması sağlanır (Endüstri Mühendisliği Sitesi 2010:1).

Büyük M yöntemi, problem bir maksimizasyon problemi ise, $M > 0$ olmasından dolayı çok büyük bir değeri ifade eder ve yapay değişken $-M$ olarak amaç denkleminde yerini alır. Minimizasyon problemlerinde ise $+M$ olarak ifade edilir.

Bu bilgiler yardımıyla da minimizasyon probleminin çözümü aşağıdaki örneklerle verilmiştir.

Amaç fonksiyonu; (1)

$$\text{Minimum } Z = 3x_1 + 2x_2 + x_3 \quad \text{Min } Z = 3x_1 + 2x_2 + x_3 + MA_1 + MA_2 + 0V_1 + 0V_2$$

Kısıtlayıcılar; (2)

$$\begin{aligned} 2x_1 + 3x_2 + x_3 &\geq 21 & 2x_1 + 3x_2 + x_3 + A_1 - V_1 &= 21 \\ x_1 + x_2 + x_3 &\geq 12 & x_1 + x_2 + x_3 + A_2 - V_2 &= 12 \end{aligned}$$

$$x_1, x_2, x_3, A_1, A_2, V_1, V_2 \geq 0 \quad (3)$$

Yapılan standart forma dönüştürme işlemlerinden sonra başlangıç simpleks tablosu oluşturulur ve Tablo 8' de açıkça gösterilmiştir.

Tablo 8: Başlangıç Simpleks Tablosu (Minimizasyon)

Başlangıç Simpleks Tablosu (Minimizasyon)									
AKS	TDS	3 X ₁	2 x ₂	1 x ₃	M ₁	0 V ₁	M A ₂	0 V ₂	ÇV
M	A ₁	2	3	1	1	-1	0	0	21/3=7
M	A ₂	1	1	1	0	0	1	-1	12/1=12
Z _j		3M	4M	2M	M	-M	M	-M	
C _j - Z _j		3 - 3M	2 - 4M	2M - 1	0	M	0	M	

Minimizasyon problem çözümü olduğundan C_j - Z_j satırındaki en küçük değer bulunduğü sütun anahtar sütun, çözüm vektör satırındaki değerlerin anahtar sütuna bölünmesiyle elde edilen en küçük değeri elde ettiğimiz satır ise anahtar satırdır.

Diğer satır elemanları ‘Yeni sıra elemanı = Eski sıra elemanı - (Temel sayı * Temel sıra elemanı)’ formülasyonu dikkate alınarak yeni tablo değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

Tablo 9: Birinci Simpleks Çözüm Tablosu (Minimizasyon)

Birinci Simpleks Çözüm Tablosu									
AKS	TDS	3 X ₁	2 x ₂	1 x ₃	M A ₁	0 V ₁	M A ₂	0 V ₂	ÇV
2	x ₂	2/3	1	1/3	-1/3	0	1/3	0	7/1/3=21
M	A ₂	1/3	0	2/3	1/3	-1	-1/3	1	5/2/3=7.5
Z _j		$\frac{M+4}{3}$	2	$\frac{2M+2}{3}$	$\frac{M-2}{3}$	-M	$\frac{-M+2}{3}$	M	5M+14
C _j - Z _j		$\frac{5-M}{3}$	0	$\frac{1-2M}{3}$	$\frac{2M-2}{3}$	M	$\frac{4M-2}{3}$	0	-

Tablo 10: İkinci (Optimal) Simpleks Çözüm Tablosu (Minimizasyon)

İkinci (Optimal) Simpleks Çözüm Tablosu									
AKS	TDS	3 X ₁	2 x ₂	1 x ₃	M A ₁	0 V ₁	M A ₂	0 V ₂	ÇV
2	x ₂	1/2	1	0	-1/2	1/2	1/2	-1/2	9/2
1	x ₃	1/2	0	1	1/2	-3/2	-1/2	3/2	7.5
Z _j		3/2	2	1	-1/2	-1/2	1/2	1/2	33/2
C _j - Z _j		-3/2	0	0	-1/2	-1/2	$\frac{-2M+1}{2}$	$\frac{-2M+1}{2}$	

Minimizasyon problemi olduğu için $C_j - Z_j$ çözüm değerlerinin 0 ya da pozitif olması optimal çözüme ulaşıldığının kanıtıdır. Yukarıda tablo 10' te optimal çözüm tablomuz olup çözüm sonuçlarını vermektedir.

Elde edilen optimal çözüm sonuçları; $X_1 = 0$, $X_2 = 9/2$, $X_3 = 15/2$ ve $Z_{min} = 33/2$ olur.

2.5.2.2. Simpleks Yönteminde Karşılaşılan Özel Durumlar

Simpleks yöntemi uygulanırken bazı durumlar ortaya çıkabilir. Bu özel durumlar ve çözümleri aşağıda belirtilmektedir.

- **Dejenerasyon (Yozlaşma):** Simpleks yöntemi uygulanmalarında karşılaşılan dejenereasyon durumları farklı şekillerde ortaya çıkabilir. Simpleks yöntemi uygulanırken anahtar sıra seçiminde karşılaşılan bozulma, anahtar sütunun seçiminde karşılaşılan bozulma, bir veya daha fazla temel değişkenin çözüm değeri sıfır oluyorsa ve işlemler esnasında bir döngü oluşması sonucu bir türlü sonuca ulaşılmaması nedeniyle de bir bozulma gerçekleşebilir.
- **Alternatif optimum çözümler:** Amaç fonksiyonu optimum çözümü sağlayan kısıtta paralel olduğu zaman, bir çözüm noktası yerine birden çok çözüm noktasında optimum sonuca ulaşabilir. Çok sayıdaki noktalar alternatif çözüm noktalarını oluşturur.
- **Sınırlandırılmamış çözüm:** Bazı doğrusal programlama modellerinde, amaç değeri sonsuza kadar arttırılabilir yâda azaltılabilir. Modelin zayıflığı çözüm uzayının en az bir yönde sınırlandırılmamış olduğu çözümlere neden olur.
- **Uygun Çözümün olmayışı:** Herhangi bir DP modelinin kısıtları aynı anda sağlanamıyorsa uygun çözüm yok demektir. Böyle bir durum modelin tüm kısıtlarının \leq yönünde olması durumunda ortaya çıkamaz, zira artık değişkenler uygun çözümü oluşturabilirler. Kısıtların \geq yönünde olması durumunda ise yapay değişkenler ekleneceği için bunların optimum çözümde sıfır değerini alması beklenir. Modele eklenmiş herhangi bir yapay değişken optimum çözümde negatif değer alıyorsa problem çözümsüzdür. Böyle bir durumla da problem doğru formüle edilmediği zaman karşılaşılır.

2.6. Doğrusal Programlamada Dualite ve Duyarlılık Analizi

Doğrusal programlama modellerinin simpleks yöntemi kullanılarak çözümlenmesi aşamasında karşılaşılan problemler olabilir. Bu aşamada problemi dualite yardımıyla çözüme ulaştırabiliriz. Doğrusal programlama problemlerinde her maksimizasyonun minimumu olduğu gibi her minimizasyonun da bir maksimumu mevcuttur. Doğrusal programlamada maksimizasyon problemini primal olarak adlandırırsak aynı problemimin minimizasyonunu da dual olarak adlandırırız. Bunun terside doğrudur. Burada tek değişmeyen her iki çözümde de elde edilen en uygun çözümdür.

Primal problemi dal probleme çevirirken izlenilmesi gereken yollar aşağıda verilmiştir:

- Her iki problem türünde de pozitiflik kuralı sağlanmalıdır.
- Primal problemin amaç fonksiyonu maksimumsa, dual problemde minimum amaçlanmaktadır veya tam tersi söz konusudur.
- Mevcut problemlerdeki kısıtlayıcıların yönü primalden duala geçerken yön değiştirir. Dualden primale geçerken de aynı kural uygulanır.
- Primal modeldeki kısıtlayıcılar dual modelde karar değişkeni olurken, primal modeldeki karar değişkenleri de dual modelde kısıtlayıcı haline dönüşmektedirler.
- Primal modeldeki kısıtlayıcıların katsayı matrislerinin transpozesi dual modeldeki kısıtlayıcıların katsayı değerlerini oluşturmaktadır.
- Primal probleminin kısıtlayıcı denklem sayısı, dual problemin değişkenlerin sayısına eşittir. Dual problemin kısıtlayıcı sayısı ise primal problemin değişken sayısına eşittir.

Dual problem, primal probleme kıyasla bazı üstünlüklere sahiptir. Örnek olarak dual sorunu çözmek her zaman primale göre daha kolay olmakla birlikte, ekonomik yorumlamaları ve güçlü varsayımları ortaya koyar. Dualite problemlerinde dual simpleks tekniğiyle başlangıç çözümün mümkün olmadığı durumlarda çözüme ulaşabilir.

Primal ve dual problemler arasındaki ilişki o kadar yakındır ki, bir problemin optimum çözümü diğer problemin optimum simpleks tablosundan kolaylıkla, hesap yapmadan elde edilebilir. Primal ya da dual'in herhangi bir simpleks yinelemesidir (Hamdy, 2001:212).

Maksimizasyon olan doğrusal programlama modelinin dual problem haline dönüştürülmüş hali Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11: Dual Probleminin Formülasyonu

PRİMAL	DUAL
$\text{Max } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$	$\text{Min } W = B_1y_1 + B_2y_2 + \dots + B_my_m$
$A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + \dots + A_{1n}x_n \leq B_1$	$A_{11}y_1 + A_{12}y_2 + \dots + A_{m1}y_m \geq C_1$
$A_{21}x_1 + A_{22}x_2 + \dots + A_{2n}x_n \leq B_2$	$A_{12}y_1 + A_{22}y_2 + \dots + A_{m2}y_m \geq C_2$
<p>.....</p>	<p>.....</p>
$A_{m1}x_1 + A_{m2}x_2 + \dots + A_{mn}x_n \leq B_m$	$A_{1n}y_1 + A_{2n}y_2 + \dots + A_{mn}y_m \geq C_n$
$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$	$y_1, y_2, y_m \geq 0$

Maksimizasyon Probleminin Dual' e Dönüştürülmesi

Primal problem: Maksimum $z = 6x_1 + 9x_2$ (1)

Kısıtlayıcılar $5x_1 + 9x_2 \leq 1600$ (2)

$6x_1 + 2x_2 \leq 1800$

$x_2 \leq 350$

Ve $x_1, x_2 \geq 0$ (3)

Dual hali ise: Minimizasyon $y_0 = 1600y_1 + 1800y_2 + 350y_3$ (1)

Kısıtlayıcılar: $5y_1 + 6y_2 \geq 6$ (2)

$9y_1 + 4y_2 + y_3 \geq 9$

ve $y_1, y_2, y_3 \geq 0$ (3)

Minimizasyon Probleminin Dual'e Dönüştürülmesi

$$\text{Primal problem: Minimum } z = 14x_1 + 8x_2 \quad (1)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar: } 12x_1 + 17x_2 \geq 9 \quad (2)$$

$$3x_1 + 4x_2 \geq 2$$

$$\text{ve } x_1, x_2 \geq 0 \quad (3)$$

$$\text{Dual çözümü ise: Maksimum: } y_0 = 9y_1 + 20y_2 \quad (1)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar: } 12y_1 + 3y_2 \geq 14 \quad (2)$$

$$17y_1 + 4y_2 \geq 8$$

$$\text{ve } y_1, y_2 \geq 0 \quad (3)$$

2.6.1. Dualitenin Ekonomik Yorumu

Primal probleme kaynak dağıtım modeli olarak bakıldığında, n ekonomik faaliyete ve m adet kaynağa sahip olduğu görülür. C_j 'ler j faaliyetindeki birim karı gösterir. Maksimum kullanımı b_i olan i kaynağı, j faaliyetinin birimi başına a_{ij} birimlik bir hızla kullanılmaktadır. Optimumluk (maksimum getiri) kaynakların tamamının kullanımında gerçekleşir. Bu durumda girdi (kaynakların değeri), çıktıya (kar) eşittir. Girdi, çıktıyı aştığında sistem optimum değildir. Denge girdi=çıktı olduğunda sağlanır. w_i dual değişkenlerinin i kaynağının birim başına değerini gösterdiğini söyleyebiliriz. Diğer bir anlamıyla marjinal karları (veya maliyetleri) gösterirler (Endüstri Mühendisliği Sitesi, 2011: 1).

2.6.2. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, doğrusal programlama modellerinde karar değişkenlerinin birim değişimi ile ortaya çıkacak genel çözüm farkını inceler. Basit bir analiz olmakla birlikte

çözümün farklı koşullar altında nasıl etkileneceğinin bulunmasında oldukça etkili bir yöntemdir.

Doğrusal programlama problemlerinin en uygun çözüm modeli mevcut zamandaki geçerli koşulların görüntüsünü temsil edecek şekilde formüle edilir. Gerçek dünyada karar ortamları nadiren durgun kalır ve en uygun değişiklikleri belirlemek için doğrusal programlamanın yeteneği ile parametrelerde değişiklik yapmadan sonuçlandırmaya çalışır. Buna duyarlılık analizi denir. En uygun çözüm için verimli hesaplama teknikleri ile dinamik davranışları incelemeyi sağlar (Taha, 1997:111).

Duyarlılık analizi, herhangi bir karar sürecine ilişkin girdi faktörlerindeki değişimlerin alınacak, en son karar üzerindeki etkisinin incelenmesidir (Beenhakker, 1976' dan aktaran: Tecer, 1986:1).

Duyarlılık analizi yardımıyla aşağıda belirtilen değişimlerin optimal çözüme etkisi incelenebilir. Söz konusu değişimler şunlardır:

1. Kısıtların sağ taraf sabitlerinin değişimi: Doğrusal programlama probleminde belirlenen kısıtlayıcıların katsayı değerleri sabit sayılır. Ancak ileriki dönemlerde bu değerlerde belirgin değişimler gözlenebilir. Buna bağlı olarak değişen kısıtlayıcı katsayılarının çözüm tablosundaki değişkenlerin c_j-z_j sırasındaki değerlerini ne ölçüde değiştirdiğine bakılır. Eğer değişim miktarı bu değerleri sıfırdan büyük bir duruma getirecekse, optimal çözümün değişmesi beklenir. Tersisi durumda optimal çözüm değişmeyecektir. Minimizasyon problemi için tersi durum geçerlidir.

