

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**

**KARIŞIM VE TAŞIMA MALİYETLERİNİN MINİMİZASYONUNDA
DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN KULLANILMASI VE BİR MADEN
İŞLETMESİ İÇİN UYGULAMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nezihe Özge (BIYIKLILAR) TUNÇAY
Endüstri Mühendisi**

Balıkesir, Şubat – 2006

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**

**KARIŞIM VE TAŞIMA MALİYETLERİNİN MINİMİZASYONUNDA
DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN KULLANILMASI VE BİR MADEN
İŞLETMESİ İÇİN UYGULAMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nezihe Özge (BIYIKLILAR) TUNÇAY

Balıkesir, Şubat – 2006

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARIŞIM VE TAŞIMA MALİYETLERİNİN MİNİMİZASYONUNDA
DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN KULLANILMASI VE BİR MADEN İŞLETMESİ
İÇİN UYGULAMA ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nezihe Özge TUNÇAY (BIYIKLILAR)

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Ramazan YAMAN

Sınav Tarihi : 20.02.2006

Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Ramazan YAMAN

Yrd.Doç.Dr. Muzaffer KADIOĞLU

Yrd.Doç.Dr. Ziya AKSOY

(Danışman-BAÜ-MMF) *R. Yaman*
(BAÜ-MMF) *M. Kadioğlu*
(BAÜ-MMF) *Z. Aksoy*

Balıkesir, Şubat - 2006

ÖZET

KARIŞIM VE TAŞIMA MALİYETLERİNİN MİNİMİZASYONUNDA DOĞRUSAL PROGRAMLAMAMANIN KULLANILMASI VE BİR MADEN İŞLETMESİ İÇİN UYGULAMA ÇALIŞMASI

Nezihe Özge (BIYIKLILAR)TUNÇAY

**Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

(Yüksek Lisans Tezi/Tez Danışmanı:Doç. Dr. Ramazan YAMAN)

Balıkesir, 2006

Bu tezin amacı, seçilen bir maden işletmesinde doğrusal programlama ile kaolin karışım maliyetlerini ve madenlerden limanlara taşıma maliyetlerinin optimizasyonudur.

Tezin birinci bölümünde, Türkiyedeki maden sektörü, kaolin madeni, ülkemizdeki ve dünyadaki kaolin madeninin durumu anlatılmıştır.

İkinci bölümde, taşıma sistemleri maden taşımacılığını da kapsayacak şekilde detaylı anlatılmıştır.

Son bölümde ise seçilen bir maden işletmesinde, karışım ve taşıma maliyetlerini minimum yapacak bir model kurulmuş ve sonuçları değerlendirilmiştir

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Maden Karışımı / Maden Taşınması / Kaolin / Doğrusal Programlama / Lingo

ABSTRACT

A LINEAR PROGRAMMING MODEL IMPLEMENTATION FOR MINE MIXTURE AND TRANSPORTATION COSTS MINIMIZATION WITH A CASE STUDY

Nezihe Özge (BIYIKLILAR) TUNÇAY

**Balikesir University, Institute of Science,
Department of Industrial Engineering**

(M.Sc. Thesis/Supervisor: Assoc.Prof.Dr.Ramazan YAMAN)

Balikesir, 2006

The aim of this thesis is to optimize the transportation cost from mines to ports and cost of kaolin mixture by linear programming at a chosen mine company.

In the first part of the thesis, mining sector in Turkey, kaolin mine, sector of kaolin mine in Turkey and in the world were shortly discussed.

In the second part, transportation systems including mine transportation are explained in detail.

In last part, a model minimizing mixture and transportation cost at a chosen mine company was set and the results were discussed.

KEYWORDS: Mine Mixture / Mine Transportation / Kaolin / Linear Programming / Lingo

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEYWORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
<u>2. ÜLKEMİZDE MADENCİLİK SEKTÖRÜ ve KAOLİN MADENİNİN DURUMU</u>	<u>3</u>
<u>2.1 Ülkemiz Madenciliğinin Değerlendirilmesi</u>	<u>3</u>
<u>2.1.1 Maden Rezervlerimiz</u>	<u>3</u>
<u>2.1.2 GSMH içinde Madencilik</u>	<u>4</u>
<u>2.1.3 Maden İhracat ve İthalatı</u>	<u>7</u>
<u>2.2 Kaolin Madeni</u>	<u>11</u>
<u>2.2.1 Kaolinde Kaliteyi Belirleyen Unsurlar</u>	<u>12</u>
<u>2.3 Dünyada Kaolin Madeninin Mevcut Durumu</u>	<u>14</u>
<u>2.3.1 Dünya Kaolin Rezervi</u>	<u>14</u>
<u>2.3.2 Tüketim Alanları</u>	<u>15</u>
<u>2.3.3 Üretim Yönetimi ve Teknoloji</u>	<u>18</u>
<u>2.3.4 Dünya Üretim Miktarları</u>	<u>18</u>
<u>2.3.5 Ürün Standardı</u>	<u>18</u>
<u>2.3.6 Çevre Sorunları</u>	<u>20</u>
<u>2.4 Türkiye’de Kaolin Madeninin Durumu</u>	<u>20</u>
<u>2.4.1 Türkiye de ki Rezervler</u>	<u>20</u>
<u>2.4.2 Tüketim Alanları</u>	<u>22</u>
<u>2.4.3 Tüketim Miktar ve Değerleri</u>	<u>24</u>
<u>2.4.4 Üretim Yönetimi ve Teknoloji</u>	<u>24</u>
<u>2.4.5 Ürün Standardı</u>	<u>25</u>
<u>2.4.6 Üretim Miktar ve Değerleri</u>	<u>26</u>
<u>2.4.7 Birim Üretim Girdileri ve Maliyetler</u>	<u>27</u>
<u>2.4.8 İthalat ve İhracat</u>	<u>27</u>
<u>2.4.9 Türkiye’nin Dünyadaki Durum ve Diğer Ülkelerle Karşılaştırma</u>	<u>29</u>

3. ULAŖTIRMA SİSTEMLERİ VE MADEN ULAŖTIRMASI	30
3.1 Karayolu TaŖımacılıđı ve Madencilik	30
3.2 Denizyolu TaŖımacılıđı ve Madencilik	32
3.3 Demiryolu TaŖımacılıđı ve Madencilik	34
3.4 Havayolu TaŖımacılıđı ve Madencilik	36
4. UYGULAMA	40
4.1 İŖletmenin Tanıtımı	40
4.2 Amaç ve Yöntem	43
4.2.1 KarıŖım Problemleri	49
4.2.2 UlaŖtırma Modelleri	54
4.3.Gürbüz Madencilik Modelin Yapısı ve Kurulması	57
4.4.Modelin Uygulaması ve Sonuçların Değerlendirilmesi	62
5. SONUÇ	65
EKLER	67
EK A : Modelin Paket Program için Yapısı ve Detayları	67
EK B : Uygulama Sonuçları ve Detayları	73
KAYNAKLAR	76

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>		
<u>Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	Madenciliğin GSMH İçindeki Yeri	6
Şekil 2.2	Madenciliğin Toplam Yatırımlar İçindeki Payı	7
Şekil 2.3	Maden İthalat ve İhracatı	8
Şekil 4.1	Ulaştırma Modeli	56
Şekil 4.2	Ocak ve Limanlar Arası İlişkiler	59

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u> <u>Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1	Dünya ve Türkiye maden rezervleri	4
Tablo 2.2	Sektörlerin 1996-2001 Yılları arasındaki Büyüme Hızları	5
Tablo 2.3	GSMH 'ın Sektörel Dağılımı	5
Tablo 2.4	GSMH 'nın 1993-2001 Yıllara Göre Dağılımı	6
Tablo 2.5	Türkiye 'nin Maden ve Mineral İhracatı	8
Tablo 2.6	Başlıca Madenlerin İthalatı	9
Tablo 2.7	Maden Ürünleri İhracatı	11
Tablo 2.8	Maden Ürünleri İthalatı	11
Tablo 2.9	Seramik Ürünleri Dış Ticareti	11
Tablo 2.10	Dünya Kaolin Rezervleri	14
Tablo 2.11	Dünya Kullanım Alanlarına Göre Kaolin Tüketim Oranları	17
Tablo 2.12	Dünya Kaolin üretimi	18
Tablo 2.13	Çeşitli Sektörlere Göre Kaolinlerde İstenen Ürün Standartları	19
Tablo 2.14	Bazı Ülkelerin Yaklaşık Kaolin Ticareti	19
Tablo 2.15	Türkiye Kaolin Rezervleri	21
Tablo 2.16	Türkiye Kaolinlerinin Tüketim Alanları	23
Tablo 2.17	Türkiye'de Kaolin Tüketimi	24
Tablo 2.18	Türkiye Kaolin Ürün Standartları	25
Tablo 2.19	Türkiye Kaolin Üretimi	26
Tablo 2.20	Kaolin Üretiminde Maliyet Dağılımı	27
Tablo 2.21	Türkiye Kaolin İthalatı	28

Tablo 2.22	Türkiye Kaolin ve Kaolinli Killer İhracatı	29
Tablo 3.1	Yıllara Göre Türkiye Karayolu Ağı	31
Tablo 3.2	Türk Deniz Ticaret Filosu Kapasitesinin Mevcut Durumu ve Yıllar İtibariyle Gelişimi	32
Tablo 3.3	Dış Ticarete Denizyolunun Payı ve Diğer Ulaşım Yollarıyla Karşılaştırılması	33
Tablo 3.4	Dünya Deniz Ticaretinde Madenler	34
Tablo 3.5	Yıllara Göre Demiryolu Uzunluğu ve Yük Taşıma Miktarları	35
Tablo 4.1	İsviçre Çelik Örneği Verileri	50
Tablo 4.2	Maden ve Şehir Bilgileri	54
Tablo 4.3	Danaçayır Ocağı Kaolin Stok Miktarları	57
Tablo 4.4	Şapçı Ocağı Kaolin Stok Miktarları	58
Tablo 4.5	Yaylabayır Ocağı Kaolin Stok Miktarları	58
Tablo 4.6	Sinandede Ocağı Kaolin Stok Miktarları	58
Tablo 4.7	Ocakların Üretim Maliyetleri	59
Tablo 4.8	Kaolinin Ocaklardan Limanlara Taşıma Maliyeti	59
Tablo 4.9	Liman Kullanım Maliyetleri	60
Tablo 4.10	EXCEL’de Modelin Sonuçlarının Sağlaması	63
Tablo 4.11	Gürbüz Maden İşletmeciliği Çözümü	64

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren, ilgi ve desteğini esirgemeyerek bana güven veren değerli hocam ve danışmanım Sayın Doç. Dr. Ramazan YAMAN'a içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmanın bir çok bölümündeki her türlü sorunumuzla, değerli zamanlarını esirgemeksizin ilgilenen, değerli görüşlerini bizimle paylaşan Koray GÜRBÜZ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmamda emeği geçen Yrd.Doç.Dr.Muzaffer KADIOĞLU'na, Prof.Dr.Nihat KARAKOÇ'a ve diğer tüm Endüstri Mühendisliği bölümü mesai arkadaşlarıma ve doğrusal programlama konusunda çok büyük destek veren Araş.gör. Beyazıt OCAKTAN'a, bana verdiği destek, emek ve sevgiyle tezimi bitirmeme yardımcı olan sevgili eşim Bülent TUNÇAY'a sonsuz teşekkürler...

Balıkesir, 2006

Nezihe Özge (BIYIKLILAR) TUNÇAY

1. GİRİŞ

Ekonominin önemli sektörlerinden biri olan madencilik, ulusların sosyo-ekonomik kalkınmaları için gerekli olan enerji ve sanayinin temel hammaddelerini sağlayan tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Ülkemiz maden potansiyelinin kullanımına dayalı sektörlerin geliştirilmesi, Türkiye’de gelişen sanayi kollarının ihtiyaç duyduğu hammaddelerin dünya piyasaları ile rekabet edebilecek fiyatlarla bu sektörlerle verilmesi ve bu kuruluşlar arasında ilişkilerin geliştirilmesi uluslararası rekabet şartları dikkate alındığında ülkemiz dış ticareti açısından büyük önem taşımaktadır.

Bir ülkenin kalkınmışlık düzeyinin belirlenmesinde ulaşım önemli bir göstergedir. Ulaştırma kendi içinde başlı başına önemli bir hizmet sektörüdür. Ekonomik kalkınma sürecinde itici güçlerden biri olan ulaştırma hizmetleri, maden sektöründe rekabeti etkileyen en önemli unsurlardan biridir [1]. Hammaddelerin en uygun taşıma aracı ve en uygun rotayı seçerek optimum maliyetle taşınması, şirketin rakiplerin önüne geçebilme ve müşteri memnuniyetinin artmasını sağlamaktadır. Maden sektörünün diğer bir rekabet edebilme koşulu da, müşteri tarafından istenen karışım oranlarının en uygun maliyetle sağlanmasıdır.

20. yüzyılın başlarında işletme yöneticileri belirli bir konudaki iş tecrübelerine ve teknik bilgilerine dayanarak karar vermekteydi. Oysa günümüzde yöneticiler, tecrübe ve bilgilerinin yanı sıra, kantitatif tekniklerden ve teknolojiye de büyük ölçüde yararlanmaktadırlar. İşletmelerin ölçeklerinin büyümesinin yanı sıra, üretim, pazarlama ve ulaşımda en iyi alternatifi seçmenin güçlüğü gibi hususlar yöneticilerin bilimsel yöntem ve teknikler kullanmalarını zorunlu hale getirmiştir [2]. Bilimsel yöntem ve tekniklerden en çok kullanılanı Yöneylem Araştırması’dır. Yöneylem araştırması, insan, makina, para ve malzemedan oluşan endüstriyel, ticari, resmi ve askeri sistemlerde yönetimlerde karşılaşılan problemlere bilimsel yaklaşımdır. Amacı, yönetime, politika ve faaliyetlerini bilimsel olarak belirlemede

yardımcı olmaktadır. Yani Yöneylem araştırması, sistemlerin performansını optimize etmek için teknikler kullanan bir bilim dalıdır [3].

Avrupa Birliğine girme hazırlıkları yaptığımız bugünlerde şirketlerin performanslarını artırarak rekabet edebilirliklerini yükseltmeleri şirketlerden beklenmektedir. Maden işletmeleri de yöneylem araştırması tekniklerini kullanarak performanslarını arttırabilirler. Sahip olduğumuz maden ocaklarını en iyi şekilde kullanarak, madencilik sektörünü de ileri seviyelere taşımamızdır.

2. ÜLKEMİZDE MADENCİLİK SEKTÖRÜ VE KAOLİN MADENİNİN DURUMU

2.1 Ülkemiz Madenciliğinin Değerlendirilmesi

Jeolojik yapının bir sonucu olarak ülkemiz önemli sayıda maden çeşitliliğine sahip ve maden kaynakları yönünden zengin bir ülkedir. Temel sanayi girdilerine hammadde sağlaması yönüyle ön sırada yer alan Madencilik Sektörü ülkemizin temel taşı olan sektörlerinden birisidir ve diğer sektörler için her zaman lokomotif görevi görmüştür. Çeşitlilik ve rezerv açısından oldukça zengin maden yataklarına sahip olan ülkemizde önemli miktarda maden hammadde kaynağı bulunmaktadır. Son yirmi yılda yeterli arama yapılmamasına karşın bor, mermer, toryum, trona, zeolit, pomza, selestit gibi madenlerde ülkemiz önemli rezervlere sahiptir. Ayrıca krom, manyezit, feldspat, barit, kil, kömür, altın ve gümüş rezervleri yönünden de dünya sıralamasında yer almaktadır [4].

2.1.1 Maden Rezervlerimiz

Türkiye, dünyada madencilikte adı geçen 132 ülke arasında yapılmış bir çalışmada toplam maden üretimi itibarı ile 28 'inci, üretilen maden çeşitliliği açısından da 10 'uncu sırada yer almıştır. Dünyada metal maden rezervlerinin % 0.4 'ü, endüstriyel hammadde rezervlerinin % 2.5 'i, jeotermal potansiyelin ise % 0.8 'i ülkemizedir [4].

Tablo 2.1 Dünya ve Türkiye maden rezervleri (2002) [4]

MADEN CİNSİ	Dünya (bin ton)	Türkiye (bin ton)
Bor (B₂O₃)	1.275.000	803.000
Manyezit	2.594.000	44.059
Linyit	512.000.000	8.375.000
Taş kömürü	519.000.000	428.000
Trona	24.000.000	200.000
Krom	3.600.000	26.000
Barit	583.000	24.000
Demir	140.000.000	150.000
Bakır	340.000	6.800
Boksit	25.000.000	62.000
Altın	48	0.250
Stronsiyum	13.350	1.000
Feldispat	1.250.000	12.342
Fosfat	129.860.000	424.000

Ülkemizde üretilen maden ürünleri sanayide ve inşaat sektöründe hammadde olarak tüketilmektedir. Bor, krom, mermer, pomza, sodyum feldspat genel olarak ihraç edilen madenlerimizdir. Ulaşılan kaynaklara göre, 2002 yılında ülkemizin maden varlığı \$ 2.9×10^{12} değerindedir. Buna karşın yıllık maden üretimi \$ 2.3×10^9 , ihracatı ise \$ 500×10^6 kadardır [4].

2.1.2 GSMH İçinde Madencilik

GSMH 'daki büyüme hızı ile karşılaştırıldığında madenciliğin ekonomiye katkısının her geçen yıl azaldığı görülmektedir. Verilere göre GSMH, 1981-2000 arasında yaklaşık 3 kat artarken, madencilik üretiminde ancak 1.75 kat artış

sağlanmıştır. 2001 yılında madencilik üretiminin GSMH 'ya oranı % 1.17 olmuştur [4].

Tablo 2.2 Sektörlerin 1996-2001 Yılları arasındaki Büyüme Hızları [4]

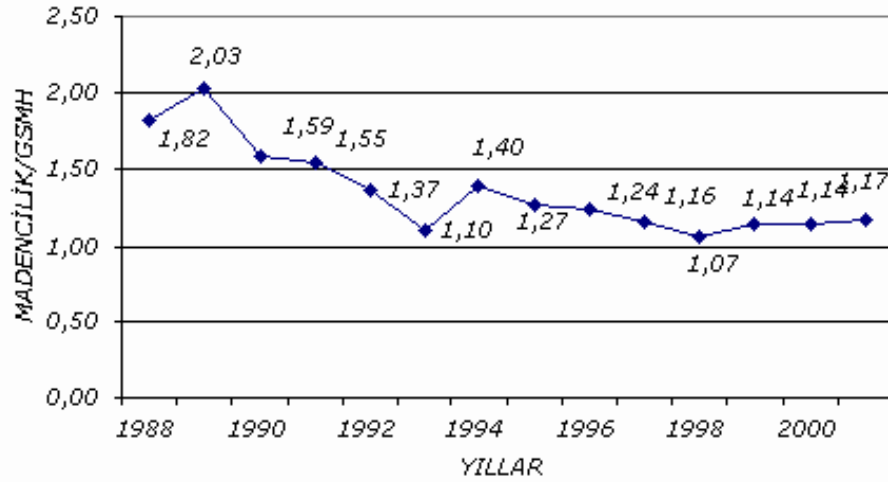
SEKTÖRLER	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Tarım ve hayvancılık	5.2	-2.3	8.4	-5.0	3.9	-6.1
Sanayi	7.1	10.4	2.0	-5.0	6.0	-7.5
Maden	2.3	4.7	9.3	-7.3	-1.1	-9.6
İmalat	7.1	11.4	1.2	-5.7	6.4	-8.1
Enerji	9.7	5.0	5.3	1.3	6.5	-2.1
İnşaat	4.8	5.0	0.7	-12.7	4.4	-5.9
Ticaret	8.7	11.7	1.4	-6.8	12.0	-9.4
Ulaşım	8.4	7.6	4.9	-4.0	5.5	-4.9
GSMH	7.9	8.3	3.9	-6.4	6.1	-9.4

Tablo 2.3 GSMH 'in Sektörel Dağılımı [4]

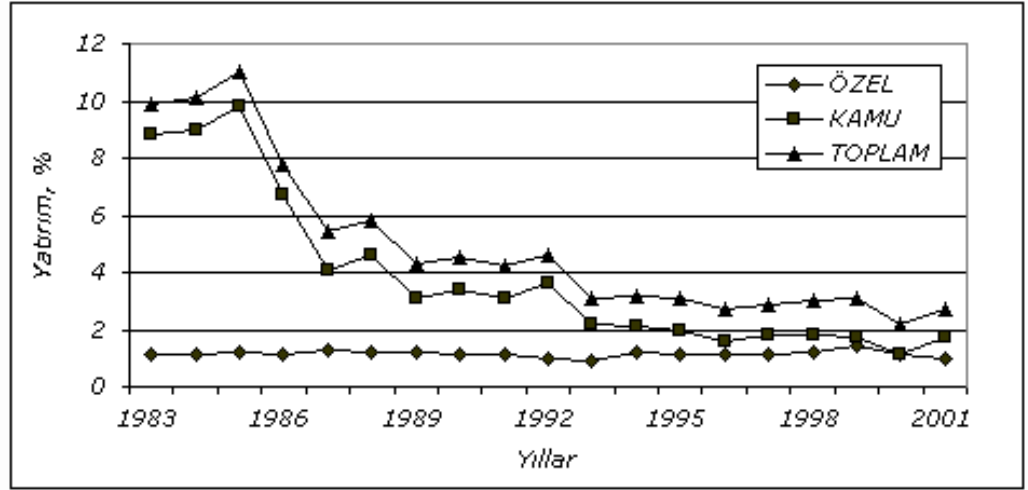
SEKTÖRLER	1999 Yılı, 1 \$ = 417.580 TL			2000 Yılı, 1 \$ = 623.419 TL			2001 Yılı, 1 \$ =1220.462 TL		
	milyar (TL)	milyar (\$)	(%)	milyar (TL)	milyar (\$)	(%)	milyar (TL)	milyar (\$)	(%)
Tarım ve hayvancılık	11634000	27.9	14.8	17540631	28,1	13.9	23427653	19.2	12.9
Sanayi	17973000	43.0	22.9	29027782	46,6	23.2	45874423	37.6	25.3
Maden	883000	2.1	1.14	1422903	2,3	1.14	2128387	1.7	1.17
İmalat	14839000	35.5	18.9 0	23888136	38,4	19.20	36730882	30.1	20.2 0
Enerji	2250000	5.4	2.80	3716743	5,9	2.90	7015153	5.7	3.90
İnşaat	4340000	10.4	5.5	6483106	10,3	5.1	9202185	7.5	5.1
Ticaret	14780000	35.5	18.9	24906513	39,9	19.8	37867860	31.1	20.9
Ulaşım	10711000	25.6	13.8	17645564	28,3	14.1	28468322	23.4	15.7
Diğer	18804000	45.0	24.1	29992533	48,1	23.9	36568121	29.9	20.1
GSMH	78242000	187.4	100	12559612 9	201.4	100	181.408.56 3	148.7	100