2. Probleme yeni değişken eklenmesi: Probleme yeni değişken eklenmesi gerektiğinde, bu değişkenin c_j-z_j satırındaki değerine bakılır. Eğer değişiklik bu değeri sıfırdan büyük hale getirecekse, değişkenin optimal çözüme dahil olması gerekmektedir. Bu sonuçta optimal çözümde bir değişikliğe yol açmaktadır. Minimizasyon problemi için tersi durum geçerlidir.

3. Probleme yeni kısıt eklenmesi: Optimal çözümü belirlenen bir probleme eğer yeni bir kısıtlayıcı denklem eklenecek olursa, bunun optimal çözüm üzerindeki etkisi incelenir. Optimal çözüm değerleri yeni kısıtlayıcı denklemde yerine koyularak denklemin sağlanıp sağlanmadığına bakılır. Eğer denklem sağlanıyorsa optimal çözümde bir

değişiklik beklenmez. Ancak denklem sağlanmıyorsa problem yeni kısıt eklenerek yeniden çözümlenir. Buna bağlı olarak ta optimal çözüm değişecektir.

4. İhtiyaç vektöründeki (b_i) değişim: İhtiyaç vektöründeki değişimin optimal çözüm üzerindeki etkisine bakarken gölge fiyatlarına bakmamız gerekir. Çünkü gölge fiyatları b_i değerlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bunun için çözümde temel olmayan değişken olup olmadığına bakılır.

a) Eğer temel olmayan değişken çözümde yer alıyorsa, bulunduğu denklemde o miktarda fazlalık olduğunu göstermektedir. Eğer değişim miktarı bu değerden az olursa optimal çözümde değişiklik beklenmez. Çözümde bulunan değer kadar yada daha fazla miktarda azalma olursa optimal çözümde değişiklik kaçınılmazdır.

b) Eğer çözümde temel değişken varsa, o zaman durum biraz farklılık göstermektedir. Çözüm tablosunda bulunan çözüm değerlerinin, b_i değeri değişerek işleme girecek olan değişkenin bulunduğu sütun değerlerine bölünerek b_i değerindeki değişimin alttan ve üstten sınırları belirlenir. Eğer b_i değerindeki değişim, bu aralığın dışına çıkacak seviyede bir değişimse optimal çözüm değişecektir. Aksi halde optimal çözüm değerinde bir değişiklik olmaz.

5. Amaç fonksiyonu katsayılarındaki değişim: Amaç fonksiyonundaki katsayı değerlerindeki değişimin o katsayıyı taşıyan değişkenin optimal çözümde olup olmadığına bağlıdır.

a) Eğer değişime uğrayan değişken optimal çözümde değilse, bu değişkenin katsayısının yeterli büyüklükte olmamasından kaynaklanmaktadır. Eğer bu katsayı değeri büyütülüp $c_j - z_j$ satırındaki değeri sıfırdan büyük olacak değere gelirse, bu değişkenin optimal çözüme girmesi gerekmektedir. Bu durumda optimal çözümde değişecektir. Ancak bu katsayı değeri küçülürse, bunun optimal çözüm üzerinde bir değişikliğe yol açmayacağı açıktır. Minimizasyon problemi için tersi durum geçerlidir.

b) Eğer değişime uğrayan değişken optimal çözüm içerisindeyse, bu değişkenin katsayısındaki bir artış optimal çözüm üzerinde herhangi bir değişikliğe yol açmayacaktır. Eğer bu değerde bir azalma sonucu değişken optimal çözümden çıkıp yerine başka bir değişken çözüme girecek şekilde bir değişiklik olursa, optimal çözümde bir değişiklik olacaktır. Minimizasyon problemi için tersi durum geçerlidir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN SANAL BİR PETROL RAFİNERİ ŞİRKETİNE UYGULANMASI

3.1. Giriş

Doğrusal programlama yöntemi, işletmelerde yöneticilere değişik biçimlerde yararlı ve yardımcı olmaktadır. İlk olarak işletmedeki üretim ve işlemler hakkında önceden bilgi vermektedir. İkincisi, endüstriyel sistemlerin yapısını matematik olarak araştırmaya, modeller kurmaya zorlamaktadır. Üçüncüsü de işletmede verimliliğin artması için yöneticiler elinde önemli bir araç olmaktadır.

Çok miktarda, birden fazla ürün üreten işletmelerde sık karşılaşılan üretim plânlama sorunlarından biri, belirli pazar şartları altında, kapasiteden en yüksek oranda yararlanarak, maksimum kârı veren üretim yapısının bulunmasıdır. Böyle bir sorunun çözümü ancak doğrusal programlamayla mümkündür.

Doğrusal programlama modellerinin uygulamaları göstermiştir ki temelde bir kaç ana model vardır. Diğer uygulamalar bu ana modellerin kombinezonu ya da değişik konularda uygulanmalarıdır. Uygulamaları değişik şekillerde gruplandırma yapılmaktaysa da temel olarak endüstrideki diğer üç gruba ayrılabilir (Gürdoğan, 1981:47);

- a. Değişik üretim konularında üretim ve stok plânlama uygulamaları.
- b. Petrol ve diğer sanayi sektörlerinde optimum karışımın tayinindeki uygulamalar.
- c. Doğrusal programlama modelinin özel bir hali olan ulaştırma modelinin uygulamaları

Çalışmamızda verilerin elde edilme zorunluğu yaşanmasından dolayı sanal bir firma oluşturulmuş olmakla birlikte mevcut rafineri şirketlerinin işleyiş ve uygulama aşamaları birebir dikkate alınmıştır. Konu olan işletme AKÇAY Petrol Rafineri A.Ş. ismiyle çalışmada vurgulanmaktadır. İşletmenin kullandığı hammadde ham petroldür. Ham petrolün işlenmesiyle birlikte elde ettiği ürünlerden biri olan asfalt için doğrusal programlama modeli yardımıyla, işletme amaçlarına uygun üretim planlaması hazırlanmaya çalışılacaktır.

Rafinerilerde üretim planlamasının amacı, en değerli ürünün üretilmesi, üretilirken hangi ürünlerin kullanılmasını, aynı zamanda gerekli olan piyasa talebini karşılayabilmek için de kullanılmaktadır (Ganji, 2010:1).

Rafineri işlemleri ham petrolün havada damıtılmasıyla başlar. Bu damıtma sonucu çok sayıda ara ürün ortaya çıkar. Diğer ürünler aynı hammadde ya da ara ürünlerin değişik oranlarda karıştırılmasından elde edilir. Bu yüzden rafineri işlemlerinin optimizasyonu oldukça karışıktır. Doğrusal programlamanın üretim planlamasında uygulanmasının ilk çalışmasını atölye tipi üretimde M.E. Salveson yapmıştır. Charnes, Cooper ve Mellon bu konuda öncü çalışmalar yapmışlardır(Salveson, 1953' ten aktaran: Gürdoğan, 1981:48). Bunları diğer çalışmalar izlemiştir.

Petrol rafinerileri, bir sürü farklı ve zor işleme süreçleriyle birlikte en karışık kimyasal endüstrilerden biridir. Bu yüzden de bilinir ki petrol rafinerileri devamlı ürün işleme süreçleridir. Üretim planlama optimizasyonlarının yanında petrol rafinerileri ürkütücü hatta imkansız görevlerle ilgilidir (Zhen ve diğerleri, 2008: 67).

Petrol sahalarının görevi, istenilen operasyon amaçlarına ulaşmak için üretim operasyon strateji planlarını yapmaktır. Bu amaçlar zamana bağlı olarak sahadan sahaya değişmektedir. Fakat ortak dilekleri, günlük üretim maksimizasyonu ve üretim maliyetlerini minimizasyonudur (Wang, 2003:1).

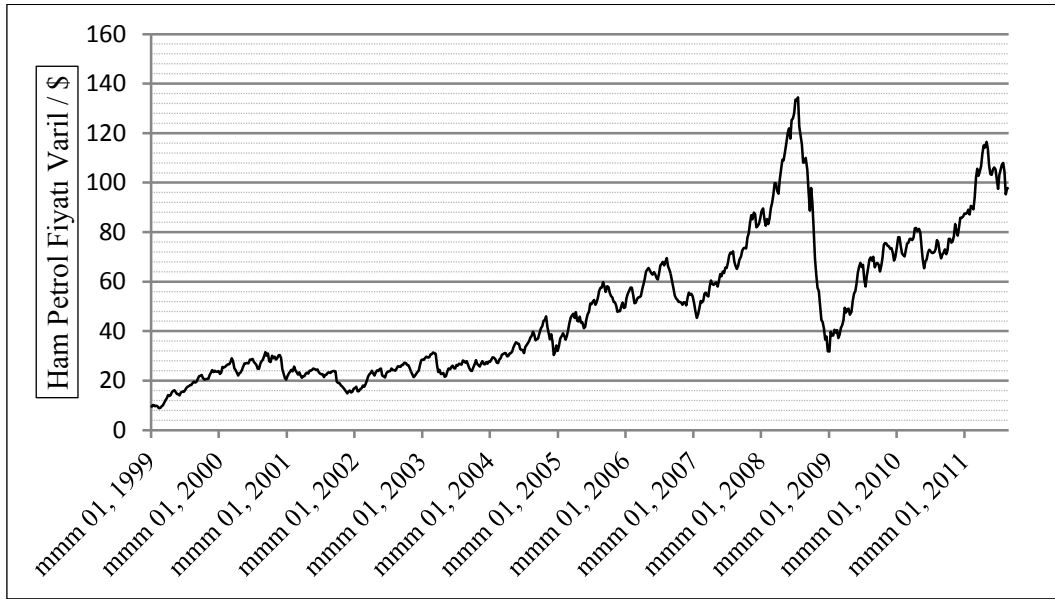
Ham petrol günümüzün en önemli enerji hammaddesidir ve yaygın kullanımı ile birlikte dünya ekonomisine de yön veren bir üründür. Dünya ham petrol fiyatları değişkenlik gösteren bir yapıda olmakla birlikte satın alma fiyatlarının ABD doları (\$)

cinsinden olması ve fiyatların kısa dönemlerde bile büyük değişkenlikler gösterebilmesi ham petrol temin antlaşmalarına da yansımakta, kesintisiz şekilde üretim yapan işletmeler açısından ham petrol temin ve fiyatlandırma aşaması çok büyük önem taşımaktadır.

Petrolün dünya ekonomi politikasındaki yeri tartışılmaz bir gerçektir. Kullanım alanının yaygın olması bu ürüne bağımlılığı arttırmış ve sonuçta hidrokarbon, yerküre içindeki diğer kaynaklardan ayrılarak stratejik bir konuma gelmiştir. Bu stratejik önemi kavrayan ülkeler, 20. yüzyılın başlarından itibaren petrole dayalı stratejilerini uygulamaya geçirmişlerdir (Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı [DPTM], 2006:11).

Ülkelerin petrol rezervleri, stok durumları, taşıma ve üretim maliyetlerinin yanı sıra enerji ve ulaştırma sektörünün de petrol ürünlerine olan gereksinimiyle petrol fiyatları değişmektedir. Dünya ham petrol fiyatlarındaki göre değişim Grafik 3’de gösterilmektedir.

Grafik 3: Dünya Ham Petrol Fiyatlarının Yıllara Göre Değişimi



Kaynak: Amerika Birleşik Devletleri Resmi Enerji İstatistikleri (2011)

http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_wco_k_w.htm, 27.09.2011

Dünya ham petrol fiyatları, 1999 yılından 2007 yılına kadar artma ve azalma ivmeleriyle birlikte belli bir ortalama etrafında seyretmesine rağmen, 2008 ve 2009 yıllarında ham petrol fiyatlarında çok hızlı değişimler yaşanmıştır. 2010 yılının ilk on

ayında ise genellikle 70-80 \$/varil aralığında seyretmiş, Ekim ayında artış eğilimine girmiş ve yılı 90,61 \$/varil seviyesinde kapatarak, 2010 yılı içinde toplam %20 artış kaydetmiştir. 26 Ağustos 2011 tarihinde ise ham petrol fiyatı ise 105,89 \$/varil olarak gerçekleşmiştir.

Petrol fiyatlarının bundan sonraki seyri ile ilgili çok çeşitli analizler yapılmakta ve fiyatların daha da yükselip yükselmeyeceği başta olmak üzere, senaryolar üretilmektedir. Enerji güvenliğinin, ekonomik ve giderek ulusal güvenliğin ayrılmaz bir unsuru haline gelmesinden dolayı, petrol fiyatlarının geleceğe yönelik seyri herkesi yakından ilgilendirmektedir. Tükettiği enerjinin yaklaşık % 40'ını petrol ile karşılayan ve petrolün de yaklaşık % 90'ını ithal eden Türkiye için bu husus, daha da yaşamsal boyuttadır (DPTM, 2006: 64).

3.2. Literatür Taraması

1940' lı yıllardan beri, günümüzde özellikle endüstriyel problemlerin (gıda sanayi, tekstil sanayi, petrol rafinerisi, orman endüstri gibi) optimizasyonu ile ilgili çözümünde yaygın kullanılan doğrusal programlama modeli, her geçen gün daha da artan bir ivmeyle işletmeler tarafından farklı karar problemlerinde kullanılmaktadır. Farklı sektör problemlerinin çözüm aşamasında uygulanan doğrusal programlama yöntemiyle ilgili çalışmalarının bir kısmına uygulama yılları dikkate alınarak aşağıda değinilmeye çalışılmıştır.

Gürdoğan (1981), demir çelik üretiminde verimliliğin artırılmasına yardımcı olacak bir doğrusal programlama modeli ile üretim planlaması oluşturmuştur. Uygulama sonucunda aylak kapasiteyi minimumuma indiren, toplam kârı maksimum yapan programlar bulunmuş ve ne ölçüde tasarruf sağlanabileceği hesaplanmıştır.

Kağnıcıoğlu (1991), işletmelerde ki üretim planlama ve kontrol faaliyetlerinin etkinliğinin artırılması amaçlayan bir doğrusal programlama modeli önererek Eti Gıda San. A.Ş. firmasına uygulamıştır. Belirli bir dönemde ne kadar ürün üretilebileceği, olması gereken stok düzeyleri bulunmuştur. En sonunda modele uygulanan duyarlılık analizi yardımıyla da hangi ürünlerin işletme açısından zararlı olduğu, üretilecek ürünlerin hangilerinde değişkenlik yapılabileceği belirlenmiştir.

Öncül (1992) de, bir tekstil işletmesinde doğrusal programlama modeli yardımı ile çalışma periyodu için karı maksimize eden üretim planlaması modeli uygulamıştır.

Yalçınkaya (1994), üretim planlamada doğrusal programlama tekniklerinden yararlanarak optimal kara ulaşılabileceğini kanıtlamıştır. Bunun yanında amacın ve problem elemanlarının doğru bir şekilde tanımlanmasıyla, doğrusal programlama modelinin üretim planlamasında kullanılan en etkin ve en hızlı optimizasyon tekniği olduğunu da kanıtlamıştır.

Iyer, Grossmann, Vasantharajan ve Cullick (1998) yılında yaptıkları çalışmalarında kıyı kenarlarındaki petrol tesislerinin yatırım ve operasyon planlama ve çizelgeleme işlemleri için çok dönemli karışık tam sayılı doğrusal programlama modelinden yararlanmışlardır. Çalışmadan elde edilen verimlilik ile modellemelerin petrol rafinerilerinde uygulanabilirliği kanıtlanmıştır.

Koç (2001) de, tam sayılı doğrusal hedef programlama yardımıyla, farklı hasta grupları için bir diyet problemi çözümünü amaçlamıştır. Bu çalışma ile ileride hazırlanacak diyet problemlerine öncü niteliğinde olmuştur. Farklı hastalara farklı enerji ve besin öğeleri miktarları belirlenebilecektir.

Türköz (2001), uygulama yeri olan, Isparta Mensucat İplik Fabrikası Boyahanesine doğrusal programlama tekniği kullanılarak, eldeki kaynaklarla en kısa zamanda nasıl müşteriye ulaştırılır ve kaliteli iplik üretimi nasıl sağlanır, soruları baz alınarak üretim planlaması uygulamış ve mevcut sorularına çözüm bulmuştur.

Joly, Moro ve Pinto (2002), petrol rafinelerinde planlama ve çizelgeleme problemleri için doğrusal olmayan ve karışık tamsayılı optimizasyon modelleri kullanarak çözümlenmeyi ve geliştirmeyi amaçlamışlardır. Optimizasyon modellerinde, ürünlerin üretimini artırarak ve aynı anda tüm kısıtlamaları da tatmin edebilecek düzeyde yeni işlem noktaları oluşturulmaya çalışılmıştır. Uygulamalar ile, rafinerinin tek bir petrol boru hattı tarafından aldığı ham petrolün stok yönetimi sorunu, iki optimizasyon modelleri da envanter kontrolü ve dağıtım optimal üretim politikasını tanımlamak amacıyla fuel-oil ve asfalt tesisi için kullanılmıştır.

Bircan ve Kartal (2003) de, işletme kapasitelerinin maksimum karla kullanılmasını amaçlayan problemi doğrusal programlama tekniğinden yararlanarak çözmeye çalışmışlardır. Kapasite planlama yöntemi çimento fabrikasına uygulanmıştır.

Wang (2003) yılında petrol sahaları için üretim optimizasyonu ve gelişimi için yaptığı çalışmada doğrusal programlama yöntemi ile kısa dönem operasyon amaçlarına ulaşmakla birlikte, yeni petrol sahalarının geliştirilmesinde doğru planlanmanın önemini de ortaya çıkarmıştır.

Ulstein, Nygreen ve Sagli (2005) doğrusal olmayan model yardımı ile Norveç petrol rafinelerinin üretim planlaması için çalışmışlardır. Üretim seviyeleri, petrol ve gaz ürünleri, işlenen kuyu hacimleri, üretim akış şemaları ve boru hattı ağ taşımacılığı sorunları düzenlemeye çalışmışlardır. Analiz sonucunda simülasyon sonuçları incelenmiş, işlem sürecindeki hata payları azaltılmaya çalışılmıştır. Sonuçların grafiksel sunumu ile modelin güvenilirliği desteklenmiştir.

Seçme (2005), klasik doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlamanın karşılaştırma analizini Nevşehir’ de faaliyet gösteren bir un fabrikasına üretim planlama modeli uygulamıştır. Mevcut olan belirsizlikleri azaltıcı, sistemi geliştirici kararlar yanında modelin çözümü sonucunda karar vericinin ulaşmak istediği doyum derecesi/tatmin derecesini göstermektedir. Yapılan bu çalışmanın bulanık doğrusal programlama ile yapılacak çalışmalara öncülük edeceği düşünülmektedir.

Turalı ve Köse (2005) ise, doğrusal hedef programlama yöntemi ile Türkiye’deki sigorta şirketlerinin performanslarını karlılık, likidite ve kapasite açısından değerlendirmişlerdir. Sonuçlar doğrultusunda, hem kısa dönem hem de uzun dönem için ileriye yönelik hedeflerini belirleyip bu hedeflere göre işletme stratejilerini uygulayabileceklerini göstermişlerdir. Bu çalışma sayesinde sektördeki şirketlere kalıcı bir başarı elde edebilecekleri gösterilmiştir.

Kocadağlı (2005), doğrusal hedef programlama ile işletmeye bütçeleme problemi uygulayarak 1 yıllık dönemde arttırılması gereken ders miktarları ve gelecek dönem için

beklenen vergi miktarı belirlenerek öğrencilerden talep edilmesi gereken ücret miktarı belirlenmiştir.

Çevik (2006), tam sayılı doğrusal programlama yardımıyla işletmeye minimum maliyeti sağlayacak işgücü planlama uygulamasını WINQSB 1.00 paket program yardımıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda hangi vardiyada hangi personelden kaç adet çalıştırılması gerektiği belirlenmiştir.

Imamura, Konishi ve Imai (2006), petrol rafineleri çalışmalarında kontrol ve üretim planlaması için eşzamanlı optimizasyon yöntemini önermişlerdir. Ürün hazırlama, ara depolama tankları ve stoklama işlemleri için önerilen yöntem kullanılmış ve karar değişkenleri optimize edilmiştir. Çalışma ile birlikte stok kontrol ve üretim planlama sonuçları merkezi sonuçlarla karşılaştırılarak toplam tedarik zinciri çözümlenmiştir.

Aydın (2006), doğrusal programlama modellemesini Aydınlar Tuğla Sanayi A.Ş.'nin tuğla üretimine uygulamıştır. Optimal üretim planlamasında elde edilen sonuçlar, üretim kapasitesinin kullanımı ve kar miktarında artmış gözlenmiştir. Üretim planlama ile işletme karının artırılabilceği ortaya konulmuştur.

Tuş (2006) da, bulanık doğrusal programlama modelinin işletmelerin üretim planlamasında nasıl kullanılacağını ortaya koyan bir çalışma oluşturmuştur. Ve bu çalışmayla bulanık doğrusal programlama modelinin, sistemin çıktılarının iyileşmesinin yanında, en iyi çıktıyı veren girdi bileşiminin belirlenmesine ve optimal bir sistemin tasarlanmasına yardımcı olduğu görülmektedir.

Özsan (2006), mermer işleme tesislerinde ürün miktarının doğrusal programlama tekniği yardımıyla belirlemeye çalışmıştır. Çalışma sayesinde tesiste üretimi gerçekleştirilebilen ürünlerden hangilerinin daha verimli olduğu, hangi ürünlerden üretilerek en yüksek gelire ulaşılabileceği ve söz konusu ürünlerden ne kadar üretilmesi gerektiği ortaya konulmuş, böylece firma sahiplerine pazar politikası yürütülmesinde kılavuzluk edilmiştir.

Tunçay (2006), bir maden işletmesinde doğrusal programlama yöntemini karışım ve taşıma maliyetlerinin minimizasyonun da uygulamıştır. Uygulama sonucunda hedeflenen amaca ulaşılmış, işletmenin rekabet edilebilirliği arttırılarak, daha bilimsel sonuçlara ulaşılabildiğini kanıtlamıştır.

Büyükkeklik (2007) de, prefabrik yapı elemanları üretim planını üretim tipine bağlı olarak üretim sisteminin problemleri belirlenmiştir. Doğrusal programlama modelinin uzantısı kabul edilen tam sayılı programlama ve amaç programlama modellerini kullanarak kısa dönemli üretim planlaması için matematiksel modeller geliştirilmiştir. Lindo paket programından da yararlanarak teslim tarihine minimum maliyetle üretim faaliyetlerinin yerine getirilmesini sağlamıştır.

Türe ve Bozdağ (2007) de, İMKB' de ki optimum portföy yatırımcının farklı risk davranışlarına bağımlı çeşitli senaryolarını, belirsizlik altında bulanık doğrusal programlama yardımı ile çözümlenmeye çalışmışlar ve farklı portföyler üzerinde ki etkilerini gözlemlemişlerdir.

Günden ve Miran (2008), Torbalı yöresinde bulanık doğrusal programlama ile uygulamaya elverişli esnek tarımsal üretim planlarının elde edilmesi üzerine bir araştırma yapmışlar ve çiftçiler açısından üretim planlarına uygulanabilecek yardımcı fikirler sağlamışlardır.

Uluçam (2008), petrol ürünleri sanayinde karma tamsayı programlama yöntemi ile üretim planlama uygulaması ile üç dönemlik bütünleşik üretim planı oluşturmuş, bu üretim planlama modelleri sayesinde işletme toplam karında artışla birlikte bütünleşik üretim planlamasının yapılması kadar alternatif planların da hazırlanması ve bu planların da değerlendirilmesinin işletmelere fayda sağladığını kanıtlamıştır.

Gunnerud ve Foss (2009), petrol ürünleri işletim sisteminin gerçek zamanlı optimizasyonlarında şeffaflığı geliştirmek ve verimliliği arttırmak için yeni fikirler geliştirmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında Lagrange ve Dantzig Wolfe metotlarından yararlanarak verimli bir gerçek zaman optimizasyon problemi oluşturmuşlardır. Aynı zamanda doğrusal olmayan modeller ile karışık tam sayılı ve parçalı doğrusal modeller ile

birlikte oluşabilecek hata payları hesaplanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda petrol endüstrisinde Dantzig Wolfe modellerinin Lagrange modellerinden daha verimli sonuçlar verdiği ve karışık tam sayılı doğrusal programlama modelinin ise üretim optimizasyonu çözümlerinde verimliliği arttırdığı vurgulanmıştır.

Benyoucef (2010) çalışmasında dinamik doğrusal modeller ile yerli ürün taleplerini ve uluslararası piyasadaki belirsizlikleri de düşünerek, Cezayir rafineri sanayisini geliştirmeyi amaçlamıştır. Cezayir rafineri endüstrisi basit bir petrol ürünü elde etmek için tasarlandığı belirtilerek sektörün bunu karşılamak için hem talep hacmi açısından hem de özellikleri açısından adapte olmak zorunda olduğu belirtilmiştir. Rafineri planlama modellerinde deterministik bir doğrusal programlama modellerine dayandığı, ancak hammadde fiyatları, talep dalgalanmaları ve diğer Pazar koşulları için parametrelerin kesin olamayacağı vurgulanarak, Cezayir rafinerileri gelişimini analiz etmek için uzun vadeli dinamik bir doğrusal model önerisiyle 2030 yılına kadar sektör incelemesi yapılmıştır. Uzun vadede fiyat ve talep oynaklıkları dikkate alınarak endüstri gelişmesindeki etkileri de incelenmiştir. Cezayir’ de 2005 yılından 2030 yılına kadar rafineri endüstrisi (ürün üretim düzeyi, değişkenlerin özellikleri, ihracat ve ithalat değerleri vb.) incelenerek doğrusal programlama modelleri ile rafinaj sektörünü geliştirmek için bir karar aracı olduğu kanıtlanmış ve diğer çalışmalara öncülük edebileceğine değinilmiştir.

3.3. Sektör Hakkında Genel Bilgi

3.3.1. Ham Petrol ve Sektörünün Durumu

Petrolün milyonlarca yıl önce deniz diplerine çöken hayvan ve bitkilerin üzerine, doğal olaylarla yer tabakalarının yığılması ve meydana gelen bu havasız ortamda, uygun ısı ve basınç altında bakterilerinde yardımı ile oluştuğu kabul edilmektedir (Bayraç, 1999: 85).

Petrol, dünya ekonomisinde dengeleri kolaylıkla değiştirebilecek stratejik bir konumdur. Ve bu konum dünyadaki ekonomik kalkınma ve büyümede de petrolün rolüne önem katmaya devam etmektedir. Artan rolüne rağmen ham petrol arama ve üretimi, pahalı teknolojiler ve büyük yatırımlara ihtiyaç duyduğundan, piyasadaki kuruluşlar alıcı

ve satıcı durumundaki ülkelerin petrole verdiği öneme, gelişen teknolojiye, siyasal, ekonomik, sosyo-kültürel etkenlere, kısaca piyasa faktörlerini dikkate almak durumundadır.

Petrol piyasası aramacılığından başlayıp, taşımacılığı, işlenmesi, pazarlaması ve petrokimya sanayisini de içeren çok geniş bir yapıya sahiptir. Petrolün arama ve çıkarma işlemleri “yukarı pazarlar (upstream markets)”, rafinaj, dağıtım ve pazarlamadan oluşan kısım da “aşağı pazarlar (downstream markets)” olarak adlandırılmaktadır (Soysal, 2003: 13).

Ham petrol koyu renkli, yapışkan ve yanıcı bir sıvıdır. Dünyada üretilen petrolün sınıflandırılmasında, petrolün özgül ağırlığı, içerdiği kükürt miktarı ve akmaya karşı direnç olarak tanımlanan viskozitesi dikkate alınmaktadır. Petrolün özgül ağırlığı gravite olarak da adlandırılmakta ve petrolde bulunma miktarıyla petrolün kalitesi arasında doğru orantı bulunmaktadır. Yani gravite büyüdükçe yoğunluk küçülmekte ve petrolün kalitesi yükselmekte ve hafif petrol olarak adlandırılmaktadır. Hafif petroler (yüksek graviteli) açık kahve, sarı veya yeşil renkli, ağır (düşük graviteli) petroler ise, koyu kahve veya siyah renklidir. Hafif petroler taşınması, üretimi ve işlenmesi açısından kolaylık sağlamasıyla birlikte dünya petrol talebinde büyük pay sahibidir.

Yüksek graviteli petrolün rafinajından çoğunlukla jet yakıtı, benzin, gazyağı ve motorin gibi hafif ve beyaz ürünler, düşük graviteli petrolün rafinajından ise, daha çok fuel oil, kalorifer yakıtı ve asfalt gibi ağır ve siyah ürünler elde edilmektedir.