Tablo 2.4 GSMH 'nın 1993-2001 Yıllara Göre Dağılımı [4]

YILLAR	TL / \$	GSMH milyar \$	Madencilik milyar \$
1993	10985	181.8	1.986
1994	29704	130.9	1.821
1995	45705	171.9	2.156
1996	81137	184.6	2.256
1997	151230	196.4	2.228
1998	260034	203.9	2.122
1999	417580	187.3	2.116
2000	623419	202.0	2.282
2001	1220462	147.0	1.744



Şekil 2.1 Madencilğin GSMH İçindeki Yeri [4]



Şekil 2.2 Madencilik'in Toplam Yatırımlar İçindeki Payı [4]

2.1.3 Maden İhracat ve İthalatı

Maden ihracatının Türkiye'nin toplam ihracatı içindeki payı yıldan yıla değişiklik göstermektedir. 2000 yılında % 2 olan bu değer 2001 yılında ekonomik krizden de etkilenerek % 1.7'ye düşmüştür. 2001 yılında ihracat değerinin en fazla düştüğü ürün grubu metalik madenler ve boratlar olmuştur. Genel ihracat içindeki payı azalan maden ihracatı 2001 yılında 557 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Başlıca ihraç ürünleri endüstriyel ham maddeler, doğal taşlar ve metalik cevherler olurken, en önemli pazarlar Avrupa Birliği ülkeleri, Kuzey Amerika ülkeleri, diğer Avrupa ülkeleri ve Asya ülkeleri olmuştur. Maden ihracatımızda en büyük pay endüstriyel mineraller grubunda yer alan tabii boratlar ve konsantrelerine aittir. Borat ihracatımız 2001 yılında %16'lık azalmayla 96 milyon dolar olarak gerçekleşirken, ABD ve İtalya en önemli alıcı ülkeler olmuştur. Doğal taşlar, ihracatımızın fazla olduğu ikinci ürün grubudur. 2001 yılında doğal taş ihracatımız bir önceki yıla göre % 20 oranında artarak 223 milyon dolara ulaşmıştır. Bu değer 56 milyon doları ham-blok mermer ve granit ihracatına, 154 milyon doları ise işlenmiş mermer ve traverten ihracatına aittir. Ham mermer ihracatımızda en önemli alıcı ülke % 21'lik değerle İspanya'dır. Bu ülkeyi Çin, İtalya ve Hong Kong izlemektedir. İşlenmiş mermer ihracatımızda ise en önemli alıcı ülkeler ABD, İsrail, Türkmenistan, Suudi Arabistan ve İspanya'dır. Doğal taşlar grubundan sonra 2001 yılında en fazla ihraç ettiğimiz ürün manyezit olmuştur. Manyezit ihracatımız bir

önceki yıla göre %3 oranında artarak 36 milyon dolara ulaşmıştır. En önemli pazarlar Avusturya, Ukrayna, İran, İspanya ve Almanya olmuştur. Bu ürünler dışında 2001 yılında sektörde en fazla ihraç edilen ürünler arasında, bakır cevherleri ve konsantreleri, krom cevherleri ve konsantreleri, feldispat, çinko cevherleri ve konsantreleri yer almaktadır [5].

2002 yılında maden ihracatımız daha da artarak 684 milyon dolar, 2003 yılında 847 milyon dolar ve 2004 yılında 1207 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir [6].

Tablo 2.5 Türkiye 'nin Maden ve Mineral İhracatı [5] (Miktar:1000 ton,
Değer:Milyon\$)

Ürün	1999		2000		2001		2001 Yılında ki Önemli Pazarlar
	Miktar	Değer	Miktar	Değer	Miktar	Değer	
Tabii Boratlar	654	121	619	114	479	96	ABD (%25), İtalya (%17), İspanya (%12), Hollanda (%11), Japonya (%11), Çin (%6)
Doğal taş (blok)	248	34	351	35	554	56	İspanya (%20), Çin (%19), İtalya(%11), Hong Kong (%8)
Bakır cevherleri ve kons.	194	44	190	52	156	34	Bulgaristan (%33), Japonya(%20), Çin (%11), Finlandiya (%11)
Feldispat	1800	33	2114	39	1357	27	İtalya (%69), İspanya (%9), Endonezya (%5), Mısır (%3)
Krom cevherleri ve kons.	567	39	467	38	327	24	Rusya (%40), Norveç (%22), Ukrayna (%10), Slovakya (%9)
Manyezit	225	37	236	35	230	36	Avusturya (%49), Ukrayna (%10), İran (%7), İspanya (%5)
Çinko cevherleri ve kons.	101	24	128	32	89	18	Yunanistan (%23), Belçika Lüksemburg (%22), Bulgaristan (%19), Finlandiya(%11)
Pomza taşı	117	6	94	6	102	5	Hollanda (%18), ABD (%12), Fas (%8), Tunus (%7)

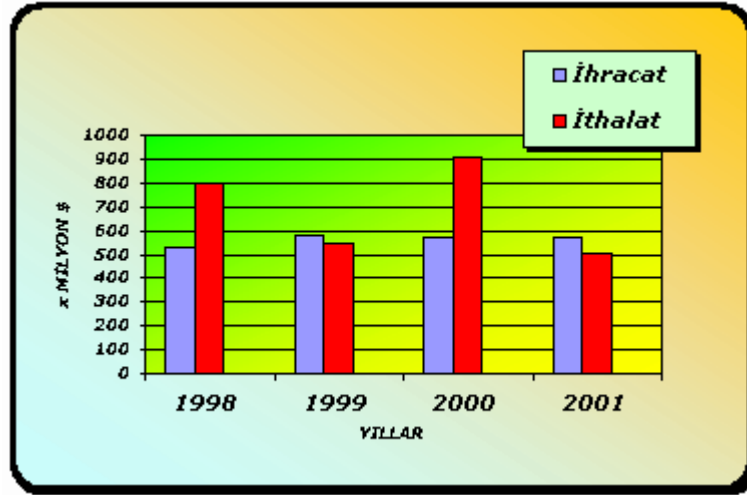
Tablo 2.5 ' in devamı

Kaolin	213	7	223	7	211	5	İspanya (%38), Tunus (%33), Birleşik Arap Emirlikleri (%13)
Barit	58	4	89	5	137	7	Rusya (%4), Suriye (%3), Yunanistan (%1), Romanya (%1)
Perlit	145	3	143	3	100	3	Belçika – Lüksemburg (%13), Brezilya (%12), Hindistan (%12)
Diğerleri	1023	178	1141	215	1495	246	
Toplam	5345	530	5795	581	5237	557	

2001 yılı, maden ithalatımız 8.5 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. İthalatta en büyük pay 3.8 milyar dolarlık alımla ham petrole aittir. Bu ürünü 3 milyar dolarla petrol gazı ve diğer gazlı hidrokarbonlar ve 297 milyon dolarla taşkömürü takip etmektedir. İthal ettiğimiz diğer ürünler kok kömürü, kimyasal gübrelerin üretiminde kullanılan tabii fosfatlar ve diğer sanayi sektörlerinde kullandığımız demir cevheri ve konsantreleri, amyant, kükürt, granit ve tabii kumdur [7].

Tablo 2.6 Başlıca Madenlerin İthalatı (Miktar:1000 ton, Değer:Milyon \$) [7]

Ürünler	1999		2000		2001	
	Miktar	Değer	Miktar	Değer	Miktar	Değer
Ham Petrol	22837	2755	21363	4208	23142	3878
Petrol gazı ve diğer gazlar	13564	1467	13745	3079	18248	3154
Tabii Fosfatlar	874	39	668	29	497	22
Demir Cevheri ve kons.	2973	89	4140	116	2620	82
Taş Kömürü	6411	300	13049	603	6086	290
Kok ve semi kok	444	34	763	61	522	45
Kükürt	133	7	107	7	67	5
Tabii Kum	224	7	233	9	148	4
Granit,gre,bazalt vb.	58	12	68	12	46	7
Toplam	56233	5634	69525	9807	42291	8507



Şekil 2.3 Maden İthalat ve İhracatı [7]

Genel ihracat-ithalatımızdaki gibi madencilik dış ticaretinde de açık söz konusudur. İthalat tablosunda, kömür, krom, demir, fosfat gibi bazı madenlerimizin ithalat edildiği dikkat çekmektedir. Bunun nedeni madenlerimizin düşük tenör, ihtiyaç duyulan kalite, rezerv yetersizliği ve yüksek işletme maliyetleri yönünden ithal edilenlerle rekabet edememesidir. Yıllara göre maden ihracat ve ithalat rakamları incelendiğinde maden ihracatımızdan elde ettiğimiz dövizin, ülkemiz kömür ithaline ödenen dövizi karşılayamadığı görülmektedir. Madencilik üretiminin doğrudan değerinin GSMH içindeki oranının düşük olmasına karşın, sektörün GSMH'ya katkısı katma değer olarak % 7-10 arasındadır. GSMH'nın hesaplanmasında madencilik ürünleri olan, cam, seramik, çimento, demir-çelik ürünleri sanayi ve imalat sektörü kapsamında değerlendirilmekte, bu nedenle madenciliğin ekonomi içindeki gerçek boyutu görülememektedir [7].

Tablo 2.7 Maden Ürünleri İhracatı [7]

İHRACAT, milyon \$	1998	1999	2000	2001
Demir-çelik	1.589	1.542	1.624	2.040
Demir-çelikten eşya	662	605	697	971
Alüminyum ve Al eşya	281	263	289	320
Cam ve cam eşya	349	328	387	410
Taş, alçı, çimento	140	152	199	198

Tablo 2.8 Maden Ürünleri İthalatı [7]

İTHALAT, milyon \$	1998	1999	2000	2001
Demir-çelik	2.769	2.056	2.778	1.796
Demir-çelikten eşya	649	486	705	844
Alüminyum ve Al eşya	503	472	548	417
Bakır ve bakırdan eşya	350	328	473	320
Cam ve cam eşya	196	165	169	131

Tablo 2.9 Seramik Ürünleri Dış Ticareti [7]

SERAMİK ÜRÜNLERİ	1998	1999	2000	2001
İthalat, milyon \$	100	109	80	50
İhracat, milyon \$	270	295	293	325

2.2 Kaolin Madeni

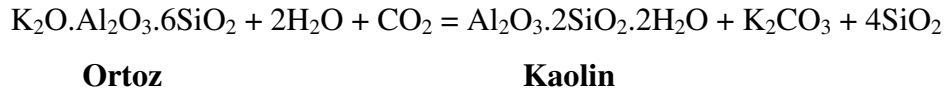
Kaolin ismi Çince 'deki Jauchon Fu yakınlarındaki “ Kauling” tepesinden gelmektedir. Çinliler porselen üretmek için bu tepeden kil üretmişlerdir. Bu nedenle kaoline “China Clay” de denmektedir [8].

Literatürde çoğunlukla, kaolin ve kil aynı anlamı verecek şekilde kullanılmaktadır. Kaolin, beyaz, plastik, yumuşak kil türü olup 2 mikron tane boyutu ile temsil edilmektedir. 150-200°C de su kaybederler [8].

Kaolin, kil mineralleri içinde bir grup kil mineraline verilen isimdir. En önemli minerali Kaolinit ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) olan grubun diğer mineralleri dikit, nakrit ve halloisiddir. Kaolin hammaddesini oluşturan en önemli mineral Kaolinit olup alüminyum hidro (sulu) silikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolinin sertliği 1,5-2, özgül ağırlığı 2,2-2,63'dür [9].

Fiziki olarak toprağımsı yapıda; beyazımsı-yeşilimsi veya sarımsı renktedir. Erime derecesi 1760 °C 'dir. Saf oldukları zaman beyaz renkli olup mat görünüştedirler [8].

Kaolinin karakteristik özelliği, plâstik olmasıdır. Oluşum itibariyle, feldspat içeren granitik veya volkanik kayaların feldspatlarının altere olarak kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu kaolinler meydana gelir. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdaki uzaklaşması sonucu Al_2O_3 içerikli sulu silikatça zenginleşen kayaç kaolinitini oluşturur. Bu olaya *Kaolinizasyon* (Kaolinleşme) denir [9].



2.1.2 Kaolinde Kaliteyi Belirleyen Unsurlar

Ana kayaç olan tüfler veya granitler içinde kaolinleşmeyi sağlayan sular, ana kayaç parçacıkları ile birlikte silikat bünyesinde olan SiO_2 , K^+ , Na^+ , Fe_2O_3 , S , CaO , MgO kısmen orijinal bünyeden uzaklaştırılmakta yada suların tesiri sonucu çeşitli bileşenlere dönüşmektedir. SiO_2 , orijinal kayaç bünyesinde belirli kısmı Al_2O_3 ile birleşerek kaolinitini meydana getirmekte, fazlası ise dışarıya atılmaktadır.

Kaolinleşmeyi sağlayan suların dışarıya atılması sırasında silisin belirli bir kısmı cevherleşme yüzeyinde demirli-silisli şapka şeklinde kabuk halinde kalmaktadır. Dışarıya atılamayanlar ise cevherleşme içinde serbest silis taneleri şeklinde veya kaolinleşme içinde opal (silis) bantları şeklinde kalmaktadır. Kaliteyi belirleyen en önemli unsurlardan olan silislerin bünyeden yoğun olarak atılması halinde kaliteli kaolin cevheri meydana gelmektedir. İçinde serbest silis tanesi olarak kalan kaolinler ise, daha kolay ayrıştırılabildiğinden süzülebilir kaolin niteliği kazanmaktadır. Fe_2O_3 : Orijinal kayaç bünyesinde yer alan demirin kaolin içinde olmaması istenilen en önemli kriterden biridir. Ancak kimyasal işlem sırasında demirin belirli bir kısmı kaolinleşme sırasında uzaklaştırılmadan kalmaktadır. Alkaliler ve $Al_2O_3 : K_2O + Na_2O$, kaolin oluşunda belirtilen feldspatların bozunması sonucu kaolinleşme olmaktadır. Feldspat $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ (Potasyum), $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ (Albit) ne kadar fazla bozunursa, ortamdan o kadar fazla K_2O ve/veya Na_2O atılmaktadır. Bunların atılması (ortamdan uzaklaştırılması) ne kadar fazla olursa, kaolinleşmeyi belirleyen Al_2O_3 oranı o kadar artacaktır [8].

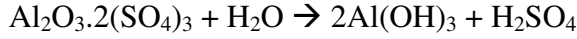
İdeal Kaolin Bileşimi: $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ olup kaolinitte;

SiO_2 (Silika)	% 46.54
Al_2O_3 (Alüminyum Oksit)	% 39.50
H_2O (Su)	<u>% 13.96</u>
	% 100.00

Kaolin içindeki Al_2O_3 haricindeki diğer bileşenlerin yüksek olması demek, Al_2O_3 oranının idealden (% 39.50'den) az olması demektir. Bu da kalitesinin daha düşük olması demektir [8].

SO_3 (Kükürt) ve Alunit: Kaolinleşmeyi sağlayan kimyasal işlem sırasında ortamda elementel S varsa; $H_2SO_4 +$ (Sülfürik Asit) oluşacaktır. Kaolinleşme işleminin olabilmesi için ortamdan uzaklaştırılabilecek madde, alkalilerden K_2O olup, bunun çözünmesi sırasında bazen tamamı uzaklaştırılmamakta ve ortamda bir miktar K kalmaktadır [10].

K, ortamda çözünür halde bulunan;



şeklinde çözümü Al^{+3} suda çözünen $\text{Si}(\text{OH})_4$ ile birleşerek kaolinit oluşur. Ortamda K geldiği zaman K mevcut $\text{Al}_2(\text{SO}_3)_3$ ile birleşerek alunit $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ oluşacaktır. Bu nedenle kaolinin bileşiminde alunit varsa K_2O oranı ile SO_3 den dolayı ateş zayıyatı yüksek çıkmaktadır [10].

FeS_2 (Pirit) : Kaolinleşme işlemi sırasında Fe açığa çıkması ve ortamdaki S ile birleşmesi sonucu bazen demir sülfür bileşiği olan piritler saçılmış halde kaolinleşme içinde (daha ziyade taban ve yan kısımlarda) gözükmemektedir. Ortamda K atılımı olması halinde SO_4 'ün belirli kısmı kalacağı için kaolinlerde alunit olması (maksimum % 0.5'e kadar SO_4) normal sayılmakta olup, SO_4 'ün tamamının ortamdaki atılmadığını göstermektedir [10].

2.3 Dünyada Kaolin Madeninin Mevcut Durum

2.3.1 Dünya Kaolin Rezervi : Ulaşılabilen kaynaklara göre, Dünya kaolin rezervleri Tablo 2.10 'da gösterilmiştir [11].

Tablo 2.10 Dünya Kaolin Rezervleri (2002) [11]

ÜLKE	(Milyon ton)
ABD	3.900
Güney Amerika	500
Toplam Amerika	4.000
İngiltere	2.500
Rusya	2.000
Avrupa Toplam	6.000
Afrika	800
Asya	1.500
Avusturya	500
Diğerleri	500
DÜNYA TOPLAMI	14.000

2.3.2 Tüketim Alanları

Kaolin özellikle, seramik, kağıt, boya sanayilerinde kullanılmaktadır. Dünya kaolin tüketiminde parasal ve üretim değerleri bakımından, ilk sırayı kağıt sanayi almaktadır. Avrupa pazarında kağıt, dolgu maddesi olarak toplam tüketimin % 40 'ı, Amerika pazarında bu amaçla toplam tüketimin % 80 'i kullanılmaktadır. Özellikle kağıt dolguda Avrupa kaolinle birlikte kalsit de kullanılmaktadır. Kuşe-kaplama kağıtta da benzer durum söz konusu olup, özellikle kuşe kağıtta kaolinin kalite bakımından avantaj ve üstünlüğü vardır. Dünya kağıt tüketiminde, kaolin ve kalsitin yerine, TiO_2 de kullanılmaktadır. Bunun toplam tüketimi, belirli yıllarda kaolin tüketimini azaltmasına karşın, bu oran çok büyük boyutlarda olmamaktadır. Ancak dünya kalsit tüketimi, kaolin tüketimini etkileyen en önemli unsurdur. Seramikte kaolin tüketimi, en çok sıhhi tesisat, porselen ve izalatör sanayinde olmaktadır. Fayansta tüketim maksimum % 20 dolayındadır. Son yıllarda seramik sektörü dışında, kaolinin en büyük kullanıcısı çimento sektörü olup, kaolin tüketim oranı tüvenan üretimin % 30'una ulaşmaktadır. Kaolin seramik ve çimento sektörü dışında, boya, lâstik ve plâstik sanayinde dolgu maddesi olarak da kullanılmaktadır. Kaolin cam elyafı, kimya sanayi, ilaç sanayi gibi sektörlerde de tüketilmektedir. Ancak kullanım oranlarının düşüklüğüne karşın bu tüketimin parasal boyutu yüksektir. Ayrıca dünyada fiberglas (cam elyafı) üretiminin giderek arttığı gözlemlenmiştir. Bu oran ABD kaolin üretiminin % 5'ine tekabül etmektedir [12]. (450000 ton/yıl).

Sanayide kullanılan kaolinin özellikleri şunlardır [13]:

Kağıt sanayi: % 90-100 saf kaolinit minerali aranırken kuvars minerali içermemelidir. Ayrıca parlaklık en az % 85, tane boyutu % 80 < 2 μ m ve Brookfield viskozitesi < 7.000 cps olmalıdır.

Seramik sanayi: Genellikle % 75-80 kaolonit minerali içeren kaolinler tercih edilir. Pişme rengi, viskozitesi, sürtünmeye dayanıklılığı, Fe_2O_3 ve TiO_2 oranlarının çok düşük olması ve % 83-91 oranında parlaklık istenmektedir.