2010 yılı itibariyle dünya genelinde 662 adet petrol rafinerisi bulunmakla birlikte toplam ham petrol işleme kapasitesi 88,2 milyon varil/gündür. Dünya rafinerilerinde ki artışlar gelişmiş ülkelerden çok hızla gelişmekte olan Asya ülkelerinden kaynaklanmaktadır. Dünyadaki kıtalara ayrılarak oluşturulmuş rafineri sayısı ve rafinaj kapasitesi Tablo 12’ de gösterilmektedir.

Tablo 12: 2010 Yılına Ait Rafineri Sayıları ve Rafinaj Kapasitesi

2010 Yılına Ait Rafineri Sayıları ve Rafinaj Kapasitesi (Milyon Varil/ Gün)		
Bölgeler	2010	2010
Afrika	45	3,2
Asya	165	24,9
Avrupa	190	25,0
Orta Doğu	44	7,2
Kuzey Amerika	152	21,3
Güney Amerika	66	6,6
Toplam	662	88,2

Kaynak: Petrol Piyasası Sektör Raporu (2010) <http://www.epdk.gov.tr/documents/10157/8144ba40-42cc-42ef-8a0a-920a7b67249b27.09/2011>

3.3.2. Dünyadaki Ham Petrol Üretimi ve Tüketimi

Dünya petrol arzının 2009, 2010 ve 2011 yıllarındaki değişimi tablo 13'de gösterilmektedir.

Dünya petrol üretimi, 2011 yılı itibariyle Amerika birleşik Devletleri dışında Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üye ülkeleri petrol üretiminde yaklaşık olarak % 0,8 azalmıştır. Bu dönemde ABD ise petrol üretimindeki payı ise % 0,02 oranında artma belirlenmiştir. Dünya petrol üretimi, Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) üye ülkelerinde ise 2010 yılında yaşadığı azalmaya karşılık, 2011 yılında % 0,3 oranında artma yaşamaktadır.

Tablo 13: Dünya Ham Petrol Üretimi (Milyon Varil / Gün)

Dünya Ham Petrol Üretimi (Milyon Varil / Gün)				
Ülkeler		2009	2010	2011
OECD	ABD	9,14	9,69	9,89
	Diğer	11,9	11,73	11,63
	OECD Toplam	21,07	21,42	21,52
OECD Dışı	OPEC	33,87	35,15	35,28
	Eski SSCB	12,9	13,18	13,39
	Diğer	16,5	17,18	17,37
	OECD Dışı Toplam	63,27	65,51	66,04
Dünya Toplamı		84,35	86,93	87,56

Kaynak: ABD Resmi Enerji İstatistikleri (http://www.eia.gov/emeu/steo/pub/cf_tables/steotables.cfm) 27.09.2011

Dünya ham petrol tüketimi dikkate alındığında ise 2011 yılı itibariyle günlük ortalama 88,2 milyon varil olarak gerçekleşerek 2010 yılına göre % 0,05 oranında azalmıştır. OECD ülkelerinin toplam tüketimdeki payı % 51 olurken, OPEC ülkeleri tek başına % 23' lük tüketim oranıyla, ülke oranıyla en yakın olan ABD ise dünya tüketiminin % 21' ini gerçekleştirmektedir. Tablo 14' de açıkça gösterilmektedir.

Asya'daki Çin ve Hindistan'ın ekonomik büyüme hamlesi nedeniyle talep ettiği petrol, Ortadoğu, Güney Amerika ve Afrika gibi bölgelerde ise nihai tüketim için değil, daha çok ihracat için yapılan rafinaj faaliyeti ve petrokimya sanayi için talep edilmektedir (Türkiye Petrol Kimya Lastik İşçileri Sendikası [TPKLİS], 2011:15).

Tablo 14: Dünya Ham Petrol Tüketimi

Dünya Ham Petrol Tüketimi (Milyon Varil / Gün)				
Ülkeler		2009	2010	2011
OECD	ABD	19,03	19,45	19,28
	Avrupa	14,66	14,58	14,44
	Japonya	4,39	4,45	4,44
	Diğer	7,53	7,64	7,69
	OECD Toplam	45,61	46,12	45,85
OECD Dışı	OPEC	18,24	19,69	20,81
	Eski SSCB	4,14	4,4	4,52
	Diğer	15,93	16,62	17,03
	OECD Dışı Toplam	38,31	40,71	42,35
Dünya Toplamı		83,92	86,83	88,2

Kaynak: ABD Resmi Enerji İstatistikleri (http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/cf_query/index.cfm), Eylül 2011.

3.4. İşletme İle İlgili Genel Bilgiler ve Üretim Sürecinin Tanıtılması

3.4.1. İşletme İle İlgili Bilgiler

Çalışmamız için oluşturulan sanal Akçay Petrol Rafinesi A.Ş. 1981 yılında İzmir’ in Aliağa ilçesinde kurulduğu ve 30 yıllık faaliyet hayatı boyunca ham petrol rafinajı, petrol ürünleri ithalatı ve ihracatı olmakla birlikte petrokimya sanayi alanında faaliyet gösterdiği varsayılmıştır. Bir yılda ham petrol işleme kapasitesi 3 milyon ton, ham petrol depolama kapasitesi 400.000 m² (brüt) ve ürün ve ürün ara depolama kapasitesi 300.000 m² (brüt) sahip olmakla birlikte, Ege bölgesinde bulunan diğer köklü rafineri şirketleri arasında üretimini sürdürmekte olduğu kabul edilmiştir.

Ege bölgesinin turizm bölgesi olması dolayısıyla da artan petrol ürünleri talebini karşılamak amacıyla 3 milyon ton / yıl ham petrol işleme kapasitesiyle çalışmakta olduğu varsayılmakla birlikte, ana ürünler olarak LPG, benzin, jet yakıtı, motorin, fuel oil, asfalt oluşan bir ürün yelpazesine sahip olduğu kabul edilmiştir. Rafineri genelinde işçi sayısı 3000 olmakla birlikte her bir üniteye ortalama 20 işçi çalıştığı da kabul edilen işletme özelliklerinden biridir.

Yüksek kapasite kullanım oranı ve rafınelerin teknik derecelendirmesinde kullanılan Nelson kompleksite endeksine göre de her geçen gün pazar payını arttırmakta, güvenilir kurumsal kimliğini ispatlamaktadır. İşletmenin ana faaliyet alanı rafinajda, ham petroler işlenmektedir. İşlenmek istenen ham petroler Suudi Arabistan, İran, Libya gibi ülkelerden belli dönemlerde elde edilmektedir. Ham petroler elde edildikleri petrol kuyularına göre farklı özelliklere sahip olmakta ve bu özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Ve işlendikten sonra farklı petrol ürünleri elde edilmektedir. LPG, nafta, benzin, jet yakıtı, motorin, madeni yağ, kalorifer yakıtı, fuel oil, gibi ürünlerin yanı sıra çalışmamıza konu olan bitümlü mallar olarak adlandırılan asfaltta bu ürünlerden biridir. İşletme ile ilgili 2010-2011 yıllarında rafineride üretilen üretim miktarları ve değişim yüzdeleri Tablo 15’ de gösterilmektedir.

Tablo 15: İşletme Ürünlerinin 2010-2011 Yılları Üretim Miktarları

Üretilen Ürün Miktarları (Bin Ton)			
Ürünler	2010	2011	DEĞİŞİM %
LPG	622	697	12,05
BENZİN	2880	3210	11,46
JET YAKITI	2023	2689	32,92
MOTORİN	2100	2290	9,04
FUEL OİL	2090	2600	24,40
ASFALTLAR	2030	2800	37,93
TOPLAM	11745	14286	21,63

2011 yılı Eylül ayı itibariyle 697 bin ton LPG, 3210 bin ton benzin, 2689 bin ton jet yakıtı, 2290 bin ton motorin, 2600 bin ton fuel oil ve 2800 bin ton asfalt olmak üzere üretim gerçekleşmiştir. 2010 yılında 11745 bin ton olan üretim 2011 yılında % 21,63’ lük bir artışla üretim miktarı 14286 bin tona yükselmiştir.

İşletme, 6 çeşit petrol ürününün hem iç pazar hem de dış pazar da satışından sorumludur. İç pazar da ürün satışı yapılan müşteriler, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından lisanslandırılmış kurumlardır. İşletme, 2011 yılı satış miktarında, 2010 yılı satış miktarına göre %5,7’lik artış yaşanmasına rağmen, ürün bazında dikkate alındığında asfalt ve motorin ürünleri satış miktarları dışında, diğer ürünlerin satış

miktarlarında azalma yaşanmıştır. Dünyada yaşanan global kriz, ürün satış miktarlarını da etkilemiştir. Doğal gazın yaygın kullanımı da ürün satışlarını etkilemiştir. Türkiye de yaşanan yüksek büyüme oranları ve ulaştırma sektöründe altyapı yatırımlarına ağırlık verilmesi ile asfalt satışlarında %82' lik bir artış yaşanmıştır. İşletme ürünlerinin satış miktarı Tablo 16' de detaylı gösterilmiştir.

Tablo 16: İşletme Ürünlerinin Satış Miktarı

İşletme Ürünlerinin Satış Miktarı (Bin Ton)			
Ürünler	2010	2011	DEĞİŞİM %
LPG	854	822	-3,74
BENZİN	2008	1782	-11,25
JET YAKITI	2540	2510	-1,18
MOTORİN	4840	4980	2,89
FUEL OİL	2629	1980	-24,68
ASFALTLAR	1998	3643	82,33
TOPLAM	14869	15717	5,70

3.4.2. İşletmede Üretilen Ürünlerin Tanıtılması

Akçay Petrol Rafinerisinde üretimi gerçekleştirilen başlıca ana ürünler LPG, benzin, jet yakıtı, motorin, fuel oil ve asfalttır.

LPG: Renksiz, kokusuz, yanıcı bir gaz olan LPG, ham petrolün rafinerilerde damıtılması sırasında ya da petrol yataklarının üzerinde bulunan doğal gazın ayrıştırılması ile elde edilmektedir. Isı değeri yüksek, taşınabilir, çevreci özelliği bulunan, güvenle kullanılabilen, verimli bir yakıttır. Bütan, büten, propan, propen ve bunların izomerlerinden oluşan hidrokarbon karışımıdır. Ülkemizde kullanılan mix LPG'nin bileşimi genelde %70 bütan, %30 propandır. Bir litre LPG gazlaştığında, normal şartlarda yaklaşık 250 litre gaz hacmine ulaşır.

Benzin : Petrolden elde edilen ve içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılan sıvı karışım. Benzin, uçucu ve yanıcı bir karışımdır. Benzinin, yakıt olma özelliğinin

yanında, çözücü özelliği de vardır. İlk olarak petrol sanayiinde, gaz yağının üretimi sırasında bir yan ürün olarak elde edilir. Karbüratörde havayla kolayca karışabildiği ve yandığında yüksek enerji verdiği için en çok kullanılan otomobil yakıt türüdür.

Jet Yakıtı: Jet yakıtı, gazyağı türü sınıfından olup ismi "Kerosene" olarak tanımlanır. Görünüşü berrak, parlak olup çıplak gözle bakıldığında katı maddeler içermemektedir. Normal çevre sıcaklığında suda çözünmemektedir. Gelişmiş jet motorlarının kullanımının artması, jet yakıtına talebi arttırmıştır. Jet motoru yakıt tasarrufu ve sürtünme etkilerinden dolayı yüksek irtifalara çıkmak durumunda olduğundan jet yakıtının donma noktası ve devamlı bir yanma ile çalıştığından alevlenme noktasının yüksek olması gerekir.

Motorin: Ham petrolün damıtılması sırasında 200 - 300°C kaynama aralığında alınan ana ürünlerden biridir. Motorinler, çok farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri bulunan alabildiğine yüksek sayıda (binin üstünde) hidrokarbonun karmaşık karışımıyla meydana gelir. Motorin dizel motoru yakıtıdır. Köpüklenme, koku, motor temizliği, emisyon, yakıt tüketimi gibi özelliklerde beklentilere daha iyi yanıt verebilecek bir kalitedir.

Fuel Oil: Fuel oil, koyu renkte, az akışkan bir petrol ürünüdür. Elektrik, ısı ya da buhar sistemlerinde kullanılabilen Fuel Oil, her türlü endüstriyel fabrika, tesis ve binalarda tercih edilmektedir. Kolay pompalanır, yanar ve tasarruf sağlar.

Asfalt: Asfalt, doğal halde bulunabilen ya da ham petrolün damıtılması sonucu elde edilen, koyu kahve-siyah renkte, katı, yarı katı ve sıvı halde olabilen, başlıca hidrokarbonlardan oluşan, kuvvetli bağlayıcı özelliğine sahip olan bir üründür.

İnsanoğlunun en eski mühendislik malzemesi olan asfalt, uygarlığın ilk yıllarından bu yana kullanılmıştır. Milattan önce 6000 civarında Sümerya' da, asfalt üretimi ve kullanımı gerçekleştiren bir gemi inşa endüstrisi bulunmaktaydı. Babil Kulesinin de bir örnek teşkil ettiği ziguratların (tapınak kuleleri) inşasında asfalt harç malzemesi olarak kullanılmıştır. Sodom ve Gomora şehirleri yakınında, büyük çaplı bir asfalt üretimi gerçekleştirilmiştir. Asfalt Mısırlılar tarafından milattan önce 2600 tarihine kadar uzanan

bir geçmişte yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır. Perslerde ise asfalt (mumiya) kelimesinden günümüzdeki mumiya kelimesi türetilmiştir. Tarih öncesi dünyada, asfalt, blokların inşasında ve kaplanmasında, gemilerin kalafatlanmasında ve çeşitli uygulamalarda geçirimsizlik amacıyla geniş bir uygulama alanına sahip olmuştur(Asfaltın Tarihçesi (t.y.), <http://www.kozaasfalt.com/tarihce.htm>).

Günümüzde ise yol kaplaması olarak kullanılan örtü maddelerinin başında asfalt gelmektedir. Bunun yanında su yalıtımında, karo yapımında ve elektrik sanayinde kullanılmaktadır.

1900'lü yılların ilk zamanlarında, ham petrolden rafinaj yöntemleri ile asfalt üretiminin keşfi ile otomobillerin gittikçe büyüyen popülaritesi genişleyen bir endüstri dalının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Düzgün, modern yolların yapımında ve daha birçok uygulama alanlarında asfalt ucuz ve tükenmez bir kaynak olarak ortaya çıkmıştır.

3.4.3. Asfalt Üretimde Kullanılan Ünitenin Tanıtılması

Sanal Akçay Petrol Rafineri A.Ş. entegre bir kuruluştur. İhtiyaç olan ürünü elde etmek için gerekli bütün üretim ünitelerine sahiptir. Asfalt ham petrolün işlenmesinden sonra arta kalan son madde olan bitümün işlenmesi ile elde edilir. U-1900 ismiyle adlandırılan asfalt hazırlama ünitesi, Makine Yağları Kompleksi'nde üretilen vakum redizyum, PDA ve çözücüler (hafif dizel) kullanarak bitüm ve bitümlü bağlayıcılar hazırlamak üzere kurulmuştur.

U-1900 ünitesinde, ürün hazırlama tankları, pompolar ve dolum cendereleri ana ekipmanları teşkil etmektedir. U-1900 ünitesine, U-1100 ve U-8100 vakum ünitelerinden vakum redizyum, U-1200 propan asfalt giderme ünitesinden PDA ve bitümlü bağlayıcıların üretimi için U-7000/U-100 ünitelerinden uygun spesifikasyonda hazırlanmış hafif dizel gelmektedir. Ünitenin tasarımı Kerkük ham petrolünden elde edilen ve tablo 17'de yaklaşık değerleri verilen yan ürünlere göre yapılmıştır.

Tablo 17: U-1900 Ünite Tasarım Değerleri

U-1900 Ünite Tasarım Değerleri				
Ürün	Sp. Gr.	Viskozite, SSU/122f	Basınç (kg/cm ²)	Sıcaklık (degC)
Vakum Redizyon	1,030	1.000.000	16,5	150
PDA	1,068	50.000.000	14,0	190
Ağır Ekstrat	1,0028	1250		
Kerosen	0,800			
Hafif Dizel	0,9348		3,9	45
Ağır Dizel	0,8383		3,9	45

U-1900 ünite hazırlama ünitesini oluşturan ana ekipmanlar olan tanklar ve pompalar değerleriyle birlikte tablo 18 ve 19’ de detaylı şekilde gösterilmiştir. Pompalar farklı tanklardan farklı ürünleri basabilecek esnekliktedir. Pompalar arızı durum ve bakım şartlarına göre birbirini yedekleyebilmektedir. Diğer bir ekipman olan cendereler de birbirlerine yedeklik yapabilecek esnekliğe sahip olmakla birlikte 5 farklı ürün 6 cendereden tanklara doldurulmaktadır. Cendereler 1’den 6’ya kadar numaralandırılarak isimlendirilmiştir.

Tablo 18: Tanklar ve Özellikleri

Tanklar ve Özellikleri			
Tanklar	Çap (M)	Yükseklik (M)	Normal Kapasite (M3)
TK-1901	24,830	11,00	5000
TK-1902	24,830	11,00	5000
TK-1903	24,830	11,00	5000
TK-1904	24,830	11,00	5000
TK-1905	15,280	11,25	2000
TK-1906	15,280	11,25	2000
TK-1907	24,830	11,00	5000
TK-1908	24,830	11,00	5000

Tablo 19: Pompalar ve Özellikleri

Pompalar ve Özellikleri		
Pompalar	Kapasite (m ³ /saat)	Basınç (kg/cm ²)
PM-1901A/B	48	5,4
PM-1902A/B	125	9
PM-1903A/B	125	9
PM-1904A/B	120	9

Bitüm ve bitümlü bağlayıcı hazırlama sistemi yukarıda belirtilmiş tanklar, pompalar, dolun cendereleri, ürün hatları ve bu ekipmanlar üzerinde bulunan enstrüman ve emniyet vanalarından oluşmaktadır. Vakum redizyum ve çözücü olarak kullanılan hafif dizel farklı boru hatlarıyla alınır ve akışlar U-7000/U-100 üniteleri sınırında bulunan vanalarla ayarlanır. Ürün tankları her birinde mekanik karıştırıcılar, buhar serpantinleri, seviye gösterge cihazları, yüksek seviye alarmları ve sıcaklık göstergeleri bulunur.

3.4.4. Asfalt Üretim Sürecinin Tanıtılması

Üretilen asfalt çeşitleri penetrasyon özelliklerine bağlı olarak, Bitüm ve bitümlü bağlayıcı isimleri altında gruplandırılır. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar, diğer hidrokarbonlardan farklı olması nedeniyle bu ürünlerin özelliklerini belirlemek için özel testler kullanılır. Bu testler penetrasyon, yumuşama noktası ve diğer testlerdir.

Penetrasyon, en çok bilinen kontrol testidir. Standart bir iğnenin belli bir zaman, sıcaklık ve yük koşullarında bir kap içinde bulunan asfalt numunesi içine batmasıyla ölçülür. Penetrasyon dereceleri yükseldikçe asfalt çimentosu yumuşar dolayısıyla bağlayıcılık gücü azalır. Yumuşama noktası standart halka ve bilye metodu ile tayin edilir. Diğer testler ise sertleşmeye karşı direnç, parlama noktası, çözünürlük, yumuşama noktası yükselmesi testleridir.

Asfalt bileşen oranlarının ayarlanmasında bitüm ve bitüm bağlayıcıların vakum rezidyum ve PDA ile parçalanarak hazırlanması durumunda yaklaşık oranların hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır:

$$\text{Log P} = a * \log A + (1 - a) * \log B$$

P = Karışımın istenen penetrasyonu

A = Komponent a' nın penetrasyonu

B = Diğer Komponent penetrasyonu

a = komponent a' nın % miktarı

Örneğin 65 penetrasyonlu (50/70 bitüm) bir asfalt hazırlamak için penetrasyonu 175 olan vakum redizyumun ve penetrasyonu 7 olan PDA' nın oranları şöyle hesaplanır:

$$a = \frac{\log P - \log B}{\log A - \log b} = \frac{1.8129 - 2.2430}{0.8451 - 2.2430} = 0.3077 \quad \% 30.77 \text{ pda asfalt oranı}$$

% 69.23 vakum redizyon

Ürün elde edilmeden önce gerekli kontrollere ve ara işlemlere tabi tutulmaktadır. Ünite üretilen asfalt kara ve deniz yoluyla satılmakta, tanker dolun operasyonları ünite kontrolünde gerçekleştirilmektedir.

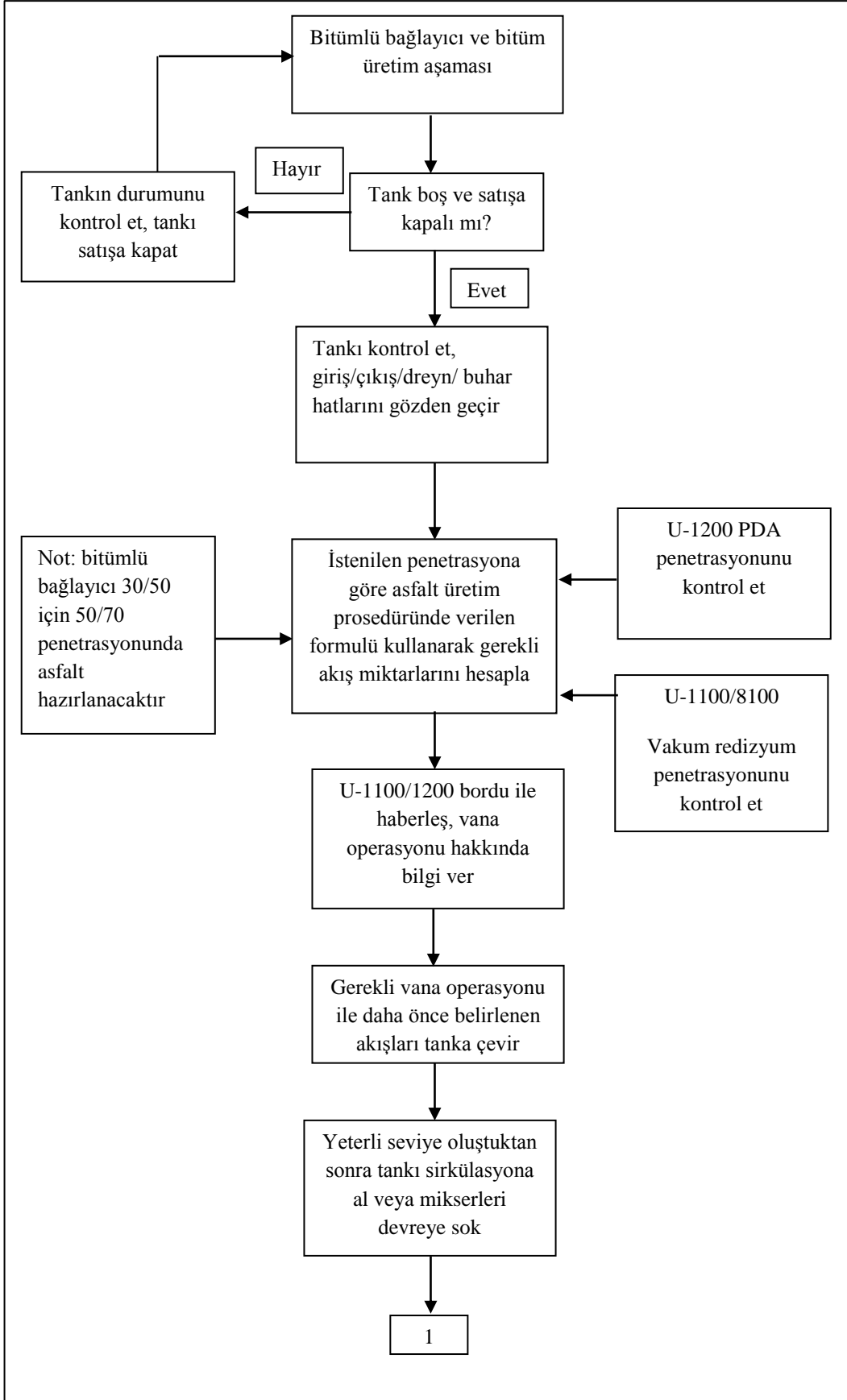
MC-30 bitümlü bağlayıcı hazırlığı için ilgili tankta prosedüre göre 50/70 bitüm hazırlığı yapılır. Tank seviyesi yaklaşık olarak % 40 seviyelerinde tutulmalıdır. U*7000 Ünitesi light dizel spesifikasyonunu bitümlü bağlayıcıya uygun olarak ayarlanır ve tankın 50/70 bitüm penetrasyon numunesi uygun olduğunda tanka U-7000' den light dizel veya kerosen alınır. Hacimce %55 50/70 bitüm, %45 light dizel olacak şekilde karışım hazırlanır. Tanktan dört saatte bir API numunesi alınarak, istenen aralıkta olup olmadığı kontrol edilir. Tank dolununun 20 API civarında tamamlanmasıyla test numunesi alınarak laboratuara gönderilir ve tam test numunesi sonucuna göre tank laboratuvar tarafından satışa açılır.

50/70, 70/100, 100/150 ve 160/220 pemetrasyonlu bitüm hazırlığında ise ilgili asfalt üretim tankı boş ve satışa kapalı durumda olması ilk kuraldır. U-1100 vakum rezidyumu ve U-1200 PDA'sı formül yardımıyla hesaplanarak uygun oranlarda tanka çevrilir. U-1100 vakum rezidyumunun ve U-1200 PDA' sı son penetrasyon sonuçlarına göre hesaplama yapılır. Asfalt hazırlanırken line-blending (hat içinde karışma) yöntemi

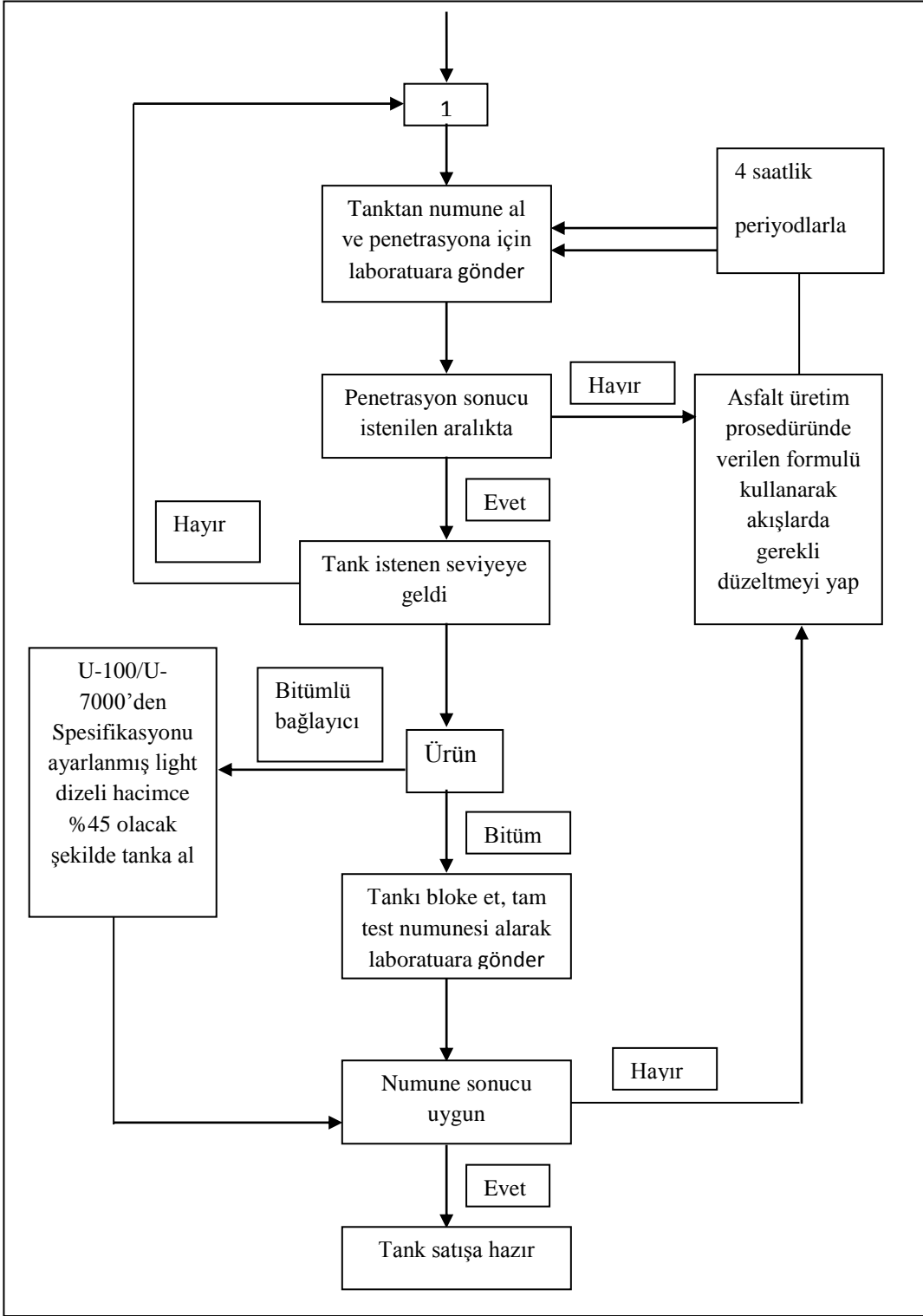
kullanılır. Bileşenlerin hat içinde karışması ve tanka karışmış olarak girmesi önemlidir. İlgili tankın dip ve üst penetrasyonları farklılık gösterirse sistem sirkülasyona alınarak tankın karışımı hızlandırılır. Üretim boyunca her dört saatte bir kontrol numunesi alınarak laboratuara gönderilir, numunenin penetrasyon aralığı istenir. Penetrasyon sonucu istenen aralıkta ise asfalt hazırlığına mevcut akışlarla devam edilir. Eğer limitlerde sapma varsa düzeltme yapılır ve kontrollere devam edilir. Tank dolumu tamamlandığında tanka olan akışlar kesilir, penetrasyon sonucuna göre tam test numunesi alınarak tam test numunesi alınarak laboratuara gönderilerek onaylanır ve tank laboratuvar tarafından satışa açılır.