Boya sanayi: Su bazlı iç ve dış cephe boyalarında ve yağ esaslı, özellikle sanayi boyalarında titanyum oksit, öğütülmüş kalsit tozu ve talk ile birlikte kaolin kullanılır. Su bazlı iç cephe plastik ve latex kalsine edilmiş ve lamine olmayan mineral yapısına sahip kaolinler kullanılır. Bu gruptaki boyalar % 50 ila % 70 arasında pigment içerir. Yarı parlak ve parlak su bazlı boyalarda kullanılan kaolinin % 98'i 2 μ m'dan daha büyüktür. Latex boyalarda pigmentler, bağlayıcı reçinelerle beraber, daha iyi örtücülük sağlayan ve bağlayıcıların kırılma indisine yakın kırılma indisi değeriyle (>1.50) kaolin kullanılır.

Plastik sanayi : Güçlendirici ve maliyet düşürücü ve katkı malzemesi olarak özellikle viny 'lerde ve polyesterlerde sık kullanılır. Kaolinin en önemli kullanım alanı (PVC) kaplanmış teller ve kablolardır. Kalsine kaolin ve silika yüzey işlenmiş kaolinler, hidrofobik özelliği nedeni ile, PVC 'lerin elektrik direncini arttırmak için kullanılır.

Mürekkep yapımı: Litografik, ofset ve flexografik baskı tekniklerinde ince film içeren yüksek yoğunluktaki mürekkeplerde kaolin kullanılır. Mürekkep filmi 5 ile 15 μ m arasında değişir ve parlaklığı korumak için ince taneli kaolin (0.2-0.5 μ m) renklendirici pigment ile beraber kullanılır.

Lastik sanayi: Maliyet düşürücü katkı malzemesi ve güçlendirici olarak en çok kullanılan sert kaolinin tane boyutu ortalama 0.2 μ m 'dan küçük ve yumuşak kaolinlerin ortalama tane boyutu 1.0 μ m'dan küçüktür. Lastik sanayinde istenilen kaolinin sudaki pH'ı 4.5-5.5 arasında ayrıca, Fe, Mn ve Cu gibi elementlerin çok düşük sınırlar içinde olması istenir.

Cam elyaf yapımı: Isı izolasyonu ve plastiklerin güçlendirilmesinde kullanılır. Cam elyafın ana hammaddesi silis, kaolin ve kireç taşı ile birlikte borik asit, soda ve sodyum sülfattır. Alüminyum camlarda erime ısısını düşürür, kristalize olmasını önler ve suda diğer kimyasallarda çözünübilirliği azaltır. Cam elyaf üretimi için istenilen kaolinde % 37 Al_2O_3 , % 44 SiO_2 , en fazla % 1 Fe_2O_3 , % 2 Na_2O ve % 1 H_2O olmalıdır.

İzolasyon : Kaolin latex sodyum silikatlı duvar kağıdı yapıştırıcılarda, alçı panellerde, su bazlı yapıştırıcılarda ve epoxy bazlı yapıştırıcılarda daha iyi viskozite elde etmek, kolay uygulanması ve kolay yayılabilmesi için kullanılır.

Kataliz: Özellikle petrol rafinelerinde petrol ürünlerinin katalitik dönüşümlerinde kataliz olarak kullanılır. Pek çok katalizler yüksek ısı ve basınç altında çalışırlar. Bu nedenle kaolinler yüksek ısı şartlarına uygundur.

İlaç : Bazı ilaçlarda adsorpsiyon özelliğinden dolayı kaolin kullanılır. Kalsine edilmiş % 90'ı 2µ m altı kaolin diş macunlarında kullanılır. Ayrıca otomobil ve metal parlaticılarında, oksitlenmiş yüzeyleri temizlenmesinde kaolin kullanılır. Bu sektörde kullanılan kaolinlerde en fazla 2 ppm arsenik ve en fazla 20 ppm ağır metallerin bulunması istenir.

Kullanım alanlarına göre dünyada ki kaolin tüketim oranları Tablo 2.11 'da verilmiştir [11].

Tablo 2.11 Dünya Kullanım Alanlarına Göre Kaolin Tüketim Oranları [11]

Kullanım yeri	Kaolin %
Fayans	max % 20
Yerkarosu	-
Porselen	% 40 - 45
Sihhi Tesisat	% 30 - 40
Kağıt Dolgu	Avrupa % 40, Amerika % 80
Kaplama	-
Frit Sır	% 10
Çimento	% 30
Çanak Çömlek	25
Porselen	60
Vitrifiye	20-30
Elektro Porselen	20

2.3.3 Üretim Yöntemi ve Teknoloji

İngiltere Cornwall yataklarında kaolin, hidrolik yöntem olan basınçlı su ile üretilmekte, koparılan parçalar doğrudan süzme tesislerine taşınmaktadır. Diğer büyük yataklarda, genellikle açık işletme yolu ile üretim yapılmaktadır. Kağıt ve seramik kalitesindeki kaolinler, süzme tesislerinden geçirildikten sonra boyutlarına göre ayrılmaktadır. Bunlar genelde sulu değirmenlerde öğütme ve silis ayırma işlemi sağlandıktan sonra, çöktürme tankları ve hidrosilikonlardan geçirilmektedir. Manyetik seperatör ve havalı püskürtücü ile ağartma işlemleri daha çok kağıt sanayi için yapılmaktadır. Kurutma işlemi sonrası nemi azaltılır [11].

2.3.4 Dünya Üretim Miktarları

Ulaşılabilen kaynaklara göre bazı ülkelerin kaolin üretimleri tabloda verilmiştir [11].

Tablo 2.12 Dünya Kaolin üretimi [11]

	Brezilya (Ton)	İngiltere (Ton)	A.BD. (Ton)	Diğerleri (Ton)	DÜNYA TOPLAMI (Ton)
1996	1.057.000	2.281.000	9.120.000	22.731.000	35.400.000
1997	1.280.000	2.399.000	9.410.000	27.350.000	40.400.000
1998	1.300.000	2.300.000	9.450.000	26.750.000	39.800.000

2.3.5 Ürün Standardı

Çeşitli sanayi kollarındaki kullanıma bağlı olarak ürün standartları değişkenlik göstermektedir. Bu değişiklikler, kimyasal bileşim, tane boyu dağılımı ve çeşitli reolojik özellikleri itibariyle olmaktadır [11].

Tablo 2.13 Çeşitli Sektörlere Göre Kaolinlerde İstenen Ürün Standartları [11]

	Kağıt kaolini		Porselen	Çimento		Seramik
	Dolgu Kaplama			1	2	
SiO ₂	48	47	46 - 48			
Al ₂ O ₃	min 35	min 35	min % 30	min % 30	% 28	15 - 30
Fe ₂ O ₃	max 0.4	max 0.4	Max 0.5	max 0.4	max 0.4	max 0.5-1.00
TiO ₂	max 0.05	max 0.05	Max 0.1			
CaO	0.2	0.1	0.2			
MgO	0.2	0.1	0.5			
K ₂ O	1.5	0.5	1 - 1.5			
Na ₂ O	0.2	0.2	0.1 - 0.3			
SO ₃	max % 1	max % 1	Eser	max % 1	max % 1	max % 0.2
A.Z.	% 12 - 13	% 12 - 13	% 11 - 13			
-2 mikron	% 60	% 80		-5 cm	-5 cm	
+10 mikron	max % 10	max % 2		-10 cm	-10 cm	
+50 mikron	max % 0.1	max % 0.05				
Beyazlık	min % 80	min % 85				
Aşındırma	30	50				
Viskozite	68 - 70	68 - 70				

Tablo 2.14 Bazı Ülkelerin Yaklaşık Kaolin Ticareti [11] (x10³ ton,2002)

		İşlenmiş kaolin	Ham kaolin
Almanya	İthalat	700	30
	İhracat	100	-
Fransa	İthalat	50	300
	İhracat	70	80
Hollanda	İthalat	250	180
	İhracat	100	-
İtalya	İthalat	400	17
	İhracat	-	-

Kağıt dolgusu ve koruyucu boya üretimi gibi kullanım alanlarında, kaolin tüketimi, diğer endüstriyel minerallerin ve özellikle kalsitin giderek artan sıkı rekabeti ile karşılaşmıştır. Kağıt fabrikalarının çoğunun, asit boyutlandırmadan, alkali sistemlere geçmelerinin ardından kalsit, kaolin pazarına girmiştir. Kaolin üreticileri de buna tepki olarak, hafif kaplanmış kağıtlar gibi, pazardaki özgül kesimleri hedeflemişlerdir. Aynı kaynaklara göre, kağıt endüstrisi dışında kalan boya, plastik, lastik ve cam elyaf üretimi gibi kullanım alanlarındaki talep büyümesinin de düşük eğimli bir hızla seyredeceği ve geleneksel büyük pazarlar olan refrakter ve inşaat malzemesi üretimi gibi kullanımlardaki tüketimde ise, çok az büyüme yada durgunluk görüleceği ve hatta talebin düşebileceği tahmin edilmektedir [11].

2.3.6 Çevre Sorunları

Dünyada üretim yapan kaolin ocaklarında çevre problemi yoktur. Kaolin ocaklarında işletme izni alınmadan önce, çevre faktörü dikkate alınarak, alınması gerekli önlemler konusu madenciye bildirildikten sonra çalışma müsaadesi verilmektedir. Ocaklar genelde açık işletme olup, büyük bir çevre sorunu yaratmamaktadır. Çevre sorunları ile ilgili en önemli konu, kaolin yıkama ve öğütme tesisleridir. Bunlarda tesisi artığı ve toz halindeki kuvars zaman zaman problem teşkil edebilmektedir. Tesislerde toz tutma sistemleri olmadan çalışma izni verilmemektedir. Yıkama suları havuzlarda dinlendirilmekte ve genellikle kapalı devre olarak çalışılmaktadır. Dünyada kaolin üzerine çalışan ocaklar ve tesislerde çevreyi etkileyecek büyük bir problem olmayıp, çevreyi etkileyecek konulardaki problemler için gerekli önlemler alınmıştır [12].

2.4 Türkiye 'de Kaolin Madeninin Durumu

2.4.1 Türkiye 'de ki Rezervler

Türkiye'deki kaolin yataklarının hemen hepsi hidrotermal kökenli yataklardır. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) 'nın, yapmış olduğu çalışmalara göre Türkiye kaolin rezervi 100 milyon tonun üzerindedir. Ancak bu rezervlerin tamamı işletmeye uygun değildir. Bu rezervlerin 35 milyon tonu işletilebilmektedir.

Rezerv tablosunda ayrıca kullanım alanları ve tahmini kaliteleri de belirtilmiştir. Tablo 2.15 'da 2002 yılına ait Türkiye kaolin rezervleri değerleri verilmiştir [11].

Tablo 2.15 Türkiye Kaolin Rezervleri [11]

Bulunduğu Yerler	Al₂O₃ (%)	Kullanım Alanı	Rezerv (Gör+Muh) (Ton)	İşletilebilir R. Görünür (Ton)
Balıkesir-Sındırgı	13-33	İnce seramik, karo, refrakter, kağıt	70.000.000	25.000.000
Balıkesir-Ayvalık	15-32	Seramik ve karo fayans	1.000.000	500.000
Balıkesir-İvrindi	20-31	İnce ser. ve karo fay.	970.000	500.000
Balıkesir-Gönen	23-28	Seramik	150.000	50.000
Çanakkale-Çan	17-35	Seramik ve refrakter	5.000.000	2.000.000
Bursa-Kemalpaşa	20-24	Kağıt	1.000.000	1.000.000
İstanbul-Arnavutköy	15-35	Refrakter	800.000	-
TOPLAM			78.920.000	29.050.000
Eskişehir-Mihalıçık	20-33	Seramik ve karo fayans	3.330.380	1.000.000
Bilecik-Söğüt	15-23	Seramik	1.000.000	500.000
Kütahya- Gevrekseydi	20-24	Kağıt	724.924	200.000
Kütahya-Altıntaş	20-31	Ser.,karo,fayans,kağıt	1.206.000	500.000
Kütahya-Emet	20-30	Seramik,karo,fayans	1.070.286	100.000
Kütahya-Simav	20-24	Seramik,karo,fayans	370.000	50.000
Uşak-Karaçayır	11-21	Seramik,karo,fayans	800.000	500.000
TOPLAM			8.501.590	2.850.000

Tablo 2.15' in devamı

Kayseri-Felahiye	23-34	Seramik ve refrakter	450.000	20.000
Konya-Sağlık	15-30	Karo fayans ve seramik	607.000	100.000
Nevşehir-Avanos	18-33	Ser.,elekro pors.,karo	1.277.000	100.000
Niğde-Aksaray	15-32	Karo, fayans ve kağıt	1.500.000	1.000.000
TOPLAM			3.834.000	1.220.000
Trabzon-Araklı,Arsin	14-23	Karo, fayans	200.000	50.000
Rize-Ardeşen, Fındıklı	14-23	Karo, fayans	275.000	50.000
Giresun-Bulancak	12-24	Karo, fayans	7.785.000	2.000.000
Ordu-Ulubey	17-23	Kağıt	730.000	100.000
DIĞERLERİ				700.000
TOPLAM			8.990.000	2.900.000
GENEL TOPLAM			100.245.590	36.020.000

2.4.2 Tüketim Alanları

Türkiye 'de üretilen kaolinlerin % 60 'i çimento sektöründe, % 30 'si seramik, %10 'u cam, kağıt ve diğer sektörlerde tüketilmektedir. Bu da Türkiye 'de üretilen kaolinlerin ham olarak tüketildiğini göstermektedir. Avrupa ve Amerika'da üretilen kaolinlerin %80 'i kağıt sektöründe tüketilmektedir. Avrupa ve Amerika'da kağıt ve kaolin endüstrisi çok gelişmiş olup, ham olarak üretilen kaolinlerin %75 'i kağıt ve ince seramiğe hitap edilmek üzere tesislerde kullanılmaktadır [11].

Tablo 2.16 Türkiye Kaolinlerinin Tüketim Alanları [11]

Sektör	Oranı (%)
Çimento Sektörü	60
Seramik ve Cam Sektörü	30
Dolgu-Lastik-Boya v.s.	10

Gelişmiş ülkelerde üretilen kaolinlerin % 75 'i kağıt sektöründe tüketildiği göz önüne alındığında, Türkiye kağıt sanayinin tam gelişmediği ve Türkiye 'de kağıt sanayine hitap edebilen (özellikle kaplama) kaolinlerin üretilmediği ortaya çıkmaktadır. Türkiye 'deki mevcut tesislerden ancak kağıt dolgu kaolinleri elde edilebilmekte olup, kaplama kaolin talebi ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Kaolin cevherleşmesi içinde % miktarlarına göre olan safsızlıklar, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, K₂O, Na₂O olup, bileşim analizinde bu safsızlıkların oranlarının toplamı %10'dur. Bu bileşenlerin çokluğu veya azlığı, minerallerin şekli, bulunuş biçimi gibi özellikleri sınıflamasında etken olmaktadır [11].

Kaolinin fiziksel özelliklerine göre kullanım yerlerinin değişmesi nedeni ile seramik, porselen, fayans, çimento, kağıt dolgu, kağıt kaplama, demirli, silisli, plâstik, refrakter, alunitli kaolinler gibi sınıflamalara ayırmak mümkündür. Bu özelliklerinin belirlenmesi için çeşitli test ve teknolojik çalışmaların yapılıp, kullanım özelliğinin en uygun şeklinin belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin, kağıt kaolini dolgu veya kaplama kağıt özelliği için süzülebilirlik deneyleri sonrası beyazlığı, tane inceliği, içindeki ayrılabilir serbest silislerin % miktarı, kağıttaki aşındırma özellikleri, sıvı (yağ) emme özelliği gibi kriterlere bakılarak karar verilmektedir [11].

2.4.3 Tüketim Miktar ve Değerleri

Türkiye'de tüketilen kaolinlerin % 60 'ı çimento sektöründe tüketilmektedir. Çimento ve kağıt sektöründe de önemli oranda kaolin tüketildiği bilinmektedir [11]. Ulaşılabilen kaynaklar dahilinde Türkiye 'de Kaolin tüketimi artmaktadır.

Tablo 2.17 Türkiye'de Kaolin Tüketimi [11]

YILLAR	TÜKETİM (ton)
1995	371.000
1996	342.000
1997	365.000
1998	368.000
1999	500.000

2.4.4 Üretim Yönetimi ve Teknoloji

Türkiye 'de bulunan kaolin ocaklarında açık işletme ile üretim yapılmaktadır. Sert kaolin ocaklarında patlayıcı kullanılmaktadır. Sektörün ihtiyacına göre cevher içinde Fe_2O_3 elle seçilerek temizlenmektedir. Ocaklarda çıkarılan cevherin boyutu piyasa ve ihracata uygun olarak 5-10 cm.ye kırılmaktadır. Seramik sektörünün ihtiyacı olan masse kaolinleri, tüvenan veya 5-10 cm boyutlarında tüketilmektedir. Seramik fabrikalarının bazılarında, kaolin yıkama-süzme tesisi bulunmakta olup, bu tesislerden elde edilen süzölmüş kaolinler ancak kendi ihtiyaçlarını karşılamaktadır [11].

Türkiye seramik ve kağıt sanayi istediği kalitedeki kaolini iç piyasadan sağlayamadığı için bu hammadde gereksinimini ithalat ile karşılamaktadır. Frit ve sır üretimine uygun kaolinler ile kağıt sanayinin, özellikle kuşe kağıtta, kullandığı kaolinler mevcut teknoloji ile elde edilemediği için ithalat yapılmaktadır. Türkiye'de mevcut tesislerde elde edilen süzölmüş kaolinler kağıt sanayinde kullanılan dolgu maddesi özelliğine sahiptir. Türkiye 'de bu tür tesisler konusunda büyük bir eksiklik olup, kağıt ve seramik sektöründe yıkanmış kaolin ihtiyacına yönelik yeni tesislerin kurulması gerekmektedir [11].

2.4.5 Ürün Standardı

Türkiye 'de tüketilen kaolinlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre ürün standartları tablo 2.18 'de verilmiştir, bu tablonun dünyadaki ürün standartları ile arasında büyük bir farklılık yoktur. Fabrikalar üretim reçetelerine göre değişik oranlarda Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 , TiO_2 li hammadde kullanırlar. Reçetelere göre kullanım oranları da farklıdır. Ancak fabrikaların kullanıldığı diğer hammaddelerin fiziksel özellikleri kimyasal özelliklerinden daha fazla önem taşımaktadır. Kağıt, porselen, sıhhi tesisat gibi kullanım yerlerinde beyazlık, serbest silis, aşındırma gibi fiziksel özellikler daha önemli olduğu için tüketici kuruluşlar aldıkları kaolinlerin kimyasal analiz standartlarından çok bu tür fiziksel özelliklerine bakmaktadır. Sektörlere göre ürün standartlarını gösteren bir tablo hazırlanmış olup, tüm tüketici kuruluşların ortalamaları bu standartlar içerisinde kalmaktadır [12].

Tablo 2.18 Türkiye Kaolin Ürün Standartları [12]

	Fayans	Elektro Porselen	Porselen	Frit kaolini	Kağıt		Çimento	
					Dolgu	Kaplama	1	2
SiO_2 (%)	55-80	55-60	58-65	58-78	44-46	50-60	78-80	57-60
Al_2O_3	13-25	28-30	24-32	15-28	30-35	30-35	13-18	26-28
Fe_2O_3	max 1.0	max 0.6	max 0.6	max 0.3	max 0.4	max 0.4	max 0.4	max 0.4
TiO_2	max 0.5	max 0.5	max 0.5	-	max 0.4	max 0.4	max 0.5	max 0.5
CaO	max 1.0	-	-	-	-	-	max 1	max 1
MgO	max 1.0	-	-	-	-	-	max 1	max 1
Na_2O	max 1.0	Max 0.10	max 0.2	-	-	max 1.0	max 1	max 1
K_2O	max 1.0	max 0.10	max 0.2	-	max 2.00	max 1.0	max 1	max 1
SO_3	max 0.5	max 0.30	max 0.1	max 0.2	1-5.0	1-5.0	max 1	max 1
A.Z.	5-10	7-9	8-12	5-12	10-14	10-14	5-7	9-11
Beyazlık	-	min % 85	min % 89	-	min % 80	min % 85	-	-

Tablo 2.18'in devamı

Tane Boyu						min %		
2 mikrondan	-	-	-	-	% 30-35	80	-	-
5 mikrondan	-	-	-	-	% 35-45	10 mikron	-	-
						% 0.3		
Serbest silis	-	-	-	-	max % 8	max %0.4	A.Z.	A.Z.
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	max 90 ppm	max 80 ppm
Aşındırma	-	-	-	-	max 30 mg	max 5 mg	-	-
Cins	ham kaolin	ham ve tesis	ham ve Tesis	ham ve tesis	tesis	tesis	ham	ham

2.4.6 Üretim Miktar ve Değerleri

Türkiye 'de kaolin üretimi son yıllarda çimento sektörünün talebine bağlı olarak önemli oranda artmıştır. Üretimin büyük bir bölümü yine çimento sektörünün ihtiyacına yönelik olarak ihraç edilmektedir [12]. Ulaşabilinen kaynaklara göre kaolin üretimi artış göstermektedir.

Tablo 2.19 Türkiye Kaolin Üretimi [12]

YILLAR	ÜRETİM (ton)
1995	652.000
1996	677.000
1997	675.000
1998	679.000
1999	685.000

2.4.7 Birim Üretim Girdileri ve Maliyetler

Kaolin üretimlerinde, kalitelere göre maliyetler birbiriyle mukayese edilmeyecek kadar farklıdır. Bunun için selektif madencilik önem kazanmaktadır. Kağıt için beyazlık ve düşük Fe_2O_3 'lü üretimde işçilik ön plana çıkmakta, üretim miktarı azalmakta ve maliyet artmaktadır. Aynı şekilde seramik ve çimento sektörü için düşük Fe_2O_3 ve düşük SO_3 oranlarının elle ayıklanmasından dolayı maliyet artmaktadır. Bu giderler, maliyet ve üretim giderlerinde taşaronluk giderlerine de dahil edilebilmektedir. Genel bir tablo yapılacak olursa, en büyük gider işçilikten (taşaronluk) gelmektedir [12].

Tablo 2.20 Kaolin Üretiminde Maliyet Dağılımı [12]

Üretim Giderleri	% Dağılım
Harfiyat	% 10-15
İşçilik-Taşaronluk	% 60-65
Orman	% 5-10
Rödavans	% 2-5
Kalite Kontrol	% 5
Vergi-Harçlar	% 1-2
Beklenmeyen Giderler	% 2-5

Kaolinde kalite belirlenmesinde en önemli kriter olan Al_2O_3 oranının yüksek olması da, kaliteyi belirleyen diğer unsurlarla birleştiğinde üretim yapılan sektörün isteğine göre birim üretim giderlerinde belirli oranlarda değişimler olmaktadır [12].

2.4.8 İthalat ve İhracat

Kaolin ithalatında en büyük ithalatçı kağıt sektörüdür. Türkiye 'de mevcut kaolin süzme tesislerinde, özellikle de kağıt sanayinin istediği özellikte kaolin elde edilememektedir. %85 beyazlığın üstüne çıkılamaması, serbest silis oranının

istenilen seviyelere indirilememesi sonucunda, aşındırma yüksek ve 2 mikrona inen parça boyu % 80 'den azdır. Türkiye'de seramik kalitesinde sırlık kaolin üretilmediğinden seramik sektörü de sır ve flit özellikli kaolini ithal etmektedir. Yeni tesislerin kurulması ve kurulu tesislerde kullanılacak kaolinlerin özelliklerinin çok iyi belirlenmesi ithalatın yurtiçi kaynaklardan karşılanması bakımından özel önem taşımaktadır [4]. Ulaşılabilen kaynaklara göre 1993 ve 1998 yılları arasında ülkemizde ki maden ithalatı üç kat artmıştır. Bu da var olan madenlerimizden yeteri kadar yararlanamadığımızı göstermektedir.

Tablo 2.21 Türkiye Kaolin İthalatı

YILLAR	İthalat (ton)
1993	43.043
1994	61.194
1995	84.602
1996	83.690
1997	113.432
1998	139.326

Dünya kaolin ihracatında, ilk sırayı işlenmiş kağıt kaolini oluştururken, Türkiye kaolin ihracatında birinci sırayı ham kaolin oluşturmaktadır. İhraç edilen kaolinlerin % 95 'i çimento sektöründe, % 5 'i de seramik ve diğer sektörlerde kullanılmaktadır. Türkiye'den ihraç edilen kaolinler, kırılmış, ham kaolin olduğu için katma değeri düşüktür. İthalatta işlenmiş kaolin alındığı için katma değeri çok yüksektir. Türkiye kaolin ihracatında, son yıllarda belirli bir artış gözlenmiştir. İhracat yapılan ülkelerin başında İspanya, Tunus, Yunanistan, İtalya, Birleşik Arap Emirlikleri ve Ürdün gelmektedir [4].

Tablo 2.22 Türkiye Kaolin ve Kaolinli Killer İhracatı [4]

İHRAÇ EDİLEN KAOLİN ve KAOLİNLİ KİLLER	1998		1999		2000	
	Miktar	Değer	Miktar	Değer	Miktar	Değer
	ton	x10 ³ \$	ton	x10 ³ \$	ton	x10 ³ \$
	145.933	5.638	254.059	7.515	262.745	7.531

2.4.9 Türkiye'nin Dünyadaki Durum ve Diğer Ülkelerle Karşılaştırma

Dünya ve Avrupa kaolin ticareti, kağıt kaolini ve seramik kaolini olarak değerlendirilmektedir. Bir değerlendirme yapıldığında, ülkemizdeki tesislerde kaliteli kaolin yeterli miktarda üretilmediği için Türkiye yurtiçi ve yurtdışı ihracatı tüvenan kaolin üzerine gelişmektedir. Dünya ticareti süzölmüş kaolin iken, Türkiye ticareti çimento sektörünün talebini karşılayan ham kaolinlere yönelmiştir. Önümüzdeki yıllarda, Türkiye'de bu sektördeki kuruluşların süzölmüş kaolin teknolojisinde uygun kaliteleri yakalaması ve üretimde, özellikle ithalatı önleyici, süzölmüş kaolinlere ağırlık vermeleri beklenmektedir [11].

3. ULAŖTIRMA SİSTEMLERİ VE MADEN ULAŖTIRMASI

Mevcut ekonomik ilişkileri daha da geliştirmek için ülkeler, küresel ve bölgesel bazda liberalleşme çabası içinde serbest ticaret bölgeleri, gümrük birlikleri, ortak pazarlar v.b oluşturma çabası içindedirler. Yaşanan küreselleşme süreci de, malların, hizmetlerin, sermayenin, kişilerin dünyada daha serbest dolaşımını öngörmektedir. Sınırların ortadan kalktığı, rekabetin arttığı dünya da yaşanan bu değişim en fazla etkileyen ve etkileyecek olan sektörlerden biri ulaştırma sektörüdür. Sanayinin hızla gelişmesine, nüfus artışına ve yerleşim merkezlerinin yaygınlaşmasına paralel olarak, ulaştırma sistemleri de konfor, hız ve güvenilirlik yönünden devamlı gelişmeler kaydetmektedir [13].

3.1 Karayolu Taşımacılığı ve Madencilik

Karayolu taşımacılığı, II.Dünya savaşından sonra hızla gelişerek en kullanışlı nakliye türü olmuş ve tüm lojistik süreçlerde yer almıştır. Kapıdan kapıya taşımacılığa uygundur. Karayolu taşımacılığın her çeşit karayolunda gerçekleştirilebilir olması da, kapsadığı pazar alanı bakımından üstün olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, terminal noktalarındaki yatırım maliyetleri de, diğer modlara oranla daha düşüktür. Bu avantajlarının yanı sıra ağırlık ve boyut sınırlanmalarının olması, kötü hava koşullarından ve trafik problemlerinden etkilenmesi sakıncalı yönlerini oluşturur. Ürünlerin dağıtılması veya toplanmasına dönük kullanılmaktadır. Rekabetin en yoğun olduğu nakliye türüdür [17].

Karayolu ağı, otoyol ve asfalt olarak ikiye ayrıldığında Tablo 3.1' de ki bilgiler elde edilir Türkiye'de karayolu ağı uzunluğu 1950 yılından 2001 yılına kadar 4.79 artmışken, aynı dönemde demiryolu ağı uzunluğu sadece 1.65 kat artmıştır. Bu durum ülkemizde karayoluna ağırlık verildiğinin bir göstergesidir [18].

Tablo 3.1 Yıllara Göre Türkiye Karayolu Ağı (km) [18]

	1950	1991	1992	1993	1994	1995
Otoyol	-	388	771	1.085	1.188	1.286
Asfalt	88.815	-	-	-	-	-
Toplam	88.815	368.211	387.134	388.108	381.049	382.285
İndeks	100	415	436	437	429	420
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Otoyol	1.481	1.573	1.707	1.749	1.773	1.851
Asfalt	-	-	-	-	-	-
Toplam	361.696	381.743	381.867	382.743	415.732	425.649
İndeks	430	430	430	431	469	479

Türkiye 'nin toplam ihracatının ton olarak % 15.2 'si, değer olarak % 46.4, toplam ithalatının ise ton olarak % 6 'sı, değer olarak % 40.2 'si karayolu ile yapılmaktadır. 2001 yılında türk taşıtlarıyla 7.684.038 ton eşya taşınmış olup, bu taşımalarından 1.468.156.015 dolar gelir sağlanmıştır [19].

Karayolu taşımacılığında madencilik; Endüstriyel mineraller ham petrol, doğalgaz ve metalik madenlere göre farklılık göstermektedir. Endüstriyel minerallerin üretim yeri kullanılacağı noktaya bağlı olarak çok önemlidir. Çünkü bunların birim fiyatları düşüktür. Bu durum, taşıma maliyetlerinin önemini arttırmaktadır. Kömür pazarlanması, endüstriyel mineral pazarlanması ile birçok ortak özelliklere sahiptir. Kömür satışları özellikle fosfat, potas, sülfür gibi gübre üretiminde kullanılan minerallerle aynı tutulmakta ve bunlar genellikle büyük miktarlarda tek partide gönderilmektedir. Ayrıca, gübre mineralleri ve kömür genellikle son ürün üretiminde yalnız kullanılmaktadır [20].

Ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerde ulaşımda en ucuz ve güvenli görülen demiryolu taşımacılığına önem verilirken, Türkiye'de karayolu olumsuz ve güç koşullara karşın ön planda tutulmaktadır. Maden cevherlerinin çoğu da karayolu ile taşınmaktadır. 2001-2002 yılları itibariyle madencilik sektöründe, ulaşım bazında ilk

beş sıralaması mermer (işlenmiş), bor, mermer (işlenmemiş), bakır, feldspat ve manyezit şeklinde oluşmuştur [18].

3.2 Denizyolu Taşımacılığı ve Madencilik

Deniz taşımacılığı uluslararası taşımada en yaygın kullanılan taşıma şeklidir. Çok büyük miktarda kuru yük, likit ve gaz, konteynerlenebilen malzemeler denizyolu ile taşınır. Hız faktörünün çok önemli olmadığı düşük değerli (özellikle hammadde) ürünlerin taşınmasında kullanılmaktadır. Yavaş olmasına rağmen güvenilirlik yüksektir. İlk yatırımı pahalı olmasına karşın uzun yıllar kullanılabilir [14]. En önemli avantajı, çok büyük hacimli ürün taşımaya imkan vermesidir. Dünya ekonomisindeki mal taşımacılığının % 90 'ına yakın kısmı deniz taşımacılığıyla gerçekleşmektedir. Sabit maliyetler, demiryolu ve karayolu arasında yer alan denizyolu taşımacılığında, değişken maliyetler oldukça azdır. Havayoluna göre 22, karayoluna göre 7, demiryoluna göre 3,5 kat daha ucuz bir taşıma türüdür [19].

Türk deniz ticaret filosu kapasitesinin mevcut durumu ve yıllar itibarıyla gelişimi Tablo 3.2 'de gösterilmiştir. Türk Deniz Ticaret Filosu 2002 sonu itibarıyla 1185 adet gemi ile 8.665.575 DWT (Dead weight ton) olan filosuyla dünya sıralamasında 20.sıraya yerleşmiştir [20].

Tablo 3.2 Türk Deniz Ticaret Filosu Kapasitesinin Mevcut Durumu ve Yıllar İtibarıyla Gelişimi [20]

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Gemi adedi	954	1.012	1.050	1.143	1.179	1.197	1.204	1.242	1.270	1.261	1.185
DWT (1000)	6.053	8.255	8.545	10.310	10.893	10.563	9.760	10.322	9.489	9.307	8.666
GT (1000)	3.887	4.843	5.093	6.239	6.622	6.525	6.463	6.778	6.044	6.002	5.736

Türkiye 'nin 2002 yılı verileri incelendiğinde 84.3 milyon tonluk ithalat taşımacılığının % 89.7'si, 40.4 milyon tonluk ihracat taşımacılığının % 82'nin denizyolu ile gerçekleştiği görülmektedir. İkinci sırada ise ithalatta % 6.2, ihracatta % 16.8 ile karayolu taşımacılığı gelmektedir [21].

Tablo 3.3 Dış Ticarete Denizyolunun payı ve diğer ulaşım yollarıyla karşılaştırılması [21] (2002)

2002 yılı	İhracat (ton)	Pay (%)	İthalat (ton)	Pay (%)
Denizyolu	33.120.239	82.0	75.620.005	89.7
Demiryolu	371.468	0.9	559.934	0.7
Karayolu	6.788.972	16.8	5.268.440	6.2
Havayolu	82.797	0.2	137.531	0.2
Diğer	19.196	0.1	2.715.095	3.2
Toplam	40.382.672	100	84.301.005	100

Denizyoluyla taşınan ithalat yükü ağırlık sırasıyla ham petrol, sanayi mamulleri, kömür, maden cevheri ve diğer yüklerden oluşmaktadır. Denizyoluyla taşınan ihracat yükünde ise ilk sanayi mamulleri daha sonra maden cevheri, petrol ürünleri ve diğer yükler almaktadır [21].

Kuru dökme yük taşımalarında maden cevheri ilk, hububat ikinci, kömür ise üçüncü sırada yer almaktadır. Akaryakıt taşımaları kapsamında, ham petrol, petrol ürünleri, sıvılaştırılmış gaz ve diğer sıvılar yer almaktadır. Denizyoluyla taşınan akaryakıt ihracatımızda en büyük payı işlenmiş petrol almaktadır. Ülkemizde çıkarılan ham petrol yeterli olmadığından yılda 20-25 milyon ton ham petrol ithal edilmektedir. Yıllık 27 milyonu aşan ham petrol ihtiyacımızın son yıllarda yaklaşık % 90'ı ithal edilmektedir. 2000 yılında denizyoluyla gerçekleştirilen ithalatta en büyük payı 14.2 milyon ton ile ham petrol alırken, bunu kömür (13.2 milyon ton), sıvılaştırılmış gaz (7.3 milyon ton), petrol ürünleri (6.8 milyon ton) ve maden cevherleri (6.1 milyon ton) bunların dışında demir, krom, blok mermer, alçı taşı, bakır, feldspat, kaolin, grafit, çinko, kuvars, kurşun, kobalt ithalatı izlemiş, ihracatta

ise ömür ve sıvılaştırılmış gaz denizyolu ile ticareti gerçekleştirilen en önemli ihrac kalemleri olmuştur. Bunların dışında bakır, feldspat, krom, çinko, barit, pomza, perlit, kuvars, kurşun, kükürt ihracatımızda önemli yere sahiptir [22].

Maden ocağı kurulacak yerlerin belirlenmesinde, madenlerin ulaştırma sistemlerine yakınlıda incelenmektedir. Örneğin, feldspat taşımacılığı, nakliye masraflarının düşük olması, kırılmış, elenmiş ürün olduğundan yakınında bulunan güllük limanından yapılmaktadır [22].

Tablo 3.4 Dünya Deniz Ticaretinde Madenler [23] (milyon Ton) (2002)

Yıllar	Ham Petrol	Petrol Ürünleri	Demir	Kömür	Tahıl	Boksit ve AL	Fosfat	Diğer	Toplam
1999	1.550	415	411	482	220	53	30	2.008	5.169
2000	1.608	419	454	523	230	53	28	2.119	5.434
2001	1585	412	445	560	220	51	27	2135	5435
2002	1575	420	445	575	230	52	26	2185	5505

3.3 Demiryolu Taşımacılığı ve Madencilik

Tüm dünyada, karayolu ağırlıklı mevcut taşımacılık sistemi sebep olduğu kirlenme, kazalar ve trafik tıkanıklığı ile ekonominin gelişmesinde en büyük rol oynayan hareketliliği sınırlamaktadır. Demiryolları düşük değerli, ağır malzemeler için kullanılmaktadır. 300-500 kilometreden daha uzun mesafelere hizmet eder. Kapsadığı pazar alanı, karayolu nakliyesine göre kısıtlıdır. İlk yatırım maliyetleri yüksek olduğundan genellikle devlet tarafından kurulmakta ve işletilmektedir. Kombine taşımacılık için çok elverişlidir [14].

ABD 'deki geleneksel dökme yük olan kömür dahi konteynerle taşınmaya, Avrupa'da ise mamul maddeler ve makineler karayolundan demiryoluna kaymaya başlamıştır. Ulaştırma sistemleri arasındaki mevcut dengesizliğe karşın, demiryolları kombine ve konteyner taşımacılığına giderek artan bir katkı yapmaktadır [23].

Örtü malzemeleri ve kömür nakliyatı bantlı konveyör, demiryolu veya nadiren kamyonlarla yapılmaktadır. Yüksek-hız tren hizmetleri, demiryollarına önemli bir pazar imkanı yaratmıştır. Bu pazarda demiryolları, karayolu ve havayoluna göre tercih edilir bir alternatif haline gelmiştir. Maden cevherleri taşımacılığında çeşitli yükler için çeşitli vagonlar kullanılmaktadır. Kapalı vagonla her türlü torbalı çimento, gübre v.b. taşınması, normal tip yüksek kenarlı açık vagon ile kömür, her türlü maden cevheri, tuğla, kiremit, demir, boru, kum taşınması, normal tip platform vagon ile beton, demir, ağaç direkler taşınması, özel tip yüksek kenarlı vagon ile kömür ve her türlü maden cevheri taşınması yapılır. Vagon üstten doldurulur, yanda otomatik boşaltma tertibatı vardır. Sıvı taşımaya mahsus sarnıçlı vagon ile her türlü akaryakıt taşınması yapılmaktadır [24].

Demiryolu ağının 1923 yılındaki uzunluğu 3.756 km iken, 1970 yılında 7.895 km ve 2001 yılında 8.671 km' dir. Mevcut hatların % 95 'lik bölümünde tek hat işletmeciliği yapılmakta olup, mevcut hatların büyük bir bölümü fiziki olarak standart dışı özelliklere sahiptir. Türkiye 'de Haydarpaşa, Derince, Samsun, Bandırma, İzmir, Mersin ve İskenderun limanlarının demiryolu bağlantısı bulunmaktadır. Ayrıca, Gaziantep Organize Sanayi ve Sincan (Ankara) Organize Sanayi Bölgelerinin demiryolu bağlantısı vardır [25].

Demiryolları ile taşınan mal miktarları Tablo 3.5 'de görülmektedir.

Tablo 3.5 Yıllara Göre Demiryolu Uzunluğu ve Yük Taşıma Miktarları [26]

	1923	1950	1993	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Demiryolu uzunluğu (km)	3.756	7.671	8.430	8.452	8.607	8.607	8.607	8.682	8.671	8.671
Taşınan yük (bin ton)		8.681	15.818	14.675	15.856	16.900	19.000	15.537	18.524	14.362
İndeks (yük indeksi)		100	182	169	183	195	219	179	213	165

Demiryolları diğer ulaşım türleriyle kıyaslandığında aşağıdaki avantajlara sahiptir [19].

- Sis, don gibi iklim koşullarından karayollarına göre daha az etkilenmesi güvenliği, konfor ve rahatlığı arttırmaktadır.
- Hava, arazi ve suların kirlenmelerine etkisi kara ve havayollarına göre daha azdır.
- Karayollarına göre daha az arazi gerektirmektedir.
- Gürültü açısından kara ve havayollarına göre daha az gürültülü ulaşım türüdür.
- Gerek yük gerek yolcu taşımacılığında demiryolları diğer ulaşım türlerine (özellikle karayollarıyla karşılaştırıldığında) göre daha az enerji harcamaktadır.
- Yol yapım maliyetleri açısından bakıldığında demiryolu yapım maliyeti, otoyol yapım maliyetinden daha ucuzdur.

Avrupa ve Asya'nın birçok ülkesinde demiryollarına özel bir önem verilmektedir. İlk olarak 1960'lı yıllarda Japonya'da kullanılmaya başlanan ileri teknoloji ürünü yüksek hız trenleri 1980'li yıllardan itibaren tüm dünyada yaygınlaşmıştır. Yüksek hız trenlerinin hizmet verdiği ülkelerde 200-600 km arasındaki mesafelerde, demiryolu ile ulaşım havayolu ulaşımına tercih edilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde demiryolu taşımacılığının yolcu taşımada pazar payı % 6.2, yük taşımacılığında ise % 13.4'tür [19].

3.4 Havayolu Taşımacılığı ve Madencilik

Taşımacılığın yeni ve en az yararlanılan havayolu taşımacılığı; terminaller arasında yapılan, hızlı ve zamana bağlı bir nakliye türüdür. Değerli ürünlerin, küçük

boyutlarda ve paketlenmiş biçimde taşınmasına uygundur. 500 km 'den daha uzak mesafeler için uygundur. İlk yatırımı ve işletme giderleri yüksektir. Öte yandan, havayolu nakliyesinin sağladığı hız avantajı aynı zamanda depolama maliyetlerini azaltıcı bir etken olarak düşünülebilir. Dünyada özellikle son on yılda ticaretin küreselleşmenin hız kazanmasıyla birlikte, dünya ölçeğindeki iletişim, ulaştırma ve taşımacılık faaliyetleri baş döndürücü bir gelişme yaşamaktadır. Nakliye imkanları, özellikle e-ticaretin de yaygınlaşmasıyla ve dünyada üretimle tüketimin uluslararası nitelik kazanmasına paralel olarak gelişmiştir. Bu süreçte havayolu kargo taşımacılığı da hem dünya çapında hem Türkiye 'de büyük gelişmeler yaşamakta, havayolu kargo taşımacılığına talep artmaktadır [14].

Ulaşım ve iletişim araçları sayesinde gittikçe küçülen, ama küçüldükçe bir yandan da büyüyen dünyada, zaman ve hız faktörü de artık özellikle de küresel şirketler için hayati önem taşımaya başlamıştır. Zaman ve hız faktörleri, JIT uygulaması, küçük ölçekli ama sık sevkiyatlar her geçen gün önem kazandıkça, bu önem taşıdığı maliyete rağmen fırsat önceliği sağladığından hava taşımacılığına yönelik talebin arttığı belirtilmektedir. Havayolu kargo taşımacılığında ekspres, kurye kargo taşımacılığının ağırlığı giderek artmaktadır. Son yıllarda hava kargo yoluyla taşınan malların cinsi ve kompozisyonu da değişmektedir. 1980'li yıllarda havayoluyla taşınan kargo, her türlü yiyecek malzemesi, deniz ürünleri, gazete, lüks giyim eşyası, ilaç ve yedek parça idi. 1990 'lı yıllara gelindiğinde ise malların cinsi ve teknoloji enstrümanları, çiçek, canlı bitki, balık ve deniz ürünleri, araba yedek parçaları, ayakkabı ve pek çok dayanıklı tüketim malzemeleri taşınan malların ağırlığını oluşturmaktadır [19].