Tesisteki bitüm ve bitüm bağlayıcı hazırlama akış şeması Şekil 2' de görülmektedir.

Şekil 2: Bitüm ve Bitüm Bağlayıcı Hazırlama Akış



Şekil 2 (DEVAM)



3.5. Alternatif Modelin Planlanması

Rafineri asfalt hazırlama ünitesinde, bitümlü bağlayıcıların ve bitüm çeşitleri olmakla birlikte, talebe uygun olarak aylık 5 farklı asfalt ürünü, 8 adet tankta hazırlanmakta ve 4 adet pompa yardımıyla tanker veya gemilere dolumu yapılmaktadır. Modelde kullanılan değişkenler tablo 20’ de gösterilmiştir.

Tablo 20: Modelde Kullanılan Karar Değişkenleri

Modelde Kullanılan Karar Değişkenleri	
Ürün Adı	Model Karar Değişkeni
Mc 30 Bitüm Bağlayıcı	X_1
Bitüm 50/70	X_2
Bitüm 70/100	X_3
Bitüm 100/150	X_4
Bitüm 160/220	X_5

3.6. Alternatif Modele İlişkin Yapılan Varsayımlar

Çalışmamıza konu olan sanal Akçay Petrol Rafineri A.Ş. kullandığı teknolojiye bağlı olarak üretim kısıtları bulunmaktadır. Bu alandaki kısıtları maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır:

1. Planlama dönemi 01.01.2010 – 31.12.2010 tarihleri arasında 12 ay / 1 yıl olarak alınmıştır.
2. Dönem başı stok bulunmadığı yani dönem başı stok düzeyinin sıfır olduğu kabul edilmiştir.
3. İncelenen dönem içerisinde asfalt üretim hattındaki makinelerde çalışan işgücünün planlama döneminde içinde değişmediği varsayılmıştır. Bu dönemde 20 işçi haftada 7 gün ve günde 8’ er saat çalışmaktadır.
4. Yarı mamul stok maliyetlerinin modeli etkilemediği varsayılmıştır.
5. Makinaların bakım ve arıza vb. durma süreleri göz ardı edilmiştir.

6. Sanal Akçay Petrol Rafineri A.Ş. firması kesikli üretim tipinde asfalt imalatı gerçekleştirdiği, firma modelinde kullanacağı ürün talep miktarlarını geçmiş dönem tecrübelerine dayanarak belirlediği varsayılmıştır.
7. Her tankın kapasitesinin farklı olduğu ve ürünlerin farklı tanklarda üretilebildiği göz önüne alınmıştır.

3.7. Modelin Oluşturulması

Kurulacak modele ait değişken ve parametreler tanımlanarak genel ve açık ifade ile doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur.

Karar Değişkeni:

x_{ij} = i' inci tankta, j' inci ürün çeşidinin planlanan dönemdeki üretim miktarı

Parametreler:

C_j = j' inci bitümlü ürün çeşidinin birim karı

D_j = j' inci ürün çeşidinin planlanan dönemde müşterinin talep ettiği ürün miktarı

H_j = j' inci ürün çeşidinin planlanan dönemde kullanılan ham madde varıl miktarı

T_{ij} = j' inci ürünün hazırlanması için i' inci tankta harcanan birim dakika

Amaç fonksiyonu

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \times C_{ij}$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \leq 3000000 \text{ Talep Kısıtı}$$

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \leq D_j$$

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \leq 2.250.000 \text{ Hammadde Kısıtı}$$

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \leq H_j$$

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \times T_{ij} \leq 3.504.000 \text{ İşgücü Kısıtı}$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 8 \quad j=1,2,\dots, 5$$

Amaç fonksiyonu ve Kısıtlarının Açık şekilde ifadesi;

Amaç fonksiyonu: İşletmenin amaç fonksiyonu belirlenirken ürünlerin birim satışlarından birim üretim maliyetleri çıkarılarak ürünlere göre birim kar katsayıları hesaplanmıştır. İşletmenin karını maksimum kılan amaç fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 X_{ij} * C_i$$

$$\begin{aligned} \text{Mak } Z = & c_{11}X_{11} + c_{12}X_{12} + c_{13}X_{13} + c_{14}X_{14} + c_{15} X_{15} + c_{21}X_{21} + c_{22}X_{22} + c_{23}X_{23} + \\ & c_{24}X_{24} + c_{25} X_{25} + c_{31}X_{31} + c_{32}X_{32} + c_{33}X_{33} + c_{34}X_{34} + c_{35} X_{35} + c_{41}X_{41} + c_{42}X_{42} + \\ & c_{43}X_{43} + c_{44}X_{44} + c_{45} X_{45}+ c_{51}X_{51} + c_{52}X_{52} + c_{53}X_{53} + c_{54}X_{54} + c_{55} X_{55} + c_{61}X_{61} + \\ & c_{62}X_{62} + c_{63}X_{63} + c_{64}X_{64} + c_{65} X_{65} + c_{71}X_{71} + c_{72}X_{72} + c_{73}X_{73} + c_{74}X_{74} + c_{75} X_{75}+ \\ & c_{81}X_{81} + c_{82}X_{82} + c_{83}X_{83} + c_{84}X_{84} + c_{85} X_{85} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mak } Z = & 1020X_{11} + 1040X_{12} + 1050X_{13} + 2030X_{14} + 3400 X_{15}+ 3090X_{21} + \\ & 1000X_{22} + 2340X_{23} + 2780X_{24} + 1090 X_{25}+ 1400X_{31} + 1350X_{32} + 1260X_{33} + \\ & 1160X_{34} + 1980X_{35}+ 1320X_{41} + 1095X_{42} + 3400X_{43} + 2070X_{44} + 2100 X_{45}+ \\ & 1280X_{51} + 1070X_{52} + 3100X_{53} + 1040X_{54} + 1080X_{55}+ 2040X_{61} + 2300X_{62} + \\ & 1430X_{63} + 1950X_{64} + 1035 X_{65}+ 2035X_{71} + 2190X_{72} + 2800X_{73} + 2700X_{74} + \\ & 2650X_{75} + 1340X_{81} + 1280X_{82} + 1920X_{83} + 1080X_{84} + 1560 X_{85} \end{aligned}$$

Kısıtlayıcı Koşullar:

Üretim Kısıtı: İşletmenin farklı tanklarda ki üretim kısıtlayıcılarını belirlerken geçmiş dönem tecrübelerine dayanarak ürün talepleri oluşturulmuştur ve toplam üretim miktarının 3.000.000 ton / yıl aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 X_{ij} \leq 3000000 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} \\ + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} \\ + X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{81} + X_{82} + X_{83} + X_{84} + X_{85} \leq 3.000.000 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll}
X_{11} \leq 20.000 & X_{21} \leq 20.000 & X_{31} \leq 60.000 & X_{41} \leq 10.000 \\
X_{12} \leq 40.000 & X_{22} \leq 10.000 & X_{32} \leq 50.000 & X_{42} \leq 70.000 \\
X_{13} \leq 30.000 & X_{23} \leq 40.000 & X_{33} \leq 50.000 & X_{43} \leq 40.000 \\
X_{14} \leq 20.000 & X_{24} \leq 60.000 & X_{34} \leq 60.000 & X_{44} \leq 40.000 \\
X_{15} \leq 40.000 & X_{25} \leq 20.000 & X_{35} \leq 30.000 & X_{45} \leq 30.000 \\
X_{51} \leq 30.000 & X_{61} \leq 20.000 & X_{71} \leq 50.000 & X_{81} \leq 10.000 \\
X_{52} \leq 60.000 & X_{62} \leq 30.000 & X_{72} \leq 10.000 & X_{82} \leq 40.000 \\
X_{53} \leq 50.000 & X_{63} \leq 30.000 & X_{73} \leq 10.000 & X_{83} \leq 50.000 \\
X_{54} \leq 40.000 & X_{64} \leq 20.000 & X_{74} \leq 60.000 & X_{84} \leq 10.000 \\
X_{55} \leq 30.000 & X_{65} \leq 40.000 & X_{75} \leq 10.000 & X_{85} \leq 30.000
\end{array}$$

Hammadde Kısıtı: 1 birim bitümlü ürün elde etmek için gerekli olan ham petrol varil miktarı kullanılarak oluşturulmuştur ve toplam ham petrol varil miktarı 2.250.000 varil / yıl aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} \leq 2.250.000 \quad (1)$$

$$\begin{array}{llll}
X_{11} \leq 1000 & X_{21} \leq 4000 & X_{31} \leq 6000 & X_{41} \leq 1000 \\
X_{12} \leq 3500 & X_{22} \leq 1300 & X_{32} \leq 5000 & X_{42} \leq 8000 \\
X_{13} \leq 3000 & X_{23} \leq 4000 & X_{33} \leq 5000 & X_{43} \leq 6000 \\
X_{14} \leq 9000 & X_{24} \leq 5000 & X_{34} \leq 6000 & X_{44} \leq 5000 \\
X_{15} \leq 4000 & X_{25} \leq 3000 & X_{35} \leq 3000 & X_{45} \leq 2000 \\
X_{51} \leq 8000 & X_{61} \leq 2000 & X_{71} \leq 5000 & X_{81} \leq 1000 \\
X_{52} \leq 6000 & X_{62} \leq 3000 & X_{72} \leq 1000 & X_{82} \leq 4000 \\
X_{53} \leq 5000 & X_{63} \leq 6000 & X_{73} \leq 4000 & X_{83} \leq 5000 \\
X_{54} \leq 4000 & X_{64} \leq 2000 & X_{74} \leq 3000 & X_{84} \leq 1000 \\
X_{55} \leq 3000 & X_{65} \leq 4000 & X_{75} \leq 1000 & X_{85} \leq 3000
\end{array}$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{81} + X_{82} + X_{83} + X_{84} + X_{85} \leq 2.250.000$$

İşçilik Kısıtı: İşçilik kısıtı oluşturulurken 12 aylık bir dönem 365 gün etmektedir, 20 işçi günde 8 saat çalıştığında, bunların çarpımı dakika olarak 3.504.000 dakika yapmaktadır.

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 x_{ij} * T_{ij} \leq 3.504.000 \quad (1)$$

$$0.88X_{11}+0.98X_{12}+0.34X_{13}+0.28X_{14}+0.56X_{15}+0.65X_{21} +0.76X_{22} +0.65 X_{23} +0.56 X_{24} + 0.67X_{25} + 0.31X_{31} +0.33X_{32}+0.48X_{33} + 0.59X_{34} +0.78X_{35} + 0.15X_{41} + 0.19X_{42} + 0.31X_{43} +0.63 X_{44} + 0.56X_{45} +0.21 X_{51} + 0.34X_{52}+ 0.55X_{53}+ 0.88X_{54} +0.56X_{55}+0.59X_{61}+0.46X_{62}+0.32X_{63}+0.34X_{64}+0.29X_{65}+0.85X_{71}+0.76X_{72}+0.66X_{73} +0.33X_{74}+0.28X_{75}+0.37X_{81}+0.44X_{82}+0.18X_{83}+0.24X_{84}+0.27X_{85} \leq 3.504.000$$

Pozitif Kısıtlayıcı Koşul:

$$X_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 8 \quad j=1,2,\dots, 5 \quad (1)$$

Bu model daha önce ifade edildiği gibi WINQSB 2,0 sürümlü paket programı ile çözülmüş olup modelin bilgisayar çözümü ise Ek:1 kısmında verilmiştir.

Modelin çözümünde optimal üretim miktarlarına ulaşılmış olup Z_{max} değeri 199.218.000 TL olmakla birlikte, hangi tankta üretilmesi gereken optimal üretim miktarları aşağıda açıkça gösterilmiştir. Böylece, değişkenlerden belirlenen optimal miktarlarda üretim ile maksimum kar elde edilecektir.

$X_{14} = 9000$	$X_{15} = 4000$	$X_{21} = 4000$	$X_{23} = 3200$
$X_{24} = 5000$	$X_{31} = 6000$	$X_{32} = 5000$	$X_{41} = 1000$
$X_{42} = 8000$	$X_{43} = 6000$	$X_{45} = 2000$	$X_{51} = 8000$
$X_{53} = 5000$	$X_{62} = 3000$	$X_{63} = 6000$	$X_{64} = 2000$
$X_{73} = 4000$	$X_{74} = 3000$	$X_{75} = 1000$	$X_{81} = 1000$
$X_{83} = 5000$	$X_{84} = 1000$	$X_{85} = 3000$	

SONUÇ VE ÖNERİLER

Minimum maliyet, maksimum karı amaçlayan şirketler günümüzde vazgeçilmez olan üretim planlamasından yararlanırlar. Dünya ekonomisine yön veren, en önemli stratejik değere sahip olan ürünlerden biride petroldür. Petrolü elinde bulunduran işletmeler de ellerindeki değerli hammaddeyi değerlendirirken iyi hazırlanmış bir üretim planıyla daha az ham madde, işçilik kaybı ile kar maksimizasyonu sağlayarak elde ettikleri karlarla farklı alanlara yatırım yapabilecekler ve bu da rakipleri karşısında rekabet güçlerini artıracaklardır.