Uluslararası ticarete taşınan mallarda havayolunun payı giderek arttıkça, Türkiye hava kargo taşımacılığı da dünyadaki gelişmelere paralel olarak son on yılda gelişmeler kaydetmiştir. Türkiye'de sanayinin gelişmesi, özellikle tekstil, elektronik, makine ve ekipmanları, bilgisayar, otomotiv, ilaç sanayinin ve çiçekçiliğin gelişmesi hava kargo taşımacılığına olan ihtiyacı ve kullanım oranını arttırmıştır. Uzmanlarca, gelecekte AB 'ne üye olacak Türkiye 'nin tarihi ve kültürel bağlarının bulunduğu Türk Cumhuriyetlerine açılacak bir kapı ve önemli bir transit ülke durumuna geleceği, bu durumun Türkiye ve AB üyesi ülkeler ve Türk Cumhuriyetleri arasında

direkt ve bağlantılı kargo trafiğini önemli oranda arttıracak ifade edilmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin jeopolitik ve stratejik konumu ile etrafında bulunan 400 milyon nüfusluk pazarın avantajlarını kullanarak hem hava kargo taşımacılığında, hem de genel olarak tüm lojistik sektöründe bir lojistik üs olabileceği ileri sürülmektedir [25].

Maden cevherlerinin taşınmasında havayolu fazla kullanılmamaktadır. Fiyat ve maliyetin yüksek olması havayolu kullanımının az olmasında etkindir. Genellikle altın, gümüş vb. değerli cevherlerin taşınmasında havayoluna başvurulmaktadır. Dünya ekonomisinin küreselleşmesi sonucu, müşterilerin daha hızlı ve güvenilir teslimat beklentileri, raf ömrü kısa olan ürünlerin hava kargoya yönelmelerine, yük ve acil trafik alanında rekabetin artmasına ve hava kargonun gelişimine yol açacaktır. Hava kargodan elde edilen gelirin yolcu trafiğinden elde edilen geliri aşmasa da, gelecekte, aradaki farkın kapanmasını sağlayacak faktörler arasında; dünya ekonomisinde gelişme, nakliye oranlarının düşük tutulması, kargo taşımacılığına uygun yeni uçakların hizmete girmesiyle yeni kapasitenin sağlanması, işgücünün daha verimli kullanımına bağlı olarak işçilik ücretlerinin düşmesiyle beraber fiyatların aşağıya çekilmesi ve Avrupa Birliği ile ABD arasında yaşanan entegrasyon ile trafiğin artması sayılabilir [27].

Türkiye'de ulaştırma sektöründe yaşanan sorunlar, ülke ekonomisine azımsanamayacak boyutta zararlar vermektedir. Türkiye'de yolcu ve yük ulaşımında yıllardır yüksek maliyetli ve kalitesiz bir taşımacılık yapılmaktadır. Ulaşım ağının ve taşıt filosunun oluşturulması için gerekli olan yatırım maliyetlerinin yanı sıra, ağlar üzerinde taşıtların hareketi sırasında oluşan işletme maliyetleri, normalin çok üstündeki değerlere ulaşmaktadır. Ulaşım kalite; bilgi ile erişebilirlik, ulaşım süresi, güvenlik, sıklık, dakiklik, konfor ve çevreyi etkileme koşulları ile ölçülmektedir. Türkiye'de demiryolu, denizyolu, hattı gibi diğer ulaştırma sistemlerinin yetersiz olması nedeniyle, kent içi ve kentler arası yolcu ve yük ulaşımı karayolu ağırlıklı olarak yapılmaktadır. Bu durum, karayolu ağındaki eksiklikler, taşımacılık denetiminin yapılmaması ve trafik denetimi yetersizliği nedeniyle, bir yandan büyük ölçüde dövizle bağlı olan işletme maliyetlerini yükseltmekte, diğer yandan her yıl binlerce can ve mal kaybıyla sonuçlanan trafik kazalarına ve aşırı

evre kirliliğine yol açmaktadır. Ulaştırma yatırımları ile ilgili kararlar, sağlıklı bir plana dayanılmadan, genelde siyasi amaçlar doğrultusunda alınmakta, ancak bunlar da gerekli ve yeterli n çalışmalar yapılmadan yüksek maliyetlerle gerçekleştirilmektedir. Ulaştırma sorunlarının da en kısa sürede zmlenerek daha hızlı ve daha etkili bir ticaret gerçekleştirmemiz mümkün olacaktır [28].

4.UYGULAMA

4.1 İşletmenin Tanıtımı

Koray Gürbüz [29] tarafından yapılan “*Kobi ’lerin Büyüme Aşamasında Karşılaştıkları Sorunların Ve Çözüm Yollarının Belirlenmesinde Check-Up Süreci*” çalışmasına dayalı olarak işletmeye ait bilgiler izleyen kısımda yer almaktadır.

Gürbüz Madencilik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, 1990 yılında, Maden Mühendisi Mustafa Gürbüz (1950 – 1996) tarafından kurulmuştur. Başlangıçta sadece kaolin madeni üretimi yapan işletme, daha sonra ürün portföyüne sodyum feldspat, kuvars, bentonit hammaddelerini de eklemiştir. 1996 yılında kurucu ortak Mustafa Gürbüz’ ün vefatı sonrası oğulları Oğuz Kaan Gürbüz ve Koray Gürbüz şirket yönetimine gelmiştir. İşletmenin Yönetim Kurulu Başkanlığı görevini halen Oğuz Kaan Gürbüz yürütmektedir. Babalarının vefatı sonrası işletme büyük bir yönetim tecrübesi eksikliği yaşamış ve bu sorunu kapatmak için en kısa sürede kurumsallaşma kararı almıştır.

İşletme sahip olduğu 30 ’a yakın maden işletme ruhsatı ile endüstriyel hammadde madenciliğinde önemli bir noktaya gelmiştir. Şirket, Balıkesir’ e bağlı Bigadiç, Sındırgı ve İvrindi ilçeleri ve civarında yılda yaklaşık 250.000 ton kaolin madeni üretmekte ve satmaktadır. Kaolin satışlarının % 40’ı ihraç edilmekte olup, seramik ve beyaz çimento üreticilerinin hemen hemen tamamına hizmet verilmektedir.

Gürbüz Madencilik, Muğla’ nın Milas ve Yatağan ilçeleri ile Aydın’ a bağlı Söke ve Karpuzlu bölgelerinde de sodyum feldspat ve kuvars madeni üretmektedir. Sodyum feldspat madeni ile seramik fabrikalarına ve cam üreten işletmelere hizmet verilmektedir. Yıllık feldspat üretim miktarı yaklaşık 250.000 – 300.000 tondur. Bu üretimin % 50’ si ihraç edilmekte olup, kuvars üretimi ile ilgili çalışmalar son

aşamaya gelmiştir. Şirket 2004 yılı içinde doğal taş sektörüne girme kararı almıştır. Balıkesir Bigadiç ilçesinde üç adet traverten (mermer) ruhsatı almış, Dursunbey ilçesinde kayrak taşı ruhsatları için de ocak açmıştır. Doğal taş ve mermer sektöründe önemli yatırım planları yapmakta olan işletme, iki yıl içinde bu ocaklardan üreteceği traverten, mermer ve kayrak taşlarını işleme amacıyla tesis kurmayı planlamaktadır.

Kalitenin önemini anlayan ve kaliteye önem veren şirket, 2000 yılında ürünlerinin kalitelerini kontrol edebilmek ve üretim öncesi araştırmaları daha sağlıklı yürütebilmek amacıyla, Balıkesir’de kimyasal analiz laboratuvarı kurmuştur. Üretim öncesi tüm kalite kontrol işlemleri, ocakların taranması, üretim alanlarının belirlenmesi ve firmalara yapılan yüklemeler bu laboratuardan alınan verilere göre yönlendirilmektedir. X-ray spektrometre cihazında dalga boyu ölçüm değerlerine göre analizler yapılmakta olup, yılda yaklaşık 7000 numunenin analizi yapılmaktadır. Bunun yanı sıra şirket 2003 yılının Ocak ayında ISO 9001:2000 versiyonunun eğitimini tamamlayıp, gerekli şartları yerine getirmiş olup yeterlilik belgesini almıştır.

1991 yılında 8.000 Ton kaolin ihracatı ile yola koyulan Şirket, 2001 yılında Bandırma limanından yaklaşık 110.000 Ton kaolin ihraç etmiştir. 2005 yılı toplam ihracat miktarı 180.000 ton olmaktadır. Üretimini % 70 ' ini ihraç eden Şirket, bu rakamla Türkiye' nin toplam kaolin ihracatının % 60 ' ını gerçekleştirmektedir. Şirket başta İspanya olmak üzere Yunanistan, Tunus, Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan gibi ülkelere ihracat yapmaktadır. Balıkesir ili, Sındırgı ilçesinde bulunan ocaklarında yapmış oldukları çalışmalarda, sayısı 50'ye varan yöre insanı emek sarf etmekte, ürettikleri maden yine bu bölgede bulunan nakliye firmaları tarafından taşınmakta ve ihracat limanı olarak Bandırma ve Aliğa limanları kullanılmaktadır. Özetle Balıkesir de yaşayan vatandaşlara yeni iş imkanları yaratmaktadır.

Şirket, Aydın ili Çine ve Söke ilçeleri ve Muğla ili Milas ilçesi civarlarındaki ocaklardan yapmış olduğu yaklaşık 250.000 Ton, yıllık albit üretiminin % 60 'ını Güllük ve İzmir limanlarından İtalya'ya ihraç etmektedir. Albit piyasasında yeni pazar ve yatırım imkanları için araştırmaları sürmektedir.

Balıkesir Bölgesinde üretilen kaolin madeni konusunda Türkiye 'de ve dünyada tanınan ve aranan bir marka olma yolunda sağlam adımlar atılmaktadır. İşletme, ISO 9001: 2000 Kalite Güvence Sistemi altında yapmış olduğu üretim, müşterilerine sağlamış olduğu lojistik destek, farklı ödeme alternatiflerine göre izlemiş olduğu fiyatlandırma politikaları ile rakiplerine göre avantaj sağlamaktadır.

Gelişmede ve kurumsallaşmada en önemli unsurun insan olduğunun bilincinde olan şirket, idari ve teknik kadroda yeniden yapılanmaya gitmiş, konusunda uzman, deneyimli, çağdaş profesyonelleri şirket yönetimine dahil etmiştir.

Şirketin sahip olduğu kaolin ocakları izleyen kısımda verilmektedir [30];

ŞAPCI OCAĞI

Türkiye 'nin ve incelenen şirketin en büyük kaolin ocağıdır. % 18- 30 arasında Al_2O_3 içeren farklı kalitelerde kaolin üretimi yapılmaktadır. Geniş ürün yelpazesi sayesinde müşterilerin ihtiyaçlarına uygun mamulü her zaman bulabilmektedirler. Şapçı Ocağı; Balıkesir ili, Sındırgı ilçesi, Düvertepe mevki, Şapçı köyünde bulunmaktadır. Şapçı ocağının Balıkesir'e olan uzaklığı 95 km. ve İzmir'e olan uzaklığı 160 km. dir.

DANAÇAYIR OCAĞI

% 15-25 Al_2O_3 arasında beyaz görünümlü, Fe_2O_3 ve SO_3 bakımından düşük değerlerde üretim yapılmaktadır. Ocaktaki üretim çalışmalarına 2001 yılında başlanmıştır. Halen ocak geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Danaçayır Ocağı; Balıkesir ili, Sındırgı ilçesi, Danaçayır köyü, Turgut Tepe mevkiinde bulunmaktadır. Balıkesir 'e olan uzaklığı 73 km. ve İzmir 'e olan uzaklığı 145 km. dir.

SİNANDEDE OCAĞI

% 15-22 Al_2O_3 arasında beyaz görünümlü, Fe_2O_3 ve SO_3 bakımından düşük değerlerde üretim yapılmaktadır. Ocaktan yapılan üretimler genellikle Seramik,

Porselen ve Beyaz çimento üreticilerine satılmaktadır. Sinandede Ocağı; Balıkesir ili, Sındırgı ilçesi, Sinandede köyü civarında bulunmaktadır. Balıkesir 'e olan uzaklığı 70 km. ve İzmir 'e olan uzaklığı 135 km. dir.

YAYLABAYIR OCAĞI

% 16-18 Al_2O_3 arasında beyaz ve sarımsı görünümlü, Fe_2O_3 oranı olarak % 1-1,5 civarında ve SO_3 bakımından düşük değerlerde üretim yapılmaktadır. Yaylabayır ocağının en önemli özelliği % 3-4,5 civarında K_2O içermesidir. Yaylabayır Ocağı; Balıkesir ili, Sındırgı ilçesi, Yaylabayır köyü civarında bulunmaktadır. Balıkesir'e olan uzaklığı 85 km. ve İzmir 'e olan uzaklığı 157 km. dir.

4.2 Amaç ve Yöntem

Çalışmanın birincil amacı, dört farklı ocakta bulunan kaolin madeninin, müşterinin istediği talebi minimum maliyetle karşılayacak bir karışım problemi şeklinde modelinin kurularak şirketin karışım maliyetlerinin azaltılmasını sağlamaktır.

Uygulamanın ikincil amacı ise, birincil amaç ile birlikte, bu ocaklardan limanlara giden yolları minimum ulaştırma maliyeti sağlayacak şekilde bir ulaştırma problemi modeli kurarak, çözümünü sağlamaktır. En düşük maliyetli karışım problemi çözülürken doğrusal programlama yöntemi kullanılmıştır.

Doğrusal programlama, makro ve mikro düzeyde pekçok problemin çözümünde kullanılabilen ve yönelem araştırma yöntemlerinin içerisinde çok geniş uygulama alanına sahip olan matematiksel bir karar verme tekniğidir. Esas itibariyle, bir amacı, belli sınırlayıcı koşullar altında maksimum ya da minimum yapan çözüme ne şekilde varılacağını gösteren matematiksel bir tekniktir. Özellikle pratikte, en düşük maliyetle karma yemlerin ve hammadde karışımlarının hazırlanmasında başarılı sonuçlar vermektedir [31]. Doğrusal Programlama, çok sayıda seçenekler arasından seçim yapmayı gerektiren durumlarda karar almayı kolaylaştıran bir

planlama yöntemidir [32]. İkinci dünya savaşı sırasında, İngiliz askeri liderler bilim adamlarına ve mühendislere birçok askeri problemleri analiz etmelerini istemişlerdir. Askeri operasyonlara yönelik bu matematiksel uygulamalar ve bilimsel metodlar yöneylem araştırması olarak adlandırılmıştır. Günümüzde yöneylem araştırması (yada sıklıkla yönetim bilimi) en iyi dizaynı ve en iyi sistemi oluşturmada genellikle kıt kaynaklar altında karar vermeye yardımcı bir bilim dalıdır. Doğrusal programlama yöntemi ilk olarak 2.Dünya Savaşı sırasında Amerika Birleşik Devletleri 'nde özellikle ordunun ihtiyaç duyduğu belirli maddelerin (iaşe ve silah) hazırlanması ve nakliyesi ile ilgili problemleri çözümlenmek üzere geliştirilmiştir [33]. Doğrusal Programlamanın gelişmesi diğer ülkelerde A.B.D 'ndeki kadar hızlı olmamış, fakat bugün gelişmiş ve gelişmekte olan diğer birçok ülkede oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [34]. Doğrusal programlama modelleri doğrusal denklemlerle ifade edilir. Yani doğrusal amaç fonksiyonu ve doğrusal sınırlayıcı fonksiyonların tümü cebirsel biçimdedir. Doğrusal programlamada, ilgilenilen problemi tanımlamak için matematiksel metod kullanılır. Matematiksel programlama mühendislik ve ekonomik problemlerin çözümü ile ilgilenmektedir. Bu, her bir problemin temel durumlarını sağlayan birden fazla çözüm ile karakterize olur. Sonuçlardan birinin probleme en iyi çözüm olarak seçilmesi tanımda belirtilen kısıtlara veya arzu edilen amaç fonksiyonuna bağlıdır. Belirtilen amacı ve problemin kısıtlayıcı koşullarını birlikte sağlayan bir çözüm olarak nitelenir. Doğrusal programlama, verilen doğrusal eşitsizliklere diğer bir deyimle kısıtlayıcılara bağlı olarak verilen doğrusal amaç fonksiyonunu maksimum (ya da minimum) yapan negatif olmayan gerçek değerlerin seçilmesi olarak tanımlanabilir. Doğrusal programlama probleminin genel matematiksel tanımı aşağıdaki şekildedir. Amaç fonksiyonunu maksimum veya minimum yapan, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ karar değişkenlerinin değeri, denklem (4.2.2) ve (4.2.3) kısıtlayıcıları altında aşağıdaki genel formdaki gibi ifade edilebilir [35];

Genel Form:

$$Z = \max (\min) f(X_j) = \sum_{j=1}^n C_j * X_j \quad (4.2.1)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} * X_j \geq, =, \leq b; \quad \forall_i \quad i=1,2,\dots, m \quad (4.2.2)$$

$$X_j \geq 0 \quad j=1,2,3,\dots,n \quad (4.2.3)$$

Genel formu açacak olursak model,

Amaç fonksiyonu;

$$Z = \max (\min) f(X_1, X_2, \dots, X_n) = c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_n X_n \quad (4.2.4)$$

Kısıtlayıcılar:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n (\geq, =, \leq) b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n (\geq, =, \leq) b_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$
$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n (\geq, =, \leq) b_m \quad (4.2.5)$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0 \quad (4.2.6)$$

şekline dönüşür.

Burada X_j 'ler karar değişkenleri veya diğer bir deyimle denklem (4.2.1) ve (4.2.4) sağlayan faaliyet (aktivite) seviyeleridir. C_j , a_{ij} ve b_i ise, sabit olarak verilen değerlerdir. C_j , masraf veya gelir katsayısı olarak adlandırılır. a_{ij} , matrisin yapı katsayısı olarak nitelendirilir ve değişken X_j ile sınırlanmış kaynak b_i 'nin kullanılmasının bir ölçüsüdür. b_i , kaynağın kullanılma sınırını gösterir ve yukarıdaki matris notasyonunda sağ taraf olarak adlandırılır [35].

Doğrusal programlama ile karar vermenin iki yararı vardır. Birincisi, kullanılan verilere göre elde edilen çözüm en iyisidir. Başka bir deyişle, planlama kısıtlarının bir kısmını kaldırmadan ya da kabul edilen varsayımlarda bir değişiklik yapmadan daha karlı veya daha az masraflı bir üretim düşünülemez. İkincisi; kurulan modelin büyüklüğü, bilgisayar kullanıldığında bir sorun değildir. Göreceli olarak, küçük doğrusal programlama modellerinin çözümünde bile hata yapmama açısından bilgisayarla çözüm tercih edilmelidir. Bilgisayarla çözümde kısıtların değişik üretim faaliyetlerinin çokluğu elle çözümde olduğu gibi zaman alıcı ve yorucu bir çabayı gerektirmez. Bu nedenle, bütün olasılıkları ve seçenekleri dikkate alarak gerçekçi bir doğrusal programlama modeli kurulabilir. Sonuçlar daha gerçekçi olacağından, uygulama açısından da kolaylıklar sağlar. En önemlisi model ne kadar büyük olursa olsun çözüm sırasında bilgisayarın aritmetik hata yapması düşünülemez [31].

Yöneylem Araştırmasındaki matematiksel modellerde karar değişkenleri tamsayı ya da sürekli olabilir, buna karşılık amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusal (linear) olabilir ya da olmayabilir (nonlinear). Optimizasyon problemleri bu tür modeller sayesinde ortaya çıkmakta ve değişik çözüm yöntemlerinin gelişmesine kaynak oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde en belirgin ve başarıyla kullanılan Doğrusal Programlama'dır. Doğrusal programlamada tüm amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusal, tüm değişkenler sürekli dir [36].

Doğrusal programlama modeli oluşturulurken doğrusallık, bölünebilirlik, bağımsızlık, sınırlılık ve kesinlik gibi teorik varsayımlar dikkate alınmalıdır. Bunlar aşağıdaki gibidir [33];

A. Doğrusallık (Linearity)

Kullanılan girdi-çıkıtı katsayılarının sabit olduğu, diğer bir deyimle değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu varsayımdır. Uygulama da kullanılan maliyetler ton başına ve sabit fiyattır. Örneğin bir tonun taşıma maliyeti 12 dolar ise 100 tonun taşıma maliyeti 1200 dolardır. Bu varsayım gerçek durumla uyusmaktadır.

B. Kaynakların ve Faaliyetlerin Bölünebilirliği (Continuity, Divisibility)

Bu varsayım kaynakların kesirli olarak kullanılabilmesi ve üretim faaliyetlerinin de kesirli olarak planda yer alabileceklerini ifade etmektedir. Örneğin; bir stokta 300 ton kaolinin 1 / 3 olan 100 tonunu kullanabiliriz.

C. Bağımsızlık veya Toplanabilirlik (Independence, additivity)

Üretim kollarından birinin seçimi, bir diğerini seçmeyi gerektirmez. Örneğin ocaklardan birinin kullanımı diğerinin kullanımını gerektirmez. Farklı ocaklardan alınan değerler bir araya getirilerek toplanabilir.

D. Sınırlılık (Finiteness)

Sınırsız sayıda faaliyet alternatifi ve kaynak sınırlılığı söz konusu olduğunda, bunların programlanması ve optimal çözümün bulunması olanaklı değildir. Matematiksel olarak, üretim faaliyeti ve kaynakları sınırlı olmalıdır. Gerçekte de bir işletme sınırlı kaynaklara sahiptir ve işletmede yer verilebilecek üretim faaliyetlerinin sayısı da belirlidir. Örneğin, en yüksek brüt karı sağlayan optimum işletme planı sınırlı olduğu gibi, her ocaktaki stok sayısı da sınırlı sayıdadır.

E. Kesinlik (Certainty)

Elde edilen optimum çözüm, kullanılan veriler gibi kesin ve tektir. Örneğin ölçülen Al_2O_3 ve alayım değerlerinin istatistikî değil deterministik olarak bilindiği varsayılmaktadır.

F. Eşitsizlik ve değişkenlerin Negatif Olmaması (Inequality and Nonnegativity)

Plana gelecek olan faaliyetlerin, mevcut sınırlı kaynaklardan talepler toplamının, bu kaynak miktarlarına eşit veya daha az olması gerekmektedir. Bununla beraber, herbir faaliyet düzeyi sıfırdan büyük veya sıfıra eşit olmalıdır. Örneğin; hiçbir maden işletmesinde negatif kaolin stoğu olamaz.

Doğrusal programlama ile çok çeşitli alanlarda maksimizasyon ve minimizasyon uygulamaları yapılmaktadır [33].

Maksimizasyon

Maksimizasyon modelleri çoğu zaman en karlı maden bileşiminin saptanmasında kullanılır. Bir işletmeci için önemli olan geliri en yüksek düzeye çıkarmaktır. Bu nedenle, genellikle brüt karın maksimize edilmesi yeterlidir. Maksimizasyonda sınırlı kaynakları en iyi şekilde değerlendiren alternatif aranır. Burada amaç geliri en yüksek düzeye çıkaran alternatifi, yani işletme faaliyetlerinin en uygun kombinasyonunu bulmaktır. Maksimizasyonda kaynak kısıtlarının maksimum tipinde olmakla birlikte minimum ya da eşit şeklinde kaynak kısıtları da olabilir [33].

Minimizasyon

Minimizasyon modellerinde de yine kıt kaynakları en iyi şekilde değerlendiren alternatif aranır. Minimizasyonda amaç, maliyetleri en düşük düzeye indiren optimum faaliyet kombinasyonunu saptamaktır. Minimizasyonda kaynak kısıtları maksimum, minimum ve eşit tipindedir. Özellikle karışım maliyetlerinin minimizasyonunda minimum şeklinde kaynak kısıtları çok kullanılmaktadır [33].

Yukarıda kısaca açıklanan doğrusal programlama tekniğinin varsayımları, en düşük maliyetli maden karışımının saptanması konusunun nitelikleri ile uyduğundan yapılan araştırmada doğrusal programlama yönteminin kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Hemen hemen tüm yönelem araştırması teknikleri, yapısında yineleme bulunan hesaplama algoritmalarıyla sonuçlandırılır. Bu, problemin yinelemelerle (iterasyon) çözülmekte olduğunu ve her yeni yineleme sonunda çözümün optimuma daha yakın hale getirildiğini ifade etmektedir. Algoritmaların bu tekrarlamalı yapısı uzun ve sıkıcı hesaplamalara yol açmaktadır. Dolayısıyla, bu algoritmaların bilgisayar yardımıyla yürütülmesi zorunlu hale gelmektedir [36].

Modelde kısıt ve karar değişkeni sayısının çok olması dolayısıyla uygulamada LİNGO 8.0 paket programı kullanılmıştır. Lingo paket programı karmaşık matriks jeneratorüne bir örnektir. Optimizasyon modelleme dili olan lingo kullanıcıya, bir satırda birçok amaç fonksiyonu ve de kısıtlar yaratmasını sağlar [33].

LINGO, geniş çaplı problemlerin özünü formüle eden, onları çözen ve sonuçlarını analiz eden doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyondan yararlanmak için basit bir yoldur. Optimizasyon en iyi sonucu veren cevabı bulmada yardımcı olur; en iyi karar, en yüksek çıktı, ya da mutluluğa ulaşılmasını sağlar; ya da optimizasyonla en az maliyet, zaman kaybı olur ve huzursuzluğu giderir. Sıklıkla bu problemler, parasal kaynaklarınızı, zamanınızı, makinenizi, çalışanlarınızı, stok ve daha fazlasını en etkili şekilde kullanmayı içerir [37].

4.2.1 Karışım Problemleri

Yer belirleme modelleri kaynakları bölerken, karışım modelleri onları birleştirir. Karışım modelleri belirlenmiş çıktılara, en iyi oranlarda hangi karışım maddelerinden konulacağına karar verir. Karışım problemleri, kimyasalların karışımında, diet modellerinde, metallerin karışımında, hayvan yemi yapımında v.b görülmektedir. Aşağıda hammadde karışım problemleri ile ilgili örnekler verilmiştir.

Örnek problem 1: İsveçli Çelik Fabrikası (Swedish Steel) [38]

Çelik endüstrisi, parçalardan yeni alaşımlar üretmek için metalleri yüksek-dereceli ocaklarda eritirken karışım problemleri ile karşılaşır. İsveç de ki Fagersta AB isimli şirket bu çelik karışımını planlamak için doğrusal programlama kullanmaktadır. Eritme ocağının her bir doluşunda yeni bir optimizasyon problemi doğmaktadır. Mümkün olan stoktaki parçalar saf metal ilavesi ile çeşitli kimyasal elementlerin gerekli yüzdelerine sahip karışım oluşturmak üzere karıştırılırlar. İlaveler daha pahalı olduğundan parçalardan maksimum kullanımını sağlamak çok önemlidir.

İsveçli çelik yapan firma, ocağın her bir dolumunda 1000 kilogram üretmektedir. Bütün çelik öncelikle demirden meydana gelir. Tablo.4.1 'de dört adet

mümkün parçaların içindeki karbon, nikel, krom ve molybdenum miktarlarını ve maliyetleri ve mümkün olurlukları verilmiştir. Aynı zamanda sonuç karışımı için, 3 adet daha pahalı saf maddelerin kullanılabilirlik ve kabul edilebilir oranları da verilmiştir. Örneğin, üretilen 1000kg lık çelik, % 0.65 ve % 0.75 arasında karbon içermelidir.

Tablo 4.1 İsviçre çelik örneği verileri [38]

	Alaşım (%)				<i>Mevcut</i> (kg)	<i>Maliyet</i> (Kr/kg)
	Karbon	Nikel	Krom	Molybdenum		
1.Parça	0.80	18	12	-	75	16
2.parça	0.70	3.2	1.1	0.1	250	10
3.parça	0.85	-	-	-	Sınırsız	8
4.parça	0.40	-	-	-	Sınırsız	9
Nikel	-	100	-	-	Sınırsız	48
Krom	-	-	100	100	Sınırsız	60
Molybdenum	-	-	-	-	Sınırsız	53
Min.Karışım	0.65	3.0	1.0	1.1		
Max.Karışım	0.75	3.5	1.2	1.3		

Karışım Maddeleri Karar Değişkenleri

Karışımındaki her bir madde için kararları vermek zorunda olunan bir karakteristiktir. Karışımın her bir uygun maddeden ne kadar içereceğini belirleyen karışım modellerinde karar değişkenlerini belirlemek bir prensiptir. İsviçre çelik örneğinde şu değişkenler görülmektedir:

X_j = Dört Parçanın ($j=1,2,3,4$) ve saf ilaveler ($j=5,6,7$) için her bir yüklemdeki kilogram miktarı.

Alaşım Kısıtları

Örnek çözümünde bir gereklilik toplam yükleme miktarının 1000 kg olduğudur.

$$X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6+X_7=1000$$

Karışım modellerindeki alaşım kısıtları, sonuç karışımının özelliklerinde en yüksek ve/yada en alçak limitler uygulatırlar. Örnekte karışımındaki karbon, nikel, krom ve molybdenum maddelerinde hem maksimum hem de minimum limitler vardır. Her bir kısıt için form şu şekilde olur:

$$\sum_j (\text{j.maddedeki kimyasal madde}) * (\text{Kullanılan j.madde miktarı}) \geq \text{yada} \leq$$

$$(\text{Karışımındaki istenen kimyasal madde oranı}) * (\text{toplam karışım miktarı})$$

Buna göre alaşım kısıtları şu şekilde olur;

Karbon için:

$$0.0080.X_1+0.0070.X_2+0.0085X_3+0.0040 X_4 \geq 0.0065 \sum_{j=1}^7 X_j$$

$$0.0080.X_1+0.0070.X_2+0.0085X_3+0.0040 X_4 \leq 0.0075 \sum_{j=1}^7 X_j$$

Nikel için:

$$0.180.X_1+0.032.X_2+1.0X_5 \geq 0.030 \sum_{j=1}^7 X_j$$

$$0.180.X_1+0.032.X_2+1.0X_5 \leq 0.035 \sum_{j=1}^7 X_j$$

Krom için:

$$0.120.X_1+0.011.X_2+1.0X_6 \geq 0.010 \sum_{j=1}^7 X_j$$

$$0.120.X_1+0.011.X_2+1.0X_6 \geq 0.012 \sum_{j=1}^7 X_j$$

Molybdeum için:

$$0.001.X_2+1.0X_7 \geq 0.011 \sum_{j=1}^7 X_j$$

$$0.001.X_2+1.0X_7 \leq 0.011 \sum_{j=1}^7 X_j$$

İsviçre Çeliğın Modeli

Min 16X₁+10X₂+8X₃+9X₄+48X₅+60X₆+53X₇ (Maliyet)

St

$$X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6+X_7=1000 \quad (\text{Ağırlık})$$

$$0.0080.X_1+0.0070.X_2+0.0085X_3+0.0040 X_4 \geq 0.0065(1000) \quad (\text{Karbon})$$

$$0.0080.X_1+0.0070.X_2+0.0085X_3+0.0040 X_4 \leq 0.0075(1000)$$

$$0.180.X_1+0.032.X_2+1.0X_5 \geq 0.030(1000) \quad (\text{Nikel})$$

$$0.180.X_1+0.032.X_2+1.0X_5 \leq 0.035(1000)$$

$$0.120.X_1+0.011.X_2+1.0X_6 \geq 0.010(1000) \quad (\text{Krom})$$

$$0.120.X_1+0.011.X_2+1.0X_6 \leq 0.012(1000)$$

$$0.001.X_2+1.0X_7 \geq 0.011(1000) \quad (\text{Molybdenum})$$

$$0.001.X_2+1.0X_7 \leq 0.013(1000)$$

$$X_1 \leq 75 \quad (\text{mümkün olan})$$

$$X_2 \leq 250$$

$$X_1, X_2, \dots, X_7 \geq 0 \quad (\text{Negatif olmama koşulu})$$

Sonuç:

X₁=75 kg, X₂=90.91kg, X₃=672.28kg, X₄=137,31 kg, X₅=13,59 kg, X₆=0,00kg, X₇=10,91 kg

Optimal yüklemenin toplam maliyeti 9953,7 (kron) kronedir.

ORAN KISITLARI

İsveç çelik örneğinin alaşım kısıtlarında oran kısıtları görülmektedir. Örneğin; karbonun düşük limiti:

$$0.0080.X_1+0.0070.X_2+0.0085X_3+0.0040 X_4 \geq 0.0065 \sum_{j=1}^7 X_j$$

$$\frac{0.0080X_1 + 0.0070X_2 + 0.0085X_3 + 0.0040X_4}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7} \geq 0.0065$$

Örnek Problem 2 [39]: Bir maden işletmesinin A ve B şehirlerinde maden ocağı bulunmaktadır. Maden işletmesi, ocaklardan çıkardığı maden cevherini yüksek kalite (K1), orta kalite (K2) ve düşük kalite (K3) olarak sınıflandırmaktadır.

İşletme, müşterileriyle yaptığı sözleşme gereğince her hafta 120 ton yüksek kalite, 80 ton orta kalite ve 240 ton düşük kaliteden maden cevheri sağlayacaktır.

A şehrindeki maden ocağının günlük maliyeti 2000 TL./gün.

B şehrindeki maden ocağının günlük maliyeti ise 1600 TL./gün.dür.

Maden işletmesi bu maliyetlerle bir günde:

A şehrindeki maden ocağından :

60 ton/gün yüksek kalite

20 ton/gün orta kalite

40 ton/gün düşük kalitede maden cevherini üretebilmektedir.

B şehrindeki maden ocağından ise,

20 ton/gün yüksek kalite,

20 ton/gün orta kalite,

120 ton/gün düşük kalitede maden cevheri üretimini gerçekleştirmektedir.

Maden işletmesi sözleşmede belirtilen miktarı karşılayabilmek için A ve B şehrindeki maden ocaklarının kaç gün çalıştırılması gerektiği araştırılmaktadır.

Çözüm :

Tablo 4.2: Maden ve şehir bilgileri [39]

Maden / Şehir	K1	K2	K3	Maliyet
A	60	20	40	2000
B	20	20	120	1600
Gereksinim	120	80	240	

X_1 : A şehrindeki maden ocağının çalıştırıldığı gün sayısı

X_2 : B şehrindeki maden ocağının çalıştırıldığı gün sayısı

Amaç fonksiyonu :

$$\text{Min } Z = 2000 X_1 + 1600 X_2$$

Kısıtlayıcılar :

$$60 X_1 + 20 X_2 \geq 120$$

$$20 X_1 + 20 X_2 \geq 80$$

$$40 X_1 + 120 X_2 \geq 240$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Bu problemin TORA ile çözümünde, optimum çözüm A şehrindeki maden ocağının 1 gün (X_1), B şehrindeki maden ocağının 3 gün (X_2) çalıştırılması şeklinde ortaya çıkar ve buradan bu maden ocaklarının çalıştırılmasının maliyeti 6800 TL (amaç fonksiyonun değeri) dir.

Amaç fonksiyonu :

$$\text{Min } Z = 2000 (1) + 1600 (3) = 6800 \text{ TL.}$$

4.2.2 Ulaştırma Modelleri

Ulaştırma modeli doğrusal programlama modellerinin özel bir türüdür [40]. Malların birden fazla üretim noktalarından birden fazla tüketim yerlerine minimum maliyetle taşınmalarıyla ilgili problemler, ulaştırma veya taşıma problemleri olarak adlandırılır. Ulaştırma problemlerinde, üretim noktalarına yükleme merkezleri

(üretim merkezi, kaynak) veya kısaca merkezler; tüketim yerlerine de boşaltım yerleri (tüketim merkezi, hedef) denir. Bu tür problemlerde amaç, bir taraftan hedefin (depo gibi) talep gereksinimlerini ve kaynakların (fabrika gibi) arz miktarlarında denge sağlarken, diğer taraftan da her bir kaynaktan her bir hedefe yapılan taşımaların toplam maliyetini minimum kılacak taşıma miktarlarını belirlemektir [36].

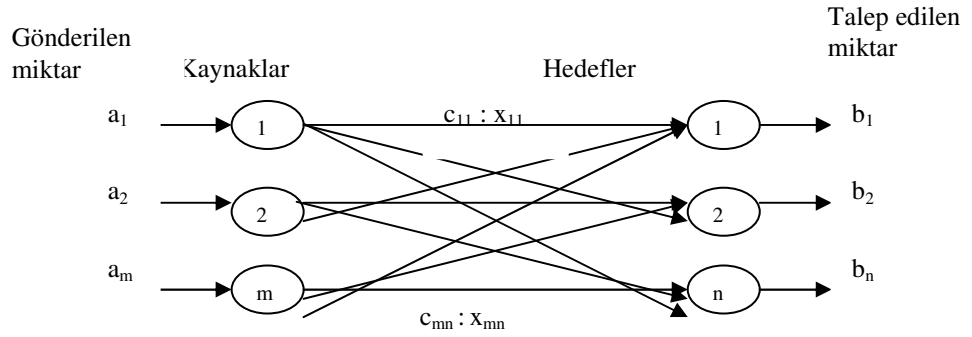
Ulaştırma modeli bugünküne benzer fakat daha basit yapıda ilk kez 1941 yılında Hitchcock tarafından petrol endüstrisine uygulanmıştır [41]. Ulaştırma modeli konusunda ilk makale Rus matematikçisi L.V. Kantorovich tarafından yazılmıştır. L.V. Kantorovich, yararlı fakat tam olmayan bir ulaştırma modelinin çözümüne de yer vermiştir. Ulaştırma modelinde asıl gelişme 1949'dan sonra olmuştur. Dantzig 1947'de geliştirdiği simpleks yöntemini ulaştırma modeline uygulamıştır. 1954 'te Handerson ve Schlaifer basamak yöntemini daha kullanışlı hale getirmiştir [39].

Ulaştırma modelleri aşağıdaki alanlarda sıkça kullanılabilir [41]:

- Üretim ve tüketim merkezleri arasında optimal mal dağıtımının belirlenmesinde,
- Makinelerin işler arasındaki dağıtımında,
- Üretim planlanmasında,
- İşgücü programlamasında,
- Stok kontrolünün yapılmasında,
- Çeşitli şebeke ağı (network) problemlerinde,
- İşletmelerin kuruluş yeri seçiminde vb.

Ulaştırma problemlerinde, karar değişkenleri, hangi merkezden hangi boşaltım yerine ne kadar mal taşınacağıdır. Karar değişkenlerini, ikincisi boşaltım yerine karşı gelen çift indisle göstermek daha anlaşılır olur. Ulaştırma problemlerinde, her merkezden yapılan taşımaların kapasiteyi aşmaması ve boşaltım yerine gönderilen miktarın talebi karşılaması istenir ki, bunlar, modelin iki grupta toplanan temel kısıtlarını oluştururlar. Karar değişkenlerinin eksi (-) olmaması yanında, temel kısıtların dışında özel kısıtı olmayan ulaştırma problemlerinde, birim katkılar (taşıma maliyetleri) sabitse, geliştirilen model bir doğrusal karar modeli olur [40].

Ulaştırma modelinin genel hali Şekil 4.1’de verilmiştir. Her biri birer *düğüm* olarak gösterilen m kaynak (yükleme merkezi) ve n hedef (boşaltım yeri) vardır. *Bağlantılar*, kaynaklarla hedefler arasındaki rotaları belirtilen ifadelerdir. (i, j) bağlantısı, i kaynağını j hedefine bağlarken iki tür bilgi içermektedir: (1) c_{ij} birim taşıma maliyeti, (2) x_{ij} taşıma miktarı. i kaynağının arz miktarı a_i , j hedefinin talep ettiği miktarda b_j olsun. Modelin amacı, tüm arz ve talep kısıtlarını sağlayan, ayrıca toplam taşıma maliyetlerini minimum kılan x_{ij} bilinmeyen miktarlarını belirlemektir [36].



Şekil 4.1 : Ulaştırma Modeli [36]

Ulaştırma modelinin kurulabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir [39]:

1. Belli bölgelerden (örneğin; fabrika veya depo gibi üretim merkezlerinden), belli bölgelere (örneğin; depo veya mağaza gibi tüketim merkezlerine) gönderilecek malların homojen (aynı) olması,

2. Her bir üretim merkezi ile her bir tüketim merkezi arasında bir birim malın kaçta taşınacağı bilinmeli ve taşıma maliyetleri birim başına sabit olmalı,

3. Her bir arz ve tüketim merkezindeki toplam miktar tam olarak bilinmeli,

4. Arz merkezlerinden dağıtılacak toplam miktar tüketim merkezlerince talep edilen toplam miktara eşit olmalı.

4.3 Gürbüz Madencilik Modelinin Yapısı ve Kurulması

Müşteriden gelen her sipariş için, ocaklardaki stoklardan istenen Şartları sağlayan en uygun miktarları alarak, en uygun taşıma aracı ile ve en uygun limandan siparişin sevkiyatını gerçekleştirecek bir model yapısı kurulmuştur. İşletme tarafından yapılan açıklamalar doğrultusunda, amaç siparişlerdeki kısıt olarak belirtilen karışım oranlarını en iyi sağlayan ocaklardaki stoklardan malzeme alımı yapılması ve taşıma maliyetlerini minimum yapacak Şekilde bir limanın seçilmesidir. Gürbüz maden işletmesinin aktif olan 4 adet maden ocağı vardır. Bu ocaklar; Şapcı, Sinandede, Yaylabayır, Danaçayır'dır. Bu ocaklardan farklı karışım özellikleri içeren **KAOLİN** ıkarılmaktadır. Gürbüz maden işletmelerinde müşteri isteklerine göre Kaolin madeni karışımında bulunması gereken ortalama karışım yüzdeleri Şu Şekildedir:

KAOLİN

Al ₂ O ₃	min	%20
Fe ₂ O ₃	max	%0.50
SO ₃	max	%1

Gürbüz Madencilik A.Ő'den alınan bilgiler izleyen tablolarda verilmektedir ;

Tablo 4.3 Danaçayır Ocağı Kaolin Stok Miktarları

Danaçayır Ocağı (1.Ocak)(Miktar:ton)				
Stok No	Miktar	Al₂O₃	Fe₂O₃	SO₃
1	100	20.99	0.77	0.54
2	200	15.69	0.59	0.31
3	100	22.46	0.69	2.2
4	300	17.19	0.88	0.45
5	125	19.61	0.79	0.8
6	130	16.73	0.49	0.19
7	125	17.72	0.53	0.52
8	150	22.47	0.82	1.9
9	160	24.68	1.23	3.07

Tablo 4.4 Şapçı Ocağı Kaolin Stok Miktarları

Şapçı Ocağı (2.Ocak)(Miktar:ton)				
Stok No	Miktar	Al₂O₃	Fe₂O₃	SO₃
1	300	29.97	1,62	1,5
2	150	28.7	1,85	0,56
3	200	23.19	0,94	2,58
4	200	28.38	1.92	0.3
5	200	30.07	2.18	0.35
6	200	28.12	2.08	0.32
7	150	29.45	0.4	4.72
8	150	29.77	0.31	4.66
9	150	28.7	0.17	6.28

Tablo 4.5 Yaylabayır Ocağı Kaolin Stok Miktarları

Yaylabayır Ocağı (3.Ocak) (Miktar:ton)				
Stok No	Miktar	Al₂O₃	Fe₂O₃	SO₃
1	1500	18.52	1.34	0.08
2	1500	18.67	1.33	0.06
3	1500	19.84	1.41	0.11
4	2000	19.47	1.33	0.06

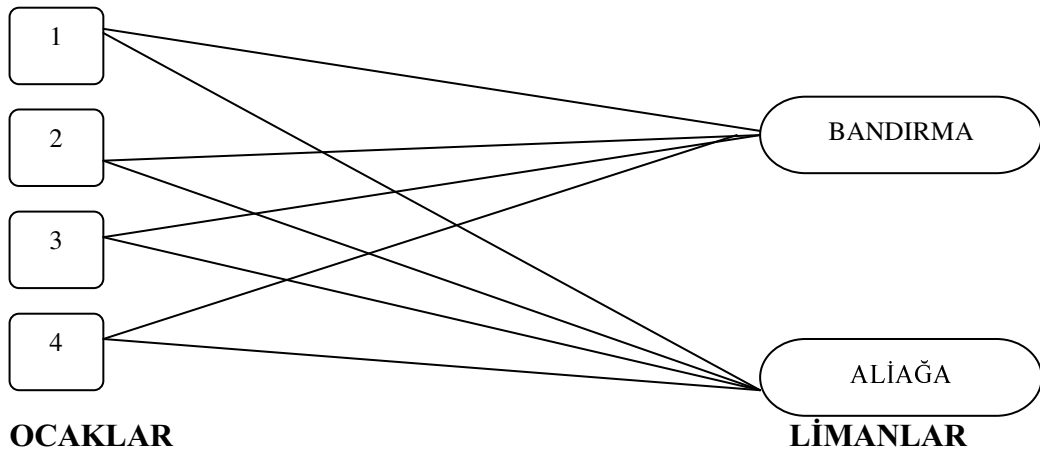
Tablo 4.6 Sinandede Ocağı Kaolin Stok Miktarları

Sinandede Ocağı (4.Ocak)(Miktar:ton)				
Stok No	Miktar	Al₂O₃	Fe₂O₃	SO₃
1	300	20.98	1.68	0.37
2	250	21.89	0.93	0.48
3	150	21.3	1.52	1.11
4	200	21.06	1.08	0.42

Tablo 4.7 Ocakların Üretim Maliyetleri (Dolar/Ton)

OCAKLAR	ÜRETİM MALİYETLERİ
Şapçı	6
Danaçayır	6
Yaylabayır	7
Sinandede	7

Bu ocaklardan Bandırma ve Aliğa limanlarına olmak üzere iki limana sevkiyat yapılmaktadır. Ocakların limanlara olan uzaklıkları hemen hemen aynı olduğundan liman bazında taşıma maliyetleride aynıdır.



Şekil 4.2 Ocak ve Limanlararası ilişkiler

Aşağıdaki tabloda ocaklardan limanlara olan taşıma maliyetleri verilmektedir.

Tablo 4.8 Kaolinin Ocaklardan Limanlara Taşıma Maliyeti(Dolar/ton)

LİMAN ADI	TAŞIMA MALİYETİ(Dolar/Ton)
BANDIRMA	12
ALIĞA	11.80

Her limanın taşınan üründen, ton başına aldığı bir liman kullanım ücreti vardır. Liman kullanım maliyetleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.9 : Liman Kullanım Maliyetleri (Dolar/Ton)

MALİYETLER	BANDIRMA	ALIAĞA
Kaolin(dolar/ton)	4	3
Beyanname	0.20	0.20
Mesai v.s	0.20	0.20
Toplam maliyet	4.40	3.40

Çözüm yaklaşımı ;

İstenen malzeme özelliklerine göre seçilen ocaklar, malzeme kısıtlarına içerik, stok, miktar ve hedef liman dikkate alınarak ulaştırma maliyetleri esasına göre çözülür.

Varsayımlar:

- Ocaklardan limanlara taşımada herhangi bir alt ve üst limit yoktur.
- Limanlar karışımın yapıldığı yerdir.
- Taşıma maliyetinin daha düşük olması durumunda bile karışım yeri olarak liman seçilir.
- Ocaklardaki stoklar bölünerek karışım yapılabilir.
- Bir sipariş için yüklemesi planlanan miktarın taşınması bir limandan yapılmaktadır.

Modelin Kurulması

Karar Değişkenleri

X_{ijk} : i ocağının j.stoğundan k limanına taşınan ürün miktarı (ton)

D_{ijk} : i ocağının j.stoğundan k limanına birim taşıma maliyeti

g_k : k limanının kullanım masrafı

C_{ij} : i ocağının j stoğunda birim üretim maliyeti

Y_k : 1 k limanına ürün taşınması varsa
0 yoksa

b_{ij} : i ocağı j stoğunun kapasitesi

a_{ijv} : i ocağının j stoğundaki v yüzdesi

e_{ijv} : i ocağının j stoğundaki olması istenen v yüzdesi

Amaç Fonksiyonu:

Minimum Maliyet = Üretim Maliyeti + Liman Kullanım Maliyeti + Taşıma Maliyeti

$$\text{Min} \sum_i^4 \sum_j^n \sum_k^2 C_{ij} * X_{ijk} + \sum_k g_k * Y_k + \sum_i^4 \sum_j^n \sum_k^2 D_{ijk} * X_{ijk} \quad i=\{1,2,3,4\} j=\{1,2,\dots,n\}$$

$$k=\{1,2\}$$

Kısıtlar

$$\sum_j (J.maddedeki kimyasal madde)*(kullanılan j.madde miktarı) \geq \text{yada} \leq$$

(Karışımdaki istenen kimyasal madde oranı)*(toplam karışım miktarı)

$$\sum_{j=1}^n a_{ijv} * X_{ijk} \geq \sum_{j=1}^n e_{ijv} * X_{ijk} \quad \forall_i, \forall_v$$

$$\sum_i^4 \sum_j^n \sum_k^2 X_{ijk} = \text{Talep Miktarı}$$

$$\sum_{k=1}^n X_{ijk} = b_{ij} \quad \forall_{ij} \text{ için (Arz kısıtı)}$$

$$X_{ijk} \geq 0 \quad \forall_i, \forall_j, \forall_k \text{ için}$$

$$Y_k = 0 \text{ veya } 1$$

$$g_k \geq 0 \quad \forall_k \text{ için}$$

4.4 Modelin Uygulaması ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Model üzerinde şirketten alınan gerçek veriler girilerek LİNGO 8.0 programında çözümü yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Modelin paket program içindeki yapısı ve detayları EK A' da verilmektedir.

Model de, belirtilen amaç fonksiyonu maliyetleri temsil etmektedir. Amaç fonksiyonu üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar karışım maliyetlerini belirleyen birinci kısım, liman masraflarını belirleyen ikinci kısım ve taşıma maliyetini belirleyen üçüncü kısımdır.

Modeldeki kısıtlar arasında;

- Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 alaşımlarının oranlarını sağlayan kısıtlar,
- Stok kapasitesi kısıtları,
- Talep kısıtı,
- Liman kullanım kısıtları bulunmaktadır.

DATA başlıklı en son bölüm, modelin Excel'den verileri almasını sağlayan tanımlamalardır. Bunun için LİNGO 'nun OLE fonksiyonu kullanılmaktadır. Aynı zamanda da veriler Excel 'de tanımlanmaktadır. Böylece kullanıcılar, her türlü veri değişikliğini excelde tanımlı tablolar üzerinde yaparak, modelde herhangi bir değişiklik yapmadan hesaplamaları yaptırabilmektedirler. Bu da program kullanıcılarına çok büyük kolaylık sağlamaktadır.

Modelin paket programdaki çözümü EK B'de verilmektedir. Model en az maliyeti veren, Aliağa limanını seçmektedir. Lingo programının çözümünün sağlanması Excel'de yapılmıştır ve Lingo programının verdiği sonuçların doğru olduğu görülmüştür. Programın bulduğu sonuçlar modeldeki kısıtları sağlamaktadır;

- Kaolin karışımında bulunması istenen alaşım oranları (Al_2O_3 min %20, Fe_2O_3 max % 0.50, SO_3 max % 1) sağlanmıştır.
- Her bir stok için, stokdaki miktardan fazla kaolin alınmamıştır. Arz kısıtı sağlanmıştır.
- Model’ de toplam talep miktarı 1000 ton olarak verilmiştir. Çözümde de toplam talep miktarı 1000 ton olarak bulunmuştur. Talep miktarı kısıtı sağlanmıştır. Sağlaması Tablo 4.10 ’de verilmiştir.

Tablo 4.10 : EXCEL ’de modelin sonuçlarının sağlaması

OCAKLAR	STOKLAR	KAOLİN MİKTARLARI (Ton)	MALİYET (Dolar/ton)	TOLAM MALİYET (Dolar)
DANAÇAYIR	X111	82,51676	21,2	1749,355
DANAÇAYIR	X121	200,00000	21,2	4240
DANAÇAYIR	X161	130	21,2	2756
DANAÇAYIR	X171	125	21,2	2650
ŞAPCI	X281	150	21,2	3180
ŞAPCI	X291	3,791074	21,2	80,37077
YAYLABAYIR	X311	58,69217	22,2	1302,966
YAYLABAYIR	X331	150	22,2	3330
YAYLABAYIR	X341	100	22,2	2220
TOPLAM		1000		21508,69

En düşük maliyetli çözüm; Lingo da çözüm sonucu, Aliğa limanı çıkmış olup, seçilen ocaklardaki stoklar ve miktarları tablo 4.10’da verilmiştir. Çözüm 189. iterasyonda 21508 \$ olarak bulunmuştur.

İşletmenin aynı verileri kullanarak bulduğu sonuç tablo 4.11 ’deki gibidir. İşletmede en uygun karışımı bulmak için herhangi bir program kullanılmamaktadır. Çalışanın bilgi ve tecrübesine dayalı olarak ocak, stok ve miktar seçimleri yapılmaktadır. İşletmenin çözümünde de Aliğa limanı seçilmiş olup, Danaçayır, Şapçı ve Yaylabayır ocaklarından stoklar alınmıştır. Maliyet 21750 dolar olarak bulunmuştur.

Tablo 4.11: Gürbüz Maden İşletmeciliği zm

OCAK	STOKLAR	KAOLİN MİKTARLARI (ton)	MALİYET (dolar/ton)	TOPLAM MALİYET (dolar)
DANAÇAYIR	X171	100	21,2	2120
DANAÇAYIR	X121	70	21,2	1484
DANAÇAYIR	X161	130	21,2	2756
şAPÇI	X281	150	21,2	3180
YAYLABAYIR	X311	300	22,2	6660
YAYLABAYIR	X331	150	22,2	3330
YAYLABAYIR	X341	100	22,2	2220
TOPLAM		1000		21750

Ocaklar arasındaki üretim ve taşıma maliyetleri birbirine çok yakın olması nedeniyle model çözümü ile şirketin çözümü arasındaki maliyet çok farklılaşmamaktadır. Ancak yine de modelin çözümü en iyi sonuç olup, işletmenin çözümü ise modelin çözümünden daha kötü bir sonuç olan uygun bir çözüm vermektedir. Sonuçlar işletmenin verdiği tecrübeye dayalı kararlarla paralellik göstermekte olup modelin anlamlı ve değişik sonuç ürettiği söylenebilir. Model şirkete optimum çözümü bulmada kolaylık sağlamaktadır. Bu da zaman kaybını ve para kaybını önlemektedir.

Ocaklararası maliyet farklılaşmasının artması durumunda doğrusal programlama ile en uygun (optimal) zm elde etmek çok önem kazanacaktır ve doğrusal programlama ile çözüm üretmek işletmeye önemli maliyet ve rekabet avantajları sağlayacaktır.

Ancak devam eden çalışmalar da gene doğrusal programlamadan yararlanarak model üzerinde fırsat maliyetleri, ocak ve liman sayısındaki değişkenlik faktörleri dikkate alınarak çalışma genişletilebilir.

5. SONUÇ

Ülkemiz, jeolojik yapısı itibariyle maden çeşitliliği ve rezervleri bol olan bir ülkedir. Madencilik sektörü, temel sanayi girdilerine hammadde sağlaması yönüyle ülkemizin temel taşı olan sektörlerden birisidir. Ülkemiz, gelişmiş ülkeler seviyesine yükselebilmek için sahip olduğu bu kaynaklardan en iyi şekilde yararlanmalı ve bilimsel yöntemler ile teknolojinin getirdiği kolaylıkları kullanabilmelidir.

Bu görüş çerçevesinde çalışma, Balıkesir ili ve çevresinde maden ocakları bulunan Gürbüz Madencilik işletmesinde yapılmıştır. İşletmenin faaliyetindeki en önemli maden ocakları kaolin ocaklarıdır. Kaolin çok geniş bir kullanım alanına sahip olan ve gün geçtikçe talep ve ihracat miktarları giderek artan bir madendir. Madencilik sektörünün genelinde olduğu gibi kaolin üretiminde de en önemli maliyet girdilerinden biri ulaştırma maliyetleridir. Ulaştırma maliyetlerini mümkün olduğunca azaltabilen işletmeler özellikle ihracatta önemli rekabet avantajları elde etmektedir.

Seçilen işletme, gelen bir siparişi istenen niteliklerde karşılamak için kullanılacak ocakların ve güzergahın seçiminde bilimsel tekniklerden çok deneyimlere dayalı olan ve ne kadar iyi sonuçlar verdiği değerlendirilemeyen yöntemler kullanmaktadır. İşletmenin gelen siparişleri karşılamada karşı karşıya kaldığı bu ocak ve güzergah seçimi problemi tipik bir karar verme problemidir.

Problemin tanımlanmasından sonra, çözümün yöneylem araştırması tekniklerinde olabileceği görülmüştür. Yöneylem araştırması tekniklerinden doğrusal programlama ve ulaştırma modeli kullanılarak bir model oluşturulmuş ve bu model bilgisayarda LINGO 8 adlı yöneylem araştırması paket programında çözülerek, optimum sonuçlar bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, deneyimlere dayalı sonuçlara göre çok daha iyi ve elde etme süresi daha kısadır.

Sonuçta, kullanılan yöneylem araştırması teknikleri işletme yönetimine kendi politikalarını ve eylemlerini bilimsel olarak belirlemesine yardım ederek şirkete yarar

sağlamıştır. İşletme bundan sonra gelen tüm siparişleri planlarken, kurulan bu model sayesinde kesin ve doğru sonuca çok daha kısa bir sürede ulaşabilecek; böylece hem maliyet hem de zaman kaybını önleyebilecektir.

Ülkemiz için büyük önem taşıyan maden sektöründe bilimsel tekniklerden daha fazla yararlanılması gerekmektedir. Artık planlamada, karar vermede deneyimlere dayalı sonuçlardansa, daha rasyonel matematiğe dayalı bilimsel yöntemler seçilmelidir. Bu çalışma, yönetilmesine ihtiyaç duyulan sistemlerin var olduğu hemen her yerde yöneylem araştırmasının etkin bir şekilde kullanılabilmesine güzel bir örnektir.

Yapılan bu çalışmada maliyetleri etkileyen faktörlerin analiz edilmesi sonucunda kararlar verilmesi, işletmenin rekabet edebilirliğini arttırmakta ve daha bilimsel sonuçlara ulaşmasını sağlamaktadır. Bu ve benzer çalışmalar madencilik işletmelerine karar verme doğrultusunda önemli ölçüde fayda sağlayacaktır.

EKLER

EK A: Modelin Lingo ‘daki Yazımı

!Karışım, iki limana taşıma ve liman kullanımı probleminin modeli;

MIN= **!** **Üretim**
maliyeti; URETİM1*(X111+X112)+URETİM1*(X121+X122) +
URETİM1*(X131+X132)+URETİM1*(X141+X142)+URETİM1*(X151+X152)+U
RETİM1*(X161+X162)+URETİM1*(X171+X172)+URETİM1*(X181+X182)+UR
ETİM1*(X191+X192)+URETİM2*(X211+X212)+URETİM2*(X221+X222)+URE
TIM2*(X231+X232)+URETİM2*(X241+X242)+URETİM2*(X251+X252)+URETI
M2*(X261+X262)+URETİM2*(X271+X272)+URETİM2*(X281+X282)+URETİM
2*(X291+X292)+URETİM3*(X311+X312)+URETİM3*(X321+X322)+URETİM3*
(X331+X332)+URETİM3*(X341+X342)+URETİM4*(X411+X412)+URETİM4*(
X421+X422)+URETİM4*(X431+X432)+URETİM4*(X441+X442)
!Taşımamaliyetleri; +
TASIMA1*(X111+X121+X131+X141+X151+X161+X171+X181+X191) +
TASIMA2*(X112+X122+X132+X142+X152+X162+X172+X182+X192) +
TASIMA1*(X211+X221+X231+X241+X251+X261+X271+X281+X291) +
TASIMA2*(X212+X222+X232+X242+X252+X262+X272+X282+X292) +
TASIMA1*(X311+X321+X331+X341)+TASIMA2*(X312+X322+X332+X342) +
TASIMA1*(X411+X421+X431+X441)+TASIMA2*(X412+X422+X432+X442)
!Limankullanımmaliyeti;+
LİM1*(x111+x121+x131+x141+x151+x161+x171+x181+x191+x211+x221+x231+
x241+x251+x261+x271+x281+x291+x311+x321+x331+x341+x411+x421+x431+x
441)*Y1 +
LİM2*(x112+x122+x132+x142+x152+x162+x172+x182+x192+x212+x222+x232+
x242+x252+x262+x272+x282+x292+x312+x322+x332+x342+x412+x422+x432+x
442)*Y2;

KISITLAR;

DALU1*(x111+x112)+DALU2*(x121+x122)+DALU3*(x131+x132)+DALU4*(x1
41+x142)+DALU5*(X151+X152)+DALU6*(X161+X162)+DALU7*(X171+X172)
+DALU8*(X181+X182)+DALU9*(X191+X192)+SALU1*(x211+x212)+SALU2*(
x221+x222)+SALU3*(x231+x232)+SALU4*(x241+x242)+SALU5*(X251+X252)+
SALU6*(X261+X262)+SALU7*(X271+X272)+SALU8*(X281+X282)+SALU9*(X
291+X292)+YALU1*(x311+x312)+YALU2*(x321+x322)+YALU3*(x331+x332)+
YALU4*(x341+x342)+SINAL1*(x411+x412)+SINAL2*(x421+x422)+SINAL3*(x
431+x432)+SINAL4*(x441+x442)-
20*(X111+X112+X121+X122+X131+X132+X141+X142+X151+X152+X161+X16
2+X171+X172+X181+X182+X191+X192+X211+X212+X221+X222+X231+X232
+X241+X242+X251+X252+X261+X262+X271+X272+X281+X282+X291+X292+
X311+X312+X321+X322+X331+X332+X341+X342+X411+X412+X421+X422+X
431+X432+X441+X442)>=0;!**Al. ile ilgili kısıt;**

$DAFE1*(x111+x112)+DAFE2*(x121+x122)+DAFE3*(x131+x132)+DAFE4*(x141+x142)$
 $+DAFE5*(X151+X152)+DAFE6*(X161+X162)+DAFE7*(X171+X172)+DAFE8*(X181+X182)+DAFE9*(X191+X192)+SAFE1*(x211+x212)+SAFE2*(x221+x222)+SAFE3*(x231+x232)+SAFE4*(x241+x242)+SAFE5*(X251+X252)+SAFE6*(X261+X262)+SAFE7*(X271+X272)+SAFE8*(X281+X282)+SAFE9*(X291+X292)+YAFE1*(x311+x312)+YAFE2*(x321+x322)+YAFE3*(x331+x332)+YAFE4*(x341+x342)+SINFE1*(x411+x412)+SINFE2*(x421+x422)+SINFE3*(x431+x432)+SINFE4*(x441+x442)-$
 $0.5*(X111+X112+X121+X122+X131+X132+X141+X142+X151+X152+X161+X162+X171+X172+X181+X182+X191+X192+X211+X212+X221+X222+X231+X232+X241+X242+X251+X252+X261+X262+X271+X272+X281+X282+X291+X292+X311+X312+X321+X322+X331+X332+X341+X342+X411+X412+X421+X422+X431+X432+X441+X442)\leq 0; !Fe2O3 ile ilgili kısıt;$

$DAS1*(x111+x112)+DAS2*(x121+x122)+DAS3*(x131+x132)+DAS4*(x141+x142)+DAS5*(X151+X152)+DAS6*(X161+X162)+DAS7*(X171+X172)+DAS8*(X181+X182)+DAS9*(X191+X192)+SAS1*(x211+x212)+SAS2*(x221+x222)+SAS3*(x231+x232)+SAS4*(x241+x242)+SAS5*(X251+X252)+SAS6*(X261+X262)+SAS7*(X271+X272)+SAS8*(X281+X282)+SAS9*(X291+X292)+YAS1*(x311+x312)+YAS2*(x321+x322)+YAS3*(x331+x332)+YAS4*(x341+x342)+SS1*(x411+x412)+SS2*(x421+x422)+SS3*(x431+x432)+SS4*(x441+x442)-$
 $1*(X111+X112+X121+X122+X131+X132+X141+X142+X151+X152+X161+X162+X171+X172+X181+X182+X191+X192+X211+X212+X221+X222+X231+X232+X241+X242+X251+X252+X261+X262+X271+X272+X281+X282+X291+X292+X311+X312+X321+X322+X331+X332+X341+X342+X411+X412+X421+X422+X431+X432+X441+X442)\leq 0; !SO3 ile ilgili kısıtlayıcı;$

!Stok kapasitesi kısıtı;

- X111+X112<=DANA1;
- X121+X122<=DANA2;
- X131+X132<=DANA3;
- X141+X142<=DANA4;
- X151+X152<=DANA5;
- X161+X162<=DANA6;
- X171+X172<=DANA7;
- X181+X182<=DANA8;
- X191+X192<=DANA9;
- X211+X212<=SAPCI1;
- x221+x222<=SAPCI2;
- x231+x232<=SAPCI3;
- x241+x242<=SAPCI4;
- X251+X252<=SAPCI5;
- X261+X262<=SAPCI6;
- X271+X272<=SAPCI7;
- X281+X282<=SAPCI8;

$X291+X292 \leq \text{SAPCI9};$

$x311+x312 \leq \text{YAYLA1};$

$x321+x322 \leq \text{YAYLA2};$

$x331+x332 \leq \text{YAYLA3};$

$x341+x342 \leq \text{YAYLA4};$

$x411+x412 \leq \text{SINAN1};$

$x421+x422 \leq \text{SINAN2};$

$x431+x432 \leq \text{SINAN3};$

$x441+x442 \leq \text{SINAN4};$

$x111+x121+x131+x141+x151+x161+x171+x181+x191+x112+x122+x132+x142+x152+x162+x172+x182+x192+x211+x221+x231+x241+x251+x261+x271+x281+x291+x212+x222+x232+x242+X252+X262+X272+x282+x292+x311+x321+x331+x341+x312+x322+x332+X342+x411+x421+x431+x441+x412+x422+x432+x442=1000;$ **!TalepKısıt;**

$x111+x121+x131+x141+x151+x161+x171+x181+x191+x211+x221+x231+x241+x251+x261+x271+x281+x291+x311+x321+x331+x341+x411+x421+x431+x441=1000*Y1;$ **Liman kullanım kısıtı;**

$x112+x122+x132+x142+x152+x162+x172+x182+x192+x212+x222+x232+x242+x252+x262+x272+x282+x292+x312+x322+x332+x342+x412+x422+x432+x442=1000*Y2;$ **Liman kullanım kısıtı;**

@BIN(Y1);

@BIN(Y2);

EXCEL'DEN VERİLERİN GİRİŞİNİ TANIMLAMA;

DATA:

DANA1=@OLE('C:\dana.xls','DANA1') ;

DANA2=@OLE('C:\dana.xls','DANA2') ;

DANA3=@OLE('C:\dana.xls','DANA3') ;

DANA4=@OLE('C:\dana.xls','DANA4') ;

DANA5=@OLE('C:\dana.xls','DANA5') ;

DANA6=@OLE('C:\dana.xls','DANA6') ;

DANA7=@OLE('C:\dana.xls','DANA7') ;
DANA8=@OLE('C:\dana.xls','DANA8') ;
DANA9=@OLE('C:\dana.xls','DANA9') ;

SAPCI1=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI1') ;
SAPCI2=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI2') ;
SAPCI3=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI3') ;
SAPCI4=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI4') ;
SAPCI5=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI5') ;
SAPCI6=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI6') ;
SAPCI7=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI7') ;
SAPCI8=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI8') ;
SAPCI9=@OLE('C:\sapci.xls','SAPCI9') ;

YAYLA1=@OLE('C:\yayla.xls','YAYLA1') ;
YAYLA2=@OLE('C:\yayla.xls','YAYLA2') ;
YAYLA3=@OLE('C:\yayla.xls','YAYLA3') ;
YAYLA4=@OLE('C:\yayla.xls','YAYLA4') ;

SINAN1=@OLE('C:\sinan.xls','SINAN1') ;
SINAN2=@OLE('C:\sinan.xls','SINAN2') ;
SINAN3=@OLE('C:\sinan.xls','SINAN3') ;
SINAN4=@OLE('C:\sinan.xls','SINAN4') ;

URETIM1=@OLE('C:\üretim.xls','URETIM1');
URETIM2=@OLE('C:\üretim.xls','URETIM2');
URETIM3=@OLE('C:\üretim.xls','URETIM3');
URETIM4=@OLE('C:\üretim.xls','URETIM4');

TASIMA1=@OLE('C:\tasima.xls','TASIMA1');
TASIMA2=@OLE('C:\tasima.xls','TASIMA2');

LIM1=@OLE('C:\liman.xls','LIM1');
LIM2=@OLE('C:\liman.xls','LIM2');
DALU1=@OLE('C:\dana.xls','DALU1') ;
DALU2=@OLE('C:\dana.xls','DALU2') ;
DALU3=@OLE('C:\dana.xls','DALU3') ;
DALU4=@OLE('C:\dana.xls','DALU4') ;
DALU5=@OLE('C:\dana.xls','DALU5') ;
DALU6=@OLE('C:\dana.xls','DALU6') ;
DALU7=@OLE('C:\dana.xls','DALU7') ;
DALU8=@OLE('C:\dana.xls','DALU8') ;
DALU9=@OLE('C:\dana.xls','DALU9') ;

SALU1=@OLE('C:\sapci.xls','SALU1') ;
SALU2=@OLE('C:\sapci.xls','SALU2') ;
SALU3=@OLE('C:\sapci.xls','SALU3') ;

SALU4=@OLE('C:\sapc1.xls','SALU4') ;
SALU5=@OLE('C:\sapc1.xls','SALU5') ;
SALU6=@OLE('C:\sapc1.xls','SALU6') ;
SALU7=@OLE('C:\sapc1.xls','SALU7') ;
SALU8=@OLE('C:\sapc1.xls','SALU8') ;
SALU9=@OLE('C:\sapc1.xls','SALU9') ;

YALU1=@OLE('C:\yayla.xls','YALU1') ;
YALU2=@OLE('C:\yayla.xls','YALU2') ;
YALU3=@OLE('C:\yayla.xls','YALU3') ;
YALU4=@OLE('C:\yayla.xls','YALU4') ;

SINAL1=@OLE('C:\sinan.xls','SINAL1') ;
SINAL2=@OLE('C:\sinan.xls','SINAL2') ;
SINAL3=@OLE('C:\sinan.xls','SINAL3') ;
SINAL4=@OLE('C:\sinan.xls','SINAL4') ;

DAFE1=@OLE('C:\dana.xls','DAFE1') ;
DAFE2=@OLE('C:\dana.xls','DAFE2') ;
DAFE3=@OLE('C:\dana.xls','DAFE3') ;
DAFE4=@OLE('C:\dana.xls','DAFE4') ;
DAFE5=@OLE('C:\dana.xls','DAFE5') ;
DAFE6=@OLE('C:\dana.xls','DAFE6') ;
DAFE7=@OLE('C:\dana.xls','DAFE7') ;
DAFE8=@OLE('C:\dana.xls','DAFE8') ;
DAFE9=@OLE('C:\dana.xls','DAFE9') ;

SAFE1=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE1') ;
SAFE2=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE2') ;
SAFE3=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE3') ;
SAFE4=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE4') ;
SAFE5=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE5') ;
SAFE6=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE6') ;
SAFE7=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE7') ;
SAFE8=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE8') ;
SAFE9=@OLE('C:\sapc1.xls','SAFE9') ;

YAFE1=@OLE('C:\yayla.xls','YAFE1') ;
YAFE2=@OLE('C:\yayla.xls','YAFE2') ;
YAFE3=@OLE('C:\yayla.xls','YAFE3') ;
YAFE4=@OLE('C:\yayla.xls','YAFE4') ;

SINFE1=@OLE('C:\sinan.xls','SINFE1') ;
SINFE2=@OLE('C:\sinan.xls','SINFE2') ;
SINFE3=@OLE('C:\sinan.xls','SINFE3') ;
SINFE4=@OLE('C:\sinan.xls','SINFE4') ;

DAS1=@OLE('C:\dana.xls','DAS1') ;
DAS2=@OLE('C:\dana.xls','DAS2') ;

DAS3=@OLE('C:\dana.xls','DAS3') ;
DAS4=@OLE('C:\dana.xls','DAS4') ;
DAS5=@OLE('C:\dana.xls','DAS5') ;
DAS6=@OLE('C:\dana.xls','DAS6') ;
DAS7=@OLE('C:\dana.xls','DAS7') ;
DAS8=@OLE('C:\dana.xls','DAS8') ;
DAS9=@OLE('C:\dana.xls','DAS9') ;

SAS1=@OLE('C:\sapci.xls','SAS1') ;
SAS2=@OLE('C:\sapci.xls','SAS2') ;
SAS3=@OLE('C:\sapci.xls','SAS3') ;
SAS4=@OLE('C:\sapci.xls','SAS4') ;
SAS5=@OLE('C:\sapci.xls','SAS5') ;
SAS6=@OLE('C:\sapci.xls','SAS6') ;
SAS7=@OLE('C:\sapci.xls','SAS7') ;
SAS8=@OLE('C:\sapci.xls','SAS8') ;
SAS9=@OLE('C:\sapci.xls','SAS9') ;

YAS1=@OLE('C:\yayla.xls','YAS1') ;
YAS2=@OLE('C:\yayla.xls','YAS2') ;
YAS3=@OLE('C:\yayla.xls','YAS3') ;
YAS4=@OLE('C:\yayla.xls','YAS4') ;

SS1=@OLE('C:\sinan.xls','SS1') ;
SS2=@OLE('C:\sinan.xls','SS2') ;
SS3=@OLE('C:\sinan.xls','SS3') ;
SS4=@OLE('C:\sinan.xls','SS4') ;

ENDDATA

EK B: Modelin Lingo'daki Çözümü

Local optimal solution found at iteration:
Objective value:

189
21508.69

Variable	Value	Reduced Cost
URETIM1	6.000000	0.000000
X111	82.51676	0.000000
X112	0.000000	0.000000
X121	200.0000	0.000000
X122	0.000000	0.000000
X131	0.000000	0.4387383
X132	0.000000	0.4387772
X141	0.000000	0.4719246
X142	0.000000	0.4719635
X151	0.000000	0.2213115
X152	0.000000	0.2213504
X161	130.0000	0.000000
X162	0.000000	-.2265414E-07
X171	125.0000	0.000000
X172	0.000000	-.4601218E-07
X181	0.000000	0.9015469
X182	0.000000	0.9015858
X191	0.000000	3.399013
X192	0.000000	3.399052
URETIM2	6.000000	0.000000
X211	0.000000	4.458847
X212	0.000000	4.458885
X221	0.000000	5.076960
X222	0.000000	5.076999
X231	0.000000	1.798065
X232	0.000000	1.798104
X241	0.000000	5.277876
X242	0.000000	5.277914
X251	0.000000	6.522277
X252	0.000000	6.522315
X261	0.000000	6.038379
X262	0.000000	6.038418
X271	0.000000	0.3140039
X272	0.000000	0.3140428
X281	150.0000	-.9879307E-08
X282	0.000000	0.000000
X291	3.791074	0.000000
X292	0.000000	-0.9027205E-07
URETIM3	7.000000	0.000000
X311	58.69217	0.000000
X312	0.000000	0.7595051E-05
X321	0.000000	1.580482
X322	0.000000	1.580521
X331	150.0000	0.000000
X332	0.000000	0.7593835E-05
X341	100.0000	0.000000
X342	0.000000	0.7593835E-05
URETIM4	7.000000	0.000000
X411	0.000000	5.186171
X412	0.000000	5.186210
X421	0.000000	1.721237
X422	0.000000	1.721276

X431	0.000000	4.798400
X432	0.000000	4.798439
X441	0.000000	2.395588
X442	0.000000	2.395627
TASIMA1	11.80000	0.000000
TASIMA2	12.00000	0.000000
LIM1	3.400000	0.000000
Y1	1.000000	6599.925
LIM2	4.400000	0.000000
Y2	0.000000	0.000000
DALU1	20.99000	0.000000
DALU2	15.69000	0.000000
DALU3	22.46000	0.000000
DALU4	17.19000	0.000000
DALU5	19.61000	0.000000
DALU6	16.73000	0.000000
DALU7	17.72000	0.000000
DALU8	22.47000	0.000000
DALU9	24.68000	0.000000
SALU1	29.97000	0.000000
SALU2	28.70000	0.000000
SALU3	23.19000	0.000000
SALU4	28.38000	0.000000
SALU5	30.07000	0.000000
SALU6	28.12000	0.000000
SALU7	29.45000	0.000000
SALU8	29.77000	0.000000
SALU9	28.70000	0.000000
YALU1	23.93000	0.000000
YALU2	24.86000	0.000000
YALU3	23.17000	0.000000
YALU4	19.55000	0.000000
SINAL1	20.98000	0.000000
SINAL2	21.89000	0.000000
SINAL3	21.30000	0.000000
SINAL4	21.06000	0.000000
DANA1	100.0000	0.000000
DANA2	200.0000	0.000000
DANA3	100.0000	0.000000
DANA4	300.0000	0.000000
DANA5	125.0000	0.000000
DANA6	130.0000	0.000000
DANA7	125.0000	0.000000
DANA8	150.0000	0.000000
DANA9	160.0000	0.000000
SAPCI1	300.0000	0.000000
SAPCI2	150.0000	0.000000
SAPCI3	200.0000	0.000000
SAPCI4	200.0000	0.000000
SAPCI5	200.0000	0.000000
SAPCI6	200.0000	0.000000
SAPCI7	150.0000	0.000000
SAPCI8	150.0000	0.000000
SAPCI9	150.0000	0.000000
YAYLA1	300.0000	0.000000
YAYLA2	150.0000	0.000000
YAYLA3	150.0000	0.000000
YAYLA4	100.0000	0.000000
SINAN1	300.0000	0.000000
SINAN2	250.0000	0.000000

SINAN3	150.0000	0.000000
SINAN4	200.0000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	21508.69	-1.000000
2	669.2342	0.000000
3	0.000000	4.691843
4	0.000000	0.4904365
5	17.48324	0.000000
6	0.000000	0.9573320
7	100.0000	0.000000
8	300.0000	0.000000
9	125.0000	0.000000
10	0.000000	1.485369
11	0.000000	1.135851
12	150.0000	0.000000
13	160.0000	0.000000
14	300.0000	0.000000
15	150.0000	0.000000
16	200.0000	0.000000
17	200.0000	0.000000
18	200.0000	0.000000
19	200.0000	0.000000
20	150.0000	0.000000
21	0.000000	0.1376492
22	146.2089	0.000000
23	241.3078	0.000000
24	150.0000	0.000000
25	0.000000	0.9594573
26	0.000000	0.4139284
27	300.0000	0.000000
28	250.0000	0.000000
29	150.0000	0.000000
30	200.0000	0.000000
31	0.000000	-19.04127
32	0.000000	-3.199928
33	0.000000	0.4365575E-05

KAYNAKLAR

- [1] Eczacıoğlu, M., Türkiye'nin Dış Ticaretinde Maden Cevherleri ve Ulaştırma Stratejileri, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Ana Bilim Dalı, İzmir, (2004).
- [2] Tor, F.O., Doğrusal programlama ve Benzin Dağıtımının Ulaştırma Modeli Yardımı ile optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, (1991).
- [3] www.akademik.maltepe.edu.tr/~causlu/ENDgiris/Ders10.ppt, erişimtarihi: 10.12.2005
- [4] http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/kitaplar/madenciliksektoru2002/ulkemiz_maden_ciliginegenelBakis.htm, erişim tarihi:05.02.2005
- [5] <http://www.ihracatdunyasi.com/madenmetal.html>, erişim tarihi: 15.03.2005
- [6] <http://www.immib.org.tr/stat.asp.ekim2005.istanbul>, erişim tarihi: 05.02.2005
- [7] http://www.maden.org.tr/yeni3/madencilikbilgileri/20YYMadencilik/20Yuzuil_Madencilik_Sektoru.htm, erişim tarihi:05.02.2005
- [8] Erkan, Z., Balıkesir-Sındırgı Duvartepe bölgesi döküštepe mevki Kaolin cevherinin zenginleştirilmesi, Yüksek lisans tezi, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh.Bölümü Cevher Hazırlama Anabilim Dalı , izmir, (2002).
- [9] Erdem, N.P., Mühendislik Jeolojisi, İ.D.M.M Akademisi Yayınları Sayı:156, İstanbul, (1981)
- [10] Devlet Planlama Teşkilatı, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, Madencilik Özel ihtisas Komisyonu, Cilt 1, Ankara, (1995)
- [11] <http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/kitaplar/madenciliksektoru2002/kaolin.htm>, erişim tarihi:25.02.2005
- [12] <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik477c1.pdf>, erişimtarihi: 05.03.2005
- [13] 9.Ulaştırma Şurası Bildirgesi-<http://www.ubak.gov.tr/tr/alt/sura.htm>, erişim tarihi: 15.03.2005
- [14] Yıldıztekin A., Lojistiğin İhracattaki Eki, İhracat Dünyası, Dünya Gazetesi Eki, Mayıs 2002, 13

[15] Devlet Planlama Teşkilatı, Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001.

[16] GÜÇLÜ, Y., Türkiye ve Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Anlaşmaları, 2002 - <http://www.mfa.gov.tr/turkce/grupe/ues7/uluskarayolutasima.htm>,

erişim tarihi:12.03.2005

[17] www.maden.org.tr/e_bulten, erişim tarihi:05.02.2005

[18] Maden Mühendisleri Odası Çalışma Raporu, Türkiye Ekonomisi Genel Perspektifi ve Madencilik Sektörünün Değerlendirilmesi, No:10, 2003

[19] Baki B., Lojistik Yönetimi ve Lojistik Sektör Analizi, Volkan Matbacılık, 1. Baskı, Trabzon, 2004, syf.260

[20] Devlet Planlama Teşkilatı, Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001.

[21] Deniz Ticaret Odası (DTO), 2002 Deniz Sektörü Raporu, İstanbul, 2003.

[22] Devlet Planlama Teşkilatı, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, , <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencilik/oik536.pdf>, Ankara, 2000, erişim tarihi: 25.03.2005

[23] <http://www.foreigntrade.gov.tr/ekonomi/sayi12/ulsis.htm>, erişim tarihi:18.02.2005

[24] TCDD-Vagonlar-<http://www.tcddhareket.gov.tr/teknik/vagonlar/vagonlar.htm>, erişim tarihi:14.04.2005

[25] Yıldıztekin A., Lojistik&Taşımacılık Dünyası 2003, Dünya Gazetesi Eki, Mayıs 2003, 15

[26] Devlet Planlama Teşkilatı-2000, Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu.

[27] <http://ekutup.dpt.gov.tr/ulastirm/oik596.pdf>., Havayolu Ulaştırması Alt Komisyon Raporu; erişim tarihi: 25.04.2005

[28] Ulaştırma Bakanlığı,<http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongrusu/paneller/raporozet/ulastirma.pdf>., erişim tarihi:14.06.2005

[29] Gürbüz, K., Kobi'lerin Büyüme Aşamasında Karşılaştıkları Sorunların Ve Çözüm Yollarının Belirlenmesinde Check-Up Süreci, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, (2005).

[30] www.gurbuzmadencilik.com, erişim tarihi: 20.03.2005

- [31] İNAN, İ.H., Tarımsal İşletme Analizi ve Planlaması T.Ü.Tekirdağ Ziraat Fakültesi Ders Notu no:26 yayın no:30 Tekirdağ, 1986.
- [32] BENEKE, R. and WINTERBOER, R., Linear Programming Applications to Agriculture, The Iowa State University Press, AMES, 1973.
- [33] WINSTON, W.L., Operation Research, Duxbury Press, Third Edition,USA
- [34] DEMİRCİ,R., ERKUŞ A., Tarımsal İşletmecilik ve Planlama Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:944, Ders Kitabı:269, Ankara, 1985.
- [35] Kumkale İ., Doğrusal programlama yöntemiyle en düşük maliyetli karma yem formüllerinin saptanması ve fiyatlardaki değişikliklerin optimal çözümlere etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Edirne, (1995)
- [36] TAHA, H.A., Yöneylem Araştırması, 6.basımdan çeviri, çeviren ve uyarlayan: Ş.Alp Baray-Şakir Esnaf,Literatür Kitabevi, İstanbul, (2003)
- [37] www.lindo.com, erişim tarihi: 20.12.2005
- [38] RARDİN, R.L, Optimization in Operations Research, Prentice Hall, inc.New Jersey, USA, (1998), 135
- [39] ESİN, A., Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara, (2003), 215
- [40] KARA, İ., Doğrusal Programlama, Bilim Teknik Yayınevi, Eskişehir, (1991), 171
- [41] ÖZTÜRK, A., Yöneylem Araştırmasına Giriş, Ekin Kitabevi, Bursa, (1997), 214