Asfalt petrolün damıtılmasıyla elde edildiğinden petrol üretme olanağına sahip olmayan ülkeler petrolü ithal etmek zorunda kalmaktadırlar. Gelişen teknoloji ve her gün artan turizm, asfalta yurt içinde önemli bir talep artışına sebep olmakta ve asfalt üretimi yapan firmalar arasında da ucuz ve kaliteli asfalt üretme açısından da rekabet söz konusudur. Bu rekabette yer alan firmalardan biride Akçay Petrol Rafineri A.Ş. firmasıdır. Bu görüş çerçevesinde uygulamanın amacı firma karlılığını göz önünde bulundurarak optimal üretim miktarını sağlayacak bir üretim planı oluşturmaktır. Üretim planını oluşturmak için ilk adım olarak hedefler ve kısıtlar belirlenmiştir. Daha sonra bu hedef ve kısıtlar göz önüne alınarak doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Üretim planlaması için önerilen doğrusal programlama modelinin çözümlenebilmesi için WINQSB 2,0 sürümlü paket programından yararlanılmıştır. WinQSB 2,0 sürümlü paket programı işletme ve yöneylem araştırmaları için hazırlanmış entegre bir paket programdır. Doğrusal programlama ve integer programlama dahil 19 farklı alt modülü içerir. Doğrusal programlama modülü hem simpleks hem de grafik methodla problemleri çözmektedir. Kısa özet rapor sunması ve iyi bir grafik yeteneğine sahip olması sebebiyle rapor hazırlamada ve sunuşlarda sıkça kullanılır. Böylece, hem zaman kazanılmış; hem de modelin amaç ve kısıtlarının programa girilmesi ile farklı şekillerde yapılabilecek hatalardan kaçınılmıştır.

Çok sayıda ürün çeşidinin üretildiği asfalt üretim tanklarına uygulanan üretim planlaması ile Akçay Petrol Rafineri A.Ş. firması için planlanan dönemde maksimum kar elde etmesi için üretilmesi gereken ürün miktarları, işletme hedefleri çerçevesinde optimum değerlerle belirlenmiştir. Asfalt ürün çeşitleri için optimal üretim miktarları EK:1’ de gösterilmiştir. Sonuçlara göre işletme her üründen belirli miktarlar üretmeli fakat işletme amaçladığı maksimum karı elde etmek için ürünleri farklı tanklarda üretmelidir. Ürünler ve üretilmesi gereken tanklardaki optimum miktarları aşağıdaki Tablo 21’ de açıkça belirtilmiştir.

Tablo 21: Doğrusal Programlama Üretim Planlaması Sonuçları

Doğrusal Programlama Üretim Planlaması Sonuçları		
Tank Numarası	Ürün Cinsi	Üretim Miktarı (Bin Ton)
TK-1901	Bitüm 100/150	9000
TK-1901	Bitüm 160/220	4000
TK-1902	Mc 30 Bitüm Bağlayıcı	4000
TK-1902	Bitüm 70/100	3200
TK-1902	Bitüm 100/150	5000
TK-1903	Mc 30 Bitüm Bağlayıcı	6000
TK-1903	Bitüm 50/70	8000
TK-1904	Mc 30 Bitüm Bağlayıcı	1000
TK-1904	Bitüm 50/70	8000
TK-1904	Bitüm 70/100	6000
TK-1904	Bitüm 160/220	2000
TK-1905	Mc 30 Bitüm Bağlayıcı	8000
TK-1905	Bitüm 70/100	5000
TK-1906	Bitüm 50/70	3000
TK-1906	Bitüm 70/100	6000
TK-1906	Bitüm 100/150	2000
TK-1907	Bitüm 70/100	4000
TK-1907	Bitüm 100/150	3000
TK-1908	Mc 30 Bitüm Bağlayıcı	1000
TK-1908	Bitüm 70/100	5000
TK-1908	Bitüm 100/150	1000
TK-1908	Bitüm 160/220	3000

Mc 30 Bitüm Bağlayıcı, TK-1904 ve TK-1908 numaralı tankta 1000 ton/yıl, TK-1902 numaralı tankta 4000 ton/yıl, TK-1903 numaralı tankta 6000 ton/yıl, TK-1905 numaralı tankta ise 8000 ton/ yıl olarak üretimi planlanmalıdır.

Bitüm 50/70 ürün çeşidi, TK-1903 numaralı tank ve TK-1904 numaralı tankta 8000 ton/yıl ve TK-1906 numaralı tankta ise 3000 ton/yıl olarak üretim gerçekleştirilmelidir.

Bitüm 70/100 ürün, TK-1902 numaralı tankta 3200 ton/yıl, TK-1904 ve TK-1906 numaralı tanklarda 6000 ton/yıl, TK-1905 ve TK-1908 numaralı tankta 5000 ton/yıl ve TK-1907 numaralı tankta ise 4000 ton/yıl üretilmelidir.

Bitüm 100/150 ürün çeşidi ise TK-1901 numaralı tankta 9000 ton/yıl, TK-1902 numaralı tankta 5000 ton/yıl, TK-1906 numaralı tankta 2000 ton/yıl, TK-1907 numaralı tankta 4000 ton/yıl, TK-1908 numaralı tankta ise 1000 ton/yıl olarak üretimi planlanmalıdır.

Ve en son ürün çeşidi olan Bitüm 160/220 ürün çeşidi ise TK-1901 numaralı tankta 4000 ton/yıl, TK-1904 numaralı tankta ise 2000 ton/yıl üretilmelidir.

EK:1 açıkça gösterilen WINQSB 2.0 programıyla elde edilmiş çözüm sonuçlarına göre karar değişkenlerin çözüm değerlerini (solution value) ve maksimum karı ise (objective function) kısmı göstermektedir. Karar değişkenlerinin amaç fonksiyonuna yaptığı bireysel katkıyı (total contribution) kısmı verirken, indirgenmiş maliyeti (reduced cost) açıkça ortaya koymaktadır. Probleme planlanması istenen bütün değişkenler temel değişken olmakla birlikte amaç fonksiyonu katsayılarının duyarlılık analizi değişim aralığını (minumum and maximum allowable Cj) sütunu ifade etmektedir.

Devam tablosu ise kısıtların değerlerini göstermektedir. Çözüm değerlerine göre kısıtlayıcıların sol taraf toplamlarını (left hand side) sütunu, kısıtlayıcıların sağ taraf toplamlarını (right hand side) sütunu göstermektedir. Slack or surplus sütunu kısıtlayıcıların sağ taraf sabitini sol taraf toplamından çıkararak aylak (slack) değişken değerlerini ve kısıtlayıcıların sol taraf toplamını sağ taraf sabitlerinden çıkararak artık (surplus) değişken değerlerini gösterir. Problemin gölge fiyatlarını (Shadow prices) sütunu

verirken, kısıtlayıcıların sağ taraf sabitlerinin duyarlılık analizi alt ve üst sınırlarını ise allowable min-max RHS sütunu vermektedir.

Sonuç olarak görülmüştür ki; doğrusal programlama modelleri ile bulunan üretim miktarları, işletmenin tüm hedeflerini optimum düzeyde gerçekleştirecek miktarlardır. Bulunan bu üretim miktarlarından yararlanan Akçay Petrol Rafineri A.Ş. çalışmanın planlanan döneminde maksimum karı sağlayacak üretim miktarları ile en doğru şekilde hazırlanan üretim planlamasına sahip olabilecek ve üretimi detaylandırarak gelecek planlama dönemlerinde de geçmiş başarılı üretim planlamalarından da yararlanması mümkün olacaktır.

Çıkan sonuçların anlamlı olması doğrusal programlama modellerinin, işletmelerin üretim planlama problemlerinde kullanılabilirliği ve üretim planlama modellerinin doğrusal planlama modelleriyle çözülebileceği kanıtlanmıştır. Ve bu tür uygulamalar için yol gösterici niteliktedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Alan, Mehmet Ali ve Yeşilyurt, Cavit (2004), “Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel ile Çözümü”, **C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt 5 (1), 151-162
- Ayanoğlu, Murat (2006), **Üretim Yönetimi (Ders Notları)**, 3.Baskı, Adapazarı: Sakarya Yayıncılık
- Aydın, Zekeriya (2006), **Doğrusal Programlamanın Üretim Planlaması Alanında Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Bayraç H. Naci (1999), **Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Analizi, Türkiye’deki Gelişimi ve Eskişehir Uygulaması**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Benyoucef, Abderrezak (2010), Oil Refining Planning Under Price And Demand Uncertainties: Case Of Algeria, **29th USAEE/IAEE North America Conference**
- Bilici, Ayşe Gül (2010), **Sanayi İşletmelerinde Üretim Planlaması ve Sezersan Matbaacılık ve Ambalaj San. Tic. AŞ’de Örnek Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Bircan, Hüdaverdi ve Kartal, Zafer (2004), “Doğrusal Programlama Tekniği İle Kapasite Planlaması Yaklaşımı Ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulaması”, **C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 5 (1), 131-149
- Büyükkeklik, Mustafa (2007), **Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Modellerinin Kullanımı Bir Üretim İşletmesinde Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Bozdağ, Nihat ve Türe, Hasan (2007), “Bulanık Doğrusal Programlama ve İMKB Üzerine Bir Uygulama”, **8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi**

- Bozkurt, Yalçın (1992), **Doğrusal Programlama Yönteminin Bir Pamuklu Dokuma Üretimine Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü
- Çelikçapa, Feray Odman (2007), **Üretim Yönetimi ve Teknikleri**, 4.Baskı, Bursa: Alfa Aktüel
- Çevik, Osman (2006), “Tam Sayılı Doğrusal Programlama ile İşgücü Planlaması ve Bir Uygulama”, **Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi**, 8(1), 158-171.
- Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı (2006), **Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Petrol Ve Petrol Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, Ankara: DPT Yayınlar
- Doğan, İbrahim(1995), **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve Bir Uygulama**, 2.Baskı, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi
- Doğrusöz Halim (1976), **Türkiye’de Yöneylem Araştırması Bildiriler’76**, Ankara
- Endüstri Mühendisliği Sitesi (t.y.), “Doğrusal Programlama ve Simpleks Yöntemi Nedir?”,<http://enm.blogcu.com/dogrusal-programlama-ve-simpleks-yontemi-nedir> 3/8480519 (11.02.2011).
- Endüstri Mühendisliği Sitesi (t.y.), “Yöneylem Araştırması Dualite ve Duyarlılık Analizi”,<http://enm.blogcu.com/yoneylem-arastirmasi-dualite-ve-duyarlilikanalizi/9650652>, (15.02.2011)
- Ganji, H. (2010), “Development of A Suitable Model for Crude Oils and Petroluem Cuts Optimum Blending”, **14.th Intl. Oil, Gas & Petrochemical Congress**
- Genelkurmay Başkanlığı (2000), **Savunma Planlama Sürecinde Yöneylem Araştırması**, Ankara: Genelkurmay Basımevi
- Gunnerud, Vidar ve Foss, Bjarne (2009), “Oil Production Optimization—A Piecewise Linear Model, Solved With Two Decomposition Strategies”, **Norwegian Institute of Technology, Department of Engineering Cybernetics**, 1-10.
- Gülenç, İ.Figen ve Karabulut, Bilge (2005), “Doğrusal Hedef Programlama İle Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü”, **Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 9 (1), 55-68

- Günden, Cihat ve Miran, Bülent (2008), “Bölge Bazında Uygulamaya Elverişli Esnek Üretim Planlarının Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemiyle Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma”, **Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi**, 45 (2), 113-124.
- Güngör, İbrahim (2001), **Doğrusal Programlama Metodu İle Üretim Planlaması (Isparta Mensucat AŞ’de Uygulama)**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Gürdoğan, Nazif (1981), **Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama**, Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları
- Hillier, Frederick S. ve Lieberman, Gerald J. (2001), **Introduction to Operations Research**, Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill
- Immamura, Takuji ve diğerleri (2006), “Method for Production Planning and Inventory Control in Oil Refinery”, **Memoirs of the Faculty of Engineering, Okayama University**, 41, 20-30.
- Iyer, R. R ve diğerleri (1998), “Optimal Planning and Scheduling of Offshore Oil Field Infrastructure Investment and Operations”, **Ind. Eng. Chem. Res.** , 37, 1380-1397.
- Joly, M. ve diğerleri (2002), “ Planning and Scheduling for Petroleum Refineries Using Mathematical Programming”, **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 19 (2).
- Kağnıcıoğlu, C. Hakan (1991), **Ana Üretim Planlamasına Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Kara, İmdat (1979), **Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi**, 1.baskı, Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari Bilimler Akademisi Yayınları
- Kavi, Ümit (2008), **Çelik Kapı Sektöründe Ahşap Bölümü İçin Üretim – Dağıtım Planlama Modeli**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Kobu, Bülent (2006), **Üretim Yönetimi**, 10.Baskı, İstanbul: Avcıol Basım Yayın
- Kobu, Bülent (1997), **İşletme Matematiği**, 6. Baskı, İstanbul: Avcıol Basım Yayın

- Kocadağlı, Ozan (2006), **Bulanık Matematiksel Programlama ve Portföy Analizi Uygulaması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Koç, Eylem (2001), **Etkileşimli 0-1 Tamsayılı Doğrusal Hedef Programlama ve Diyet Probleminin Çözümüne Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü
- Luenberger, David G. (1984), **Linear and Nonlinear Programming**, Second Edition, London: Addison-Wesley Publishing Company
- MArtirich, Joseph S. (1991), **Production and Operations Management: An Applied Modern Approach**, New York: Wiley
- Öncül, Kürşat (1992), **Doğrusal Programlama Yönteminin Bir Pamuklu Dokuma Üretimine Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Özgen, Hüseyin (1979), **Üretim Yönetimi**, 3.Baskı, Adana: Adana İktisadi Ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları
- Özsan, Özgür (2006), **Mermer İşleme Tesislerinde Ürün Miktarının Doğrusal Programlama Tekniği Yardımıyla Belirlenmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Öztürk, Ahmet (2004), **Yöneylem Araştırması**, 9. Baskı, Bursa: Ekin Yayınevi
- Riggs, James L. (1987), **Production System: Planning, Analysis and Control**, Fourth Edition, New York: Wiley
- Seçme, Neşe Yalçın (2005), **Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği**, Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Soysal Cengiz (2003), **Rekabet Perspektifinden Türkiye Akaryakıt Sektörü**, Ankara: Rekabet Kurumu Uzmanlık Tezleri Serisi.
- Taha, Hamdy A. (1997), **Operations Research An İntroduction**, Sixth Edition, U.S.A: Prentice Hall Int

- Taha, A. Hamdy (2000), **Yöneylem Araştırması**, (Çev. Ş.Alp Baray- Şakir Esnaf), 6. Basımdan Çeviri, İstanbul: Literatür Yayıncılık
- Tatar, Tefvik (t.y.), **İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri**, 4.Baskı, Ankara: Ankara Devlet Mühendislik Ve Mimarlık Akademisi Yayınları
- Tekin, Mahmut (2003), **Üretim Yönetimi Cilt I**, 4.Baskı, Konya:
- Toklu, Bilal (1985), **Doğrusal Programlamanın Üretim Planlamasına Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü
- Top, Aykut (1996), **Üretim Sistemleri Analiz ve Planlama**, 3.Baskı, İstanbul: Alfa Basım Yayın Dağıtım Evi
- Tunçay, Nezihe Özge (2006), **Karışım ve Taşıma Maliyetlerinin Minimizasyonunda Doğrusal Programlamanın Kullanılması ve Bir Maden İşletmesi İçin Uygulama Çalışması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Turanlı, Münevver ve Köse, Ali (2005), “Doğrusal Hedef Programlama Yöntemiyle Türkiye’deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 7(1), 19-39.
- Tuş, Ayşegül (2006), **Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü
- Tütek, Hülya ve Gümüšoğlu, Şevkinaz (2000), **Sayısal Yöntemler**, 3. Baskı, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım
- Türk Dil Kurumu (1998), **Türkçe Sözlük**, 9.Baskı. Ankara: TDK
- Türkiye Petrol Kimya Lastik İşçileri Sendikası (2011), **Petrol Sektöründe Gelişmeler**, Ankara: Araştırma Servisi
- Türköz, N. Filiz (2001), **Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması (Isparta Mensucat A.Ş.’N de Uygulama)**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü
- Ulstein, Nina Linn ve diğerleri (2005),” Tactical Planning of Offshore Petroleum Production”, **European Journal of Operational Research**, 1-15

- Uluçam, Veli (2008), **Petrol Ürünleri Sanayiinde Karma Tamsayı Programlama Yöntemi İle Üretim Planlama Uygulaması**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- URL, “Asfaltın Tarihçesi” (t.y.), <http://www.kozaasfalt.com/tarihce.htm>, (20 Aralık 2010)
- URL, “Üretim Yönetimi Ders Notları” (t.y.), <http://www.scribd.com/doc/27377225/uretim-sistemleri>, (7 Şubat 2011)
- URL, “Yöneylem araştırması” (t.y.), <http://tr.wikipedia.org/wiki/yöneylem>, (22 Ocak 2011)
- Üretim Sistemleri Hakkında Bilgiler (t.y.), <http://erp.karmabilgi.net/uretim-sistemleri-hakkiinda-bilgiler>, (7 Kasım 2010)
- Wang, Pengju (2003), **Development and Applications of Production Optimization Techniques For Petroleum Fields**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Stanford University
- Winsten, Wayne L. (2004), **Operations Research Applications and Algorithms**, Fourth Edition, Belmont, CA: Thomson Brooks Cole
- Yalçınkaya, Senai (1994), **Üretim Planlamada Doğrusal Programlama Modelleri ve Bir İşletme Uygulaması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Zengin, Hilmi (1987), **Türkiye’de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu(Ulaştırma Modeli)**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü
- Zhen, Gao ve diğerleri (2008), “An Optimization Model for the Production Planning of Overall Refinery”, **Chinese Journal of Chemical Engineering**, 16(1), 67-70

EKLER

Ek 1. Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünün Winqsb 2.0 Bilgisayar Paket Program Ekran Görüntüleri

	10-06-2011 21:27:40	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1		X11	0	1.020,0000	0	-2.148,0000	at bound
2		X12	0	1.040,0000	0	-2.488,0000	at bound
3		X13	0	1.050,0000	0	-174,0000	at bound
4		X14	9.000,0000	2.030,0000	18.270.000,0000	0	basic
5		X15	4.000,0000	3.400,0000	13.600.000,0000	0	basic
6		X21	4.000,0000	3.090,0000	12.360.000,0000	0	basic
7		X22	0	1.000,0000	0	-1.736,0000	at bound
8		X23	3.200,0000	2.340,0000	7.488.000,0000	0	basic
9		X24	5.000,0000	2.780,0000	13.900.000,0000	0	basic
10		X25	0	1.090,0000	0	-1.322,0000	at bound
11		X31	6.000,0000	1.400,0000	8.400.000,0000	0	basic
12		X32	5.000,0000	1.350,0000	6.750.000,0000	0	basic
13		X33	0	1.260,0000	0	-468,0000	at bound
14		X34	0	1.160,0000	0	-964,0000	at bound
15		X35	0	1.980,0000	0	-828,0000	at bound
16		X41	1.000,0000	1.320,0000	1.320.000,0000	0	basic
17		X42	8.000,0000	1.095,0000	8.760.000,0000	0	basic
18		X43	6.000,0000	3.400,0000	20.400.000,0000	0	basic
19		X44	0	2.070,0000	0	-198,0000	at bound
20		X45	2.000,0000	2.100,0000	4.200.000,0000	0	basic

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
10-06-2011 21:27:40						
21	X51	8.000,0000	1.280,0000	10.240.000,0000	0	basic
22	X52	0	1.070,0000	0	-154,0000	at bound
23	X53	5.000,0000	3.100,0000	15.500.000,0000	0	basic
24	X54	0	1.040,0000	0	-2.128,0000	at bound
25	X55	0	1.080,0000	0	-936,0000	at bound
26	X61	0	2.040,0000	0	-84,0000	at bound
27	X62	3.000,0000	2.300,0000	6.900.000,0000	0	basic
28	X63	6.000,0000	1.430,0000	8.580.000,0000	0	basic
29	X64	2.000,0000	1.950,0000	3.900.000,0000	0	basic
30	X65	0	1.035,0000	0	-9,0000	at bound
31	X71	0	2.035,0000	0	-1.025,0000	at bound
32	X72	0	2.190,0000	0	-546,0000	at bound
33	X73	4.000,0000	2.800,0000	11.200.000,0000	0	basic
34	X74	3.000,0000	2.700,0000	8.100.000,0000	0	basic
35	X75	1.000,0000	2.650,0000	2.650.000,0000	0	basic
36	X81	1.000,0000	1.340,0000	1.340.000,0000	0	basic
37	X82	0	1.280,0000	0	-304,0000	at bound
38	X83	5.000,0000	1.920,0000	9.600.000,0000	0	basic
39	X84	1.000,0000	1.080,0000	1.080.000,0000	0	basic
40	X85	3.000,0000	1.560,0000	4.680.000,0000	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	199.218.000,0000		

	Thursday	October	06	2011			
	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	95.200,0000	<=	3.000.000,0000	2.904.800,0000	0	95.200,0000	M
2	0	<=	20.000,0000	20.000,0000	0	0	M
3	0	<=	40.000,0000	40.000,0000	0	0	M
4	0	<=	30.000,0000	30.000,0000	0	0	M
5	9.000,0000	<=	20.000,0000	11.000,0000	0	9.000,0000	M
6	4.000,0000	<=	40.000,0000	36.000,0000	0	4.000,0000	M
7	4.000,0000	<=	20.000,0000	16.000,0000	0	4.000,0000	M
8	0	<=	10.000,0000	10.000,0000	0	0	M
9	3.200,0000	<=	40.000,0000	36.800,0000	0	3.200,0000	M
10	5.000,0000	<=	60.000,0000	55.000,0000	0	5.000,0000	M
11	0	<=	20.000,0000	20.000,0000	0	0	M
12	6.000,0000	<=	60.000,0000	54.000,0000	0	6.000,0000	M
13	5.000,0000	<=	50.000,0000	45.000,0000	0	5.000,0000	M
14	0	<=	50.000,0000	50.000,0000	0	0	M
15	0	<=	60.000,0000	60.000,0000	0	0	M
16	0	<=	30.000,0000	30.000,0000	0	0	M
17	1.000,0000	<=	10.000,0000	9.000,0000	0	1.000,0000	M
18	8.000,0000	<=	70.000,0000	62.000,0000	0	8.000,0000	M
19	6.000,0000	<=	40.000,0000	34.000,0000	0	6.000,0000	M
20	0	<=	40.000,0000	40.000,0000	0	0	M
21	2.000,0000	<=	30.000,0000	28.000,0000	0	2.000,0000	M
22	8.000,0000	<=	30.000,0000	22.000,0000	0	8.000,0000	M
23	0	<=	60.000,0000	60.000,0000	0	0	M
24	5.000,0000	<=	50.000,0000	45.000,0000	0	5.000,0000	M
25	0	<=	40.000,0000	40.000,0000	0	0	M
26	0	<=	30.000,0000	30.000,0000	0	0	M
27	0	<=	20.000,0000	20.000,0000	0	0	M
28	3.000,0000	<=	30.000,0000	27.000,0000	0	3.000,0000	M
29	6.000,0000	<=	30.000,0000	24.000,0000	0	6.000,0000	M
30	2.000,0000	<=	20.000,0000	18.000,0000	0	2.000,0000	M
31	0	<=	40.000,0000	40.000,0000	0	0	M
32	0	<=	50.000,0000	50.000,0000	0	0	M

Report for AKCAY PETROL RAFINERI A.S.]							
Help							
		Thursday	October	06	2011		
33	0	<=	10.000,0000	10.000,0000	0	0	M
34	4.000,0000	<=	10.000,0000	6.000,0000	0	4.000,0000	M
35	3.000,0000	<=	60.000,0000	57.000,0000	0	3.000,0000	M
36	1.000,0000	<=	10.000,0000	9.000,0000	0	1.000,0000	M
37	1.000,0000	<=	10.000,0000	9.000,0000	0	1.000,0000	M
38	0	<=	40.000,0000	40.000,0000	0	0	M
39	5.000,0000	<=	50.000,0000	45.000,0000	0	5.000,0000	M
40	1.000,0000	<=	10.000,0000	9.000,0000	0	1.000,0000	M
41	3.000,0000	<=	30.000,0000	27.000,0000	0	3.000,0000	M
42	95.200,0000	<=	2.250.000,0000	2.154.800,0000	0	95.200,0000	M
43	0	<=	1.000,0000	1.000,0000	0	0	M
44	0	<=	3.500,0000	3.500,0000	0	0	M
45	0	<=	3.000,0000	3.000,0000	0	0	M
46	9.000,0000	<=	9.000,0000	0	1.022,0000	7.142,8570	16.428,5700
47	4.000,0000	<=	4.000,0000	0	1.384,0000	3.071,4290	7.714,2860
48	4.000,0000	<=	4.000,0000	0	750,0000	3.200,0000	7.200,0000
49	0	<=	1.300,0000	1.300,0000	0	0	M
50	3.200,0000	<=	4.000,0000	800,0000	0	3.200,0000	M
51	5.000,0000	<=	5.000,0000	0	764,0000	4.071,4290	8.714,2850
52	0	<=	3.000,0000	3.000,0000	0	0	M
53	6.000,0000	<=	6.000,0000	0	284,0000	4.322,5810	12.709,6800
54	5.000,0000	<=	5.000,0000	0	162,0000	3.424,2420	11.303,0300
55	0	<=	5.000,0000	5.000,0000	0	0	M
56	0	<=	6.000,0000	6.000,0000	0	0	M
57	0	<=	3.000,0000	3.000,0000	0	0	M
58	1.000,0000	<=	1.000,0000	0	780,0000	0	10.000,0000
59	8.000,0000	<=	8.000,0000	0	411,0000	5.263,1580	18.947,3700
60	6.000,0000	<=	6.000,0000	0	2.284,0000	4.322,5810	12.709,6800
61	0	<=	5.000,0000	5.000,0000	0	0	M
62	2.000,0000	<=	2.000,0000	0	84,0000	1.071,4290	5.714,2860
63	8.000,0000	<=	8.000,0000	0	524,0000	5.523,8100	17.904,7600
64	0	<=	6.000,0000	6.000,0000	0	0	M

Linear and Integer Programming - [Combined Report for AKCAY PETROL RAFINERI A.S.]

File Format Results Utilities Window Help

65	<=	5,000,000	<=	5,000,000	0	1,120,000	4,054,545	8,781,818
66	<=	0	<=	4,000,000	4,000,000	0	0	M
67	<=	0	<=	3,000,000	3,000,000	0	0	M
68	<=	0	<=	2,000,000	2,000,000	0	0	M
69	<=	3,000,000	<=	3,000,000	0	644,000	1,869,565	7,521,739
70	<=	6,000,000	<=	6,000,000	0	278,000	4,375,000	12,500,000
71	<=	2,000,000	<=	2,000,000	0	726,000	470,588	8,117,647
72	<=	0	<=	4,000,000	4,000,000	0	0	M
73	<=	0	<=	5,000,000	5,000,000	0	0	M
74	<=	0	<=	1,000,000	1,000,000	0	0	M
75	<=	4,000,000	<=	4,000,000	0	424,000	3,212,121	7,151,515
76	<=	3,000,000	<=	3,000,000	0	1,512,000	1,424,242	9,303,030
77	<=	1,000,000	<=	1,000,000	0	1,642,000	0	8,428,571
78	<=	1,000,000	<=	1,000,000	0	8,000	0	6,621,622
79	<=	0	<=	4,000,000	4,000,000	0	0	M
80	<=	5,000,000	<=	5,000,000	0	1,272,000	2,111,111	16,555,550
81	<=	1,000,000	<=	1,000,000	0	216,000	0	9,666,667
82	<=	3,000,000	<=	3,000,000	0	588,000	1,074,074	10,703,700
83	<=	3,504,000,000	<=	3,504,000,000	0	36,000	3,296,000,000	3,556,000,000

ÖZGEÇMİŞ

İlgın Maltepe, 1986 yılında İzmir' de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir' de tamamladı. 2004 – 05 eğitim – öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü' ne girdi. Temmuz – 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında K.T.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. İyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilmektedir.