

**SOMA GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ, DEKABAJ KÜTLESİ İLE
SOMA TERMİK SANTRALI UÇUCU KÜLÜNÜN,
ENDÜSTRİYEL DEĞERLENDİRİLMESİ**

K. O.
Merkez Kütüphane Müdürlüğü
Dem. No. : 8721/2
Fiatı : 100,-

Ege Üniversitesi Kimya Fakültesince
«Fen Doktoru»
Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Yük. Kimyager Halis ÖLMEZ

Tezin Dekanlığa Verildiği Tarih: 7.11.1977

Sözlü Sınav Tarihi : 23.2.1978

Doktorayı Yöneten : Doç. Dr. Alaettin GÜLPINAR
(Prof. Dr. Burhan PEKİN)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Jülide DEĞMER
Prof. Dr. Ing. Gürbüz ATAGÜNDÜZ

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖNSÖZ	1
SUMMARY	2
ÖZET	4
GİRİŞ VE GAYE	6
BÖLÜM I ÇİMENTO VE TEKNOLOJİSİ	10
I.1 Çimento ve Tarihiçesi	10
I.2 Çimento Üretimi	11
BÖLÜM II LABORATUAR ÇALIŞMALAR VE HAM MADDELER	25
II.1 Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi	25
II.2 Uçucu Kül ve TEK Soma Termik Santrali	49
II.3 Laboratuar Çalışmalarının Sonuçları	60
BÖLÜM III YARI TEKNİK ÇAPTA ÇALIŞMALAR	61
III.1 Ham Maddelerin Temini ve Analizleri	61
III.2 Ham Madde Karışım Oranının Bulunması	63
III.3 Ham Karışım(Farin) Hazırlanması	65
III.4 Peletleme ve Sinterleme	69
III.5 Portland Çimentosu Elde Edilişi	94
BÖLÜM IV ÇİMENTO KALİTE KONTROLÜ	95
IV.1 Klinker Analizleri	95
IV.2 Çimento Analiz ve Testleri	105
BÖLÜM V SOMA ÇİMENTO FABRİKASI PROJESİ	114
V.1 Projenin Tanıtılması	114
V.2 Pazar Etüdü	114
V.3 Proje Kapasitesi ve Kuruluş Yeri Seçimi	117
V.4 Çimento Fabrikası Kuruluş ve Maliyet Hesabı	121
SONUÇ VE TARTIŞMA	128
LİTERATÜR	130

Ö N S Ö Z

Çalışmalar beş ana bölümde toplanmıştır. Birinci bölümde, çimento ve çimento teknolojisi hakkında genekli genel bilgi verilmiş; ikinci bölümde, Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi açık ocak dekapaj kütlesi ile Soma Termik Santrali uçucu külü incelenmiş, laboratuvar çalışmaları kaydedilmiştir.

Üçüncü bölüm yarı teknik ölçüdeki çalışmalarla ilgilidir. Bu bölümde, MTA Enstitüsünde yapılan çalışmalarla klinker ve çimento üretimi-ne yer verilmiştir. Dördüncü bölüm, elde edilen klinker ve çimentonun kimyasal, fiziksel ve X-Ray Powder Diffraction analizlerine ayrılmış, kalite kontrolü yapılmıştır. Beşinci bölümde de, Soma'ya kurulmasını teklif ettiğimiz Çimento Fabrikasının projesi, kuruluş ve maliyet hesapları verilmiştir.

Ülkemiz çimento endüstrisine yeni ekonomik boyutlar kazandıracasına inandığım bu önemli konuda tez çalışması yapabilmemi sağlayan, kürsü imkanlarını seferber eden ve araştırmalarım da daima yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Sınai Kimya Kürsüsü Yöneticisi sayın hocam Doç. Dr. Alaettin GÜLPINAR'a en derin şükran ve kalbi teşekkürlerimi sunarım.

Fakültelerinde tez çalışması yapmamı kabul eden Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yönetim Kurulu ile gerekli izni veren Karadeniz Teknik Üniversitesi Temel Bilimler Fakültesi Yönetim Kurulu'na teşekkürü bir borç bilirim.

Numunelerin temininde yakın alaka ve yardımlarını gördüğüm Soma GLİ ve Soma Termik Santrali personeline, yarı teknik çaptaki çalışmalarına imkan veren MTA Enstitüsü ilgililerine, beton laboratuvarı testlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Trabzon Çimento Fabrikası yetkililerine ayrıca teşekkür ederim.

S U M M A R Y

The aim of the studies, which I explain its phases in this thesis, is to evaluate the stripped materials at the open-pit mining of the Institution of the Soma Western Lignites and the fly-ash produced at the Soma Thermal Electric Power Station, as the raw material of portland cement.

In Soma WLI area, approximately 100 million tons of calcareous marl has been stripped until 1975, also it is programmed to strip 206 million tons up to 1998.

Now, Soma Thermal Electric Power Station produces 240-300 tons/day fly-ash. Also approximately 1 million tons of it has been stocked on productive fields. And a new thermal electric power station will start to work in 1979 and it will produce 5 500 tons of fly-ash in only one day.

If these materials aren't evaluated immediately, some big stocking problems will arise.

On the other hand according to 1976 records: The annual production of 31 active cement plants were 13 371 000 tons and the cement consumption of Turkey is increasing approximately 11,15 % per year.

We emphasized to use the marl and fly-ash, which we have mentioned above, as the raw material of cement to meet the increase in cement consumption and also to export it.

Marl and fly-ash samples, which are subjected to our studies, have been taken from Soma Western Lignites Institution of TKİ and Soma Thermal Electric Power Station of TEK.

Physical and chemical analysis have been done at The Science Faculty of The Aegean Universty.

The results of the laboratory studies showed that this raw mix which was obtained by mixing calcareous marl and fly-ash according to a certain ratio, can be used as a cement raw material. Then technical works

have been started.

Approximately 1,5 tons of the raw materials (marl and fly-ash) provided from the sources which we have mentioned before, have been transported to MTA Institute. Then the marl has been crushed. This crushed marl by adding fly-ash at an amount of 3,85 % of the mixture according to the results of the chemical analysis, has been grinded to desired particle sizes.

Then, 4-6 mm pellets have been produced from a sample, which was obtained by taking cement raw mix (farin) mentioned above and adding 15,00 % water into it. These pellets were divided into 4 groups. Three of them have been heated up to 1300, 1400, 1450 centigrade degrees respectively, and they have been sintered by direct crude oil flame. The fourth group has been sintered by adding a certain amount of coke coal powder and firing it from the top.

The physical, chemical and X-ray powder diffraction method analysis of these 4 types of sintered products (clinker) are done. The results of these analysis showed that the portland cement clinker has been obtained. Clinker with 5 % gypsum have been grinded and portland cement has been produced.

These 4 types of cement were tested in Trabzon Cement Plant according to TS 24. Results of this test showed that " The Portland Cement 325 " which is standardized as TS 19, has been produced.

As another result of this study, a rough project of Scma Cement Plant at 1 100 000 tons/year capacity, which I will propose to establish it, has been prepared. Also its construction and financial calculations were done.

I will be happy, If my studies help to our country's cement Industry development.

Ö Z E T

Bu tezdeki çalışmalar, Soma Garp Linyitleri İşletmesi açık ocak dekapaj kütlesi ile Soma Termik Santrali uçucu külünün, çimento ham maddesi olarak teknik değerlendirilmesini kapsamaktadır.

GLİ Soma bölgesinde, 1975 yılına kadar toplam olarak yaklaşık 100 000 000 ton "kalkerli marn" diye isimlendirilebilecek kütle dekape edilmiş ve 1998 yılına kadar da 206 milyon ton dekape edilmesi programlanmıştır.

Soma Termik Santrali ise halen günde 240-300 ton uçucu kül üretmektedir. Yaklaşık 1 milyon ton kadar uçucu kül, değerli arsalarla stok edilmiş bulunuyor. 1979'da devreye girmesi beklenen 300 MW gücündeki termik santral ise sadece günde, ortalama 5 500 ton uçucu kül üretecektir.

Bu kütlelerin değerlendirilememesinin yanında boş sahalara atılması bile büyük problemler doğurmaktadır.

Diğer yandan 1976 yılı itibarile, işletme halinde bulunan 31 çimento fabrikasının yıllık fiili çimento üretim miktarı 13 371 000 tondur, ülkemiz iç tüketimi ortalama % 11,15'lik bir yıllık hızla artmaktadır.

Araştırmada, çimento iç tüketimindeki bu artışları karşılama ve ihracata geçebilmeyi sağlama amacı için, sözü edilen kalkerli marn ve uçucu külün ham madde olarak kullanılabilmesi üzerinde durulmuştur.

Çalışmalar için gerekli marn ve uçucu kül numuneleri, Manisa iline bağlı Soma ilçesinde bulunan TKİ Garp Linyitleri İşletmesi ile TEK Soma Termik Santralına gidilerek tarafımdan alındı. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Sınai Kimya Kürsüsünde fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı.

Laboratuvar çapındaki bu çalışmalar sonucunda, marn ve uçucu külün belirli oranlarda karıştırılması ile elde edilen ham karışımın, çimento ham maddesi olarak kullanılabilmesi görüldü ve yarı teknik ölçüdeki çalışmalara geçildi.

Belirtilen kaynaklardan alınan 1,5 ton civarındaki ham madde (marn ve uçucu kül), MTA Enstitüsü'ne nakledildi. Marn, Teknoloji Dairesi Cevher Zenginleştirme Servisinde kırılarak, kimyasal analiz sonuçlarına göre, % 3,85 oranında uçucu külle karıştırılıp yeterli inceliğe kadar birlikte öğütüldü.

Hazırlanan çimento ham karışımından(farin), % 15,00 su ilavesiyle 4-6 mm çapında pelet üretildi. Bu peletler, 1300 °C, 1400 °C, 1450 °C sıcaklıkta direkt mazot alevi ile sinterlendi. Diğer bir sinterleme de, farin içine belirli oranda kok tozu katılarak, üstten ateşleme ile kendiliğinden yürütüldü.

Üretilen 4 cins sinter ürününün(klinker) fiziksel, kimyasal analizleri ve X-ray powder diffraction metodu ile röntgenografik analizi yapıldı. Bu analiz sonuçları, portland çimentosu klinkeri elde edildiğini gösterdi. Bu klinker, % 5 oranında alçı taşı ilavesiyle öğütüldü ve çimento elde edildi.

Bu 4 tip çimento, Trabzon Çimento Fabrikasında TS 24'e göre testlere tabi tutuldu. Test sonuçları, TS 19'da standardize edilen "Portland Çimentosu 325" üretilmiş olduğunu gösterdi.

Çalışmaların bir sonucu olarak da, Soma'da kurulması teklif edilmekte olan 1 100 000 ton çimento/yıl kapasiteli, "Soma Çimento Fabrikasının" kısa bir projesi hazırlandı, kuruluş ve maliyet hesapları yapıldı.

Çalışmalar, gelişmekte olan ülkemiz çimento sanayiine bir hizmette bulunursa amacını gerçekleştirmiş olacak ve kendimi bahtiyar addedeceğim.

G İ R İ Ő V E G A Y E

Stratejik bir yapı maddesi olan çimento, ülkemizde resmi ve özel kurumlar tarafından üretilmektedir. 1976 yılı itibarile, fiilen işletme halinde bulunan 31 çimento fabrikasının kurulu kapasitesi toplam olarak 15 730 000 tondur.

Çimento üretimi konusunda Türkiye, AET ülkeleri içinde -1975 yılına göre- 5. sırayı, dünya ülkeleri içinde de 15. sırayı almaktadır.

AET üyesi ülkelerin 1975 yılı çimento üretim, tüketim, ihracaat, ithalat ve kişi başına tüketim(KBT) durumu, tablo 1'de verilmiştir:

TABLO 1

ÜLKE ADI	ÜRETİM 1000 t	TÜKETİM 1000 t	İTHALAT 1000 t	İHRACAAT 1000 t	KBT kg.
İTALYA	34 625	33 948	59	672	608
ALMANYA	32 975	31 766	795	1 589	511
FRANSA	30 657	28 634	31	1 917	543
İNGİLTERE	17 575	16 853	104	921	301
TÜRKİYE	10 891	9 977	-	927	255
YUNANİSTAN	7 770	4 780	1	3 011	532
BELÇİKA	6 884	5 821	84	1 158	594
HOLLANDA	3 706	5 482	2 002	152	402
DANİMARKA	2 062	1 983	5	151	390
İRLANDA	1 563	1 499	47	113	480
LÜKSEMBURG	334	327	8	16	916

Dünya çimento üretiminde ise ilk 5 sıra tablo 2'de verilmiştir(1):

TABLO 2

ÜLKE ADI	1975 YILI ÇİMENTO ÜRETİMİ milyon ton
Sovyetler Birliği	122,0
Japonya	65,2
A.B.D.	58,3
İtalya	34,6
Federal Almanya	33,0

Yurdumuzda ilk çimento fabrikası, 1911 yılında Gebze yakınında Eskişehir'de, 20 000 ton/yıl kapasite ile kurulan Darıca Çimento Fabrikasıdır. Bu fabrika 1914 yılında tevsi edilerek 40 000 ton/yıl kapasiteye çıkarılmıştır. I. Dünya savaşı ve Milli Mücadele yıllarında bu alanda yeni yatırımlara girilememiştir. Cumhuriyet devrinde II. kuruluş, 1926 yılında 15 000 ton/yıl kapasite ile Ankara Belediyesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunları 1929 yılında Kartal(65 000 ton/yıl) ve Zeytinburnu(24 000 ton/yıl) fabrikaları izlemiştir, 1943 yılında Sümerbank tarafından Sivas Çimento Fabrikası(100 000 ton/yıl) işletmeye açılmıştır. 1951 yılında çimento fabrikalarının toplam kapasitesi ancak 395 000 ton/yıl kadardır.

Çimento ihtiyacının artması karşısında, 1953 yılında Türkiye Çimento Sanayii T.A.Ş. kurulmuş ve çimento fabrikaları birbirini izleyerek bugünkü düzeye erişilmiştir.

Tablo 3'de, çimento alanındaki bu gelişmeler ile programlanan hedefler özetlenmiştir(1):

TABLO 3

YILLAR	KAPASİTE 1000 t	ÜRETİM 1000 t	TÜKETİM 1000 t	İTHALAT 1000 t	İHRACAAT 1000 t	KBT kg
1950	395	396	529	135	-	25
1955	945	819	1 419	810	-	59
1960	2 110	2 038	1 949	4	69	70
1965	3 395	3 244	3 287	50	-	103
1970	8 885	6 374	6 069	-	326	169
1975	12 605	10 891	9 977	-	927	255
1976 ¹	15 730	13 371 ²	10 918			265
1977 ¹	18 255	15 516 ²	11 972			
1978 ¹	19 005	16 154 ²	13 323			
1979 ¹	19 865	16 885 ²	14 812			
1980 ¹	19 865	16 885 ²	16 401			
1981 ¹	19 865	16 885 ²	17 949			
1982 ¹	19 865	16 885 ²	19 677			
1983 ¹	19 865	16 885 ²	20 984			
1984 ¹	19 865	16 885 ²	22 773			

Tablo 3'deki değerler Türkiye'de ilk çimento açığınının 1981 yılında ortaya çıkacağını göstermektedir. KBT de % 11,15'lik ortalama yıllık hızla artmaktadır.

Ham madde kaynaklarımızdan biri olan Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi, açık ve kapalı ocak işletmeleri şeklinde çalışmaktadır. Açık ocak işletmelerinde, linyit kömürünün üzerindeki dekapaj kütlesi kazınarak alınır ve civardaki uygun bir yere atılır. Tablo 11'de verilen değerlere göre, 1975 yılına kadar 39 739 000 m³ dekapaj yapılmış, 1998 yılına kadar da 82 300 000 m³ marnın dekafe edilmesi programlanmıştır.

1 programlanan değerler.

2 % 85 kapasite kullanım oranına göre muhtemel üretim değerleri.

Sondaj, araştırma ve örtü tabakasını kaldırarak ocaktan ham madde çıkarma gibi yeni ek masraflara girişmeksizin, dekape edilerek dökülen ve suni dağlar oluşturan bu hazır marn kütle sine çimento ham maddesi olarak değerlendirilebilirse; linyit işletmesi, aynı zamanda çimento ham madde ocağı olarak da vazife görür hale gelebilecektir.

İkinci ham madde kaynağımız TEK Soma Termik Santrali uçucu külüdür. Uçucu kül, termik santrallarda yanma sonucu meydana gelen toz halinde bir yan üründür. Bilindiği gibi Türkiye'nin elektrik enerjisi, barajlardan (hidroelektrik) veya taş kömürü, linyit ve akaryakıt kullanan termik elektrik santrallerinden elde edilmektedir. Endüstride değerlendirilemeyen düşük kaliteli kömürlere en iyi faydalanma şekli, bu kömürleri termik elektrik santrallerinde yakarak elektrik üretmektir. Tablo 17 ve 18'de, kurulmuş ve kurulması programlanmış kömüre dayalı termik elektrik santralleri verilmiştir.

44 MW gücündeki Soma Termik Santrali günde ortalama 960 ton Soma linyiti kullanarak 240-300 ton uçucu kül üretmektedir. Şu anda 1 milyon tonun üzerinde stok edilmiş uçucu kül bulunuyor. 1979'de devreye girmesi programlanan 300 MW'lık Soma-B Termik Santrali, kalitesi oldukça düşük linyit kömürü yakacak, günde ortalama 10 000 ton linyit kullanarak 5 500 ton uçucu kül çıkaracaktır.

Yurdumuzda halen yılda 1,5 milyon ton uçucu kül üretilmektedir. 1980 yılında, yıllık uçucu kül üretiminin 10 milyon tonu aşması beklenmektedir. Şu anda ve ileride, kömüre dayalı termik elektrik santrallerinin en başta gelen problemlerinden biri de, bu uçucu küllere yer bulunması veya bölgeden uzaklaştırılmasıdır. Bugün gelişmiş ülkelerde bir çok kullanım alanı bulmuş olan uçucu külün hemen hemen hiç değerlendirilmeksizin atılması, hem kaynak israfına yol açmakta hem de atacak yer bulmak güç olmaktadır. Bu arada çevre kirlenmesine ve çevre sağlığına yaptığı olumsuz etkileri de dikkate alınmalıdır.

Çalışmamızda, değerlendirilmeksizin atılan bu marn ve uçucu kül kütle sine, çimento ham maddesi olarak kullanılabilme imkanları araştırılarak iç tüketimdeki açıkların kapatılması düşünülmüştür.

B Ö L Ü M I Ç İ M E N T O V E T E K N O L O J İ S İ

I.1 Ç İ M E N T O V E T A R İ H Ç E S İ :

Çimento; killi ve kalkerli kütlelerin belirli oranlarda karıştırılıp öğütülerek, en az sinterlenmeye kadar pişirilmesi ile oluşan klinlerin alçı taşı ile birlikte öğütülmesiyle ele geçen, çimento normlarına uygun bir hidrolik bağlayıcıdır. Nevada veya su altında sertleşen ve sertleştikten sonra suda çözünmeyen bağlayıcı maddeler için "hidrolik" deyimini kullanılmaktadır.

Önceleri ticari hayatta esas özelliği bağlayıcılık olan bir çok maddeler için "çimento" tabiri kullanılmıştır. Çimentonun yapı işlerinde önemli roller oynamasının sebebi, özellikle su ile sertleşmesinden yani hidrolikliğindedir. Bu yüzden uygulama alanı gün geçtikçe artmıştır.

1756 yılında John Smeaton, bazı kireç cinslerinin hidrolik özelliği konusunda yaptığı çalışmalar sonucunda, hidrolik özellik için, kalkerlerin içinde kilin de bulunması gerektiğini keşfetti. Fakat bu konunun bilimsel olarak etüdü ancak 1818'de L. J. Vicat tarafından yapıldı. Kireç taşına eşlik eden kilin yarı hidrolikliğe, yani su altında kısmen sertleşmeye sebep olduğu anlaşıldı. Bu özellikteki malzemeye de "su kireci" adı verildi.

Killi kireç taşlarının pişirilmesiyle, su altında donan ve çözünmeyen bağlayıcı maddelere, İngiltere'de yapı taşı olarak kullanılan ve Portland adasında bulunan taşın renk ve özelliklerine benzediği için- "Portland Çimentosu" adı verilmiştir.

İlk defa bu suni çimento, 1824 yılında İngiliz Joseph Aspdin tarafından imal edilerek portland çimentosunun patenti alınmıştır. Bu gelişim portland çimentosu endüstrisinin başlangıcı olmuştur. Bu buluşun ardından 1845'de I. C. Johson, pişme sıcaklığının ve kalker/kil oranının, çimentonun dayanım değerlerine etki ettiğini gerçeğini bulmuştur(2, 3, 4).

Bu başlangıçtan sonra çimento, en çok üretilen maddelerden biri haline gelmiştir. 1973 dünya çimento üretimi 650 000 000 tonun üstüne çıkmıştır(1).

I.2 ÇİMENTO ÜRETİMİ:

2.1 Çimento Ham Maddeleri:

Portland çimentosunun ham maddeleri killi ve kalkerli materyallerdir. Bu materyaller belirli oranlarda karıştırılarak sinterleme için uygun kimyasal kompozisyon elde edilir.

Portland çimentosunun ham karışımı, esas komponentler olarak CaO ve SiO₂, eritici (sinter temperaturünü düşürücü) komponentler olarak da Al₂O₃ ve Fe₂O₃ ihtiva eder. Diğer oksidler ham maddelerde safsızlık olarak her zaman az miktarda bulunur.

2.1.1 Kireç Komponenti:

a) Kireç Taşı: Bir çok jeolojik formasyonlarda bulunur. CaCO₃ kimyasal bileşimindedir. Tabiattaki saf şekilleri kalsit ve aragonit olarak bilinir. Kalsitin büyük billurlu şekli mermerdir. İnce kristalli kireç taşının sertliği jeolojik yaşına göre değişir. Daha yaşlı jeolojik formasyonlar daha serttir. Kireç taşı genellikle saf değildir. Az miktarda bulunan SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ gibi safsızlıklar rengine de etki eder.

b) Marn: Sedimentasyonla oluşmuş killi kalkerlerdir. Sertliği kireç taşından düşük, kilden büyüktür. Yoğunluğu 2,30-2,90 arasında değişir. Bazen marnlar bitüm, fosil ve hayvan kabukları ihtiva eder. Rengi, kil ve diğer safsızlıkların oranına göre sarıdan koyu griye kadar değişir.

Marn çimento endüstrisinde en mükemmel ham maddedir. Kireç ve kilin tabii ve homojen bir karışımıdır. Hazırlanması, farin bileşiminin ayarlanması ve pişirilmesi daha kolaydır. Özellikle kalkerli marnın kimyasal bileşimi, hemen hemen portland çimentosu ham karışımına denktir ve çimento kayası (tabii çimento) olarak da bilinir. Ancak nadiren bulunmaktadır (3,4,5,6,7,8).

Kalker ve kilin tabii karışımlarını Kühl ve Knothe, CaCO₃ oranına göre tablo 4'de verildiği şekilde sınıflandırmışlardır (2,8):

TABLO 4

CaCO ₃ , %	KARIŞIMIN ADI
98-100	Yüksek Kaliteli Kalker
90-98	Marnlı Kalker
75-90	Kalkerli Marn
40-75	Marn
10-40	Killi Marn
2-10	Marnlı Kil
0-2	Kil

2.1.2 Kil Komponenti: Çimento üretiminin ikinci önemli ham maddesi kildir. Kil, alüminyum silikatlar ile feldspat, mika gibi kimyasal değişim ürünlerini ihtiva eden alkali ve toprak alkalilerin yağmur, güneş ve diğer etkilerle bozunmalarından meydana gelmiştir. Kilin ana komponenti, potasyum, alüminyum silikat hidratlardır(9).

2.1.3 Korrektif Katkılar: Kalker, marn, kil gibi temel ham maddelerle istenilen çimento ham karışımı(farin veya çamur) kimyasal bileşimi tutturulamıyorsa, kum, boksit, demir cevheri gibi katkılar kullanılır. Tablo 5, çimento üretiminde kullanılan çeşitli ham maddeler ile bazı korrektif katkıların kimyasal bileşimini vermektedir(8):

TABLO 5

KOMPONENT	HAM MADDELER			KORREKTİF KATKILAR			
	KİREÇ TAŞI	MARN	KİL	BOKSİT	İRİT	HEMATİT	KUM
SiO ₂	3,76	21,32	60,10	16-22	6,6-25	20-25	99,2
Al ₂ O ₃	1,10	4,14	18,00	44-58	2-16	3-9	-
Fe ₂ O ₃	0,66	1,64	8,20	10-16	62-87	45-60	0,5
CaO	52,46	39,32	0,80	2-4	0,7-0,9	0,5-2,5	-
MgO	1,23	0,75	0,20	0,2-1,0	0,2-2	1,5-7	-
SO ₃	0,01	-	3,80	-	0,8-8	0,3-0,6	-
K.K.	40,38	32,62	6,40	15-20	-	5-12	0,2

2.2 Ham Madde Karışım Oranı:

Yalnızca bir ham maddede, ana komponentlerin istenen oranlarda bulunmaları enderdir. Bu yüzden kalkerli ve killi komponentlerin, çimento ham karışımının kimyasal bileşimini vermek üzere, uygun oranlarda karıştırılmaları gerekir(2,8).

2.2.1 Kimyasal Prensipler:

a)Hidrolik Modül: W. Michaelis, uzun araştırmalardan sonra ham madde karışımlarının, hidrolik modül adını verdiği orana uyması gerektiğini bulmuştur:

$$HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1,7-2,2$$

İyi kaliteli çimentoda HM yaklaşık 2'dir. HM'ü 1,7'den küçük olan çimentolar yeterli dayanımı göstermez. Bu değer 2,4'den daha büyükse, çimento, hacim sabitliği açısından kalitesiz olur. Klinkerin pişirilmesi daha çok enerji ister. Hidratasyon ısısı yükselir, kimyasal etkilere dayanıklılık azalır.

b)Silikat Modülü(SM): Kühl, portland çimentosu ham karışımının daha yakından sınırlandırılması için silikat modülü ile alümin modülünü geliştirmiştir:

$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1,2-4,0 \text{ (Ort. } 2,4-2,7)$$

SM'nün artışı klinkerin pişmesini güçleştirir. Döner fırında likit faz miktarı azalır. Ancak pişme dengelidir. Çimento yavaş bağlama yapar ve sertleşir. SM azalır, likit faz oranı artar, klinker daha kolay pişer.

c)Alümin Modülü(AM): Al_2O_3 'in Fe_2O_3 'e oranıdır.

$$AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = 1-4 \text{ (Ort. } 1,5-2,5)$$

d) Kireç Standardı (KS): Bir çimentonun gerçek kireç miktarının belirlenmesi için Kühl tarafından kireç standardı formülü bulunmuştur:

$$KS = \frac{100 \text{ CaO}}{2,8 \text{ SiO}_2 + 1,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ Fe}_2\text{O}_3} = 90-95$$

Portland çimentosu için 90-95 arasında olan bu değer, ilk dayanımı yüksek portland çimentolarında 95-98 arasında değişmektedir. Ham karışımın KS'ı 100'e yaklaştıkça pişme güçleşir fakat daha dengeli bir pişme gerçekleşir. Oran küçüldükçe pişme kolaylaşır, fakat kalitesizdir.

Bütün bu formüllere göre; "Portland Çimentosu, HM, SM, AM, KS için verilen sayısal sınırlar içinde bulunan bir bağlama maddesidir." diye tanımlanabilir. "Portland çimentosu, HM'ü minimum 1,7 olmak üzere, KS 75-100 arasında bulunan bir bağlama maddesidir." şeklindeki bir tanımın önemi, portland çimentosu kavram tarifini, kesin olarak sınırlandırılmış rakamları ihtiva edecek tarzda yapmasıdır(10).

e) Delta (Δ): Hazırlanan çimento ham maddesi veya klinkerdeki CaO miktarı ile, klinker bileşenlerini vermek için teorik olarak bulunması gereken CaO miktarı arasındaki farka delta (Δ) denir.

$$\Delta = \text{CaO}_{\text{teorik}} - \text{CaO}_{\text{gerçek}}$$

$$\Delta = (2,8\text{SiO}_2 + 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{CaO}$$

(Δ), portland çimentosunda (+), kireçte (-), ideal çimentoda da (0)'dir.

Delta Limit (Δ_L): Klinkerin ana komponenti olan trikalsiyum silikatın ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) maksimum olduğu değerde, maksimum ötektik faz için:

$$\Delta_L = 0,62 \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ 'dir.}$$

Bu limit değerinin altına inilmemelidir.

Farin Deltası(Δ_{bc}): Pişecek ham karışımın deltasıdır:

$$\Delta_{bc} = 100 \frac{(2,8SiO_2 + 1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3) - CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + CaO}$$

$\Delta_{bc} < \Delta_L$ ise, klinkerde fazla miktarda serbest kireç kalmıştır,

$\Delta_{bc} > \Delta_L$ ise, pişme kolay veya zor, fakat teorik olarak tamdır.

Klinker Deltası(Δ_k): Klinkerin tam analizinden sonra bulunur.

$$\Delta_k = 100 \cdot \frac{2,8SiO_2 + 1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 - (CaO - 0,7SO_3 - 1,27CO_2 - CaO_{Ser.})}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + (CaO - 0,7SO_3 - 1,27CO_2 - CaO_{Ser.})}$$

Δ_k büyüdükçe farin daha kolay pişer, fakat dikalsiyum silikat($2CaO.SiO_2$) oranı büyüyeceğinden ilk mekanik dayanım azalır. Δ_k küçüldükçe pişme güçleşir, fakat kalite yükselir. Trikalsiyum silikat oranı artar. Δ_k 'nın Δ_L 'ye yakın değerleri pişmeyi güçleştirmekte, fakat kaliteyi arttırmaktadır. Öğütme de kolaylaşır. Δ_k 'sı daha küçük klinkerin Δ_k 'sı büyük klinkere oranla daha diri öğütülmesi, mekanik dayanım açısından mümkündür. Serbest kireç oranı % 2'nin altında kalmak şartı ile, Δ_k 'nin düşük kıymetleri, iyi kalitede çimento elde edildiğini gösterir.

2.2.2 Karışım Oranı Tayini: Ham maddelerin karışım oranı tayini, kantitatif kimyasal analiz sonuçlarına göre, çeşitli metotlar kullanılarak yapılabilir. Amaç, klinkerde istenen kimyasal ve mineralojik kompozisyonun oluşumunu sağlamaktır.

a) Michaelis Formülü Metodu: İki ham komponentten, çimento ham karışımının hazırlanmasında kullanılır:

$$n = \frac{\text{Kalker}}{\text{Kil}} = \frac{H.S - C}{C_1 - H.S_1}$$

H: Ham karışımında istenen HM(ort. 2)
S: Kildeki asidik oksitler($Al_2O_3 + Fe_2O_3 + SiO_2$) toplamı,
 S_1 : Kalkerdeki asidik oksitler toplamı,
C: Kildeki CaO oranı, C_1 : Kalkerdeki CaO oranı.

b)Kühl Formülü Metodu: Birinci metotta bir ön kabul yapmak(HM=2) gerektiği halde, bu metotta hiçbir ön kabüle ihtiyaç yoktur.

$$n = \frac{\text{Kalker}}{\text{Kil}} = \frac{2,8\text{SiO}_2+1,1\text{Al}_2\text{O}_3+0,7\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{CaO}}{2,8\text{SiO}_2+1,1\text{Al}_2\text{O}_3+0,7\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{CaO}}$$

(Kil değerleri) (Kalker Değerleri)

Kühl bu formülle ideal bir ham karışım elde edilebileceğini, fakat pratikte buna ulaşamadığını, kalker oranının biraz daha az alınması gerektiğini belirtmektedir(11).

2.3 Döner Fırın ve Pişme(Klinkerizasyon):

Çimento fabrikasyonunda ham karışım başlıca iki sistemle hazırlanarak pişme fırınına verilir:

a)Yaş Sistem: Hazırlanan ham karışım su ilave edilerek değirmende öğütülür ve çamur pompalarla silolara sevk edilir. Basıncılı hava ile devamlı kaynatılarak silolar arasında aktarılır ve homojenize edilir. İstenen titrasyon(% CaCO₃) ayarlanır, fırına verilir.

b)Yarı Kuru ve Kuru Sistem: Ham maddeler kuru olarak değirmende öğütülür, farin siloları arasında aktarma ve kaynatma ile homojenize edilir. İstenen titrasyon ayarlanır. Yarı kuru sistemde, döner bir disk üzerinde pulverize su ile istenen büyüklükte peletleştirilir(granüle edilir) ve kurutularak fırına verilir. Kuru sistemde farin, direkt olarak fırına verilmektedir.

Kuru sistemle iyi bir homojenlik sağlanabiliyorsa, yaş sisteme oranla yakıttan tasarruf edilmiş olur. Yaş sistem, tebeşir ve plastik kil gibi yumuşak ve yapışkan ham maddelerin varlığı halinde tercih edilir. Yaş sistemin fazla yakıt istemesi yanında, homojenliğin çok iyi sağlanması gibi avantajı da vardır.

2.3.1 Pişirme Fırınları: Kuru sistemde döner fırın veya dikey fırın, yaş sistemde ise sadece döner fırın kullanılır. Modern dikey fırınların klinker kalitesi, döner fırın klinkeri ile aynı olduğundan, hangi fırının se-

çileceğini, fiat, yer ve kömür gibi faktörler tain eder. Dikey fırınlar gaca fakir kok, antrasit gibi kömürler var ise söz konusu olabilir. Döner fırınlarda ise, gazı fazla kömürler kullanılabilirdiği gibi, tabii gaz veya fuel-oil gibi yakıtlar da kullanılmaktadır.

Döner fırın yaklaşık 0,15-0,30 m/sn 'lik bir çevre hızı ile dönen, içi refrakter malzeme ile örülü, yatayla % 3-5 eğim yapan bir silindirden ibarettir. Bu silindir kuru sistemde 45-70 m, yağ sistemde ise 80-100 m arasında, 2,5-6 m iç çapında olabilmektedir. Farin veya çamur, fırının yukarı beslenme kısmından girer. Yakına düzeneği alt kısımdadır. Ters akım prensibine göre çalışan fırının alt tarafından sinterlenmiş ürün alınır.

Döner fırından önce monte edilen çeşitli ön ısıtıcı sistemlerle, döner fırını terkeden gazların ısısından maksimum oranda faydalanılır. Ön ısıtıcılar, farin veya çamuru kurutma, ön ısıtma ve kısmen kalsine etmeyi sağlarlar.

2.3.2 Pigme Reaksiyonları: Ön ısıtıcılar ile fırında oluşan reaksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

İlk 100°C'ye kadar serbest su buharlaşarak ayrılır,

500°C'ye kadar, endotermik bozunma ve dehidratasyon gerçekleşir, kildeki kristal suyu ayrılır, serbest SiO₂, Al₂O₃ ve H₂O oluşur,

402-750 °C arasında MgCO₃'ın kalsinasyonu tamamlanır, MgO ve CO₂ meydana gelir,

CaCO₃'ın kalsinasyonu 800-900 °C'ler arasında olmaktadır. 898 °C'de reaksiyon tamamlanır. CaO ve CO₂'in oluştuğu bu endotermik dekompozisyonun sonra katı faz reaksiyonları başlar,

1000 °C'ye kadar Al₂O₃'in tamamı CaO ile birleşerek monokalsiyum alüminat(CaO.Al₂O₃) teşekkül eder. Düşük konsantrasyonda SiO₂ ile CaO'den dikalsiyum silikat(2CaO.SiO₂) da meydana gelir.

Temperatürün yükselmesi ve zamanın ilerleyişi ile, 1200-1300°C arasında, monokalsiyum alüminat kireçle doygun hale gelerek trikalsiyum alüminat(3CaO.Al₂O₃)'a dönüşür. CaO'in bir kısmı da Fe₂O₃ ile birleşerek dikalsiyum ferrit(2CaO.Fe₂O₃) oluşur. Bu arada daha kompleks bir bileşik olan tetrakalsiyum alümino ferrit(4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃) de meydana gelmiştir.

Dikalsiyum silikat oluşumu da tamamlanır. Reaksiyonlar ham maddenin bileşimine bağlı olarak katı fazda cereyan eder. Yüzeysel erime ve sinterlenme başlamıştır.

1300°C ve daha yukarı sıcaklıklarda karışım yüzeyde sıvılaşmış, likit faz meydana gelmiştir. Bu ortamda dikalsiyum silikatın bir kısmı, ortamda mevcut serbest kireçle birleşerek trikalsiyum silikat($3CaO.SiO_2$) oluşturur. Klinkerleşme son bulur. Sinter temperaturünün 1480°C'nin üstüne çıkılmasına izin verilmez.Çünkü aktif bir komponent olan trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat ile kalsiyum oksid'e dissosiyeye olabilmekte ve konsantrasyonu azalmaktadır(3,4,12,13,14).

2.3.3 Klinker Mineral Fazları: Portland Çimentosu klinkeri genel olarak tablo 6'da verilen mineral fazları ihtiva eder(8):

TABLO 6

KLİNKER MINERAL FAZLARI
(KLİNKER KOMPONENTLERİ)

KOMPONENT	GEÇERLİLİK SINIRI	FORMÜLÜ	KISALTILIŞI ¹
Trikalsiyum Silikat (Alit)		$3CaO.SiO_2$	C_3S
Dikalsiyum Silikat (Belit)		$2CaO.SiO_2$	C_2S
Trikalsiyum Alüminat (Celit)	$Al_2O_3 \gg Fe_2O_3$	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Tetrakalsiyum Alümino Ferrit(Brownmillerit)		$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF
Kalsiyum Alümino Ferrit-Kristal fazda-	$Al_2O_3 < Fe_2O_3$	$2CaO(Al_2O_3.Fe_2O_3)$	$C_2(A.F)$
Serbest Kireç		CaO	C
Serbest MgO (Periklas)		MgO	M
Kalsiyum Sülfat		$CaSO_4$	
Alkali Bileşikler		$(K,Na)_2SO_4$	

1 C: CaO , S: SiO_2 , F: Fe_2O_3 , A: Al_2O_3 , M: MgO

Bu mineral fazlara sahip klinkerin kimyasal bileşimi de tablo 7'de verilmiştir:

TABLO 7

KLİNKER KİMYASAL BİLEŞİMİ

SiO ₂	% 16-26	CaO	% 58-67
Al ₂ O ₃	% 4-8	MgO	% 1-5
Fe ₂ O ₃	% 2-5	K ₂ O+Na ₂ O	% 0-1
Mn ₂ O ₃	% 0-3	P ₂ O ₅	% 0-1,5
TiO ₂	% 0-0,5	K.K.	% 0,5-3
SO ₃	% 0,1-2,5		

a) Alit(C₃S): Çimentoda esas rolü oynayan bu komponent çok hidroliktir. Yoğunluğu 3,25 gr/cm³ olup α , β , γ modifikasyonları en çok bilinen türleridir.

Çimentonun kalitesi alit konsantrasyonu ile artar. Bu arada alit kristallerinin büyüklüğü de mukavemette etkindir. Ham karışımın kimyasal bileşimi, sinter temperaturü ve klinkerin soğuma tarzı, alit kristallerinin konsantrasyonuna ve büyüklüğüne etki eder. Pişme süresinin artışı da alit kristallerini büyütür. Yapılan araştırmalar 1400°C'de 10 dakikalık pişme süresinin, istenen 10-15 mikron büyüklüğünde alit kristalleri elde etmek için yeterli olduğunu göstermiştir. Daha büyük alit kristalleri hidratasyonu, dayanımları ve öğütmeyi ters yönde etkiler(3,4).

b) Belit(C₂S): Esas itibarile C₂S'in β modifikasyonudur. α ve γ şekilleri de vardır. γ modifikasyonu hidrolik değildir. Klinkerin 670°C'ye kadar soğutulmasında diğer modifikasyonlar β -C₂S'e dönüşür.

c) Celit(C₃A): KS'nın yüksek oluşu ile oranı artar. Su ile çabuk reaksiyon verir, çimentonun ilk dayanımını arttırır.

d) Brownmillerit(C₄AF): Oldukça hidrolik olan bu komponentin rengi, Fe₂O₃'den dolayı kahverengidir.

Saf klinker bileşenlerinin basınç dayanımları tablo 8'de verilmiştir:

TABLO 8

KLİNKER BİLEŞENİ	HİDROLİKLİĞİ	BASINÇ DAYANIMLARI, kg/cm ²			
		7 GÜN	28 GÜN	180 GÜN	365 GÜN
Alit	Çok Hidrolik	322	466	512	584
Belit	Az Hidrolik	24	42	193	325
Celit	Orta Hidrolik	118	124	124	124
Brownmillerit	Çok Hidrolik	300	384	493	595

2.3.4 Potansiyel Klinker Kompozisyonu: Klinker mineralojik fazlarının yüzde miktarları; pratik olarak klinkerin kimyasal analizinden elde edilen sonuçlara dayanılarak, Bogue tarafından verilen formüllerle bulunabilir. Bu değerler gerçek mineralojik kompozisyonu vermeyebilirlerse de, mümkün olan yaklaşık değerleri (potansiyel değerler) gösterirler(8).

$$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = 4,071\text{CaO}^1 - (7,602\text{SiO}_2^2 + 6,718\text{Al}_2\text{O}_3 + 1,430\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2,852\text{SO}_3)^{\frac{1}{3}}$$

$$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = 2,867\text{SiO}_2 - 0,7544\text{C}_3\text{S},$$

$$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = 2,650\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,692\text{Fe}_2\text{O}_3,$$

$$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,043\text{Fe}_2\text{O}_3.$$

2.3.5 Katı Faz Reaksiyonları: Oldukça uzun bir müddet cisimlerin ancak sıvı fazda reaksiyona girebildikleri kanaati hakimdi. Ancak CaO ile SiO₂'in herhangi bir sıvı faza gerek olmaksızın monokalsiyum silikat(CaO.SiO₂) ve-rebilmesi gibi olaylar, bu hakim kanaati zorlamıştır.

1912 yılından itibaren özellikle A. Hedvall, G. Tammann ve W. Jander tarafından, katı maddelerin toz karışımları arasındaki reaksiyonlar incelenmeye başlanmış ve hemen bütün metaller ve anorganik tuzların, uygun temperatürde ve herhangi bir maddenin erime noktasının çok altında, katı faz reaksiyonlarına girme kabiliyetinde olduğu anlaşılmıştır.

1 CaO = CaO_{top.} - CaO_{serb.},

2 Çözünebilen SiO₂,

3 Al₂O₃/Fe₂O₃ < 0,64 ise, bu formüller kullanılmaz.

Portland çimentosu üretiminde seçilen sinter temperaturü, materyallerin tümünü sıvılaştırmayıp yüzeyde kısmi erimeye sebep olduğundan reaksiyonlar, katı ve sıvı fazlar arasında veya komşu katı fazlar arasında cereyan eder. Katı faz reaksiyonlarının hızı; kimyasal kompozisyon, ham maddelerin tabiatı, taneciklerin spesifik yüzeyi, pulverize ham karışımın homojenizasyon derecesi ve temperatur gibi çeşitli faktörlere bağlıdır, sıcak sinter ürününün soğuma şekli de farklı kompozisyonlara sebep olmaktadır. Katı hal reaksiyonlarının hızı Hedvall tarafından aşağıdaki eşitlikle verilmiştir:

$$V = A \cdot \frac{e^{-q}}{RT}$$

A: Maddelerin yapısına bağlı bir sabit (partikül büyüklüğü, temas şartları vs.),
R: Gaz sabiti, T: Mutlak Temperatur, q: Örgüyü çözen enerji.

Sinterleme reaksiyonlarında partikül büyüklüğü ne kadar küçük ve homojenlik ne kadar yüksekse, reaksiyon ve bağlama olayları da o kadar hızlıdır ve daha düşük sıcaklıklarda sinterleme yapılabilir (3,15,16,17).

Likit Formasyon: Ham maddelerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin pişirilme yatkınlığı üzerine olan etkileri yanında, katı faz reaksiyonları ile normal klinkerizasyonu gerçekleştirebilmek için, ortamda % 20-25 arasında bir likit faza ihtiyaç vardır. Bu, klinkerleşmekte olan materyallerin yüzey erimesi ile sağlanır.

Bileşimlerinde Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O ve K_2O bulunan çimento ham karışımları, en düşük erime ve sinter temperaturü veren karışımlardır. Bu maddelerin oranları ile likit faz oranı da değişir.

Değişik sıcaklıklardaki likit faz yüzdesi, klinkerin kimyasal analiz sonuçlarına göre, aşağıdaki formüller kullanılarak kolayca bulunabilmektedir:

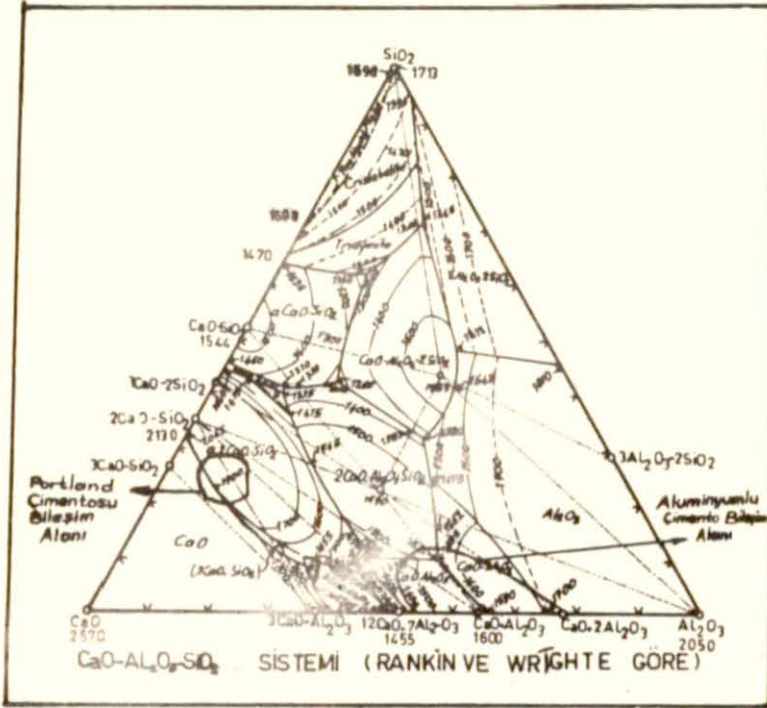
$$1350^{\circ}C \quad \% \text{ LİKİT FAZ} = 6,10 Fe_2O_3 + MgO + (Na_2O + K_2O)$$

$$1400^{\circ}C \quad \% \text{ LİKİT FAZ} = 2,95 Al_2O_3 + 2,2 Fe_2O_3 + MgO + (Na_2O + K_2O)$$

$$1450^{\circ}C \quad \% \text{ LİKİT FAZ} = 3,00 Al_2O_3 + 2,25 Fe_2O_3 + MgO + (Na_2O + K_2O)$$

maksimum % 2 alınabilir.

2.3.6 Yüksek Temperatur Denge Diagramı: Komponentleri CaO , Al_2O_3 ve SiO_2 olan üç ikili sistemin bir arada düşünülmesi ile, bir boyutu da temperatur olan $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dörtlü denge sistemi meydana gelir. Şekil 1'de verilen bu denge diagramında, stabil portland çimentosu alanı ile alüminyumlu çimento alanı da işaretlenmiştir:



ŞEKİL 1

Klinker bileşimi için en inandırıcı çözüm yolu, çimentoju heterojen bir sistem şeklinde düşünerek, bu sisteme W. Gibbs'in çok iyi bilinen "Fazlar Kuralı"nı uygulamakla bulunabilmıştır.

Şekil 1'deki eşkenar üçgenin köşeleri, sisteme ait saf bileşenlerden birini; kenarları, her iki köşedeki saf bileşenlerin meydana getirdiği ikili sistemi, alanı ise üçlü sistemi gösterir. Üçgenin içindeki herhangi bir noktanın bileşimi, kenarlara çizilen paralellerin, kenarları kestiği noktalar ile bulunabilir.

Aslında klinker, sadece üç bileşenin meydana getirdiği basit bir sistem olmayıp, bileşiminde Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO ve alkaliler gibi diğer komponentlerin de bulunduğu kompleks bir sistemdir. Birçok araştırmacılar, üçlü bir sistem yerine dört, beş veya daha fazla bileşenli sistemleri de göz önünde bulundurmaktadırlar(3,4,18).

2.4 Klinkerin Soğutulması:

Klinkerin soğutulma şekli strüktürünü, mineralojik kompozisyonunu, öğütülebilmesini ve kalitesini etkiler.

a) Alitik bir klinker, sinter sıcaklığından $1250^{\circ}C$ 'ye kadar orta hızla, $1250^{\circ}C$ 'den sonra süratle soğutulur. Yavaş soğutulan bir klinkerdeki alit, belit ile kireçe ayrıştığından konsantrasyonu azalır. Bu arada klinker mineralleri daha büyük olur. Ayrıca hidrolik $\beta-C_2S$, hidrolik olmayan $\gamma-C_2S$ 'e dönüşür. Bu dönüşümle hacim % 10 oranında arttığından klinker dağılır ve kalite düşer.

Hızlı soğutma, çimentonun sülfat direncini de arttırır. Çünkü; sülfatlı çözeltilere karşı direnci temin eden C_3A , daha çok kristal fazda değil cam fazda bulunur. Ayrıca, daha küçük periklas(MgO) kristalleri de cam fazda oluşur. Böylece çimento, dış etkilere karşı hassaslaşır.

b) Hızlı soğutulan bir klinker daha kolay öğütülebilir. Çünkü; klinker mineralleri hem daha küçüktür ve hem de, kolay öğütülen C_3S , güç öğütülen C_2S 'e dönüşmemiştir.

c) Klinkerin soğutulması ile, klinkerin yaklaşık 200 kcal/kg'lık ısısından faydalanılmış olur. Döner fırından çıkan sıcak klinker, hava ile ters akım prensibine göre soğutulurken, döner fırın için gerekli se-gonder hava temin edilmiş olur.

Soğutulan klinker, üstü açık stokhollerde mümkün olduğu kadar uzun müddet serbest bırakılır, hava ile temasa geçmesi sağlanır. Bu esnada klinkerde bulunan % 0,5-2 kadar serbest kireç, havanın nemi ve CO_2 'i ile, önce $Ca(OH)_2$ ve sonra $CaCO_3$ 'a dönüşerek klinker ve çimentodan uzaklaşmış olur. Bu işleme "Klinkerin Söndürülmesi İşlemi" denilmektedir. Bu işleme betonun genleşmesi ve çatlaması önlenir(8,19).

2.5 Çimento:

Söndürülen klinker, priz müddetini uzatmak için belirli oranda (% 3-5) alçı taşı($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) katılarak birlikte öğütülür ve çimento ele geçer. Portland çimentosunun kimyasal bileşimi genel olarak tablo 9'da verildiği gibidir:

TABLO 9

PORTLAND ÇİMENTOSU BİLEŞİMİ

SiO_2	% 19 - 24	MgO	% 0 - 5
Al_2O_3	% 4 - 9	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	% 0 - 1
Fe_2O_3	% 1,6- 6	SO_3	% 0 - 3
CaO	% 60 - 67	K.K.	% 0 - 4

B Ö L Ü M II LABORATUAR ÇALIŞMALARI VE HAM MADDELER

II.1 GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ SOMA BÖLGESİ:

Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ), Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kurumunun bir kolu olup Tunçbilek, Seyitömer ve Soma'da faaliyet halinde dir.

1954 yılından bu yana işletme halinde bulunan GLİ Soma Bölgesi, memleketimizin en önemli ve en büyük linyit işletmelerinden olup açık ocak ve kapalı ocak işletmeleri şeklinde çalışmakta ve yılda ortalama 1 350 000 ton linyit üretmektedir.

İşletme, Manisa'ya bağlı Soma ilçesinin güneyinde yer alır. Bir havai hat ve karayolu ile, lavvar ile Soma Termik Santralına bağlanmıştır.

1.1 Bölgenin Coğrafya ve Morfolojisi:

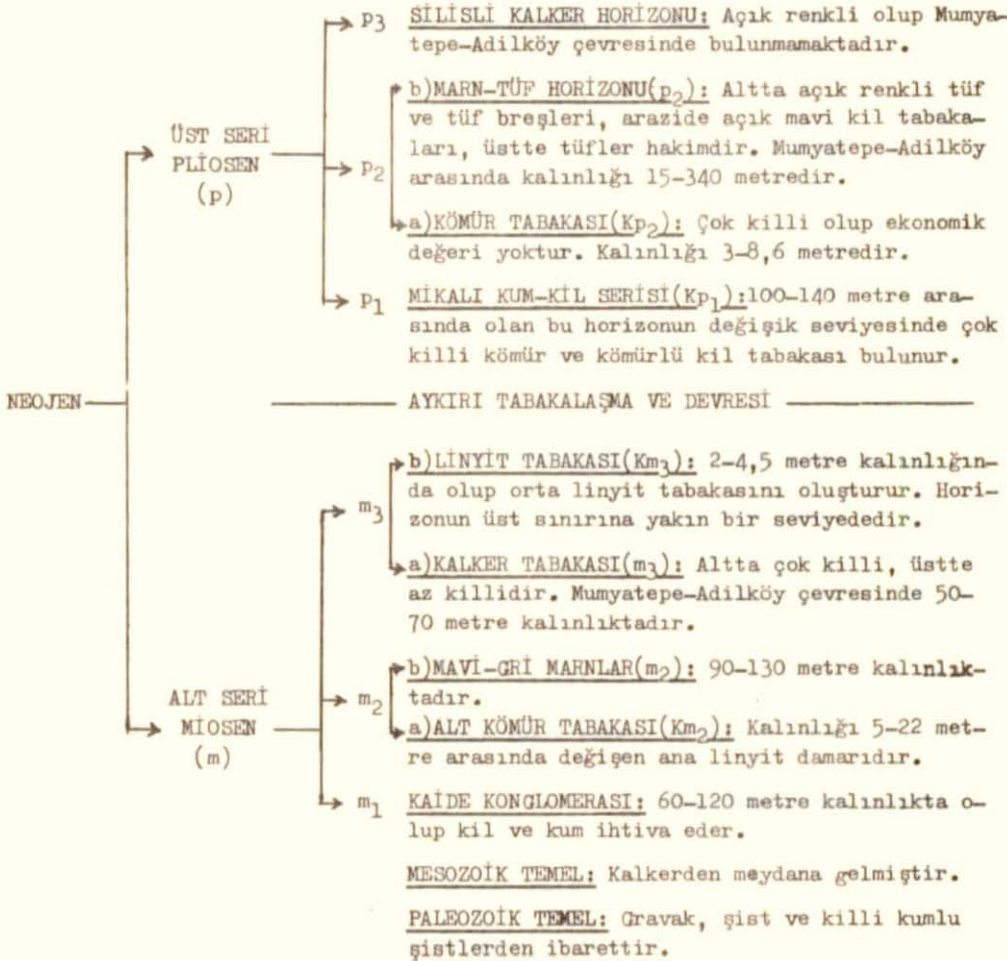
Soma Bölgesinde 1200 metreden (Soma'nın güneybatısındaki dağlar) 50 metreye (Kınık Ovası) kadar yükselti farklılıklarına rastlanır. Sarp ve kayalık dağlar, geniş ve düz allüvial sahalar birbirini izler. Bütün bölge 6 parçaya ayrılabilir. Bunlar; Kırkağaç Ovası, Kınık Ovası ve Savaştepe Ovasından meydana gelen 3 allüvial kompleks ile Güneydoğu bloku, Doğu bloku, ve Batı blokundan oluşan 3 dağ masifidir.

1.2 Bölgenin Jeolojisi:

Bölgede 1954 yılında yapılan ilk jeolojik etüdümler olumlu sonuçlar verdiğinden, MTA Enstitüsü bütün bölgeyi kapsayan jeolojik araştırmalara girişmiştir. 1955 yılında, Dr. K.Hayr tarafından başlanan çalışmalara 1958'de hız verilmiş ve özellikle Dr. K.Nebert'in araştırmaları ile bölgenin sağlam stratigrafik eşeli ortaya konmuştur. 1958 yılından itibaren de sondajlara başlanmıştır. Araştırmalar ve sondajlarla elde edilen stratigrafik eşel, tablo 10'da verilmiştir:

TABLO 10

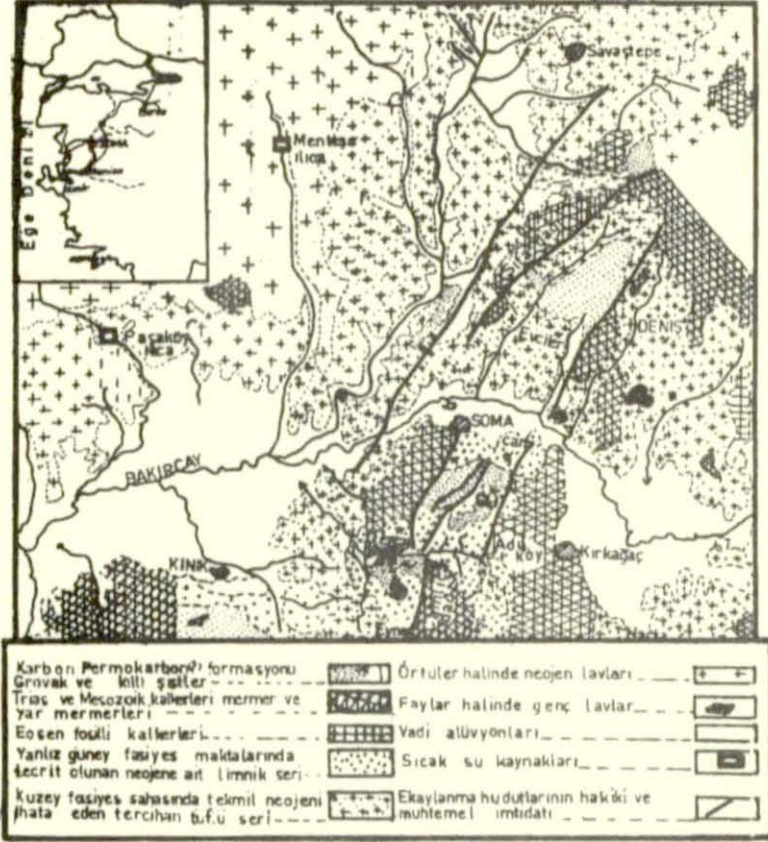
SOMA GLİ BÖLGESİ STRATİGRAFİSİ



Bölgenin coğrafik ve jeolojik haritası, harita 1 ile verilmiştir.

MANİSA VİLAYETİ SOMA ÇEVRESİ JEOLOJİK HARİTASI (JEODR. Dr. KLEIN SORGE'YE GÖRE)

DİZEN: 1:750.000

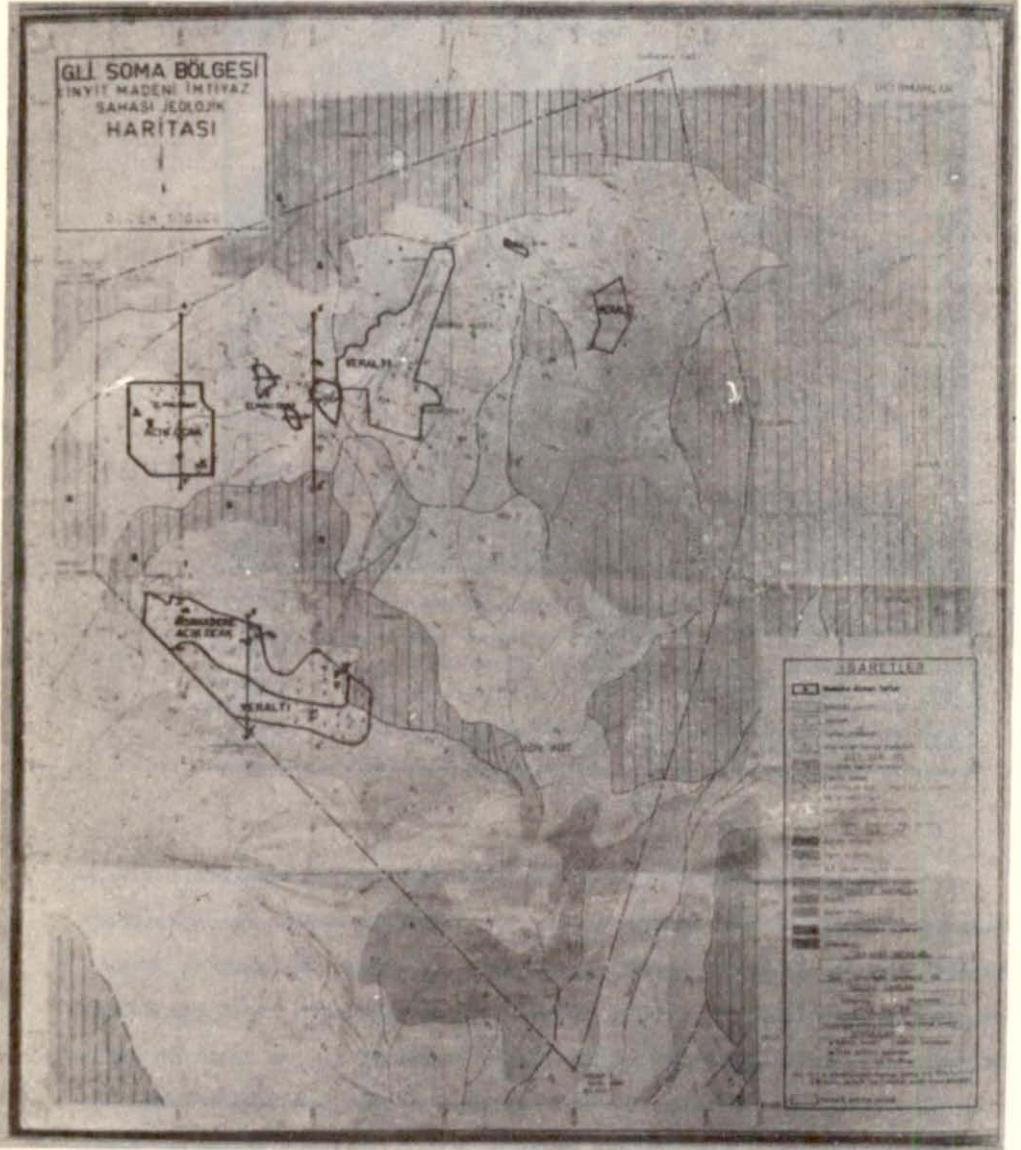


HARİTA 1

Özetle bölgede genç paleozoik, mesozoik, eojen tabakaları ile neojen tabaka kompleksleri görülmektedir. Paleozoik'in karbon ve permokarbon devrine ait gravak-killi şist formasyonları kıvrılmış, mesozoik'in trias kalkerleri tortulanmıştır. Bütün kompleks, genç tersier'e rastlayan dönemde kıvrılmış, kıvrılmalardan meydana gelen boşluklar neojen tatlı su göllerini oluşturmuştur. Güneydeki kısımda daha çok limnik sedimanlar (konglomera, marn ve kalker) tortulanırken kuzeyde şiddetli bir volkanizasyon hüküm sürmüştür. Bu neojen göller devresinden sonra saha genel bir yükselmeye maruz kalmış, bölgenin jeolojik oluşumu kabaca tamamlanmıştır(20).

GLİ Soma Bölgesi imtiyaz sahasının detaylı jeolojik haritası, Fe-

sim 1 ile verilmiştir:

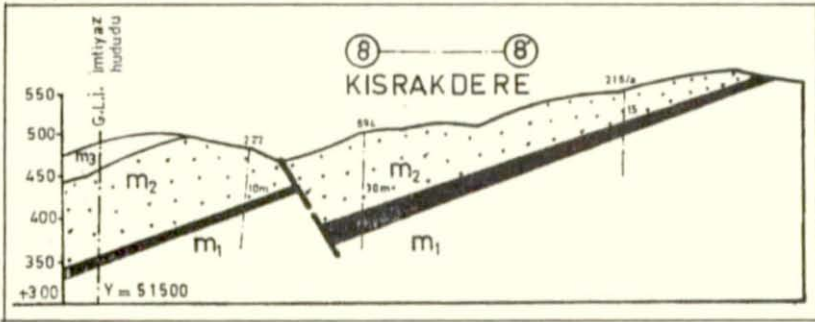


HARİTA 2 (RESİM 1)

Harita 2'de, sahanın detaylı jeolojik durumu yanında, açık ve kapalı ocaklar ile sondajlar ve numune alınan yerler de işaretlenmiştir.

1.3 İşletme ve Numune Temini:

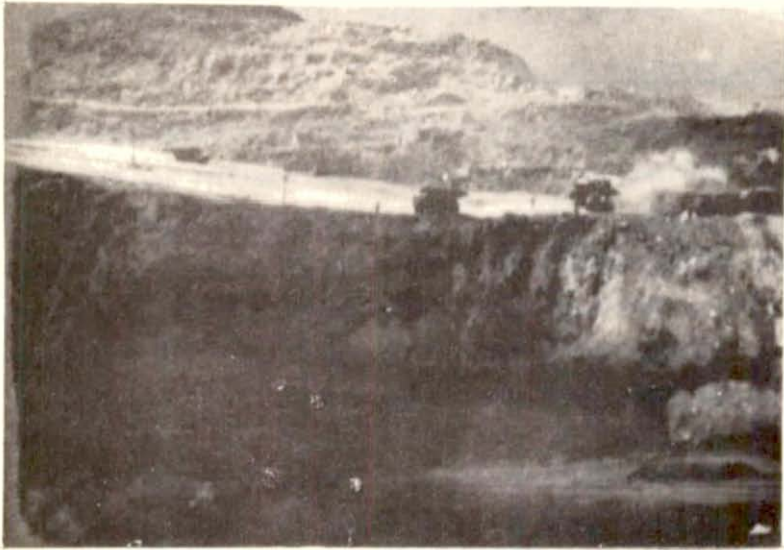
GLİ Soma bölgesinde, yer altı ocaklarının yanında; Elmalı(Doğu), Elmalı(Batı) ve Kısrakdere açık ocak işletmeleri faaliyet halindedir. Açık ocaklardan kömürün çıkarılması için, ortalama 100 m kalınlığında olan ve ana linyit damarının(m_2) hemen üstünde bulunan marn(m_2) kütlesinin kaldırılması gerekir. Kısrakdere açık ocak işletmesinin, sondaj sonuçlarına göre, harita 2'de işaretlenen 8-8' profilinden çizilen ve bu tabakaları gösteren jeolojik kesiti şekil 2'de verilmiştir:



ŞEKİL 2

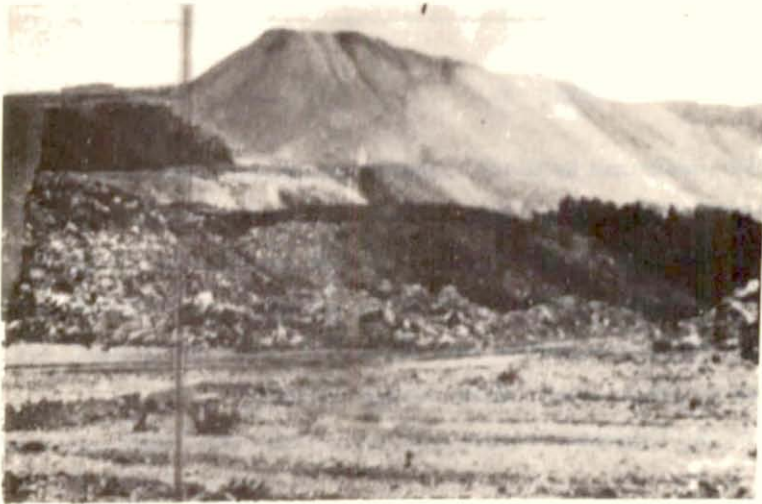
Kömür damarının üstündeki tabakaların kaldırılması demek olan "dekapaj işlemi"; laçım delicilerle açılan kuyulara patlayıcı maddeler yerleştirilerek patlatılan ve gevşetilen kütlelerin, kepeçlerle, yüksek tonajlı ve damperli kamyonlara yüklenip dekapaj edilmeyecek uygun alanlara dökülmesiyle yapılır. 1954 yılından bu yana dökülen ve değerlendirilmesi düşünülen bu dekapaj kütleleri suni dağlar oluşturmuşlardır.

Resim 2, bölgedeki dekapaj çalışmalarından bir bölümü göstermektedir:



RESİM 2, DEKAPE İŞLEMİ

Elmalı(Doğu) açık ocak işletmesinin dekapaj dökümü, resim 3 ile verilmiştir:



RESİM 3, ELMALI(DOĞU) DEKAPAJ DÖKÜMÜ

Tablo 11, bölgede 1954-1974 yılları arasında fiili olarak gerçekleştirilen ve 1975-1997 yılları arasında programlanan dekapaj kütle miktarını vermektedir:

TABLO 11

GLİ SOMA BÖLGESİ DEKAPAJ ÜRETİMİ

YILLAR	DEKAPAJ MİKTARI, m ³
1954-1960	3 930 000
1961-1965	8 181 000
1966-1970	13 628 000
1971	3 400 000
1972	3 425 000
1973	3 700 000
1974	3 475 000
Fiili Toplam	39 739 000
1975	5 000 000
1976-1982	35 000 000
1983-1997	42 300 000
Programl. Topl.	82 300 000

Tablo 11'e göre, 1997 yılına kadar bölgede toplam 122 039 000 m³ dekapaj kütle bulunacaktır. Bu kütle nin yoğunluğu ortalama 2,5 olarak alınır sa, 1975 yılına kadar dökülen dekapaj miktarı 99 347 500 ton, 1975 yılından itibaren programlanan dekapaj miktarı da 205 750 000 ton eder. Buna göre, GLİ Soma Bölgesinde 1997 yılına kadar 305 097 500 ton dekapaj kütle si deka pe edilecek demektir. Bu miktara kapalı ocak linyit üstü kütle si (175-350 m) dahil değildir.

Gerektiğinde kullanılmak üzere, miosen kalker ve mesozoik kalker dağları da bölgede bulunmaktadır (Harita 1,2).

Numune Alma Metodu: Üç açık ocak işletmesinden, 1975 Haziranında, başlıca iki metotla tarafımdan gerekli numuneler alındı (Harita 2):

a)Burgulama(Sondaaj) Metodu: Bölgede 1958 yılından beri devam eden sondajların sadece kömürü kesen karotları korunmuş ve kömürsüz karotlar sondaj sahasına terkedilmiş olduğundan, 1974 yılına kadar açılmış sondajların, sondaj alanına atılan karotlarından numuneler alınabildi. Bu karotlar, derinlere inildikçe küçülen 3 değişik çapta bulunmaktadır:

KAROT ÇAPI, cm	DERİNLİK, m
5,4	0-75
4,2	75-90
3,6	90-150

Kısrakdere açık ocak bölgesinde açılan 718/A, 718/B ve 751; Elmalı(Batı) açık ocak bölgesinde açılan 666 ve 676 nolu sondajların, sondaj sahasına bırakılan karotları toplanarak ortalama numune şeklinde değerlendirildi.

Ancak TKİ-Almanya işbirliği ile 1974 yılından itibaren bölgede açılmakta olan sondajların karotları kapalı özel sandıklarında korunmuş olduğundan, bu sondaj karotlarından, karotun makroskopik incelenmesinden anlaşılan homojenliğine, karotun korunma şartlarına göre seviyeli numune alınabildi. Kısrakdere açık ocak bölgesindeki 101/75 ve 102/75 sondaj karot numuneleri bu çeşittendir. Bu iki sondaj, şekil 2'de verilen ve 8-8' profiline göre çizilen jeolojik kesitin hemen yanında bulunmaktadır. Ayrıca Elmalı(Doğu) açık ocak bölgesindeki 1/74 sondaj karot numunesi de bu cinstendir.

Bu arada, ziyaretimiz anında dekapajı yapılacak bölgedeki kütleleri patlayıcı madde ile gevşetmek için araziye delmekte olan lağım delicinin çıkarmış olduğu, yaklaşık seviyesi bilinen kütlelerden de numuneler alındı. Kısrakdere bölgesindeki A, Elmalı(Batı) bölgesindeki B ve C numuneleri bu çeşittendir.

b)Oluklama(Yarma) Metodu: Bu metot bölgeyi ziyaretimizde, kaldırılmakta olan dekapaj kütlesinden ve dekapaj aynalarından numune almakta kullanıldı. Ancak bu aynaları, her bölgede düzgün ve yüzeyden itibaren kömüre kadar kalınlıkta bulmak mümkün olamadı. Resim 2, dekapaj aynasını göstermektedir.

Elmalı(Batı) açık ocak işletmesi dekapaj kütlesinden alınan D₁ ve D₂ numuneleri ile Elmalı(Doğu) açık ocak işletmesi dekapaj aynasından alınan E numunesi bu cins numunelerdendir.

1.4 Laboratuvar Çalışmaları:

GLİ Soma Bölgesi açık ocaklarından alınan bu dekapaj numuneleri, özel numune torbalarına konarak Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Sınai Kimya Kürsüsü'ne getirildi. Araştırma laboratuvarında fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı(21,25,26,27,28,29,30).

1.4.1 Fiziksel Testler:

a)Renk: Numunelerin renkleri, beyazdan sarı, gr_1 ve maviye kadar değişen tonlardadır. Kimyasal bileşime göre renk de değişmektedir.

b)Yoğunluk: Yapılan 20 yoğunluk testinde; 2,15-2,94 gr/cm^3 arasında değişen değerler bulundu. Dekapajın yoğunluğu ortalama 2,54 gr/cm^3 olarak alındı.

c)Sertlik: Dekapaj kütlesi açık havada bekletildiğinde, yaprak yaprak ayrılmaktadır. Kırılması ve öğütülmesi kalkerden çok daha kolaydır. Kalitatif olarak sertliğin kalkerden daha düşük olduğu söylenebilir.

1.4.2 Kimyasal Analizler: 6-10 kg arasında ağırlığı değişen numuneler, Snce çeneli kırıcıda kırıldı ve iyice karıştırılarak alınan 2 kg kadar numune, Wedag marka çubuklu değirmende 45 dakika süre ile kuru olarak öğütüldü. Bir miktarla demir eğintilerinden temizlendi ve 10 gr civarında ortalama numuneye kadar indirildi. Bu numune ağıt havanda daha da inceltirilerek tütünde 105 °C'de 1 saat kurutuldu, analize alındı.

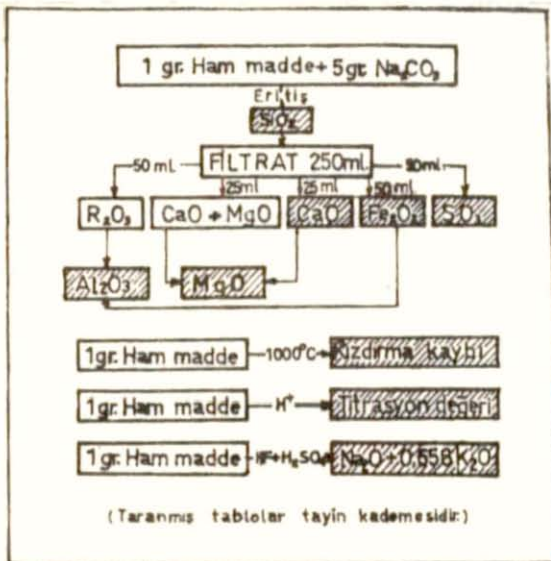
Na_2CO_3 eritilme ile çözünürleştirilen numunelerde sırası ile; SiO_2 , R_2O_3 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$), Fe_2O_3 , CaO , MgO ve SO_3 tayinleri yapıldı. Ayrı olarak alınan numunelerden de, Kızdırma Kaybı (K.K.), alkalimetrik titrasyon değeri ($\% \text{CaCO}_3$) ve alkali oksitleri (Na_2O , K_2O) tayin edildi.

Alev fotometresi ile alkali tayininde, Na_2O cinsinden total alkali miktarının ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658\text{K}_2\text{O}$) $\% 0,2$ değerini geçmediği görülerek farin, kliniker ve çimentoda alkali tayinine önem verildi.

Bunun gibi ham maddede SO_3 oranı da önemsiz ($\% 0,09 - 0,19$) olduğundan özellikle farin, kliniker ve çimentoda SO_3 analizleri yapıldı.

CaO , MgO ve Fe_2O_3 'ün gravimetrik tayinleri ile, EDTA kullanılarak yapılan kompleksometrik-volumetrik tayinleri, birbirine çok paralel ve çok defa aynı sonuçları verdiği için, zaman ve pratiklik açısından volumetrik tayinleri tercih edildi.

Kimyasal analizlerde takip edilen genel metot şekil 3'de verilmiştir:



ŞEKİL 3, GENEL KİMYASAL ANALİZ METODU

1.4.2.1 Kısırkdere Açık Ocak Dekapaj Numuneleri Kimyasal Analizleri:

Kısırkdere açık ocak bölgesinden alınan seviyeli sondaj karot numunelerinin toplu kimyasal analiz sonuçları tablo 12,13,14'de ve derinliğe göre kimyasal bileşimlerinin değişimi şekil 4,5,6,7,8'de verilmiştir:

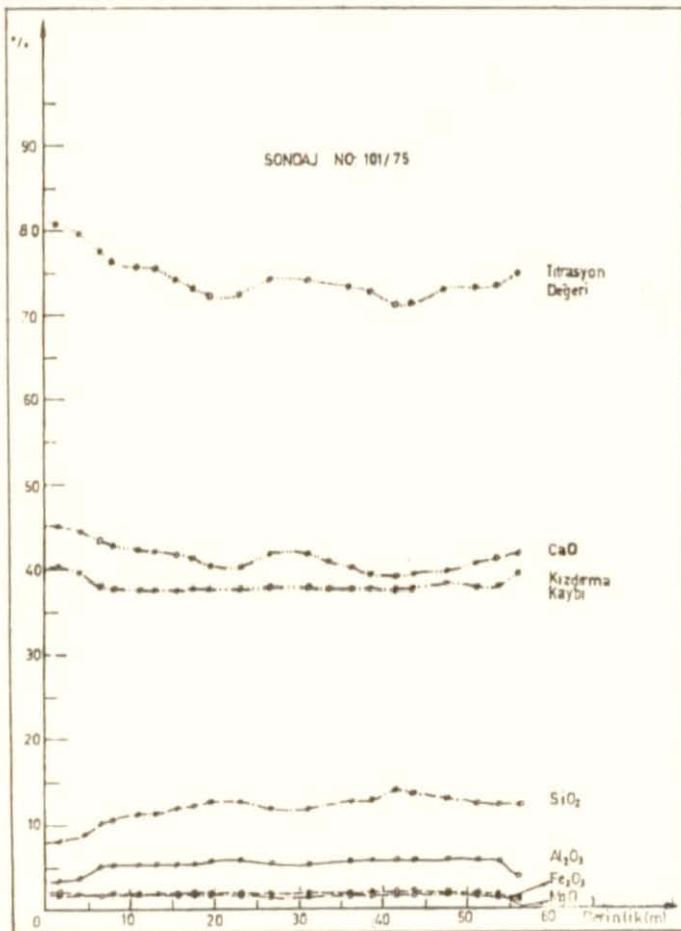
TABLO 12

101/75 SONDAJ KAROTLARI KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI
Sondaj Koordinatları: Y=51 565 000, X=31 017 000,
Z=561,10.

DERİNLİK,m.	TİTRASYON,%	SiO ₂ ,%	Al ₂ O ₃ ,%	Fe ₂ O ₃ ,%	CaO,%	MgO,%	K.K.,%
0-3	80,77	8,06	3,33	1,62	45,01	1,80	40,06
3-5	79,72	8,92	3,58	1,74	44,36	1,76	39,51
5-6	78,12	9,33	5,03	1,61	43,66	1,52	38,74
6-7	77,54	10,22	5,06	1,68	43,34	1,54	38,04
7-9	76,38	10,64	5,06	1,76	42,86	1,62	37,92
9-10	76,08	11,07	5,21	1,82	42,34	1,65	37,79
10-12	75,68	11,17	5,22	1,82	42,16	1,74	37,75
12-14	75,04	11,28	5,22	1,84	42,01	1,76	37,74
14-15	74,72	11,46	5,21	1,86	41,98	1,62	37,76
15-16	74,15	11,74	5,29	1,81	41,72	1,53	37,80
16-17	73,86	11,99	5,35	1,87	41,40	1,48	37,79
17-18	73,16	12,02	5,38	1,92	41,22	1,57	37,78
18-19	72,98	12,42	5,59	1,90	40,76	1,45	37,77
19-20	72,33	12,64	5,67	1,96	40,18	1,68	37,75
20-25	72,31	12,66	5,76	1,85	40,16	1,68	37,78
25-26	73,15	12,02	5,42	1,89	41,21	1,57	37,78
26-27	74,17	11,76	5,31	1,80	41,74	1,46	47,80
27-35	74,20	11,74	5,26	1,84	41,76	1,45	37,84
35-37	73,18	12,64	5,71	1,89	40,18	1,67	37,80
37-40	72,86	13,61	5,84	1,92	39,35	1,52	37,62
40-41	71,02	13,96	5,88	1,96	39,07	1,48	37,52

TABLO 12 (Devam)

DERİNLİK, m	TİTRASYON, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	K.K., %
41-42	71,01	13,97	5,86	1,98	39,06	1,49	37,51
42-45	71,27	13,55	5,84	1,94	39,32	1,63	37,61
45-50	72,85	13,02	5,88	1,84	39,65	1,68	37,82
50-52	73,02	12,48	5,57	1,87	40,62	1,48	37,87
52-54	73,85	12,34	5,68	1,45	41,04	1,39	37,98
54-55	74,15	12,21	4,67	1,25	41,67	1,43	38,65
55-57	74,84	12,26	3,79	1,06	41,72	1,47	39,57
57-	Kömürlü Marn ve Kömür.....						



ŞEKİL 4

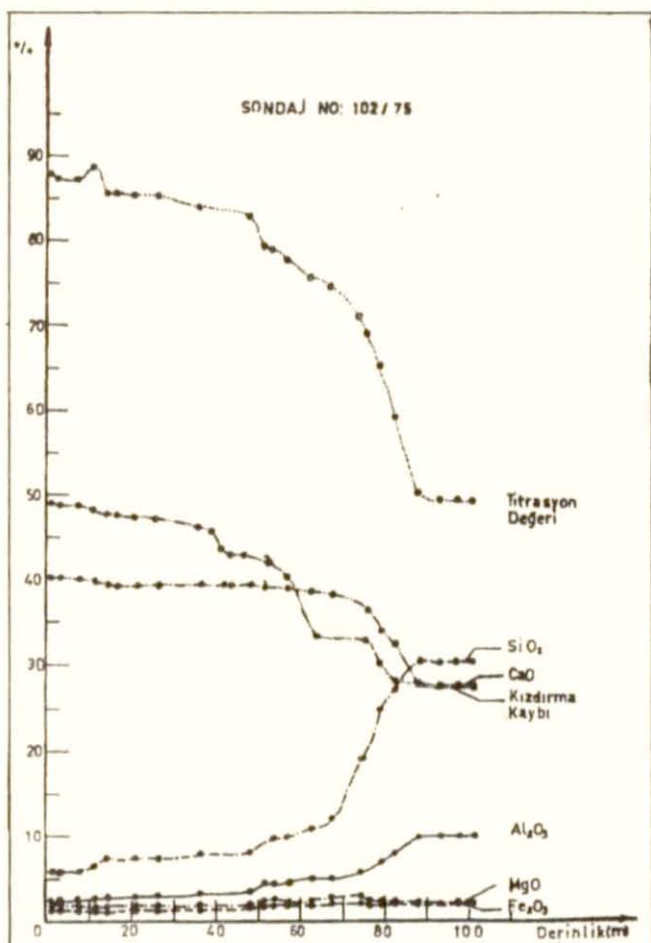
TABLO 13

102/75 SONDAJ KAROTLARI KİMYASAL ANALİZ
 SONUÇLARI, Sondaj Koordinatları: Y=51 520 000
 X=30 984 000, Z= 562,92.

DERİNLİK,m	TİTRASYON,%	SiO ₂ ,%	Al ₂ O ₃ ,%	Fe ₂ O ₃ ,%	CaO,%	MgO,%	K.K.,%
0-1	88,02	5,68	2,07	1,08	48,95	1,75	40,35
1-5	87,42	5,82	2,36	1,14	48,74	1,72	40,11
5-10	87,31	5,89	2,44	1,15	48,68	1,70	40,02
10-12	88,85	6,45	2,46	1,18	48,27	1,65	39,88
12-15	85,55	7,18	2,69	1,26	47,70	1,60	39,45
15-16	85,57	7,19	2,70	1,27	47,68	1,62	39,42
16-17	85,57	7,19	2,69	1,27	47,69	1,62	39,42
17-25	85,51	7,31	2,75	1,30	47,39	1,74	39,40
25-26	85,48	7,32	2,77	1,30	47,38	1,72	39,39
26-27	85,47	7,32	2,75	1,31	47,38	1,72	39,39
27-45	84,05	7,80	3,20	1,40	46,22	1,88	39,38
45-46	84,05	7,81	3,20	1,40	46,21	1,88	39,38
46-50	83,01	7,98	3,41	1,48	45,79	1,89	39,34
50-51	82,15	8,45	3,86	1,52	44,87	1,94	39,25
51-52	79,36	9,14	4,47	1,60	43,30	2,23	39,15
52-53	79,12	9,55	4,37	1,72	43,00	2,24	39,00
53-54	79,10	9,56	4,38	1,73	43,00	2,22	39,00
54-60	77,75	9,80	4,46	1,75	42,70	2,28	38,90
60-65	75,86	10,72	4,90	1,77	41,65	2,32	38,53
65-70	74,50	11,93	4,89	1,81	40,35	2,65	38,25
70-72	73,12	13,15	4,92	1,83	39,16	2,82	38,00
72-75	71,05	19,22	5,58	1,84	33,28	2,75	37,22
75-76	70,89	19,92	5,96	1,83	33,02	2,65	37,00
76-77	69,00	20,31	5,96	1,84	32,85	2,45	36,47
77-78	68,12	20,95	6,04	1,84	32,35	2,36	36,35
78-80	65,29	24,69	6,79	1,84	30,10	2,34	34,12

TABLO 13 (Devam)

DERİNLİK, m	TİTRASYON, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	K, K., %
80-85	59,15	27,32	7,89	1,85	28,02	2,32	32,49
85-90	50,10	30,23	9,81	1,86	27,68	2,29	28,01
90-95	49,28	30,32	9,86	1,86	27,70	2,30	27,84
95-100	49,30	30,38	9,89	1,86	27,72	2,30	27,73
100-102	49,25	30,40	9,91	1,87	27,73	2,31	27,67
102-	KÖMÜRLÜ MARN VE KÖMÜR						

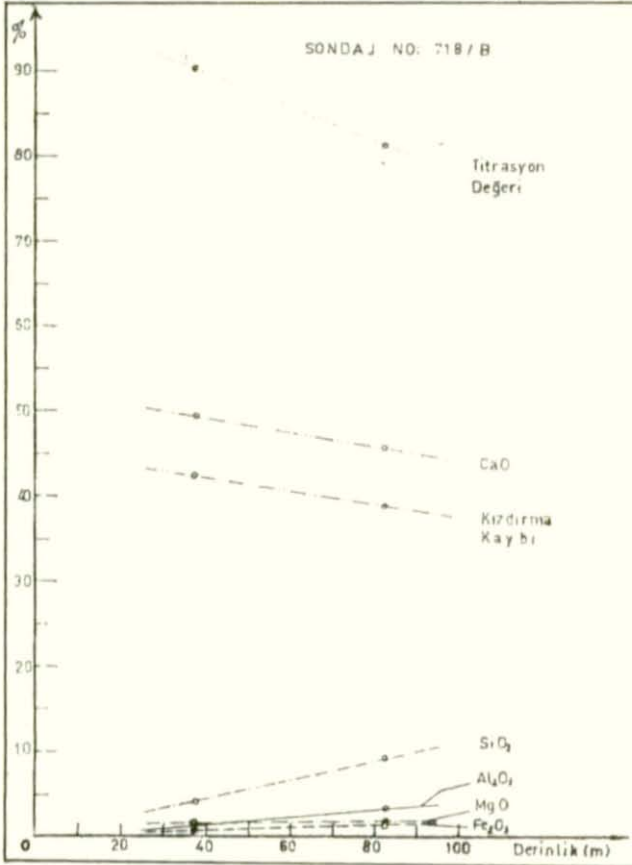


ŞEKİL 5

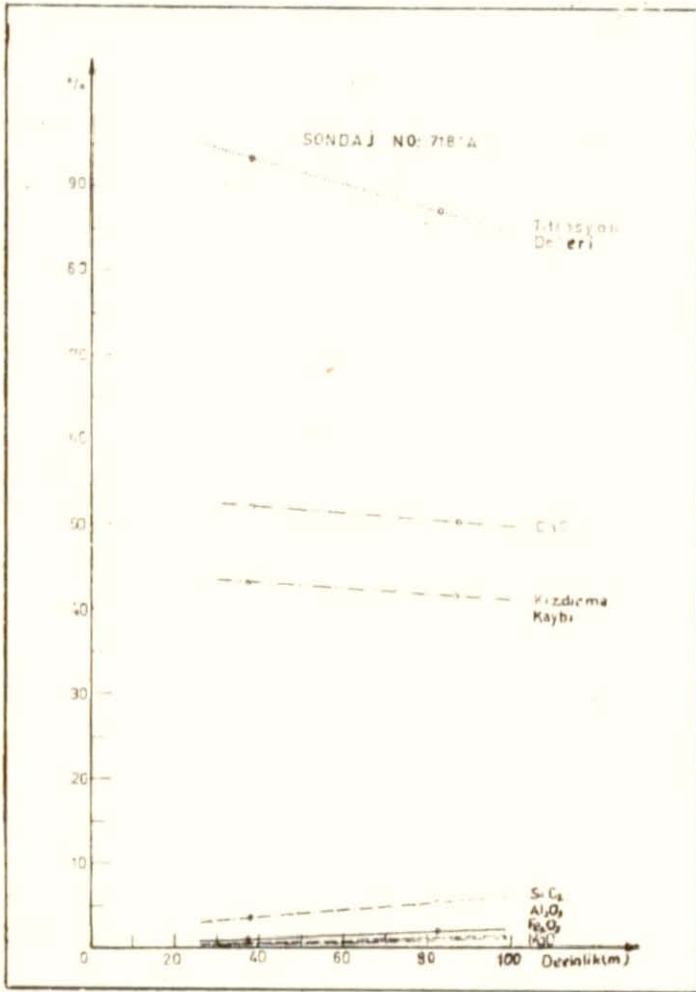
TABLO 14

SONDAJ KAROTLARI KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

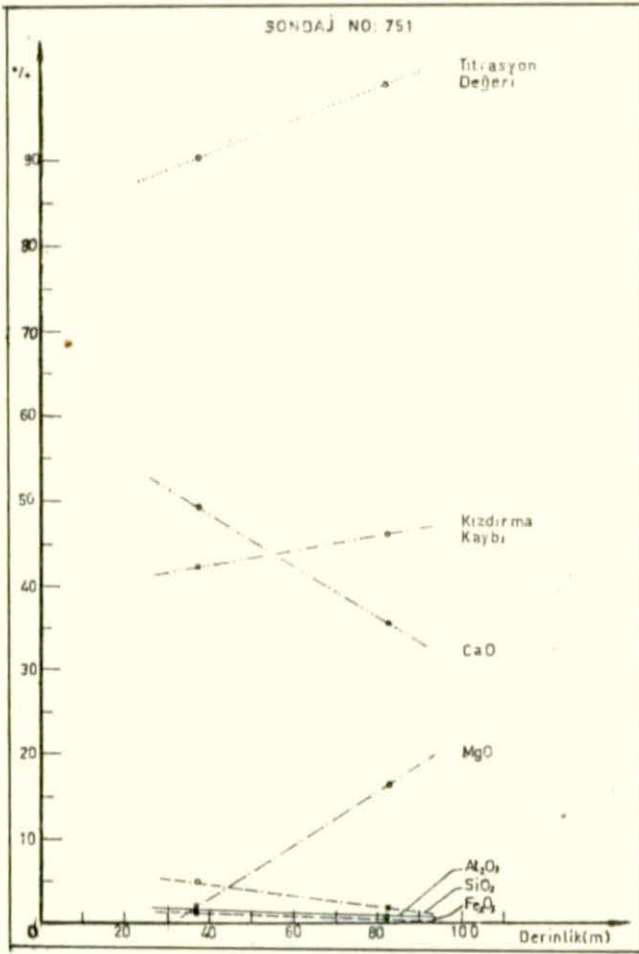
SONDAJ NO	DERİNLİK, m	TİTRASYON, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	K.K., %
18/B	0-75	90,28	4,18	1,25	0,71	49,35	1,92	42,48
	75-90	81,45	9,12	3,16	1,44	45,57	1,78	38,81
18/A	0-75	93,28	3,23	0,79	0,39	52,02	0,41	43,04
	75-90	87,00	5,01	1,50	0,78	50,41	0,62	41,57
751	0-75	90,16	4,63	1,24	0,99	49,16	1,80	42,06
	75-90	98,92	1,49	0,56	0,33	35,31	16,02	46,18
A	75-80	73,77	12,29	4,23	2,19	42,60	0,95	37,63



ŞEKİL 6



ŞEKİL 7



ŞEKİL 8

Analiz Sonuçlarının Yorumu: İlgili tablo ve grafiklerin incelenmesiyle, Kırakdere açık ocak dekapaj kütlesi hakkında aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı:

a) 101/75, 102/75, 718/A ve 718/B sayılı sondaj karotlarının kimyasal analiz sonuçlarına göre, yüzeyden itibaren derinlere inildikçe genel olarak SiO₂ oranı artmakta, buna karşılık titrasyon değeri, CaO ve K.K. oranları azalmaktadır. Kütlelerin rengi de, açık sarı ve beyazdan, koyu gri siyahımsı renge kadar değişmektedir.

b) 101/75 ve 102/75 sondaj bölgesiyle A numune bölgesi dekapaj kütlesini "marn" ve "kalkerli marn" olarak düşünmek mümkündür. 718/A, 718/B

ve 751 sayılı sondaj bölgesi, Kısırakdere bölgesinin doğusunda ve kalker tabakalarının hemen yakınındadır. Bu yüzden titrasyon değeri, CaO ve K.K. oranları yüksektir. Paralel olarak SiO₂ ve R₂O₃ oranı düşüktür. Bu saha "kalkerli marn" ve "marnlı kalker" arasında bir oluşumdur(Harita 2, Tablo 4).

751 sayılı sondaj bölgesinin 75-90. metreler arası dolomit olarak düşünülebilir.

Bu sonuçlara göre, Kısırakdere Açık Ocak İşletmesi Dekapaj Kütle si yaklaşık "marn" ve "kalkerli marn" olarak adlandırılabilir.

1.4.2.2 Elmalı(Batı) Açık Ocak İşletmesi Dekapaj Numuneleri

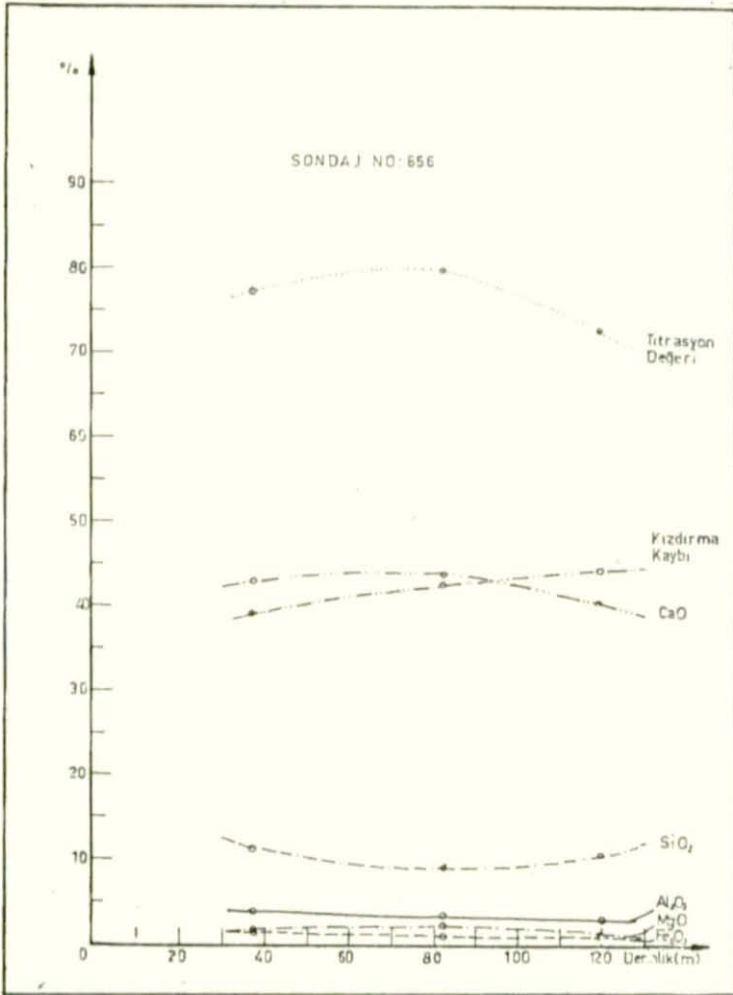
Kimyasal Analiz Sonuçları:

Elmalı(Batı) açık ocak bölgesinden alınan seviyeli numunelerin toplu kimyasal analiz sonuçları tablo 15'de ve derinliğe göre kimyasal bileşimdeki değişimler de şekil 9 ve 10'da verilmiştir:

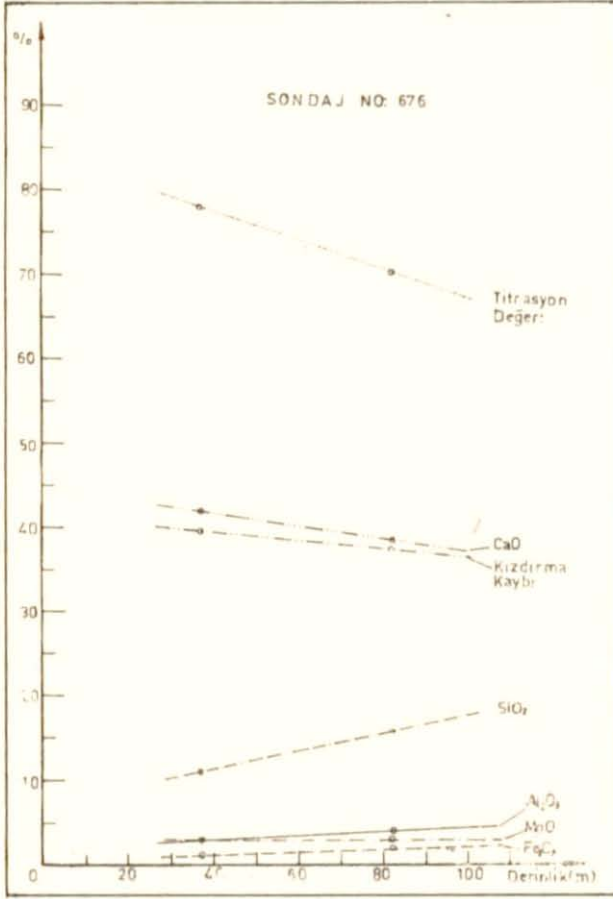
TABLO 15

DEKAPAJ NUMUNELERİ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

NUMUNE	DERİNLİK, m	TİTRASYON, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	K.K., %
SONDAJ NO:666	0-75	77,02	11,49	3,59	1,45	42,82	1,56	38,98
	75-90	79,64	8,93	2,17	0,82	43,72	2,16	42,08
	90-150	72,38	10,02	2,86	0,94	40,28	1,62	44,17
SONDAJ NO:676	0-75	77,98	11,86	2,68	1,06	41,83	2,86	39,59
	75-90	70,04	15,73	3,86	1,84	38,34	2,88	37,24
B	20-25	89,29	6,68	1,69	0,79	47,95	1,59	41,18
C	20-25	91,14	5,22	2,15	0,72	49,89	1,01	40,91
D ₁	4-5	90,80	4,25	1,37	0,46	49,25	1,62	42,94
D ₂	4-5	87,70	6,12	2,64	1,19	49,01	0,92	40,00



ŞEKİL 9



ŞEKİL 10

Analiz Sonuçlarının Yorumu: İlgili tablo ve grafiklerin incelenmesiyle, Elmalı(Batı) açık ocak işletmesi dekapaj kütləsi konusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı:

a) Bu bölgede de, aşağılara inildikçe yaklaşık, titrasyon değeri, CaO ve K.K. oranı azalırken, SiO₂ oranı artmaktadır. SiO₂'in değişimi, R₂O₃'ün değişimi ile paralellik gösterir.

666 no'lu sondaj bölgesinde, CaO önce az oranda artmakta sonra azalmaktadır. Bu sondaj bölgesinin 90-150. metreleri arasında, dekapaj kütləsi kısmen kömürle karışmış olduğundan K.K. yüksektir.

b) B numunesi, 20 m.lik dekapaj kaldırıldıktan sonra, 15 cm. çapında bir kuyu açan lağım delicinin, 20-25. metreler arasında çıkarıldığı kütleden alınan 5 metrelik ortalama numunedir. Sarı ve gri kalkerli marn karışımıdır. C numunesi de aynı bölgeden alınan sarı kalkerli marn'dır. Her iki numune de yüzeyden alındığından CaO oranı fazla, SiO₂ oranı düşüktür ve normal bir sonuçtur.

c) D₁ gri marn ve D₂ sarı marn numuneleri, 5 metre dekapaj dekape edildikten sonra alınan yüzey numuneleridir. Bu yüzden titrasyonları yüksektir.

Elmalı(Batı) açık ocak işletmesinin dekapaj kütlesi "marn" ve "kalkerli" marn olarak adlandırılabilir (Tablo 4).

1.4.2.3 Elmalı(Doğu) Açık Ocak İşletmesi Dekapaj Numuneleri

Kimyasal Analizleri:

Elmalı(Doğu) açık ocak bölgesinden alınan seviyeli numunelerin toplu kimyasal analiz sonuçları tablo 16'da ve derinliğe göre kimyasal bileşimdeki değişimler de şekil 11'de verilmiştir:

TABLO 16

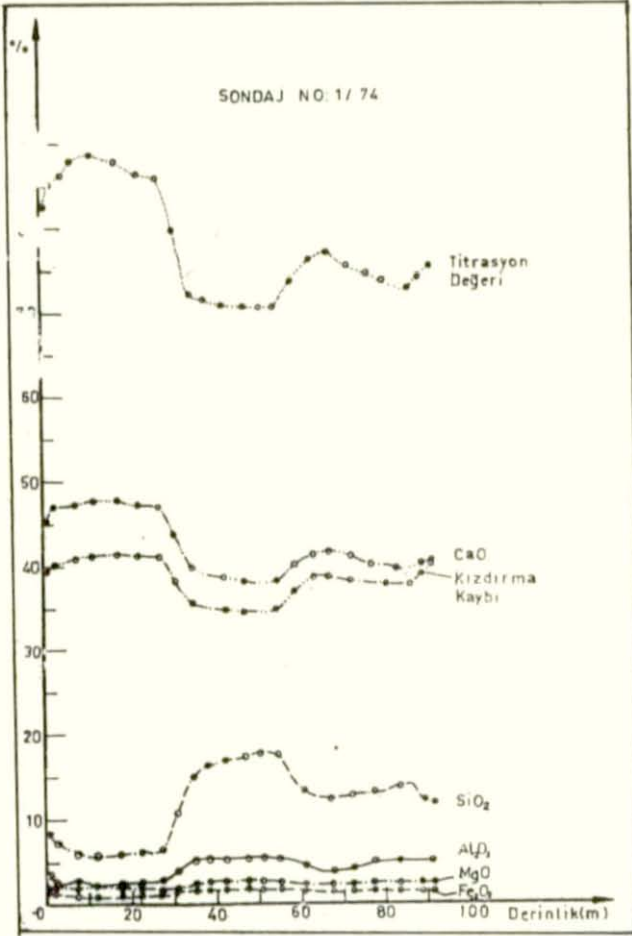
1/74 SONDAJ KAROTLARI KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Sondaaj Koordinatları: Y=51 988 500, X=33 054 000, Z=790,57.

DERİNLİK, m	TİTRASYON, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	K, K., %
0-1	82,39	8,43	3,65	1,26	45,22	1,87	39,46
1-2	83,96	7,94	2,92	1,20	46,15	1,92	39,75
2-3	85,41	7,43	2,18	1,13	47,00	2,01	40,14
3-4	85,64	7,18	2,24	1,10	47,12	2,03	40,22
4-5	86,10	6,82	2,34	1,05	47,15	2,03	40,49
5-6	86,94	6,42	2,55	1,00	47,19	2,06	40,67
6-7	87,28	6,21	2,75	0,84	47,22	2,08	40,78
7-8	87,99	5,95	2,88	0,72	47,28	2,10	40,95
8-9	88,24	5,76	3,02	0,54	47,30	2,12	41,14

TABLO 16 (Devam)

DERİNLİK,m	TİTRASYON,%	SiO ₂ ,%	Al ₂ O ₃ ,%	Fe ₂ O ₃ ,%	CaO,%	MgO,%	K.K.,%
9-15	88,65	5,68	2,16	0,67	47,82	2,14	41,41
15-20	87,84	5,71	2,36	0,82	47,75	1,84	41,40
20-25	86,48	6,15	2,42	0,88	47,35	1,72	41,37
25-30	85,80	6,29	2,48	0,99	47,03	1,76	41,34
30-32	79,62	10,57	3,88	1,47	43,74	1,98	38,25
32-35	72,61	14,92	5,37	1,69	39,88	2,47	35,56
35-36	72,32	14,98	5,37	1,69	39,84	2,48	35,53
36-37	72,16	15,11	5,37	1,70	39,72	2,52	35,46
37-40	71,58	16,30	5,38	1,64	39,00	2,57	35,00
40-45	71,14	16,88	5,38	1,61	38,64	2,63	34,74
45-50	70,87	17,41	5,38	1,58	38,27	2,71	34,53
50-52	70,72	17,59	5,39	1,57	38,22	2,64	34,48
52-54	70,54	17,70	5,39	1,55	38,19	2,60	34,45
54-55	70,52	17,72	5,39	1,56	38,17	2,60	34,44
55-56	70,66	17,57	5,38	1,55	38,29	2,63	34,47
56-57	72,12	15,16	5,38	1,62	39,66	2,62	35,44
57-58	72,84	14,76	5,37	1,60	39,95	2,50	35,70
58-60	73,75	14,12	4,92	1,52	40,04	2,33	36,96
60-62	75,14	13,17	4,52	1,44	40,79	2,20	37,76
62-65	76,79	12,61	3,78	1,29	41,38	2,17	38,65
65-70	77,12	12,38	3,50	1,27	41,78	2,18	38,77
70-75	75,44	12,87	3,91	1,30	41,20	2,31	38,30
75-80	74,50	13,15	4,64	1,38	40,16	2,42	38,13
80-82	73,92	13,39	4,82	1,39	40,01	2,38	37,90
82-85	73,05	13,88	4,86	1,41	39,52	2,35	37,86
85-88	72,54	14,08	4,91	1,45	39,49	2,30	37,65
88-90	74,19	12,40	4,80	1,32	39,98	2,34	39,05
90-93	75,50	11,61	3,76	1,26	40,63	2,38	40,25
93-	KÖMÜRLÜ MARN VE KÖMÜR						
NUMUNE E 15-20	78,83	10,49	2,54	1,66	43,77	1,45	39,97



ŞEKİL 11

Analiz Sonuçlarının Yorumu: Tablo 16 ve şekil 11'in incelenmesinden anlaşıldığına göre:

a) 1/74 no'lu sondaj bölgesinde ortalama olarak yüzeyden itibaren, titrasyon değeri, CaO ve K.K. oranı azalırken, bu değişimle ters orantılı olarak da SiO₂ ve R₂O₃ oranları artış göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre, 1/74 sayılı sondaj bölgesini de "marn" ve "kalkerli marn" olarak adlandırmak mümkündür.

b) E numunesi de "kalkerli marn" sahasından alınmıştır denebilir.

Sonuç olarak her üç açık ocak işletmesinin dekapaj kütlesi için

Ŗu ortak değerlendirme yapılabilir:

1-Genel olarak dekapaj kütlesi "marn" ve "kalkerli marn"dan ibarettir. Yüzey daha çok "marnlı kalker"dir.

2-Yüzeyden kömür tabakalarına doğru inildikçe, aradaki küçük değişimler dikkate alınmaz ise; titrasyon değeri, CaO ve K.K. oranları azalırken SiO₂ ve R₂O₃ oranları artmaktadır.

3-Yüzeyden itibaren karotların ve dolayısıyla kütlelerin renk tonlarında bir koyulaŖma görölmektedir. Açık sarıdan koyu griye kadar giden bu renk değişimi, artan R₂O₃ oranı ile paralellik gösterir. Bu arada kömür tabakalarının hemen üstündeki marn, kısmen kömürle karışmış olduğundan koyu gri-siyahımsıdır ve K.K. da önemli oranda artmıştır.

II.2 UÇUCU KÜL VE T.E.K. SOMA TERMİK SANTRALI:

2.1 Genel Bilgi:

Uçucu kül, kömür yakan termik elektrik santrallerinde yanma sonucu meydana gelen 1-18 mikron çaplı bir yan üründür.

Termik santraller, linyit işletmelerinin kalitesiz ve toz kömürlerini yerinde değerlendirmek için kurulurlar. Bu amaç için, linyit ocaklarının civarında; kömürleri, kil, şist ve tozlarından ayıran ve tane büyüklüklerine göre sınıflandıran lavvarlar tesis edilir. Lavvar dinlendirme havuzlarında elde edilen 0,2-0,5 mm tane büyüklüğündeki küllü yüksek olan şlam kömürü (linyit tozlu çamur) termik santrallerde kullanılır.

Termik elektrik santrallerinde kömür 0,09 mm inceliğe kadar öğütülmekte ve su ile yakma fırını içine püskürtülmektedir. Fırın içinde 1100-1200°C sıcaklıkta yanan kömür partikülleri kısmen şdi kül (curuf) olarak kazan altında toplanmakta, önemli bir kısmı da baca gazları ile sü-rüklenerek önce siklonlarda daha sonra elektrofiltrelerde tutulmaktadır. Çok ince olan ve tutulamayan küller de baca gazları ile bacadan çıkar. Siklonlar ve elektrofiltrelerde toplanan bu küllere "Uçucu Kül" adı verilmiştir. Yaklaşık olarak küllün:

- % 3'ü ızgara altında kalan şdi kül (curuf),
- % 52'si, mekanik tutucularda (siklon) tutulan uçucu kül,
- % 32'si elektrofiltrelerde tutulan uçucu kül,
- % 13'ü de bacadan çıkan baca tozudur.

Halen Türkiye'de taş kömürü ve linyit kullanan önemli termik elektrik santrallerinin bazı özellikleri ve uçucu kül üretim miktarları tablo 17'de verilmiştir:

TABLO 17

KÖMÜRE DAYALI ÖNEMLİ TERMİK SANTRALLAR

ADI	İŞLETMEYE AÇILIŞI	TOPLAM ¹ GÜCÜ, MW	YILLIK ÜRETİM ² KAPAS. GWh	1973 FİİLİ UÇUCU KÜL ÜRETİMİ, t	1974 PROJ. UÇUCU KÜL ÜRETİMİ, t
SİLAHTARAĞA	1914	122	500		
ÇATALAĞZI	1948	129	800	246000	197000
SOMA	1957	44	300	71000	68000
TUNÇBİLEK	1956	129	830	134000	118000
İZMİR	1928	37,5	130		
SEYİTÖMER	1973	300	1800	-	600000
TOPLAM				451000	983000

1975 yılına göre kuruluş durumunda olan ve kurulması programlanan linyite dayalı termik elektrik santralleri de tablo 18'de verilmiştir.

TABLO 18

PROGRAMLANAN LİNYİTE DAYALI TERMİK SANTRALLAR

SANTRALIN ADI	TOPLAM KURULU ¹ GÜCÜ, MW	YILLIK ÜRETİM ² KAPAS., GWh	İŞLETMEYE ALINMA TARİHİ
SEYİTÖMER-3	150	900	1977
TUNÇBİLEK B-1	150	900	1976
TUNÇBİLEK B-2	150	900	1977
SOMA B	300	1800	1979
BEYPAZARI-1	150	900	1979
KANGAL	150	900	1980
YATAĞAN-1,2	300	1800	1979
ELBİSTAN A-1,2	680	4420	1980
ELBİSTAN A-3,4	680	4420	1981
ÇAN	150	900	1982

1 Mw=10⁶ W,

2 GWh=10⁶ kWh

Tablo 17'de verilen toplam uçucu kül miktarı ile, Seyitömer termik santralının tam yükte çalışmaya geçmesi sonucu elde edilen 1 milyon ton uçucu kül de dikkate alınır, yurdumuzda halen yılda yaklaşık olarak 1,5 milyon ton uçucu kül üretildiği ortaya çıkar. Bu miktar, tablo 18'de verilen santrallerin devreye girmesi ile, 1980 yılında yaklaşık olarak 10 milyon tonu aşacaktır.

Kahramanmaraş'a bağlı Afşin/Elbistan kömür havzasında 35 milyar ton kömür rezervinin bulunduğu hesaplanmıştır. Elbistan Termik Santrali devreye girdiğinde yılda ortalama 18,5 milyon ton kömür işleyecektir. Bu kömür düşük kaliteli olup, en iyimser ihtimalle % 50 küllüdür. Buna göre sadece Elbistan Termik Elektrik Santralından yılda 9 milyon ton uçucu kül çıkacak demektir.

Bütün bu sonuçlara karşılık ülkemizde, bugüne kadar üretilen uçucu külün çok önemsiz bir miktarı baraj yapımında, çimento katkı maddesi olarak, tuğla kiremit ve ateş tuğlası yapımında tüketilebilmiştir(31,32,33).

Buna karşılık Almanya'da üretilen uçucu küllerin(yaklaşık 10 milyon ton) hemen hemen tamamı, Fransa'da 1/4'ü, İngiltere'de 1/3'ü:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| a)Tuğla imalinde, | f)Boşluklu beton üretiminde, |
| b)Yol dolgu maddesi olarak, | g)Hafif agrega imalinde, |
| c)Yol inşaatlarında, | h)Çimento katkı maddesi olarak, |
| d)Beton dolgu maddesi olarak, | ı)Doğal taş katkısı olarak, |
| e)Aglomera üretiminde, | i)İnşaat blokları yapımında |
- kullanılmaktadır(34, 35).

Soma Termik Santrali: Bazı özellikleri tablo 17'de verilen T.E.K. kuruluşu olan Soma Termik Elektrik Santrali, 1957 yılından beri enerji üretmektedir. Tam randımanla çalışmadığı 1957-1964 yılları arasında, günde ortalama 500 ton kömür, tam randımanla çalıştığı 1965-1975 yıllarında günde yaklaşık 960 ton Soma linyiti yakmıştır.

1976 yılının ilk 5 ayında santralda kullanılan 0-30 mm tuvenan kömürün, ortalama analiz sonucu tablo 19'da verilmiştir:

TABLO 19

TUVENAN KÖMÜR ANALİZ SONUCU

	ORJİNAL KÖMÜR,%
RUTUBET	18,85
KÜL	36,76
ALT ISI DEĞERİ	3237 kcal/kg
ÜST ISI DEĞERİ	3517 kcal/kg

1971-1973 yıllarında yakılan 0-0,5 mm'lik şlam'ın ortalama analiz sonucu da tablo 20'de verilmiştir:

TABLO 20

ŞLAM ANALİZ SONUCU

	RUTUBET,%	KURU KÜL,%	ALT ISI DEĞERİ,kcal/kg
MAKSİMUM	43,70	40,58	2613
MINUMUM	43,20	40,25	2173
ORTALAMA	43,45	40,37	2432

Soma Termik Santralında yakılan kömürün ortalama kül oranını % 35 ve yıllık iş gününü 330 gün alarak, üretilen uçucu kül miktarını aşağıdaki gibi bulabiliriz:

a)1957-1964 Yılları Arasında:

$$500 \times 0,35 \times 330 \times 8 \times 0,9 = 415\ 800 \text{ ton/8yıl}$$

b)1965-1975 Yılları Arasında:

$$950 \times 0,35 \times 330 \times 10 \times 0,9 = 987\ 525 \text{ ton kül/10 yıl}$$

Bu duruma göre, 1976 yılının başlangıcı itibarile 1 milyon tonun üzerinde, 18 yıllık terkedilmiş uçucu kül stoku vardır. Her gün de ortalama 240-300 ton uçucu kül çıkmaya devam etmektedir.

1979'da tamamlanacak olan 300 MW gücündeki santral, daha düşük kaliteli kömürleri yakacaktır. Bu kömürlerin alt ısı değeri yaklaşık

1800-2200 kcal/kg ve kül miktarı da % 55-60 kadardır. Günde ortalama 10 000 ton kömür yakılarak 5 500 ton uçucu kül üretilmiş olacaktır.

2.2 Uçucu Kül Laboratuar Çalışmaları:

Soma Termik Santralı elektrofiltreleri ile mekanik tutuculardan uçucu kül numuneleri alınarak Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Sınai Kimya Kürsüsünde fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı(21,25,26,27,28,29,30):

2.2.1 Fiziksel Testler:

a)Renk: Uçucu kül numunelerinin renkleri açık ve koyu gri ile siyah arasında değişmektedir.

b)İncelik: Uçucu kül partikülleri küçük kürecikler halindedir.

Numunelerin elek analiz sonucu tablo 21'de verilmiştir:

TABLO 21

UÇUCU KÜL ELEK ANALİZ SONUCU

ELEK NO (mesh no)	ELEKTROFİLTRE NUMUNELERİ ELEK ÜSTÜ %, Ağırlıkça						SİKLOK NUMUNELERİ ELEK ÜSTÜ %, Ağırl.	
	I	II	III	IV	V	VI	I	II
70(210 mikron)	0,5	0,9	0,2	0,6	3,0	0,3	3,1	4,6
100(149 mikron)	0,7	1,4	0,6	0,8	2,4	0,6	12,5	13,7
170(88 mikron)	8,5	8,2	5,7	6,5	8,4	5,0	27,0	27,0
200(74 mikron)	12,8	11,9	9,3	10,2	13,5	9,0	31,2	32,3
325(44 mikron)	25,0	18,8	22,4	19,3	26,1	18,9	21,8	21,0

Tablo 21'deki sonuçlara göre, mekanik tutucularda toplanan uçucu küller, elektrofiltrelerde tutulan uçucu küllere oranla daha büyük tanelidir.

c)Özgül Yüzey: 1 gr uçucu külün cm² cinsinden toplam yüzeyidir.

Blaine hava permeabilitesi metodu ile alınan sonuçlar tablo 22'dedir.

d)Yoğunluk: Uçucu kül numunelerinde yapılan yoğunluk tayini sonuçları da tablo 22'de verilmiştir.

TABLO 22
UÇUCU KÜL ÖZGÜL YÜZEYİ VE YOĞUNLUĞU

NUMUNE ¹	ÖZGÜL YÜZEY, cm ² /gr	YOĞUNLUK, gr/cm ³
E1	3575	2,20
E2	3396	2,18
E3	3150	2,20
E4	2995	2,27
E5	3690	2,30
E6	3155	2,35
S1	1588	2,18
S2	1590	2,20
S3	1590	2,17
S4	1595	2,17

Tablo 22'de verilen sonuçlar, elektrofiltrelerde tutulan uçucu küllerin yüksek özgül yüzeyli, siklonlarda tutulan uçucu küllerin ise düşük özgül yüzeyli olduğunu gösteriyor. Bu sonuç tablo 21'de verilen elsk analiz sonuçları ile uyuşum halindedir.

Elektrofiltrelerden alınan uçucu küller ile mekanik tutucular- da toplanan uçucu küllerin yoğunlukları arasında önemli bir fark yoktur.

2.2.2 Kimyasal Analizler:

a- Şekil 3'de verilen genel analiz metodu uygulanarak, uçucu kül numunelerinde rutubet, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃ ve K.K. tayinleri yapıldı.

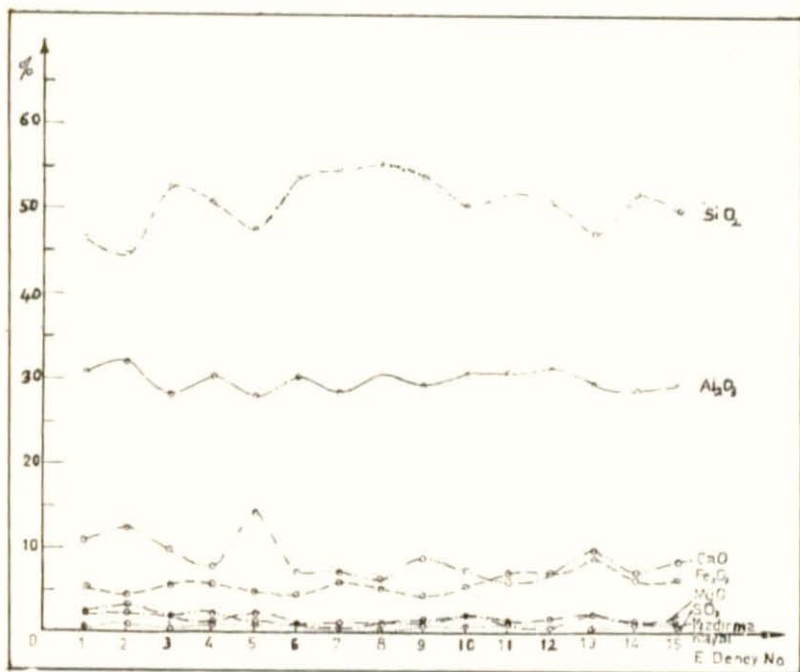
Uçucu küllerin kimyasal analiz sonuçları tablo 23'de ve kimyasal bileşimlerdeki değişimler de, sırası ile şekil 12 ve 13'de verilmiştir:

1 E: Elektrofiltre numuneleri, S: Siklon numuneleri.

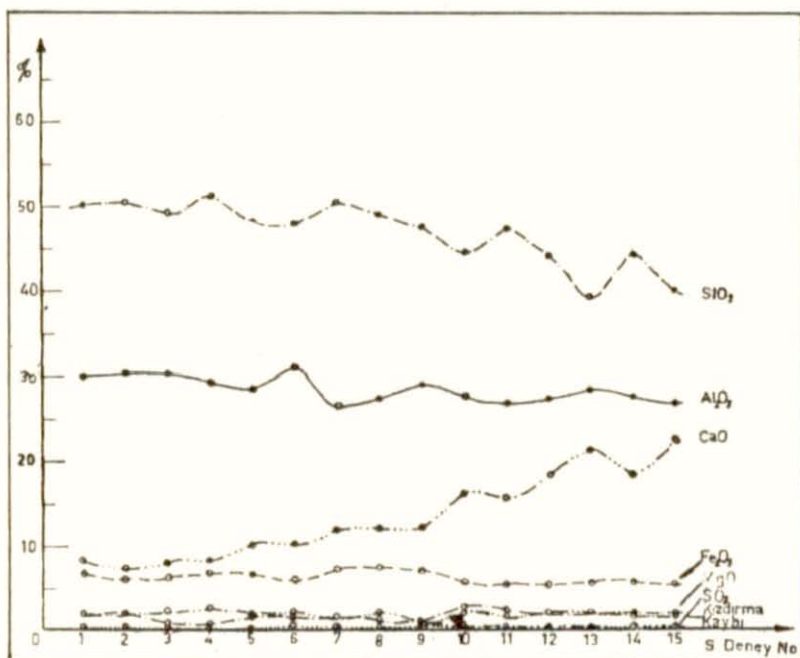
TABLO 23

UÇUCU KÜL KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

NUMUNE	SiO ₂ ,%	Al ₂ O ₃ ,%	Fe ₂ O ₃ ,%	CaO,%	MgO,%	SO ₃ ,%	K.K.,%	RUTUBET,%
E1	46,15	30,52	5,26	10,82	2,16	0,45	2,40	0,10
E2	44,06	32,00	4,18	12,36	2,07	0,89	3,15	1,15
E3	52,25	28,00	5,50	9,36	1,50	0,35	1,75	1,00
E4	50,79	30,25	5,62	7,60	1,12	0,60	2,35	0,20
E5	47,30	27,74	4,72	14,38	2,18	0,86	1,16	0,07
E6	53,20	30,10	6,32	6,90	1,10	0,95	1,00	0,11
E7	54,12	28,20	6,00	7,11	0,41	0,10	1,15	0,09
E8	55,16	30,54	5,10	6,18	1,02	0,20	1,00	0,08
E9	53,96	29,35	4,12	8,76	1,35	0,58	1,02	0,13
E10	50,12	30,80	5,26	7,15	2,16	0,63	2,15	0,10
E11	51,74	30,52	7,05	6,12	1,33	0,69	0,60	0,11
E12	50,66	31,25	7,01	6,90	1,56	0,87	0,52	0,09
E13	46,84	29,36	8,86	9,95	2,28	0,38	2,15	0,08
E14	51,70	28,84	6,15	7,28	1,39	0,96	1,23	0,07
E15	49,86	29,31	6,09	8,50	1,82	0,88	1,30	0,10
S1	50,08	30,00	6,82	8,08	1,85	0,36	2,00	0,06
S2	50,36	30,22	6,04	7,18	2,00	0,29	1,80	0,08
S3	49,05	30,20	6,32	8,14	0,90	0,09	2,15	0,13
S4	51,16	29,18	6,80	8,00	0,76	0,12	2,60	0,09
S5	48,17	28,35	6,58	10,14	1,53	0,35	2,02	0,36
S6	47,96	30,60	5,75	9,86	1,52	0,56	2,25	0,04
S7	50,26	26,18	7,10	11,76	1,54	0,34	1,34	0,09
S8	48,84	27,25	7,22	11,74	1,05	0,43	2,02	0,08
S9	47,50	28,88	7,00	11,86	1,09	0,41	1,09	0,11
S10	44,18	27,09	5,47	16,17	2,82	0,57	2,08	0,18
S11	47,10	26,50	5,30	15,28	2,11	0,72	1,50	0,12
S12	44,00	27,09	5,01	18,15	1,88	0,43	2,15	0,08
S13	38,95	28,36	5,55	21,20	1,80	0,46	2,22	0,09
S14	44,10	27,12	5,60	18,11	2,00	0,57	1,52	0,10
S15	39,64	26,55	5,32	22,18	1,95	0,48	1,60	0,12



ŞEKİL 12



ŞEKİL 13

b- 1962 yılında Soma Termik Santrali uçucu kül stok yığınınından alınan ve ABD Madencilik Laboratuvarında (Bureau of Mines Laboratory) analiz ettirilen uçucu külün kimyasal ve spektrografik analiz sonuçları tablo 24'de verilmiştir:

TABLO 24

SOMA TERMİK SANTRALI UÇUCU KÜLÜ ANALİZİ

KİMYASAL ANALİZLER		SPEKTROGRAFİK ANALİZLER	
SiO ₂ ,%	51,25	K ₂ O,%	1,5
Al ₂ O ₃ ,%	26,15	CaO,%	4,8
Fe ₂ O ₃ ,%	5,29	TiO ₂ ,%	0,3-1,2
TiO ₂ ,%	0,83	V,%	0
CaO,%	7,85	Cr,%	Eser
MgO,%	1,66	Mn,%	Eser
Na ₂ O,%	0,67	Fe ₂ O ₃ ,%	2-4
K ₂ O,%	1,30	Co,%	0
Li ₂ O,%	0,13	NiO,%	0
S,%	0,23	Cu,%	0
P ₂ O ₅ ,%	0,23	Zn,%	0
K.K.,%	4,39	Sr,%	-
Toplam,%	99,98	Cd,%	0
Rutubet,%	0,96	Mo,%	0
C,%	1,36	Hf,%	0

YORUM: Soma Termik Santrali uçucu külünde nadir elementler normal üstü bir konsantrasyonda değildir. Örnek olarak Germanyum ve Uranyum kati olarak tesbit edilememiştir. V'e ise çok az miktarda (sıfır mertebesinde) rastlanmıştır(36).

c- Soma Termik Elektrik Santralından elde edilen uçucu küllerin, çeşitli araştırmacılar tarafından bulunan kimyasal analiz sonuçları, tablo 25'de verilmiştir(31):

TABLO 25
SOMA TERMİK SANTRALI UÇUCU KÜLLERİNİN LİTERATÜRDEN
ELDE EDİLEN KİMYASAL ANALİZLERİ

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
SiO ₂ ,%	44,56	44,06	49,54	51,25	58,69	42,59	40,50	43,86
R ₂ O ₃ ,%	34,78	35,00	29,59	31,44	32,03	29,46	29,10	30,88
CaO,%	17,86	17,50	12,97	7,85	6,36	24,80	26,48	22,22
MgO,%	2,16	2,27	1,46	1,66	0,15	1,62	1,79	1,62
K.K.,%	0,81	0,66	3,36	4,39	2,25	0,26	0,19	0,82

Tablo 25'de verilen kimyasal analiz sonuçları, tablo 23'de verilen kimyasal analiz sonuçları ile oldukça paraleldir.

Uçucu Kül Analiz Sonuçlarının Genel Yorumu:

1- İlgili tablo ve grafiklerin incelenmesinden anlaşıldığına göre, Soma Termik Santralında yakılan kömür değişik yataklardan temin edildiğinden, uçucu küllerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde de az çok farklılıklar vardır. Numuneler heterojen ve kompleksdir. Ancak coğrafik yapısı fazla değişken olmayan aynı bir kömür yatağından alınan kömürün yakılması ile ele geçen uçucu külün, fiziksel ve kimyasal özellikleri de az çok homojen olmalıdır.

2- Tablo 23 ve şekil 12, 13'e göre, elektrofiltreler ile mekanik tutuculardan alınan uçucu kül numunelerinin kimyasal bileşimi birbirinden pek farklı değildir.

Belirli olarak SiO₂'in değişimi, CaO oranının değişimi ile ters orantılıdır.

3- Tablo 23'de verilen Soma uçucu külünün kimyasal analiz sonuçları ile tablo 22'de verilen spesifik yüzeylerinin; beton ve klinker uç-

cu külü konusundaki TS 639 ve ASTM standartları ile karşılaştırılması, tablo 26'da verilmiştir:

TABLO 26

SOMA TERMİK SANTRALI UÇUCU KÜLÜ VE STANDARTLAR

BİLEŞEN, %	ANALİZ SONUÇLARI		TS 639	ASTM C-350,65T
	MIN.	MAX.		
SiO ₂	38,95	55,16	-	-
Al ₂ O ₃	26,18	32,00	-	-
Fe ₂ O ₃	4,12	8,86	-	-
SiO ₂ +R ₂ O ₃	69,25	96,02	min. 70,0	min. 70,0
CaO	6,12	22,18	max. 6,0	-
MgO	0,41	2,82	max. 5,0	max. 5,0
SO ₃	0,09	0,96	max. 5,0	max. 5,0
K.K.	0,52	3,15	max. 10,0	max.12,0
RUTUBET	0,04	1,15	max. 3,0	max. 3,0
SPESİFİK YÜZEY, cm ² /gr	1588	3690	-	min. 2800

Tablo 26'ya göre:

a) SiO₂+R₂O₃ toplamı, Soma Termik Santralı uçucu külünde, minimum standartlar ayarındadır.

b) CaO oranı, standartlarda verilen değerler oldukça üstündedir. Bu sonuç, Soma Termik Santralı Uçucu Külünün çimento ham maddesi olarak kullanılmasının daha uygun olduğunu gösterir.

c) Bütün diğer değerler standartlar içindedir. Ancak mekanik tütucularda tutulan uçucu külün spesifik yüzeyi, standartlarda verilen değerler altındadır. Fakat uçucu kül ham madde olarak kullanılacağından, farin değirmeninde istenen inceliğe kadar öğütülecektir. Bu yüzden herhangi bir sakıncası yoktur. Elektrofiltrelerde tutulan uçucu küllerin spesifik yüzeyi ise oldukça yüksektir.

II. 3 LABORATUAR ÇALIŞMALARININ SONUÇLARI:

Bölüm II.1'de verilen çalışmalar sonucunda, GLİ Soma Bölgesinin "Kalkerli Marn" ve "Marn"dan ibaret olduğu görülmüştü. Çimento ham karışımı(farin) ise, ortalama % 76 titrasyonlu bir ham maddedir. Yaklaşık olarak; % 13 SiO₂, % 4 Al₂O₃, % 2 Fe₂O₃, % 43 CaO, % 1 MgO ve % 36 K.K. kimyasal bileşimindedir.

Kısrakdere açık ocak işletmesi dekapaj kütlesil01/75 no'lu sondaj bölgesinin 7-57. metreler arası ve 102/75 no'lu sondaj bölgesinin 55-60. metreler arası yukarıda verilen ortalama farin kimyasal bileşimine oldukça yakın kimyasal bileşimdedir(Tablo 12, 13; Şekil 4,5). Bunun gibi Elmalı(Doğu) açık ocak işletmesi dekapaj kütlesi 1/74 no'lu sondaj bölgesinin 30-35. ve 60-65. metreler arası da farin kimyasal bileşimini yaklaşık olarak göstermektedir(Tablo 16, Şekil 11). Bu kütleler tabii çimento ham maddesi olarak adlandırılabilir ve değerlendirilebilir.

Diğer kütlelerde(kalkerli marn) ise titrasyon değeri % 76'nın üstünde olup CaO oranı yüksek, SiO₂ oranı düşüktür. Bu kütlelerden çimento ham karışımı hazırlayabilmek için; SiO₂ oranını arttırıcı, CaO oranını düşürücü bir yardımcı ham madde gereklidir. Bu yan ham madde, analiz sonuçları ve özellikleri bölüm II.2'de verilen uçucu kül olabilir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre, istenen farin kimyasal bileşimini elde etmek üzere, hesaplanan oranlarda kalkerli marn ile uçucu kül karıştırılırsa, CaO dengelenebilir ve çimento ham karışımı hazırlanmış olur. Uçucu küldeki yüksek oranlı(% 38,95-55,16) SiO₂, amacı kolaylıkla gerçekleştirir.

Bölgede verimli kil yataklarının bulunmaması da, uçucu külün ham madde olarak kullanılmasını gerektirmektedir.

B Ö L Ü M III YARI TEKNİK ÇAPTA ÇALIŞMALAR

II. Bölümde verilen laboratuvar çapındaki çalışmalar sonucunda GLİ Soma Bölgesi açık ocak işletmesi dekapaj kütlesi ile Soma Termik Elektrik Santrali uçucu külünün belirli oranlarda karıştırılması ile, çimento ham karışımı kimyasal bileşiminin elde edilebileceği görüldükçe, laboratuvar ölçüsündeki bu çalışmalardan yarı teknik çaptaki çalışmalara geçildi. Klinker ve çimento üretiminin gerçekleştirilebilme imkanları araştırıldı.

III. 1 HAM MADDELERİN TEMİNİ VE ANALİZLERİ:

GLİ Soma Bölgesi Kırakdere açık ocak işletmesinde, 29 Haziran 1976 günü dekape edilmekte olan yaklaşık 60-65. metreler arası 5 metrelik gevşetilmiş dekapaj kütlesinden kepçe ile 1,5 ton kadar ortalama ham madde alındı. İri parçalar halinde olan bu marn kütlesi, ana linyit kömür tabakasına yakın bir seviyede bulunmaktaydı.

Soma Termik Santrali genel bantından da 6 Temmuz 1976 günü 300 kg uçucu kül alındı. Bu kül, küllerin bir karışımı olduğundan, stok sahasındaki uçucu külleri de yaklaşık olarak temsil ettiği düşünülebilir.

Soma'dan bir kamyonla Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Sınai Kimya kürsüsüne getirilen bu marn ve uçucu kül ham maddeleri analize alındı.

Analiz sonuçları tablo 27'dedir:

TABLO 27

DEKAPAJ KÜTLESİ VE UÇUCU KÜL ANALİZ SONUÇLARI

	DEKAPAJ KÜTLESİ	UÇUCU KÜL	
a) FİZİKSEL TESTLER			
RENK	Gri-Mavi	Siyah	
YOĞUNLUK, gr/cm ³	2,78	2,20	
ÖZGÜL YÜZEY, cm ² /gr	-	3000	
ELEK ANALİZİ	-	ELEKNO (Mesh No)	ELEK ÜSTÜ, % (Ağırlıkça)
		70	1,5
		100	1,8
		170	9,4
		200	15,7
		325	28,7
b) KİMYASAL ANALİZLER			
RUTUBET, %	0,85	16,70	
TİTRASYON, %	79,12	15,98	
SiO ₂ , %	11,03	49,78	
Al ₂ O ₃ , %	4,66	30,20	
Fe ₂ O ₃ , %	1,81	5,63	
CaO, %	42,22	7,05	
MgO, %	1,84	1,62	
K ₂ O, %	38,15	2,40	
SO ₃ , %	0,15	0,45	
Na ₂ O + 0,658 K ₂ O, %	0,13	0,98	

III.2 HAM MADDE KARIŞIM ORANININ BULUNMASI:

Tablo 27'de kimyasal analizleri verilen marn ve uçucu kül'den, çimento ham karışımının(farin) hazırlanabilmesi için gerekli olan karışım oranı, Bölüm I.2.2.2'de verilen iki metotla aşağıdaki gibi bulundu:

2.1 Michaelis Formülü İle:

Michaelis tarafından verilen formül ile, ham karışımın hidrolik modülü 2 olacak şekilde, karışım oranı bulundu:

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{\text{HM.S-C}}{C_1 - \text{HM.S}_1}$$

HM = 2 Hazırlanacak ham karışımın(farin) hidrolik modülü,

S : Uçucu küldeki total ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) oranı,

C : Uçucu küldeki CaO oranı,

S₁ : Marnadaki total ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) oranı,

C₁ : Marnadaki CaO oranı.

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{2(49,78+30,20+5,63) - 7,05}{42,22 - 2(11,03+4,66+1,81)} = \frac{164,17}{7,22} * \frac{22,74}{1}$$

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{22,74}{1}$$

2.2 Kühl Formülü İle:

Hiçbir ön kabul yapmaksızın bu formül ile en ideal sonuçlar alınmakta, ancak pratikte bu ideal değere ulaşılamadığından CaO oranını, bulunan değenden daha düşük tutmak gerekmektedir:

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{2,8 \text{ SiO}_2 + 1,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - \text{CaO}}{2,8 \text{ SiO}_2 + 1,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - \text{CaO}} \quad \begin{array}{l} \text{(Uçucu Kül Değerleri)} \\ \text{(Marn Değerleri)} \end{array}$$

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{2,8.49,78 + 1,1.30,20 + 0,7.5,63 - 7,05}{2,8.11,03 + 1,1.4,66 + 0,7.1,81 - 42,22} = \frac{169,50}{4,94} = \frac{34,31}{1}$$

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{34,31}{1}$$

Kühl Formülü ile çıkan değer, Michaelis Formülü ile bulunan değerden daha yüksek çıkmıştır. Çalışmalarda karışım oranı, iki metotla bulunan değerlerin ortalaması olarak:

$$\frac{\text{MARN}}{\text{UÇUCU KÜL}} = \frac{25}{1} \quad \text{alınmıştır.}$$

(25 Kısım Marn + 1 Kısım Uçucu Kül) şeklinde hazırlanması gereken ham karışımında bulunacak uçucu kül oranı, % 3,85'dir. Bu karışım oranı kullanılarak yapılan hesaplamalar tablo 28'de verilmiştir:

TABLO 28

MATEMATİKSEL YOLDAN FARİN VE KLİNKER KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARININ BULUNMASI

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K.K.
MARN,%	11,03	4,66	1,81	42,22	1,84	38,15
UÇUCU KÜL,%	49,78	30,20	5,63	7,05	1,62	2,40
25 X MARN	275,75	116,50	45,25	1055,50	46,00	953,75
1 X UÇUCU KÜL	49,78	30,20	5,63	7,05	1,62	2,40
26 KISIM HAM KARIŞIM	325,53	146,70	50,88	1062,55	47,62	956,15
*1 KISIM HAM KARIŞIM(FARİN)	12,52	5,64	1,96	40,87	1,83	36,78
1 KISIM PIŞMIŞ KARIŞIM(KLİNKER)	19,85	8,94	3,11	64,80	2,90	-

FARİN İÇİN:

HM= 2,03; SM= 1,65; AM= 2,88; KS= 95,87; $\Delta_{bc} = 6,85$; $\Delta_L = 5,54$.

Tablo 28'de verilen sonuçlar; I.2.2.1. bölümde çimento ham karışımı için verilen modüller ile kireç standardı değerlerine uygun sonuçlardır. $\Delta_{bc} = 6,85 > \Delta_L = 5,54$ olması, pişmenin teorik olarak tam olduğunu göstermektedir. Portland çimentosu ham karışımı(farin), iki ham maddeden rahatlıkla hazırlanabilmektedir.

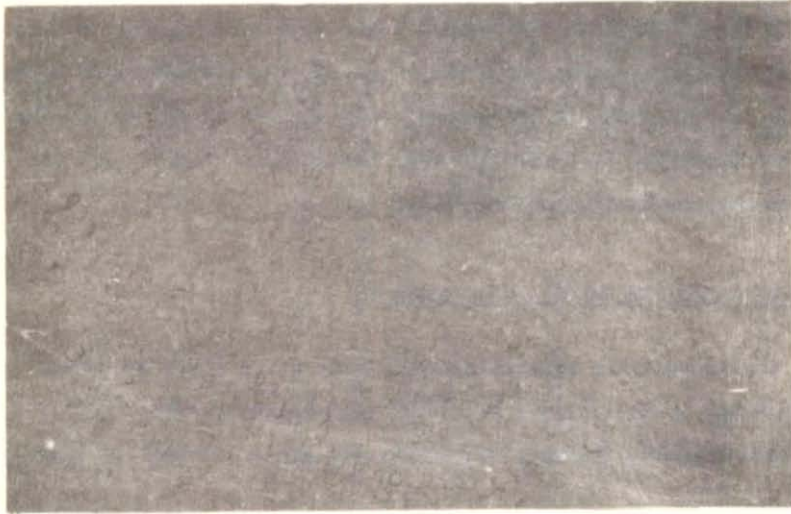
III. 3 HAM KARIŞIMIN(FARİN) HAZIRLANMASI:

Analiz edilerek karışım oranı bulunan 2 ton kadar ham madde (marn, uçucu kül ve alçı taşı), kamyonla Ege Üniversitesinden, Ankara MTA Enstitüsü Teknoloji Dairesi Cevher Zenginleştirme Servisi'ne taşındı.

Marn ve Uçucu Kül, resim 4 ve 5'de görülmektedir:



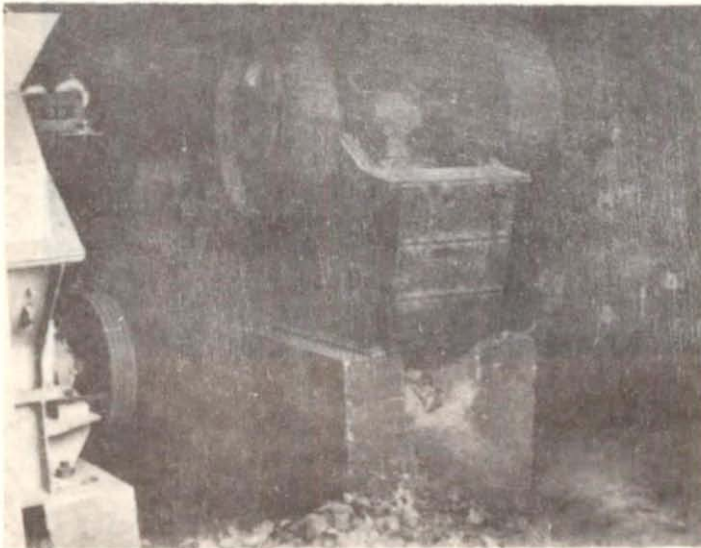
RESİM 4, MARN



RESİM 5, UÇUCU KÜL

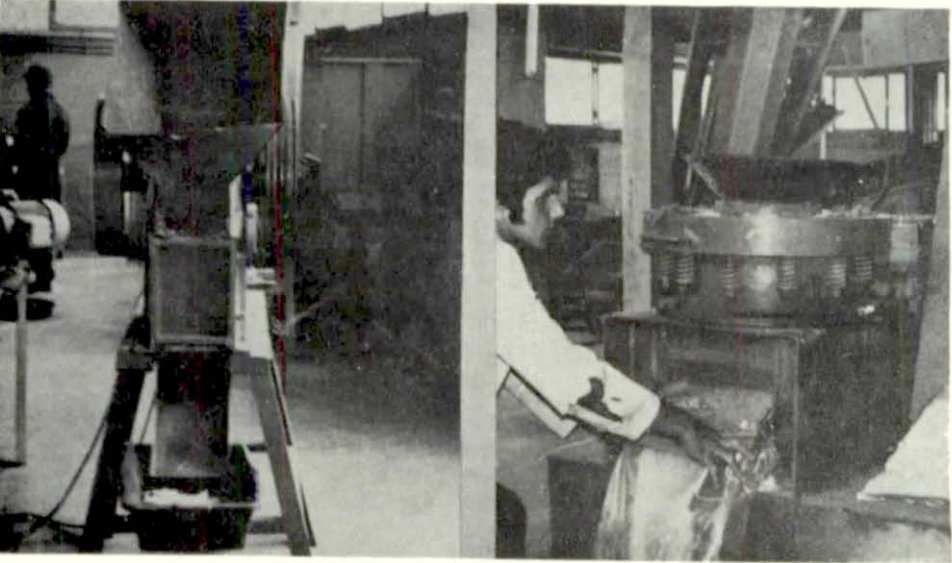
Cevher Zenginleştirme Servisinde, 10-15 cm büyüklüğünde iri parçalar halinde olan 1,5 ton kadar marn, çeşitli kademelerden geçirilerek inceltildi. Akım şeması şöyledir:

a) İri marn parçaları önce resim 6'da görülen Çeneli Kırıcı'da kırılarak ufaltıldı:



RESİM 6, ÇENELİ KIRICI

b) Daha sonra resim 7'de görülen Küçük Çeneli Kırıcı ile, marn daha da parçalandı:

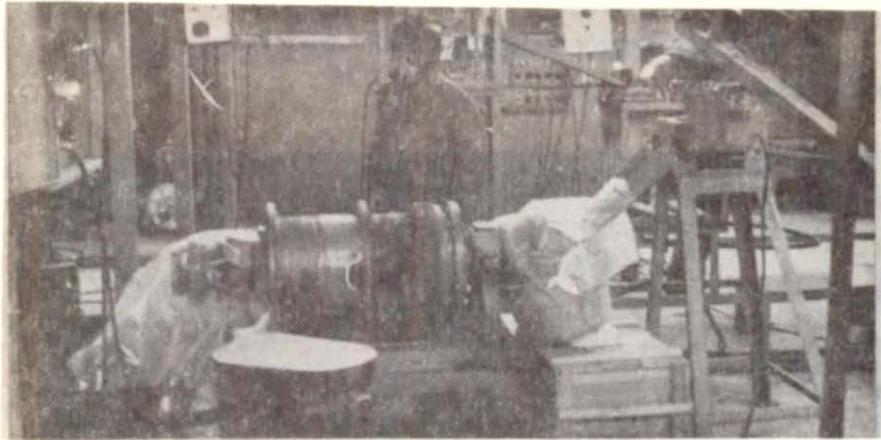


RESİM 7, KÜÇÜK ÇENELİ KIRICI

RESİM 8, KONİK KIRICI

ö) Küçük çeneli kırıcıdan çıkan ufaltılmış kütle, resim 8'de görülen Konik Kırıcı'dan geçirilerek 3 mm tane büyüklüğüne kadar indirildi.

d) Konik kırıcıdan çıkan ve 3 mm tane büyüklüğünden daha ince olan bu kütle, % 3,85 oranında uçucu küllü, homojen olarak karıştırıldı, 1500 kg marn ve 60 kg uçucu küllü karışımı bir lastik bantla ikinci konik kırıcıya verildi. Konik kırıcı çıkışı sürekli kürelü değirmene bağlandı. Resim 9, küçük konik kırıcı ile sürekli kürelü değirmeni göstermektedir. 1. Kürelü Değirmenden çıkan ince mal, istenilen inceliğe ulaşılabilmek için tekrar 2 sürekli kürelü değirmenden geçirildi. Ele geçen öğütülmüş ham karışımın (farın), fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları tablo 29'da verilmiştir.



RESİM 9. KONİK KIRICI VE KÜRELİ DEĞİRMEN

TABLO 29

FARİN ANALİZ SONUÇLARI

<u>a) FİZİKSEL TESTLER:</u>	ELEK NO	DELİK AÇIKLIĞI mm	cm ² 'DEKİ DELİK SAYISI	ELEKTE KALAN %, Ağırlıkça
İNCELİK	75	0,2	950	0,7
	175	0,09	4700	7,2
YOĞUNLUK	2,77 gr/cm ³			
SPESİFİK YÜZEY	7158 cm ² /gr			
<u>b) KİMYASAL ANALİZLER:</u>				
TİTRASYON DEĞERİ, %	75,87		HM = 2,04	
SiO ₂ , %	12,56		SM = 1,67	
Al ₂ O ₃ , %	5,58		AM = 2,86	
Fe ₂ O ₃ , %	1,95		KS = 96,11	
CaO, %	41,01		△ _{bc} = 6,62	
MgO, %	1,81		△ _L = 5,45	
SO ₃ , %	0,15			
Na ₂ O+0,658K ₂ O, %	0,16			
K.K., %	36,75			

Tablo 28 ve 29'a göre, farin kimyasal analiz sonuçları, ham maddelerden çıkılarak matematiksel yoldan bulunan kimyasal analiz sonuçlarıyla oldukça paraleldir. Analiz sonuçları ve modül değerleri, portland çimentosu ham karışımı için verilen değerler içinde bulunmaktadır.

Bu farin kullanılarak elde edilecek klinkerin kimyasal analizi de, matematiksel yoldan bulunabilir. Sonuç tablo 30'da verilmiştir:

TABLO 30

MATEMATİKSEL YOLDAN KLİNKER KİMYASAL ANALİZ SONUCU

SiO ₂ ,%	Al ₂ O ₃ ,%	Fe ₂ O ₃ ,%	CaO,%	MgO,%	SO ₃ ,%	Na ₂ O+K ₂ O,%	K.K.,%
19,86	8,82	3,08	64,85	2,86	0,24	0,25	-

Tablo 30'da verilen sonuçlar, Bölüm I.2.3.3'de verilen, Portland Çimentosu Klinkeri kimyasal analiz değerleri ile uyum halindedir.

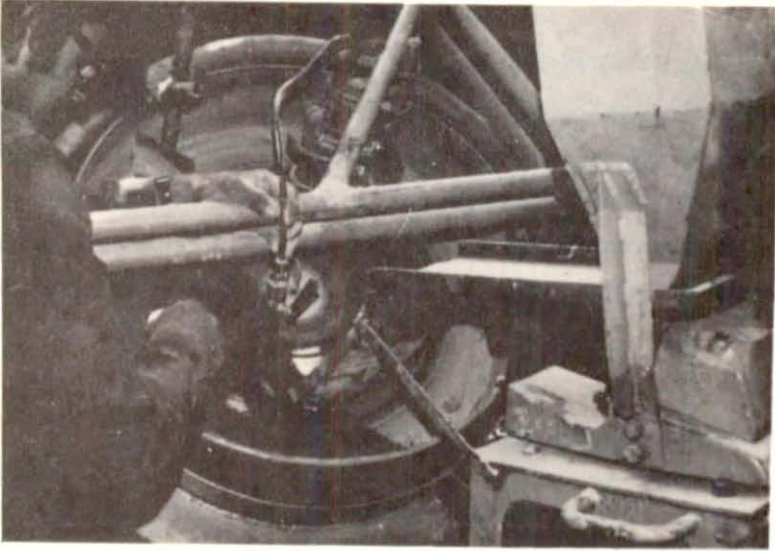
III.4 PELEMLEME VE SİNERLEME:

MTA Enstitüsü Teknoloji Dairesi Cevher Zenginleştirme Servisinde hazırlanan ve analiz sonuçları tablo 29'da verilen farin, sinter potasında çalışmayı mümkün kılmak ve gerekli gaz geçirgenliğini sağlayabilmek için granüle hale getirildi(peletleştirildi). Elde edilen peletler sinter potasında sinterlendi.

Peletleme ve sinterleme çalışmaları, MTA Enstitüsü Teknoloji Dairesi Metalurji Servisi Pilot Tesislerinde, sistem dizayn sınırları içinde ve bazen de bu sınırlar aşarak gerçekleştirildi.

4.1 Peletleme:

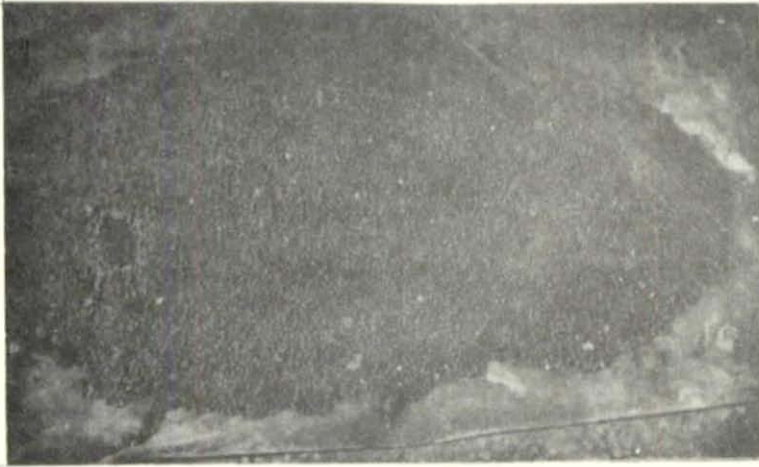
Hazırlanan ham karışımdan alınan 55-60 kg kadar farin, kimyasal bileşiminin değişmemesi için, yalnızca çeşme suyu ilave edilerek, peletleme diskinde peletlendi. Kullanılan peletleme diskinin yatayla eğimi 41^o, dönme hızı 20 devir/dak. olarak seçildi. Çapı 63 cm olan bu disk, resim 10'da verilmiştir:



TİTREŞİMLİ BESLEYİCİ VE PELETTLEME DİSKİ

RESİM 10

Farin, peletleme diskine, Resim 10'da görülen titreşimli besleyici ile verildi. Sinterleme çalışmaları için istenen kalitede pelet üretilebilmek maksadı ile, titreşimli besleyicinin hız ayarı bulundu. Titreşimli besleyicinin besleme hızı; peletleme diskinin dönme hızı, yatayla yaptığı açı, eklenen nem miktarı ve peletlenecek malzemenin çeşitli özellikleri gibi faktörlere bağlı bir değişkendir. Peletleme çalışmalarında besleyicinin hızı 1000-1300 gr farin dak. olarak seçildi ve farin, peletleme diskine bu hızla verildi. Peletleme diskinde, bir atomize su püskürtücü kullanılarak nemlendirilen farin taneciklerinin birbirine yapışması ile oluşan pelet çekirdekçikleri, üzerlerine tedricen beslenen yeni farin taneciklerini sararak büyüme gösterdi. Farin beslenmesi ve atomize su ilavesi devam ettikçe, istenen büyüklüğe ulaşan peletler, diskten, peletleme diskine bağlı olan oluğa dökülerek, pelet toplama kovalarında toplandı. Peletleme çalışmalarında, pelet büyüklüğü; diskin eğimine, açılma hızına, birim zamandaki farin besleme miktarına, birim zamanda verilen su miktarına ve farin ile suyun diske verilmiş yerine bağlı olarak ayarlanabilmektedir. Üretilen peletler resim 11'de verilmiştir:



RESİM 11, PELETLER

Üretilen 4-15 mm çapındaki nemli peletlerin basınç dayanım değerleri, Chatillon Test Cihazında ölçüldü ve $0,5 - 1,0 \text{ kg/cm}^2$ bulundu. Kurutulan peletlerin ise $3,5 - 4,0 \text{ kg/cm}^2$ arasında basınç dayanımı gösterdikleri anlaşıldı. Bu sonuçlar, peletlerin, sinter potasına taşınma ve yükleme sırasındaki basınçlara dayanabileceğini, sinter potası içinde, üstteki yükü dağılmadan çekebilecek sağlamlıkta olduğunu göstermektedir.

Yaş peletlerin nem tayinleri, Moisture Teller cihazında, 200 gr. numune alınarak $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de yapıldı ve % 15 ağırlık kaybı ölçüldü. Bu sonuç peletlemenin % 15,00 su ile yapıldığını gösterir.

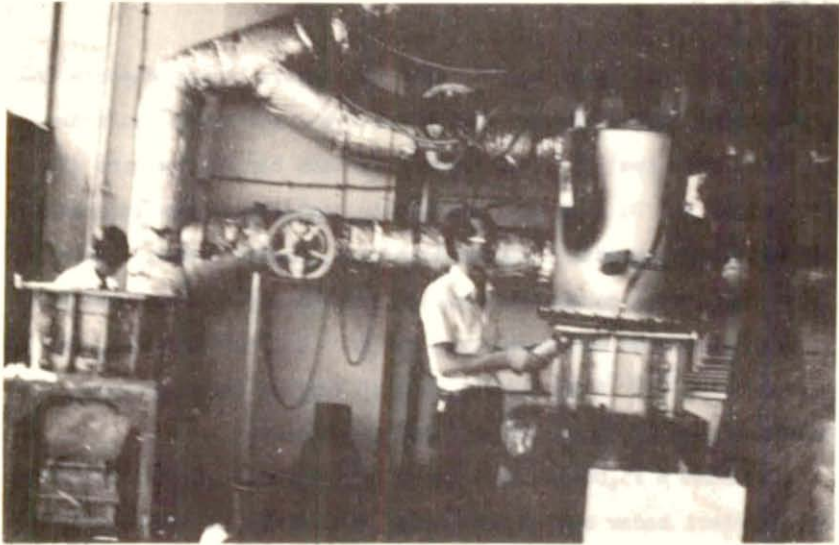
Peletleme % 15,00'den daha az su kullanılarak gerçekleştirilirse, peletler yeteri kadar sağlam olmamakta, daha fazla su püskürtüldüğünde ise plastisite artarak çamurlaşmakta ve aşırı yapışma olmaktadır.

4.2 Sinterleme:

Sinterleme çalışmalarında kullanılan Sinter Potası, 40 cm çapında ve 40 cm yüksekliğinde, metalden yapılmış silindirik bir potadır. Metalden yapılmış ızgaralar üstüne yerleştirilmektedir. Potanın belirli yerlerine, pota içindeki yatağın, sinterleme sırasındaki sıcaklıklarını ölçme ve kontrol için Pt,Pt-Rh'lu termokupllar yerleştirilebilmektedir. Bu termokupllar da 12'li otomatik temperatur kaydedicisine bağlanmaktadır.

Peletlerin sinterlenmesi için gerekli ısı; sinter potası üzerine gezer bir vinç ile taşınarak oturtulan ve üzerinde bir mazot brülörü, yanma için gerekli hava bağlantıları, otomatik ateşleme tertibatı ve değişik ateşleme şartları için O_2 , H_2 gibi gaz verme bağlantıları bulunan içi refrakter tuğla ile döşeli bir "ateşleme başlığı" ile sağlanmıştır.

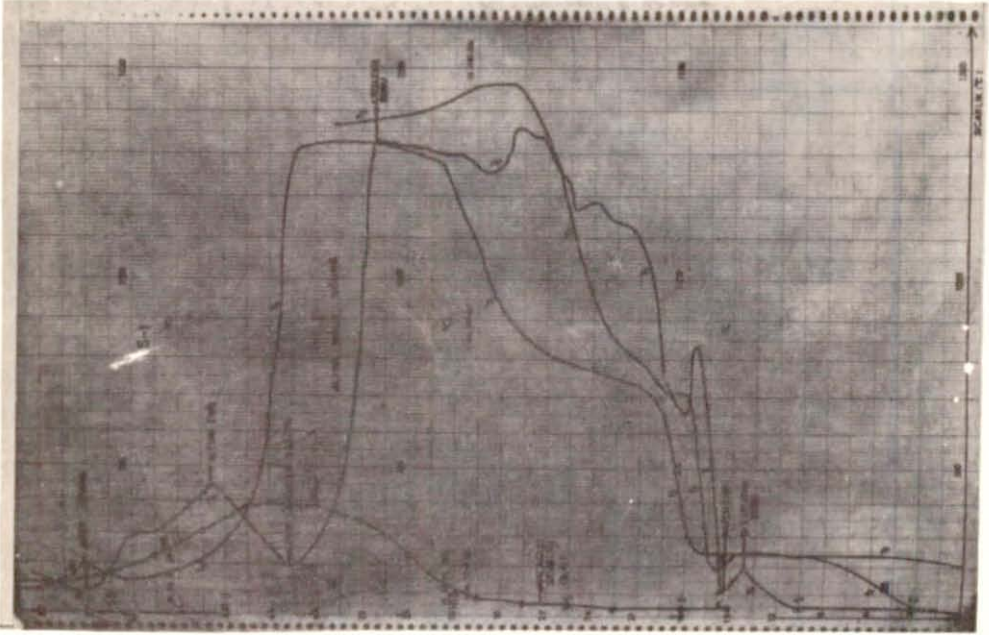
Sinter potası, alttan emiş ve üfleme yapılabilen bir kasa aracılığı ile, sıcak ve soğuk hava körüklerine izoleli çelik borularla bağlantılıdır. Resim 12'de; solda silindirik sinter potası ile altında emme ve üfleme kasası, sağda ise ateşleme başlığı ile bağlantıları görülmektedir:



RESİM 12

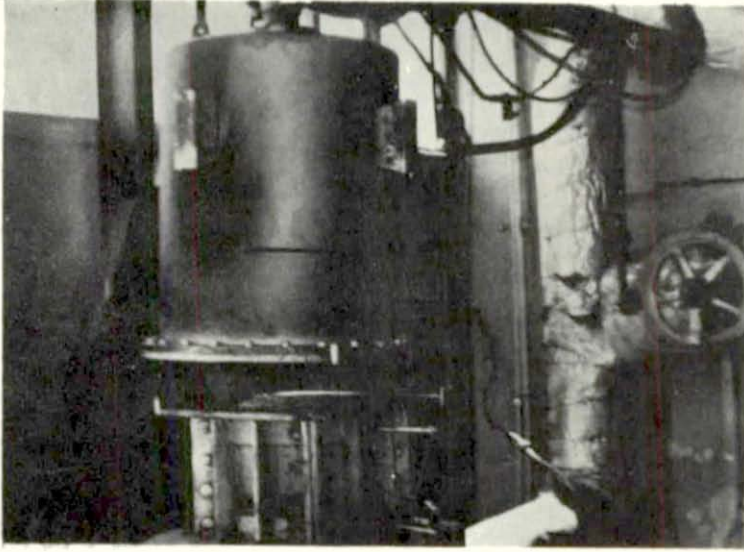
Aynı sistemle; ateşleme başlığı ile sağlanan direkt mazot alevi ile sinterlemenin yanında, farin'e belirli oranlarda kok tozu, kalker tozu ve nem ilavesi ile hazırlanan peletleri, 40 X 40 X 40 cm boyutlarında kübik çelik sinter potasına yerleştirerek, üstten ateşleme başlığı ile kısa bir süre ateşleyip, karışımında bulunan kok ısısı ile de sinterle-

gazı sıcaklığının değişim kademeleri, resim 13'de verilen zaman-sıcaklık grafiğinde görölmektedir:



RESİM 13

Ateşleme başlığı, resim 12'de görölen yerinde mazot alevi ile 1400°C 'ye kadar ısıtılarak, gezer vinçle 15. dakıkada sinter potası üzerine kondu ve pişirme başladı. Resim 14, ateşleme başlığının sinter potası üzerine konmasını ve sinter yatağındaki termokuplları göstermektedir.



RESİM 14

Zaman-sıcaklık grafiğine göre yatak üstü sıcaklığı T_1 , 7,5 dakika süre ile 1250-1330°C'ler arasında tutuldu. T_2 yatak ortası sıcaklığının 700°C ile 900°C arasındaki artış hızında ise bir yavaşlama görülüyor. Bu yavaşlama CaCO_3 ile MgCO_3 'ün endotermik kalsinasyonundan ileri gelmektedir. T_1 'de bu yavaşlamanın görülmemesi de, yatağın termokupla göre daha aşağı çökmesindedir. T_2 , 13,5 dakika müddetle 1300-1460°C arasında tutulabildi. Fakat yatağın oturması sonucunda T_2 termokuplu kırıldığından, yatak ortası sıcaklığının bundan sonraki tesbiti mümkün olamadı.

T_3 yatak altı(ızgara üstü) sıcaklığı ise, 1300-1330°C'ler arasında 7,5 dakika tutuldu. T_3 'ün artış hızı da, T_2 'de olduğu gibi belirgin bir şekilde, 700-900°C'ler arasında 9 dakika süre ile azaldı. Bu sonuç da gene endotermik dekompozisyonun beklenen bir gereğidir. T_3 , alttan üfleme ile soğutma neticesinde, 10,5 dakikada 1300°C'den 140°C'ye kadar süratle düşürüldü.

Kullanılan sinter sisteminin maksimum boru sıcaklığı (baca gazı sıcaklığı) 360°C olarak sınırlandırıldığından, sinter temperaturünde (1350-

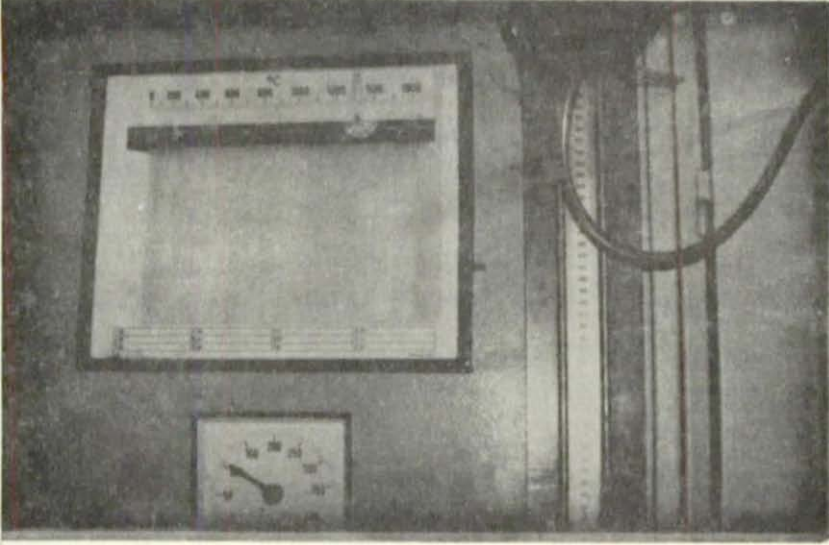
1400°C) daha fazla pişmenin sürdürülmesi gerçekleştirilemedi. 42. dakikadan başlayarak, baca gazının sıcaklığı 390°C'ye ulaştı ve 4,5 dakika kadar 380-390°C arasında kaldı. Ateşlemenin bitiminden sonra da yavaş bir hızla azalmasına devam etti.

İşlem süresince, sinter potasından emilen ve üflenen gazın basıncı ve baca gazının sıcaklığı, zamana bağlı olarak tablo 31'de verilmiştir:

TABLO 31
S1 SİNERLEME DEĞERLERİ

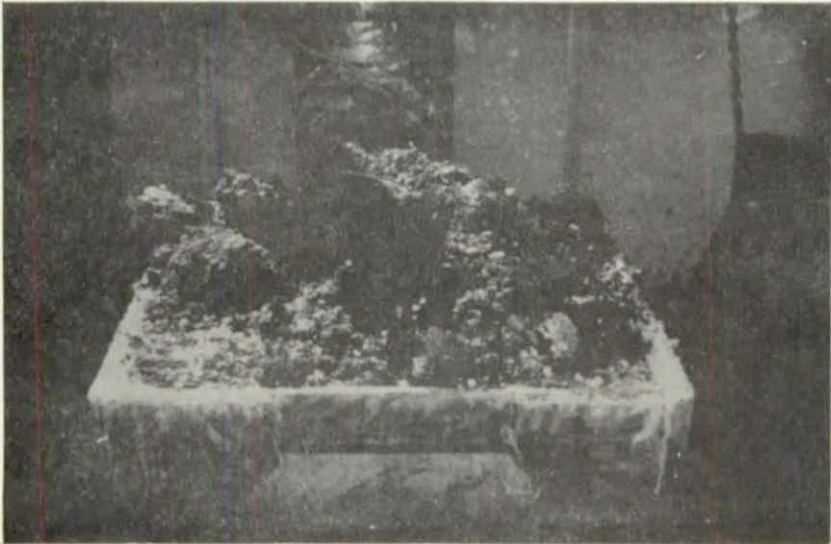
İŞLEM	ZAMAN,dak	BASINÇ(P),mm.SS.	BACA GAZI TEMP.,°C
KURUTMA	4,5	-400	40
KURUTMA	7,5	-400	40
ATEŞLEME	15,0	-400	40
SİNERLEME	16,0	-600	40
"	18,0	-600	40
"	19,5	-600	40
"	25,5	-250	55
"	27,0	-175	60
"	28,5	-175	60
"	31,5	-175	80
"	36,0	-175	240
ATEŞLEME SONU	38,0	-175	320
EMME	39,0	-600	340
"	42,0	-600	385
ÜFLEME	44,0	+450	390
"	46,5	+450	380
	49,5		305
	52,5		225
	55,5		165
	59,0		125

Resim 15, 12'li otomatik temperatür kaydediciyi, hemen alta baca gazı sıcaklığını gösteren cihazı ve sağda manometreyi göstermektedir:



RESİM 15, KONTROL TABLASI

Ateşlemeden sonra, soğumanın daha etkin ve hızlı olabilmesi için vinçle sinter potası kaldırılarak üfleme ve emmeye devam edildi. Resim 16, soğutulmakta olan sinter kütlelerini (pişmiş peletler) göstermektedir:



Sonuç olarak bu sinterleme çalışması; 15 dakika kurutma, 23 dakika sinterleme ve 16 dakika da soğutma olmak üzere toplam 54 dakika sürdü.

Sl Sinter Deney Sonuçları: Soğuyan sinter ürününde yapılan incelemelerde, 4-6 mm çapındaki küçük peletlerin yüzeydeki kısmi erimeden dolayı birbirine yapıştıkları, kırıldıklarında üniform olarak piştikleri görüldü. Ancak 8-15 mm çapındaki peletlerin ise yapışma göstermedikleri, pişmenin tam olmadığı, kırıldıklarında iç kısımları ile dış kısımları arasında üniform pişmeyiştten ileri gelen renk farklılıkları gösterdikleri anlaşıldı.

Deney sırasında, peletlerin neminin ayrılması ve kalsinasyon- dan dolayı, sinter yatağının % 40-50 arasında oturduğu görüldü. Bu çökme, T₂ termokuplunun kırılmasına neden oldu.

Sl sinterlemesi kaliteli bir sinter ürünü vermemiş, ancak daha sonraki sinter çalışmaları şartlarının belirlenmesine imkan sağlamıştır.

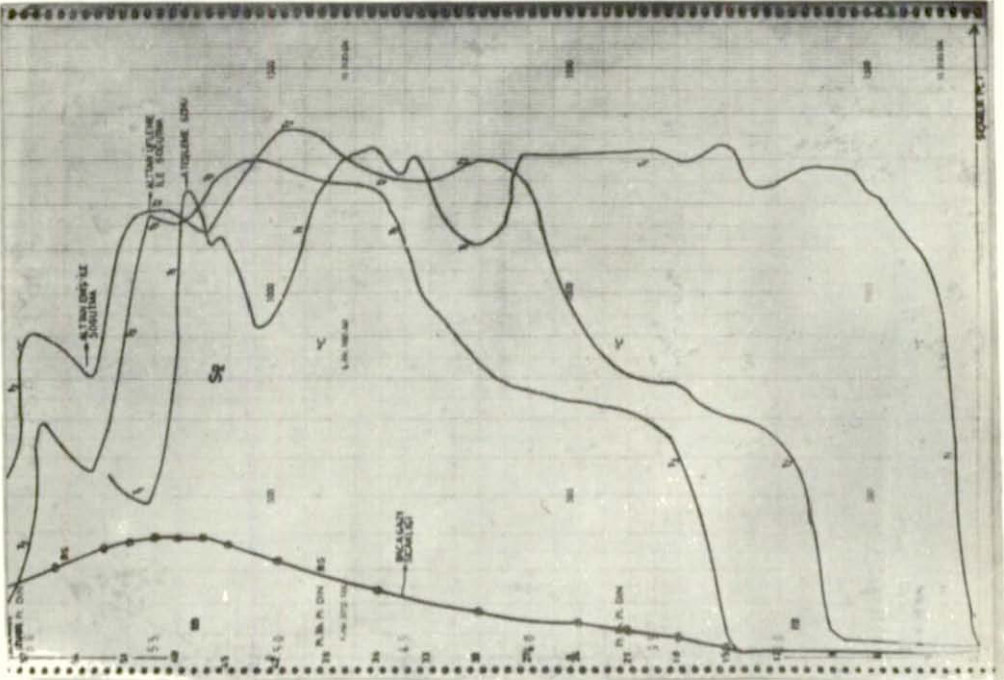
4.2.2 Sinterleme-2(S2): S2 ve sonrası sinter çalışmalarında, pelet yatağından geçen hava ve gaz akısını (geçirgenliği) fazla düşürmemek, fakat üniform pişmeyi gerçekleştirmek için 4-6 mm çapında pelet üretildi ve kullanıldı.

Sl sinter ürününün 8-15 mm çapında olanları elenerek alındı ve 4-5 cm yüksekliğinde, yatak malzemesi olarak ızgara üstüne serildi. Bu arada havada kısmen kuruyarak sinter potasına yerleştirilen peletlerin, alttan sıcak hava üfleyerek kurutulmasına yer verilmedi. Çünkü; Sl deneyinde görüldüğü kadarıyla havada kısmen kurumuş peletler direkt olarak ateşleme başlığı ile pişirilirken ani sıcaklık etkisi ile termal şoka dayanamayarak yüzeyde kısmen parçalandırlarsa da, termal şokun yatağın altına doğru ilerleme hızı, emiş şiddetinin kontrol edilmesi ile yavaşlatılabilmekte ve üst kısımda kısmen dağılan peletlerin geçirgenliği pratik olarak etkilemediği sonucuna varılmaktadır.

Termokupllar sinter potasının yüzeyinden itibaren 7., 24. ve 33. cm seviyesine yerleştirildi. Sl deneyine göre, 16. cm'de bulunan ter-

mokuplu 24. cm'ye almakla, yatağın oturması yüzünden kırılması önlenmek istendi. 40. cm'de(ızgara üstünde) bulunan termokupl, ızgaradaki aşırı ısı kayıplarından etkilenmemesi, yatağın sıcaklığını daha iyi gösterebilmesi için 33. cm'ye ç-karıldı.

Resim 17, S2 sinterlemesinin ateşleme, dehidratasyon, kalsinasyon, ateşleme sonu, alttan üfleme ve emme ile gerçekleştirilen soğutma kademelerini göstermektedir:



RESİM 17

S2 sinterleme çalışması ile ilgili bazı değerler de tablo 32'de verilmiştir:

TABLO 32
S2 SİNERLEME DEĞERLERİ

İŞLEM	ZAMAN, dak	BASINÇ, mm.SS	BACA GAZI TEMP., °C
ATEŞLEME	0,0	-175	40
DEHİDRATASYON	6,0	-250	40
"	13,5	-400	40
KALSİNASYON	15,0	-400	50
"	21,0	-250	110
"	24,0	-250	140
"	27,5	-300	150
"	30,0	-225	170
SİNERLEME	36,0	-250	240
"	40,5	-250	300
"	42,0	-250	325
"	45,0	-250	370
"	46,5	-200	395
ATEŞLEME SONU	48,0	-200	395
ÜFLEME İLE SOĞUTMA	50,0	+350	390
EMİŞLE SOĞUTMA	53,5	-600	345

S2 Sinter Deney Sonuçları: Bu sinterlemede 4-6 mm çaplı küçük peletlerin kullanılmış olması yataktan geçen gaz miktarını (gaz akısını) azaltmasına rağmen, sinter sonu yatakta yapılan incelemelerde, sinterlemenin çok daha iyi ve pişmenin üniform olduğu, peletlerin, pişme farkından ileri gelen renk değişimi göstermedikleri anlaşıldı.

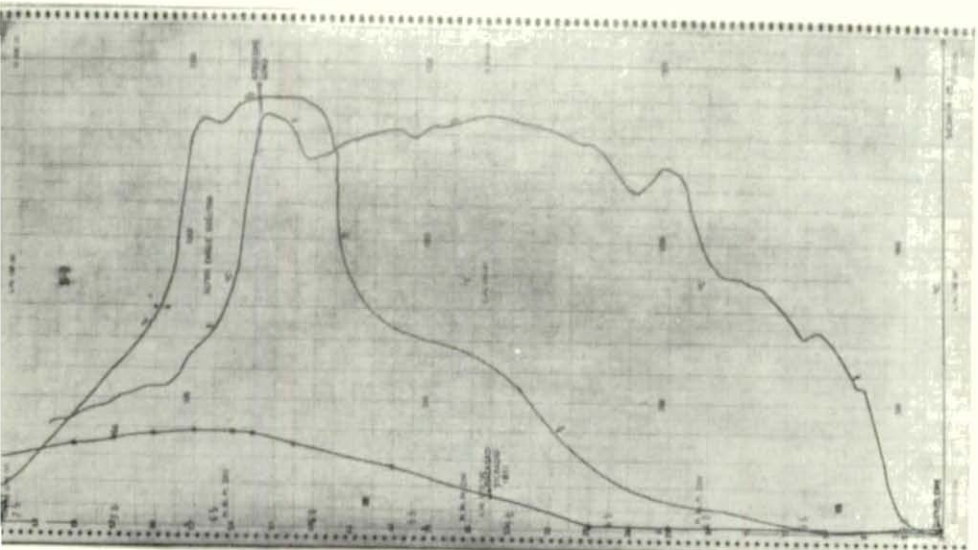
Bu sinterlemenin sinter temperaturü; yatak ortası (T_2) 1300°C'de 13,5 dakika, yatak altı (T_3) 1225-1300°C'de 10 dakika sinterlendiğinden 1300°C olarak alındı. S1 deneyine oranla, sinter yatağını sinter temperaturünde tutma süresi daha uzun olarak sağlanabildi. Ancak ateşlemeye son verildiğinde, baca gazı sıcaklığı (BS), üst sınır sıcaklığı olan 360°C yi aşmakta idi.

Sinter potasının cidarlarında kısmen pişmemiş beyaz peletler elle seçilerek ayrıldı ve iyi sinterlenmiş 7,83 kg sinter ürünü(klinker) elde edildi. Bu sinter ürünü pulverize su piskürtülerek açık havada yeteri kadar bekletildi. Böylece klinkerin söndürülmesi işlemi gerçekleştirilmiş oldu. Söndürülen klinkerden fiziksel ve kimyasal analizler ile X-Ray powder diffraction analizi için ortalama numuneler alındı, sinter ürünü çimento üretimi için naklandı.

4.2.3 Sinterleme-3(S3): S3 sinterlemesinin 1300°C'nin üstündeki sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi plânlandı. Sinter ızgarası üzerine, pişmiş iri peletlerden 4-5 cm kalınlığında yatak malzemesi döşendi.

S2 deneyinde termokupllardan bir tanesi kırıldığından, bu denemede 2 termokupl kullanıldı. Bu termokupllar potanın 7. ve 33. cm seviyesine yerleştirildi.

Önceden 1400°C'ye kadar ısıtılan ateşleme başlığı, sinter potasının üstüne kondu ve ateşleme başladı. İlgili zaman-sıcaklık grafiği resim 18'de verilmiştir:



S3 deneyinde; yatak üstü sıcaklığı(T_1) 1215-1355°C'ler arasında 32 dakika, yatak altı sıcaklığı(T_2) ise 1300-1400°C'ler arasında 10,5 dakika tutulabildi. Bu süre içinde baca gazı sıcaklığının 390°C'ye kadar yükseldiği gözlemlendi. S3 sinter grafiği, S1 ve S2 denemelerinin zaman-sıcaklık grafikleri ile karşılaştırılacak olursa, ölçülemeyen yatak ortası sıcaklığının 1400°C'de 10 dakika süre ile tutulduğu ve S3 sinterlemesinin 1400°C'de gerçekleştirildiği kabul edilebilir.

Deneme süresince kaydedilen değerler tablo 33'de verilmiştir:

TABLO 33
S3 SİNERLEME DEĞERLERİ

İŞLEM	ZAMAN,dak	BASINÇ,mm.SS.	BACA GAZI TEMP.,°C
ATEŞLEME	0,0	-175	40
DEHİDRATASYON	5,0	-175	40
"	10,0	-250	40
"	21,0	-300	40
KALSİNASYON	27,0	-350	40
"	34,5	-350	160
"	42,0	-400	270
SİNERLEME	49,5	-300	350
ATEŞLEME SONU	52,5	-300	390
EMİŞLE SOĞUTMA	55,5	-275	395
"	57,0	-800	395
"	60,0	-600	380
"	66,0	-400	340

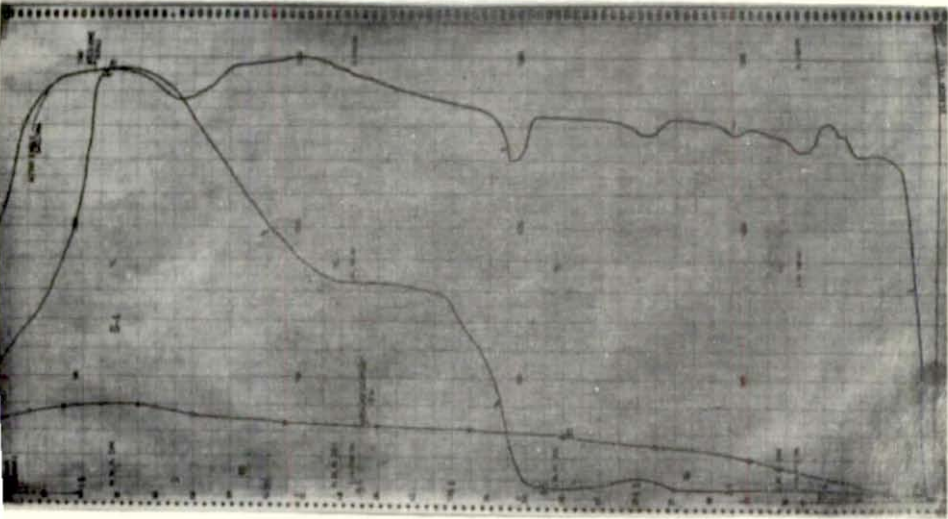
S3 Sinter Deney Sonuçları: Sinter temperaturü 1400°C olarak alınan soğutulmuş sinter ürününün incelenmesiyle, peletlerin büyük bir kısmının sinterlendiği, sadece sinter potasının cidarlarında kalan çok az miktardaki peletlerin tam pişmediği ve yer yer beyazlıklar gösterdiği anlaşıldı. İyi pişmeyen bu peletler elle seçilerek diğerlerinden ayrıldı. Elde edilen 12,78 kg sinter ürünü(klinker) su ile söndürülüp açık havada

yeteri kadar bekletildikten sonra analizler için ortalama numuneler alındı, pişmiş peletler çimento üretimi için saklandı.

4.2.4 Sinterleme-4(S4): S4 sinter çalışması, üst sıcaklık limitlerinin aşılması pahasına da olsa, mümkün olan en üst sıcaklıkta gerçekleştirilmek istendi. İki adet termokupl, yüzeyden itibaren potanın 7. ve 33. cm mesafesine kondu. Pişmiş iri peletlerden 4-5 cm kalınlığında yatak malzemesi, ızgara üstüne döşendi.

1500°C'ye kadar ısıtılan ateşleme başlığı sinter potasının üstüne konarak pişirme başladı.

S4 sinterlemesinin zaman-sıcaklık eğrisi, resim 19'da verilmiştir:



RESİM 19

Grafikten de görüldüğü gibi, T_1 yatak üstü sıcaklığı 1300-1500°C sıcaklıklar arasında 59 dakika tutuldu ve 68. dakikada ateşlemeye son verilerek alttan emişle soğutmaya geçildi. T_2 yatak altı sıcaklığı ise, 33,5 dakika süren dehidratasyondan 3,5 dakika sonra 600°C'ye ulaştı. Sıcaklık artış hızı, 600-900 °C arasındaki kalsinasyondan dolayı 15 dakika azaldı.

T₂, 1400-1470°C'ler arasında 10,5 dakika tutulabildi.

S1 ve S2 sinterlemelerinin zaman-sıcaklık eğrilerinden anlaşıldığına göre; ölçülemeyen yatak ortası sıcaklığı da en az 10-15 dakika, 1400-1500°C'ler arasında olmalıdır. Sonuç olarak denemenin sinter sıcaklığı ortalama 1450°C alındı.

Bu denemede, baca gazı sıcaklığının 400°C'yi aştığı ve kalın sinter potasının çok aşırı kızardığı gözlemlendi.

S4 sinterlemesi devamınca kaydedilen değerler, tablo 34'de verilmiştir:

TABLO 34
S4 SINTERLEME DEĞERLERİ

İŞLEM	ZAMAN, dak	BASINÇ, mm.SS.	BACA GAZI TEMP., °C
ATEŞLEME	0,0	-200	40
DEHİDRATASYON	7,5	-200	100
"	15,0	-300	200
"	22,5	-350	250
KALSİNASYON	30,0	-350	290
"	37,5	-350	310
"	45,0	-360	320
SINTERLEME	52,5	-380	330
"	60,0	-400	360
"	64,5	-400	405
ATEŞLEME SONU	67,5	-400	405
ENİŞLE SOĞUTMA	70,5	-900	390
"	73,5	-900	365

S4 Sinter Deney Sonuçları: Maksimum sıcaklığa S4 sinterlemesinde ulaşıldığından, peletlerin hemen tamamının piştiği, likit faz oranı fazla olduğundan birbirine yapışarak kütle haline geldikleri gözlemlendi. Pota cidarlarında kısmen pişen peletler elle seçilerek ayrıldı.

Elde edilen 21,33 kg pişmiş sinter ürünü(klinker), pulverize su

püskürtülerek açık havada yeteri kadar bekletildi, gerekli analiz numuneleri alındı.

4.2.5 Sinterleme-5(S5): S5 ve S6 sinterleme çalışmalarında, farin'e belirli oranlarda kok ve kalker katılarak, kok ısı ile pişirme gerçekleştirildi. Kullanılan metallurjik kokun, kok külünün ve kireç taşının analiz sonuçları tablo 35'de verilmiştir:

TABLO 35

KOK, KOK KÜLÜ VE KİREÇ TAŞI KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

a)KK-III METALLURJİK KOK:						
	ORİJİNAL KÖMÜR	KURU KÖMÜR	SAF KÖMÜR			
SU,%	0,48	-	-			
KÜL,%	17,34	17,42	-			
UÇUCU MADDE,%	0,87	0,88	1,07			
SABİT C,%	81,31	81,70	98,93			
TOPLAM,%	100,00	100,00	100,00			
YANAR S,%	0,25	0,25	-			
KÜLDE S,%	0,20	0,20	-			
TOPLAM S,%	0,45	0,45	-			
KOKLAŞTIRMA						
KOK,%	98,65	99,12	-			
GAZ,%	1,35	0,88	-			
ISI DEĞERİ,koal/kg						
AŞAĞI KALORİ	6503	6537	7917			
YUKARI KALORİ	6550	6582	7971			
b)KK-III METALLURJİK KOK KÜLÜ: (Kok KÜLÜ Hazırlama Sıcaklığı: 815°C)						
SiO ₂ ,%	Al ₂ O ₃ ,%	Fe ₂ O ₃ ,%	CaO,%	MgO,%	S,%	K.K.,%
45,47	28,82	6,26	6,04	0,45	1,12	0,01
c)KT-II KİREÇ TAŞI:						
1,72	0,33	0,62	49,25	4,40	-	43,50

Tablo 35'de verilen analiz sonuçlarına göre, metallurjik oriji-

nal kok kömüründe % 17,34 oranında kül bulunmaktadır. Bu kül; farinin orijinal kimyasal kompozisyonunun değişmemesi için, kireç taşı ilave edilerek dengelendi. Hazırlanan karışım aşağıda verilmiştir:

YENİ HAM KARIŞIM = İLK HAM KARIŞIM + KALKER + KOK KÖMÜRÜ

$$57,50 \text{ kg} = 45,12 \text{ kg} + 4,88 \text{ kg} + 7,50 \text{ kg}$$

Kullanılan 7,50 kg kok kömüründen 1,30 kg kok külü gelmektedir. Kalker ve kül kimyasal analiz sonuçlarına göre, bu külü dengelemek ve orijinal kimyasal bileşimi değiştirmemek için, hesaplanan 4,88 kg kalker karışıma eklendi. Kok ve kalker bir pulverizatörde ilk ham karışımın incelik derecesine kadar öğütüldü ve ilk ham karışımla birlikte üçü; 40 X 40 X 60 cm boyutlarında ve gövde köşegeninden geçen doğrultuda dönebilen dikdörtgenler prizması şeklindeki döner bir tamburda, 10 dakika kadar karıştırılarak homojenize edildi. Bu yeni ham karışım, peletleme diskine verilerek ortalama 7 mm çapında pelet üretildi.

Sinter ızgarası üzerine, önceki sinter çalışmalarında ele geçen kısmen pişmiş iri peletlerden 5 cm yüksekliğinde yatak malzemesi serildi ve peletler, geçirgenliği üniform tutacak şekilde yeni sinter potasına dikkatlice yüklendi. 40 X 40 X 40 cm boyutlarında kübik yeni sinter potası yatağının ortasına bir termokupl yerleştirildi.

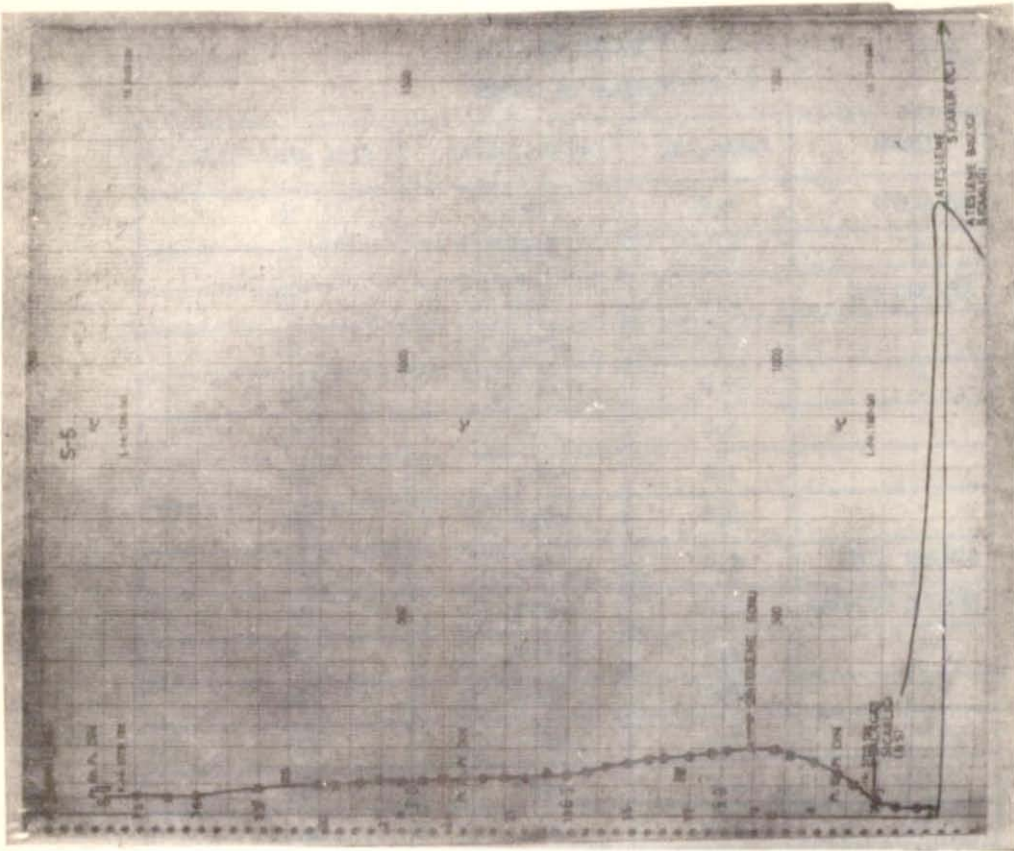
Ateşleme başlığı 1280°C'ye kadar ısıtıldı ve sinter potası üzerine konarak 2 dakika süre ile peletler ateşlendi. Aynı anda da alttan emiş uygulandı. 2 dakika sonra ateşleme başlığı kaldırıldı, peletler yanmakta olan kok kömürünün verdiği ısı ile sinterlenmeye başladı. Sinter zonu, zamanla yatağın alt kısımlarına doğru ilerleyerek, sinterlenme ilk 10 dakikada teorik olarak tamamlandı. Çünkü; baca gazı sıcaklığı 9. dakikada maksimum yüksekliğe (200°C) erişmiş ve daha sonra düşmeye başlamıştır. Yatak ortasına yerleştirilen termokupl kırıldığından, yatak sıcaklığını kaydetmek mümkün olamadı.

Sinterleme devamınca, baca gazının zamana bağlı olarak sıcaklığı ve emiş basıncı değerleri tablo 36'da verilmiştir:

TABLO 36
S5 SİNTERLEME DEĞERLERİ

İŞLEM	ZAMAN, dak	BASINÇ, mm.SS.	BACA GAZI TEMP., °C
ATEŞLEME	0,0	-350	30
"	2,0	-350	35
SİNTERLEME	3,0	-350	50
"	4,0	-350	100
"	5,0	-375	135
"	6,0	-375	165
"	7,0	-375	185
"	8,0	-375	195
SİNTER SONU	9,0	-400	200
EMİŞLE SOĞUTMA	10,0	-400	195
"	11,0	-400	185
"	12,0	-400	180
"	13,0	-400	175
"	14,0	-400	170
"	15,0	-500	160
"	16,0	-500	150
"	17,0	-500	140
"	18,0	-500	130
"	20,0	-500	125
"	25,0	-500	110
"	30,0	-500	100

S5 sinterlemesinin zaman-sıcaklık grafiği, resim 20'de verilmiştir:



RESİM 20

S1, S2, S3 ve S5 sinter çalışmalarının resim 13, 17, 18 ve 20'de verilen grafiklerinin incelenmesinden anlaşıldığına göre, 200°C'lik baca gazı sıcaklığına karşı gelen yatak altı sıcaklığı sırası ile, 1300°C, 970°C ve 680°C'dir. Yüzeiden itibaren 24. cm seviyesinin sıcaklığı ise, S1'de yaklaşık 1300°C, S2'de 1250°C'dir. Bu bilgilere göre S5 sinter temperaturünün 680-1300°C arasında olması gerektiği sonucuna varılabilir. Gerçek sinter temperaturü, termokupl kırıldığından ölçülememiştir.

S5 Sinter Deney Sonuçları: Soğumuş sinter ürününde yapılan incelemelerde, bol miktarda pişmemiş beyaz peletlere rastlandı. Bu sonuç, sinter temperaturünün düşük olması, dolayısıyla karışımdaki kok oranının az olması ile açıklanabilir.

S5 Sinterlemesi Isı Bilançosu: Pratik olarak, % 76 titrasyonlu

ve % 7 kristal sulu 1,54 kg ham karışımdan(farin) 1 kg klinker üretilir. Denemede, $57,50/1,54=37,34$ kg klinker üretilmelidir. 1 kg klinker başına düşen ısı miktarı ise:

$$\frac{6503 \times 7,50}{37,34} = 1306,17 \text{ kcal/kg klinker olmuştur.}$$

Normal olarak kesiksiz çalışan kuru sistem çimento fabrikalarında bu değer % 1 rutubetli farin için 840-1000 kcal/kg klinkerdir. Denememizde sinterlenen peletler % 15 nemlidir ve ayrıca, kullanılan sinter potası ince cidarlı(2 mm sac) ve refrakter malzeme ile kaplanmamış olduğundan radyasyonla aşırı ısı kayıpları olmaktadır. Bu arada, sinter zonu aşağı bölgelere inen yatak kısmının kısa zamanda etkili olarak soğumasını temin için emişi yüksek tutmak gerekmiştir. Bu da hava fazlalığının yüksek olması ve baca gazları ile aşırı ısı kayıpları demektir. Bu faktörler nedeniyle sinter temperaturü arzulanan değere ulaşamamış, yani kullanılan % 13,04 oranındaki kok kömürü az gelmiştir. Kaliteli bir pişme gerçekleştirilemediğinden, kok oranı arttırılarak deneme tekrarlandı.

Bunun yanında, kömürle sinterleme çalışmasının, direkt mazot alevi ile gerçekleştirilen sinterlemeye göre bazı avantajları da görüldü. Ateşlenen peletler alttan emişle pişmekte olduklarından, sinter zonu zamanla yatağın alt kısımlarına ilerlemekte ve sinterlenen üst kısımlar da aynı anda soğumaktadır. Böylece, klinkerin soğutulması ilk 4 çalışmaya oranla daha etkin olmuştur.

4.2.6 Sinterleme-6(S6): Bu çalışmada, sinter temperaturünü yükseltmek için, karışıma eklenen kok kömürünün oranı arttırılarak, tablo 35'de analiz sonuçları verilen kok ve kireç taşı ile ilk ham karışımdan, aşağıdaki yeni ham karışım hazırlandı:

$$\begin{aligned} \text{YENİ HAM KARIŞIM} &= \text{İLK HAM KARIŞIM} + \text{KALKER} + \text{KOK KÖMÜRÜ} \\ 65,00 \text{ kg} &= 40,24 \text{ kg} + 9,76 \text{ kg} + 15,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bu karışıma göre, ağırlıkça % 23,08 oranında kok kömürü kulla-

nilmiş olmaktadır.

Kok ve kalker bir pulverizatörde, ilk ham karışımın incelik derecesine kadar öğütüldü. İlk ham karışımla birlikte üçü, döner tamburda 10 dakika süre ile karıştırılarak homojenize edildi. Hazırlanan yeni ham karışım(yeni farin), döner diskte 7 mm çapında pelet üretiminde kullanıldı ve bu peletler, sinter ızgarası üzerine iri peletlerden yatak malzemesi döşenerek, geçirgenliği önlemeyecek şekilde sinter potasına yüklendi

Önceden 1010°C'ye kadar ısıtılan ateşleme başlığı potanın üzerine kondu ve alttan emiş uygulanarak, 1010-1275°C'ler arasında 9 dakika süre ile peletler ateşlendi. 9 dakika sonra ateşleme başlığı kaldırıldı ve sinterleme, kok kömürünün, emişi yapılan hava ile yanmasından açığa çıkan ısı ile kendiliğinden devam ettirildi. Bu arada 12,5. dakikada, üstten, sinter potasında pişmekte olan peletler içine bir termokupl yerleştirildi. Zamana bağlı olarak kaydedilen baca gazı sıcaklığının maksimuma(308°C) çıktığı 28. dakikada sinterleme teorik olarak sona erdi. 28. dakikadan itibaren baca gazı sıcaklığı da düşmeye başladı.

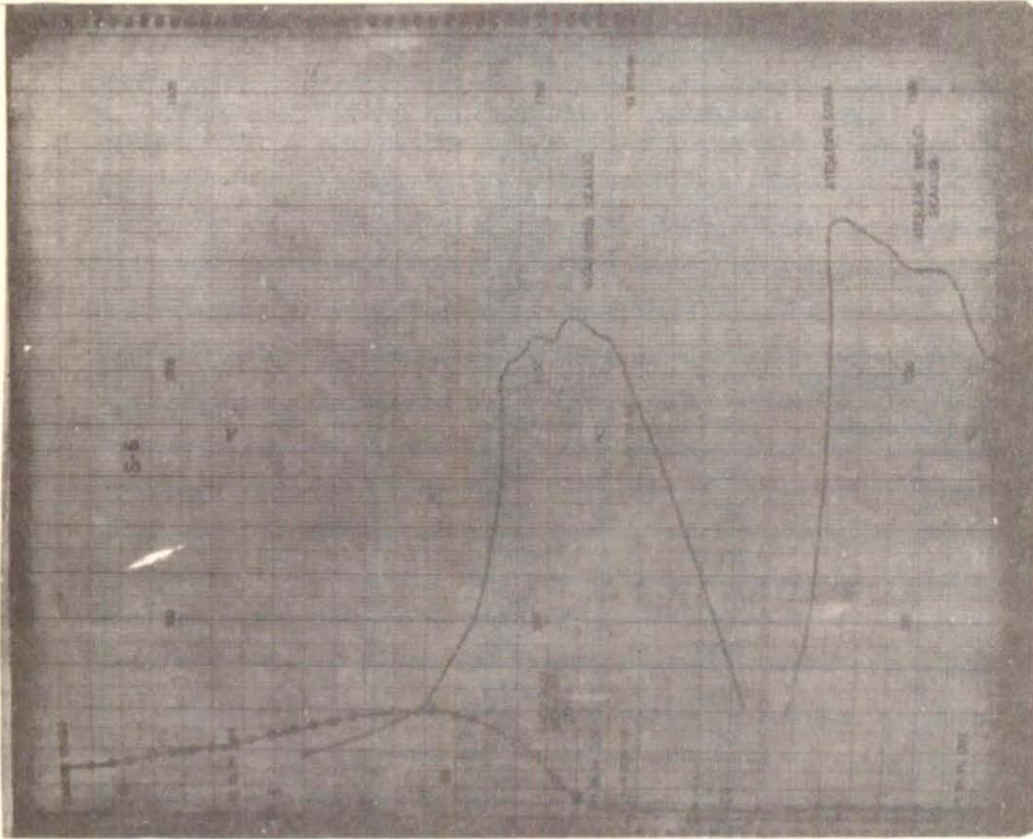
S6 sinterlemesinin zaman-sıcaklık grafiği resim 21'de verilmiştir. Grafiğin incelenmesinden anlaşıldığına göre, termokupl 21,5. dakikada 80°C sıcaklığı göstermekte ve bu sıcaklığın, yüzeyde sinterlenerek soğumaya başlamış bölgenin olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü; resim 13, 17 ve 18'de verilen S1, S2 ve S3 deneylerinin zaman-sıcaklık grafiklerinde, 308°C'lik baca gazı sıcaklığına karşı gelen sinter sıcaklığı, 1250-1380°C arasında değişmektedir. Bu bilgilere göre S6 sinterlemesinin sinter temperaturü, ortalama olarak 1300°C alınabilir.

S6 sinterlemesi devamınca kaydedilen değerler de tablo 37'de verilmiştir:

TABLO 37

S6 SİNTERLEME DEĞERLERİ

İŞLEM	ZAMAN, dak	BASINÇ, mm.SS.	BACA GAZI TEMP., °C
ATEŞLEME	0,0	-950	30
"	1,0	-950	30
"	2,0	-950	30
"	5,0	-950	35
"	7,0	-950	40
ATEŞLEME SONU	9,0	-900	45
SİNTERLEME	10,0	-900	30
"	15,0	-750	30
"	18,0	-600	35
"	20,0	-500	40
"	21,0	-400	70
"	22,0	-300	125
"	23,0	-300	190
"	24,0	-250	225
"	25,0	-250	250
"	26,0	-300	280
"	27,0	-300	290
SİNTER SONU	28,0	-400	308
EMİŞLE SOĞUTMA	29,0	-500	300
"	30,0	-580	295
"	31,0	-650	285
"	32,0	-700	280
"	33,0	-600	270
"	34,0	-450	260
"	35,0	-300	245
"	36,0	-175	230
"	38,0	- 60	210
"	40,0	- 60	195
"	45,0	- 60	150



RESİM 2J

S6 Sinter Deney Sonuçları: Soğuyan sinter yatağında yapılan incelemelerde, pota cidarına yakın bölgelerde bulunan peletlerin normal olarak kaliteli pişmediği, fakat diğer peletlerin daha iyi sinterlendiği görüldü. Sinter ürününde, diğer sinter ürünlerinde rastlanmayan ve yanmadan kalan az miktar kok kömüründen ileri gelen siyah bir renk gözlemlendi.

İyi sinterlenen ürün, kısmen beyaz renkli pişmemiş peletlerden elle seçilerek ayrıldı, pulverize su püskürtülerek söndürüldü ve açık havada bekletildi. Analizler için numuneler alındı ve 8,13 kg gelen bu ürün(klinker) çimento üretimi için saklandı.

S6 sinterlemesinin S5 sinterlemesine oranla daha kaliteli olduğu ve pişmenin daha yüksek oranda gerçekleştiği söylenebilir.

S6 Sinterlemesi Isı Blançosu:

Farin Miktarı	65,00 kg
Üretilmesi Gereken Klinker Miktarı .	$65,00/1,54= 42,21$ kg
Kok Miktarı	15,00 kg
Kokun Alt Isı Değeri	6503 kcal/kg
Toplam Kok Isısı ¹	$6503 \times 15 = 97\ 545$ kcal
Klinker Oluşum Isısı	$97\ 545/42,21=2310,94$ kcal/kg

Bulunan sonuca göre, klinker oluşum ısısı; radyasyonla aşırı ısı kaybı, aşırı hava fazlalığı ile taşınan ısı miktarı ve % 15 oranındaki nem kurutulması için gereken ek ısı miktarı sebebiyle, normal klinker oluşum ısısı değerinden(1000 kcal/kg) 1300 kcal/kg klinker kadar fazla olmuştur.

4.2.7 Sinterleme Çalışmalarının Değerlendirilmesi: Sinterleme çalışmalarının gerçekleştirildiği MTA Enstitüsü Teknoloji Dairesi Metallurji Servisi Pilot Tesislerindeki sinter cihazı, esas itibarile demir cevherlerinin sinterlenmesi maksadı ile kurulmuş olup, maksimum çalışma sıcaklığı 1200-1300°C'dir. Halbuki çimento sinterlemesi, 1300°C'den başlayarak 1550°C'ye kadar yapılmaktadır. Sinter çalışmalarımızda dizayn sınır değerleri zorlanarak, 1300-1400-1450°C sıcaklıklarda direkt mazot alevi ile klinkerleşme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farin içine belirli oranlarda kok kömürü katılarak, kokun yanarak verdiği ısı ile sinterleme sürdürülmüş, 1300°C sinter temperaturünde klinker üretilmiştir.

Kullanılan sinter potasının altından emiş ve üfleme yapabilen körüklerin ve baca gazı boruları izolasyon maddesinin bozunmasının önüne geçmek için, maksimum baca gazı temperaturünün 360°C olması gerekmektedir. Halbuki istenen klinkerleşmenin sağlanabilmesi için sinter temperaturünde, ham madde karışımının belirli bir süre(8-10 dak) tutulması gerekir. Bu şart rahatça temin edilememiştir.

1 Yanmayarak geriye kalan az miktar kokun ısısı ile ateşleme başlığının ilk 9 dakikada(ateşleme süresince) verdiği ısı miktarı dikkate alınmamıştır.

Sıcak sinter ürününün(klinker), sinter sıcaklığından 80-100°C'ye kadar ortalama 10 dakikada, süratle soğutulması gerektiği halde, körüklerin emme ve üfleme kapasitesine bağlı olarak çalışmak gerektiğinden, istenen oranda hızlı soğutmaya sağlamada güçlük çekilmiştir.

Tesislerde arzulan sayı da termokupl da bulunmadığından, sinter yatağının istenen her noktasındaki temperaturünü tesbit etmek de mümkün olamamıştır.

Bu arada, sinter tesisleri iş hacminin oldukça üstündeki bir çalışma temposunda bulunduğundan, sinter çalışmalarına ancak 6 iş günü ayırılabilmiş ve bu zaman içinde de 6 sinter çalışması yapılabilmektedir.

Bütün bu sınırlayıcı faktörlere rağmen, MTA Sinter Pilot Tesisleri, belirli şartlar altında kullanılarak 4 cins sinter ürünü elde edilebilmiştir.

İlerdeki çalışmalar için, 1600°C'ye kadar rahatlıkla çıkabilen döner fırınlı pilot tesislerde, çimento ham maddesi sinterlemesinin yapılması tavsiye edilir. MTA Enstitüsü önümüzdeki yıllarda, bu kalitede bir döner fırını devreye almayı planlamaktadır.

III. 5 PORTLAND ÇİMENTOSU ELDE EDİLiŞİ:

Sinter tesislerinde üretilen S2, S3, S4 ve S6 klinkerleri; % 39,29 SO₃ ihtiva eden alçı taşından(Jibs, CaSO₄.5 H₂O), ayrı ayrı % 5 oranında katılarak, Cevher Zenginleştirme Servisinde, standartlarda belirtilen incelik derecesinde öğütüldü ve 4 tip çimento(Ç2, Ç3, Ç4, Ç6) üretildi. Bu çimentoların fiziksel ve kimyasal analizleri ile beton laboratuvar testleri yapıldı.

B Ö L Ü M I V Ç İ M E N T O K A L İ T E K O N T R O L U

IV. 1 KLİNKER ANALİZLERİ:

S2, S3, S4 ve S6 sinter ürünlerinden(klinker) alınan numunelerin fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı, X-Ray Powder Diffraction metodu ile, klinker bileşenlerinin oluşup oluşmadığı araştırıldı.

1.1 Fiziksel Testler:

Klinkerin dansitesi(litre ağırlığı) ile pişme kalitesi arasında; düşük sıcaklıkta pişen ve serbest kireç ihtiva eden klinkerin dansitesinin de düşük olacağı şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. 4 cins klinkerin dansitesi; 5 ve 10 mm delik açıklığı bulunan iki elek arasında kalan klinkeri, 1 lt'lik ölçü kabına, daima aynı sıkıştırma şartları altında doldurularak ve serbest yüzeyini dikkatlice sıyırıp ağırlığını tartarak bulunduk.

Tablo 38, klinkerlerin fiziksel test sonuçlarını vermektedir:

TABLO 38

KLİNKER FİZİKSEL TEST SONUÇLARI

KLİNKER	SİNTER TEMP., °C	DANSİTESİ, gr/lt	RENGİ
S2	1300	1061,9	Gri
S3	1400	1175,5	Koyu Gri
S4	1450	1186,4	Koyu Gri
S6	1300	1058,7	Siyah

Tabloda verilen dansite değerleri pişme sıcaklığının artışı ile orantılı olarak artmaktadır. S6 klinkerinin siyah rengi, az miktar yanmamış kok kömüründen ileri gelmektedir.

1.2 Kimyasal Analizler:

4 cins klinkerin kimyasal analiz sonuçlarına göre; bölüm I.2'de verilen formüller kullanılarak ilgili modüller, Δ değerleri, kireç standartları, her klinker için klinker bileşenlerinin oranı ve her pişme sıcaklığı(1350-1400-1450°C) için likit faz oranı hesaplandı. Sonuçlar tablo 39'da verilmiştir(21,25,26,27,28,29,30):

TABLO 39

KLİNKER KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

KLİNKER	S2	S3	S4	S6
SiO_2 (çözünen),%	20,20	20,20	20,20	19,41
SiO_2 (çözünmeyen),%	0,10	0,12	0,12	0,21
SiO_2 (toplam),%	20,30	20,32	20,32	19,62
Al_2O_3 ,%	8,72	8,72	8,70	8,68
Fe_2O_3 ,%	3,04	3,03	3,09	2,95
CaO ,%	64,58	64,55	64,50	62,87
MgO ,%	2,68	2,70	2,71	2,45
SO_3 ,%	0,22	0,23	0,24	0,41
$\text{Na}_2\text{O} + 0,658\text{K}_2\text{O}$,%	0,25	0,23	0,23	0,18
K.K.,%	0,17	0,17	0,16	2,80
CaO (serbest),%	-	-	-	0,33
HM	2,02	2,02	2,02	2,02
SM	1,72	1,72	1,71	1,67
AM	2,87	2,88	2,82	2,94
KS	93,61	93,56	93,46	93,60
Δ_k	8,00	8,04	8,08	10,19
Δ_L	5,41	5,41	5,39	5,38
C_3S ,%	45,79	45,65	45,47	43,35
C_2S ,%	23,37	23,48	23,61	22,94
C_3A ,%	17,96	17,98	17,83	18,01
C_4AF ,%	9,25	9,22	9,40	8,98
LİKİT FAZ,%	20,79	34,62	35,28	20,18

Kimyasal Analiz Sonuçlarının Yorumu:

1-Sinterleme çalışmaları sonucunda pişmemiş peletler elle seçilerek ayrılmış ve klinker, pulverize su püskürtülerek yeteri kadar açık havada bekletilip söndürülmüş olduğundan, S2, S3 ve S4 klinkerlerinde serbest kireç bulunmamaktadır. Ancak S6 klinkerinde az miktar(% 0,33) serbest kireç kalmıştır. Bu sonuç pişme sıcaklığına da bağlı olup, düşük sıcaklık sinterlemesinde serbest kireç daha fazla bulunur.

2-Her dört klinkerin modülleri ile kireç standartları, portland çimentosu için verilen değerler içinde bulunmaktadır. Bunun gibi, kimyasal analiz sonuçları da portland çimentosu klinkerinin kimyasal analiz sonuçları için verilen değerler içindedir. Sadece Al_2O_3 , % 0,72 kadar fazladır. Bu sonuç ham maddelerin yüksek Al_2O_3 oranından ileri gelir(2,8 tablo 7).

3-S2 klinkerinin Δ_k değeri, diğerlerinden düşüktür ve Δ_k ve Δ_L arasındaki en az fark gene S2 klinkerindedir. Bu sonuçlara göre, S2 klinkerinin diğerlerinden daha kaliteli olduğu söylenebilir(Bölüm I.2.2.1).

4-S2 ve S6 klinkerlerinin likit faz miktarı, normal değerler arasında olup S4 ve S3 klinkerlerinden daha düşüktür. S2 ve S6 klinkerlerinin dayanım değerlerinin daha yüksek olması beklenmektedir(Böl.I.2.3). R_2O_3 oranı ise, portland çimentosu için verilen değerler içinde olmakla birlikte yüksektir. Bu yüksek değer likit faz oranını arttırmış, başka bir deyimle sinter sıcaklığını düşürmüştür. Böylece, kullanılan ham maddelerle, çimento teknolojisi için mümkün olan en düşük(1300°C) sinter sıcaklığında kaliteli klinker elde edilebileceği ve yakıt tasarrufu sağlanacağı beklenmektedir.

5-Kok kömürü kullanılarak pişmenin sağlandığı S6 klinkerinde, yanmamış kok kaldığından K.K. %2,80 değerine ulaşmış ve buna paralel olarak da CaO ve SiO_2 oranları azalırken SO_3 oranı artmıştır. Klinker

bileşenlerinin, diğer klinkerlerinkinden düşük olmasının sebebi de budur.

6- Aynı ham madde kullanılarak ve benzer pişme şartlarında sinterlemenin gerçekleştirildiği S2, S3 ve S4 klinkerlerinin tablo 39'da verilen değerleri oldukça birbirine yakındır. Değişik şartlarda pişmenin gerçekleştirildiği S6 klinkerinde değerler biraz farklıdır.

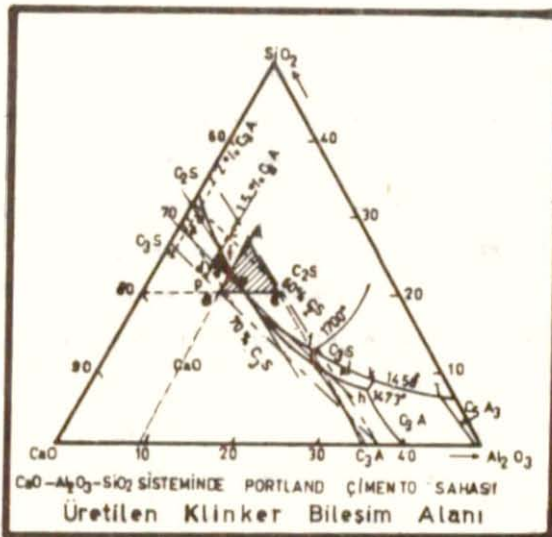
4 tip klinkerin alit (C_3S) oranı, % 43,35-45,79 değerleri arasındadır. Yani alitik klinkerlerdir.

Bu klinkerlerin CaO , Al_2O_3 , SiO_2 ve C_3S , C_2S , C_3A değerlerinin ortalaması tablo 40'da verilmiştir:

TABLO 40

CaO ,%	64,12	C_3S ,%	45,06
SiO_2 ,%	20,14	C_2S ,%	23,35
Al_2O_3 ,%	8,71	C_3A ,%	17,94

Bu değerlerle, $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ sistemi yüksek sıcaklık dengesi diagramında ortalama klinker kapsadığı alan şekil 15'de verilmiştir:



ŞEKİL 15

Klinkerlerin ortalama CaO , Al_2O_3 ve SiO_2 değerlerine karşı gelen alan, Şekil 15'de verilen taranmış ABC üçgenidir. Bu alan, Şekil 1'de Portland Çimentosu bileşimi için verilen alan ile çakışmaktadır.

Klinker mineral fazlarının miktarları ile de. yüksek temperatur denge diyagramında portland çimentosu alanı belirtilebilir. Aynı bileşimdeki klinkerin C_3S , C_2S , C_3A oranları ile oluşan küçük üçgen de, ABC üçgeni ile çakışır. Portland çimentosunda C_3S 'nin oranı % 70'den fazla değildir. C_2S maksimum % 60 ve C_3A % 2 - 15 arasındadır. Bu değerlerle çizilen portland çimentosu alanı, $\text{C}_3\text{S}-\text{C}_2\text{S}-\text{C}_3\text{A}$ üçlü sistemi için, abod dörtgeni ile sınırlanmıştır(3).

4 tip klinkerin ortalama C_3S , C_2S ve C_3A bileşiminin bu denge diagramında kapsadığı alan ise efg siyah üçgenidir. ABC üçgeni ile efg üçgeni kısmen çakışmakta yani, yaklaşık aynı bileşimi vermektedirler. Ancak efg üçgeninin, Portland Çimentosu için verilen abod dörtgeni ile de çakışması gerektiği düşünülebilir. Çakışmanın olmaması, klinkerin ortalama Al_2O_3 oranının % 8,71 ve C_3A oranının da % 17,94 olmasındandır. C_3A oranı % 15'den büyük olduğundan efg üçgeni ile abod dörtgeni çakışmamıştır.

Şekil 1 ile kıyaslama yapılırsa, elde edilen 4 tip klinkerin, Portland Çimentosu klinkeri için verilen kimyasal kompozisyon değerleri içinde olan bir kimyasal bileşim gösterdikleri ve denge diagramında aynı alanı kapsadıkları sonucuna varılabilir.

1.3 Klinkerlerin X-Ray ile İncelenmesi:

Röntgen ışınlarının mineraloji ve kimyaya uygulanışı ile, mineral kristallerinin strüktürlerini aydınlatma imkanı veren metoda "Röntgenografi" denir. Powder Diffraction metodunda, toz numune alınıp sabit dalga boyunda (λ) değişken Bragg açısı (θ) kullanılarak, rekorderin çizdiği diagramın gösterdiği piklerin retiküler mesafesi (d) bulunur.

Çimento ham karışımının (farin) sinterlenmesi ile, klinker komponentlerinin oluşup oluşmadığını belirleyebilmek için, elde edilen 4 cins klinker, WTA Enstitüsü Laboratuvarında, X-Ray Powder Diffraction metodu ile röntgenografik analize alındı. Analizde Cu-Ni tüp, flitre ile çalışıldı ve

gonyometre hızı 2° olarak secildi.

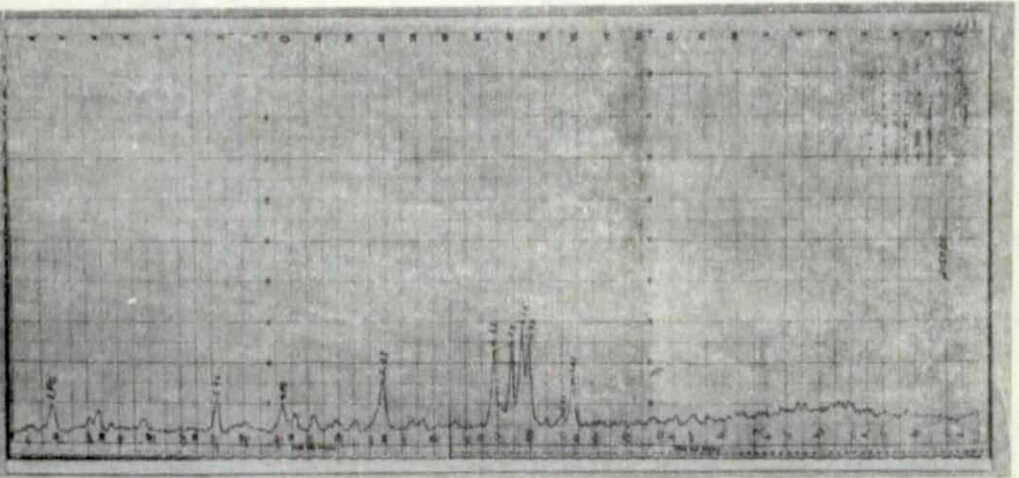
Tablo 41 önemli klinker komponentlerinin, relatif şiddeti(I) en yüksek olan X-Ray Powder Diffraction Patternlerini(d) vermektedir(3, 4, 37):

TABLO 41
ÖNEMLİ KLİNKER KOMONENTLERİNİN
X-RAY POWDER DIFFRACTION PATTERNLERİ (d)

C_3S		$\alpha-C_2S$		$\beta-C_2S$		$\gamma-C_2S$		C_3A		C_4AF	
d	I	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I
3,022	8	2,88	7	2,778	10	3,002	10	2,70	10	2,77	8
2,764	10	2,76	9	2,740	10	2,728	10	1,907	9	2,67	7
2,739	9	2,71	10	2,607	10	1,928	8	1,556	8	2,63	10
2,592	9	2,203	7	1,982	7	1,685	8			2,04	6
2,176	9	1,935	7	1,632	7					1,92	8
1,761	9										
1,623	8										
1,485	9										

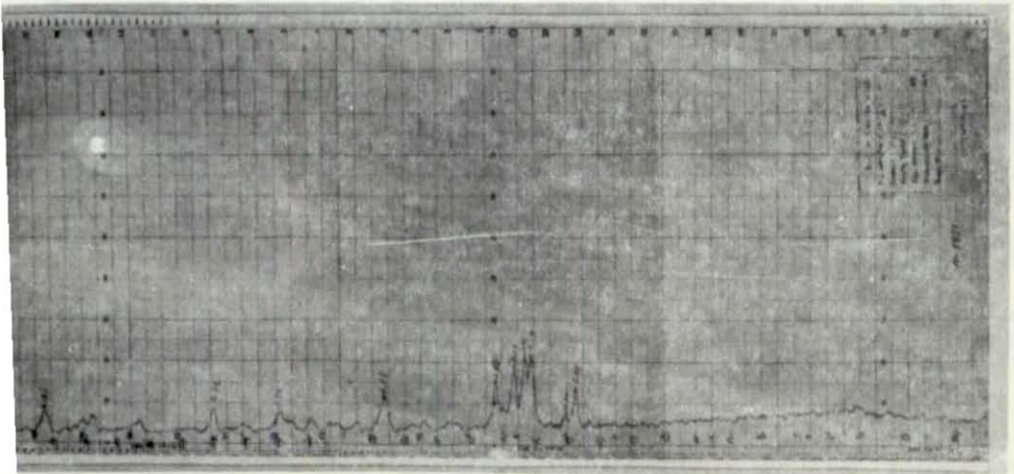
Klinker X-Ray Diagramları:

1.3.1- $1300^{\circ}C$ 'de elde edilen S2 klinkerinin X-Ray diagramı resim 22 de verilmiştir. Diagramda görülen piklerin θ açısından faydalanarak bulunan d pattern değerleri ile, klinker komponentlerinin tablo 41'de verilen en şiddetli d değerleri, özellikle C_3S , $\alpha-C_2S$, $\beta-C_2S$, C_3A ve C_4AF komponentleri için uyum nalindedir. Yani S2 klinkerinde, ana klinker komponentlerinin teşekkül ettiği sonucuna varılabilir.



RESİM 22, S2 KLİNKERİ X-RAY DİAGRAMI

1.3.2- 1400° C'de sintirlenen S3 klinkerinin X-Ray Diagramı resim 23'de verilmiştir.

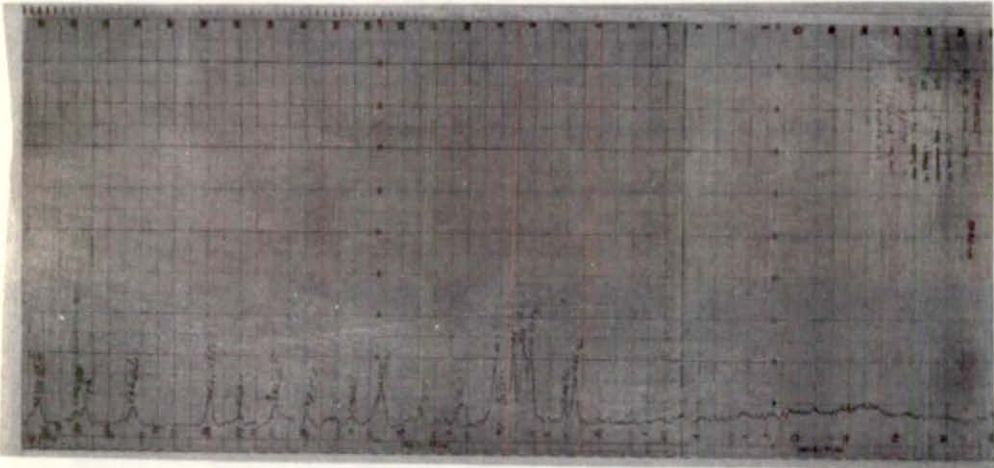


RESİM 23, S3 KLİNKERİ X-RAY DİAGRAMI

Grafikten görülen piklere ait d değerleri ile tablo 41'de, klinker komponentleri için verilen d değerleri karşılaştırıldığında, S3 klinkerinde de, C_3S , $\alpha-C_2S$, $\beta-C_2S$, C_3A ve C_4A komponentlerinin olduğu anlaşılmaktadır.

S2 klinkeri X-Ray diagramında görülen piklerin relatif şiddetlerinin, S3 klinkeri X-ray diagramında görülen piklerin relatif şiddetlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. X-Ray diagramlarının, aynı şartlar altında hazırlanan toz numuneler kullanılarak çekildikleri kabul edilerek, S2 klinkerinin S3 klinkerine oranla daha kaliteli olduğu yaklaşık olarak söylenebilir. Bu sonuç Tablo 39'da verilen sonuçlarla uyuşum halindedir.

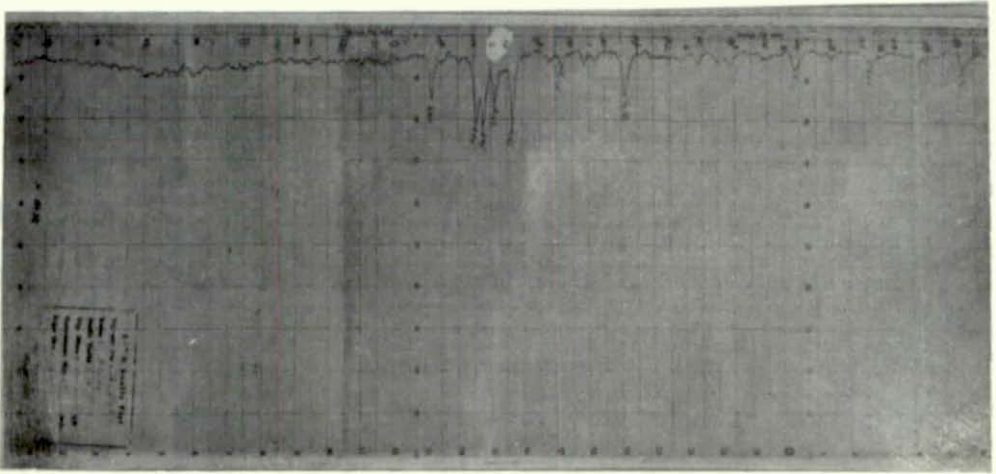
1.3.3- 1450° C'de direkt mazot alevi ile sinterlenerek hazırlanan S4 klinkerinin X-Ray diagramı resim 24'dedir:



RESİM 24, S4 KLİNKERİ X-RAY DİAGRAMI

S4 klinkeri X-Ray diagramında da, aynı θ ve d değerlerinde piklerin oluştuğu görülmektedir. Piklerin şiddetleri, S3 klinkeri pik şiddetleriyle hemen hemen aynıdır. S4 klinkeri de, ana klinker bileşenlerinin teşekkül ettiği bir klinkerdir.

1.3.4- Farin içine belirli oranda kok kömürü karıştırılarak, kok ısı-sı ile sinterlemenin yapıldığı S6 sinter ürününe ait X-Ray diagramı da resim 25'de verilmiştir:



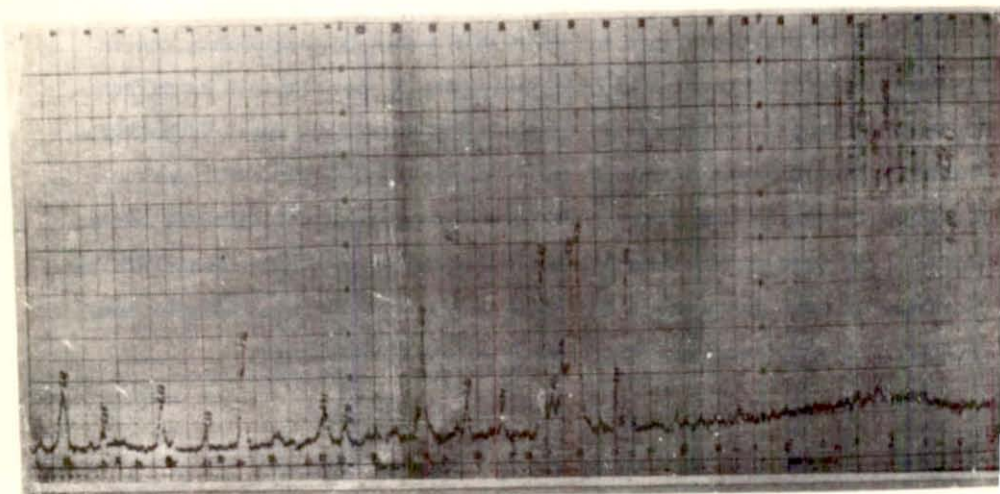
RESİM 25, S6 KLİNKERİ X-RAY DİAGRAMI

S6 klinkeri X-Ray diagramında, diğer klinkerlerle aynı θ ve d değerlerinde piklerin teşekkül ettiği görülmüyor. Pik şiddetleri S3 ve S4 klinkerlerinin pik şiddetleriyle yaklaşık aynıdır. S6 klinkeri de, C_3S , C_2S , C_3A ve C_4AF klinker minerallerinin oluştuğu bir klinkerdir.

1.3.5- Üretilmiş olan 4 tip klinkerin X-Ray diagramlarının, halen ülkemizde üretilmekte olan klinkerlerin X-Ray diagramlarıyla karşılaştırılması düşünüldü. Bu maksatla, Çimento Sanayii T.A.Ş. Genel Müdürlüğüne bağlı Trabzon Çimento Fabrikası stok holünden, 1976 yılı eylül ayı ortalamasını temsil etmek üzere, ortalama klinker numunesi alınarak harman edildi, öğütüldü ve MTA Enstitüsünde X-Ray diagramı alındı. Tablo 42, bu ortalama klinker numunesinin kimyasal analiz sonuçlarını, resim 26 ise, benzer şartlarda çekilen X-Ray diagramını göstermektedir:

TABLO 42
 TRABZON ÇİMENTO FABRİKASI KLİNKERİ KİMYASAL ANALİZ
 SONUÇLARI (1976 Eylül Ort.)

SiO_2 (çözünen),%	20,98	HM	2,09
SiO_2 (çözünmeyen),%	0,30	SM	2,23
SiO_2 (toplam),%	21,28	AM	1,76
Al_2O_3 ,%	6,00	KS	92,48
Fe_2O_3 ,%	3,40		
CaO ,%	63,60	C_3S ,%	52,29
MgO ,%	3,19	C_2S ,%	20,70
SO_3 ,%	0,69	C_3A ,%	10,15
K.K.,%	0,62	C_4AF ,%	10,35
ÖLÇÜLEMİYEN, %	1,22	SİNTER SICAKLIĞI	
CaO (serbest),%	0,20	1400-1550°C	



RESİM 26, TRABZON ÇİMENTO FABRİKASI KLİNKERİ X-RAY DİAGRAMI

Resim 26'nın incelenmesiyle aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı:

a) Trabzon Çimento Fabrikasında üretilmekte olan klinkerin X-Ray diagramında görülen pikler, üretilen 4 cins klinkerin (S2, S3, S4, S6) X-Ray diagramında görülen piklerle aynı θ ve d değerlerinde teşekkül etmişlerdir. Tablo 41'de verilen aynı d değerlerinde piklerin oluşumu; 4 cins sinter ürününün ve Trabzon Çimento Fabrikası klinkerinin aynı komponentlere sahip olduklarını ve portland çimentosu klinkeri sınıfına girdiklerini göstermektedir. Çalışmalarla, Trabzon Çimento Fabrikası klinkeri ile yaklaşık aynı kalitede klinker elde edilebilmiştir.

b) Trabzon Çimento Fabrikası klinkerinin X-Ray diagramında görülen piklerin şiddetleri; S2, S3, S4 ve S6 sinter ürünlerinin X-Ray diagramlarında görülen piklerin şiddetlerinden daha fazladır. Bu normal bir sonuçtur. Çünkü; fabrikasyonla klinkerin pişirilmesi, soğutulması vb. işlemler, çimento teknolojisi için arzulan şartlarda gerçekleştirilmektedir. Halbuki sinter çalışmalarımızın şartları, fabrikasyon şartlarından oldukça uzaktır.

IV. 2 ÇİMENTO ANALİZ VE TESTLERİ:

Elde edilen Ç2, Ç3, Ç4 ve Ç6 çimentoları; Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Sınai Kimya Kürsüsünde kimyasal analizlere, Trabzon Çimento Fabrikasında da fiziksel testlere alındı(21,22,23,24,25,26,27,28,29,30):

2.1 Kimyasal Analizler:

Dört tip çimentonun yapılan kimyasal analizlerinin sonuçlarına göre, bölüm I.2'de verilen formüllerle; ilgili modülleri, delta değerleri, kireç standartları ve portland çimentosu bileşenlerinin oranları bulundu. Sonuçlar ve TS 19 ile kıyaslanması tablo 43'de verilmiştir:

TABLO 43
ÇİMENTO KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

ÇİMENTO	Ç2	Ç3	Ç4	Ç6	TS 19
SiO ₂ (çözünen),%	19,37	19,39	19,40	18,67	-
SiO ₂ (çözünmeyen),%	0,44	0,46	0,43	0,51	-
SiO ₂ (toplam),%	19,81	19,85	19,83	19,18	-
Al ₂ O ₃ ,%	8,50	8,52	8,50	8,46	-
Fe ₂ O ₃ ,%	2,95	2,95	2,98	2,89	-
CaO,%	63,42	63,41	63,38	61,80	-
MgO,%	2,54	2,54	2,56	2,31	max. 5
SO ₃ ,%	2,05	2,03	2,03	2,21	max. 3
(Na ₂ O+0,658K ₂ O),%	0,18	0,17	0,16	0,17	-
K ₂ O,%	0,52	0,49	0,53	2,94	max. 4
CaO (serbest),%	0,00	0,00	0,00	0,31	-
HM	2,06	2,06	2,05	2,06	-
SM	1,69	1,69	1,69	1,64	-
AM	2,88	2,89	2,85	2,93	-
KS	93,66	93,55	93,47	93,94	-
Δ _k	8,28	8,34	8,41	10,53	-
C ₃ S,%	43,76	43,49	43,39	42,39	-
C ₂ S,%	22,52	22,78	22,89	21,55	-
C ₃ A,%	17,53	17,59	17,49	17,53	-
C ₄ AF,%	8,98	8,98	9,07	8,79	-

2.2 Fiziksel Testler:

Dört tip çimentonun fiziksel testleri, TS 24'e göre yapıldı.

Sonuçlar ve TS 19 ile kıyaslanması tablo 44'de verilmiştir:

TABLO 44

ÇİMENTO FİZİKSEL TESTLERİ

TEST

İNCELİK	Ç2	Ç3	Ç4	Ç6	TS 19
a) 950 delik/cm ² (delik açıklığı 200 mikron) Elek Üstü,% (Ağırlıkça)	0,0	0,4	0,0	0,5	max. 1,0
b) 4700 delik/cm ² (delik açıklığı 90 mikron) Elek Üstü %, (Ağırlıkça)	2,0	7,5	1,0	4,2	max. 14,0
SPESİFİK YÜZEY, cm ² /gr (Blaine Göre)	2890	2446	2503	2897	min. 2200
LİTRE AĞIRLIĞI, gr/lt (Dansite)	1190	1250	1220	1190	-
ÖZGÜL AĞIRLIK, gr/cm ³	3,22	3,22	3,22	3,22	-

2.3 Beton Fiziksel Testleri:

4 cins çimentonun beton laboratuvar denemeleri, TS 24'e göre Trabzon Çimento Fabrikası Beton Laboratuvarında yapıldı. Sonuçları ve TS 19 ile karşılaştırılması tablo 45'de verilmiştir:

TABLO 45

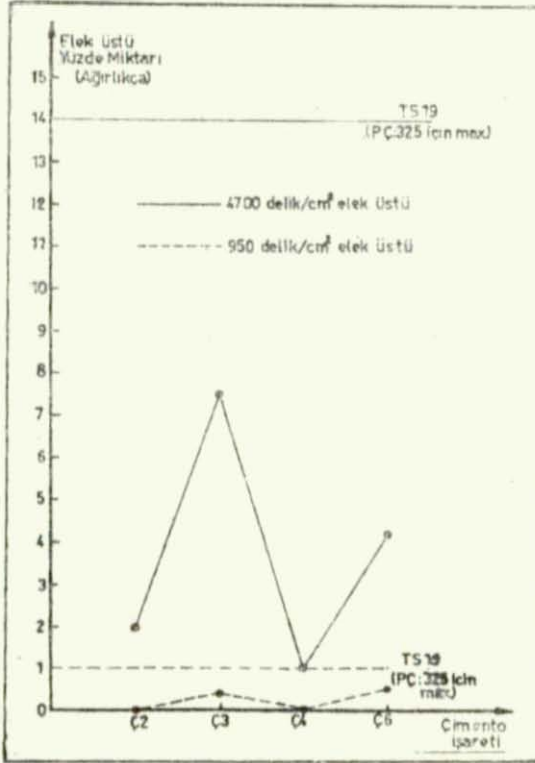
ÇİMENTO BETON LABORATUARI FİZİKSEL TEST SONUÇLARI

	Ç2	Ç3	Ç4	Ç6	TS 19 PÇ 325
HARÇ SUYUNUN SICAKLIĞI, °C	20	20	20	20	18-22
ODA SICAKLIĞI, °C	25	24	23	22	18-22
PRİZ BAŞLAMA SÜRESİ	2 saat 30 dak.	2 saat 15 dak.	2 saat 35 dak.	2 saat 45 dak.	min.1 saat
PRİZ BİTME SÜRESİ	3 saat 10 dak.	3 saat 55 dak.	4 saat 00 dak.	4 saat 20 dak.	max.10 saat
HACİM GENLEŞMESİ, mm					
Soğukta	4	2	1	6	-
Sıcakta	0	0	1	2	-
Toplam	4	2	2	8	max. 10
PASTA DENEMESİ	Normal	Normal	Normal	Normal Az Çizgili	-
BASINÇ DAYANIMLARI, kgf/cm ² (6 deneme ort.)					
3 Günlük	129	98	106	112	-
7 Günlük	206	170	208	225	min.210
28 Günlük	368	286	351	361	min.325
EĞİLME SONUCU ÇEKME DAYANIMLARI, kgf/cm ² (3 deneme ortalaması)					
3 Günlük	35,3	31,0	31,9	33,9	-
7 Günlük	40,5	44,8	51,4	47,7	min. 40
28 Günlük	60,0	54,3	62,9	60,8	min. 55

Çimento Analiz Ve Test Sonuçlarının Yorumu:

1-İncelik: Tablo 44'de verilen değerlere göre, 4 tip çimento içinde en ince öğütülmüş olan Ç4 ve Ç2 çimentolarıdır. Bu çimentolar 950 delik/cm² elek üzerinde hiç kalıntı bırakmamışlar, 4700 delik/cm² elek üzerinde ise sırası ile % 1 ve % 2 kalıntı bırakmışlardır. Ç6 ve Ç3 çimen-

toları biraz daha kalın öğütülmüşlerdir. TS 19 ile karşılaştırıldıklarında, her 4 çimentonun da Türk Standartlarında istenen incelik sınırları içinde oldukları anlaşılmaktadır. 4 tip çimentonun elek analiz sonuçları ve TS 19 ile kıyaslanması şekil 16 'da verilmiştir:



ŞEKİL 16

2-Spesifik Yüzey: 4 tip çimentonun spesifik yüzeyleri oldukça yüksektir ve TS 19'da verilen minimum değeri bir hayli aşmaktadır. Bu sonuç, incelik değerleri ile paralel bir sonuçtur. Blaine Cihazı ile ölçülen özgül yüzey, Ç2 ve Ç6 çimentolarında daha yüksektir.

3-Dansite: Özgül ağırlıkları eşit olan çimentoların düşük sıcaklıklarda sinterlenenleri(Ç2 ve Ç6), normal olarak daha düşük dansitelidirler.

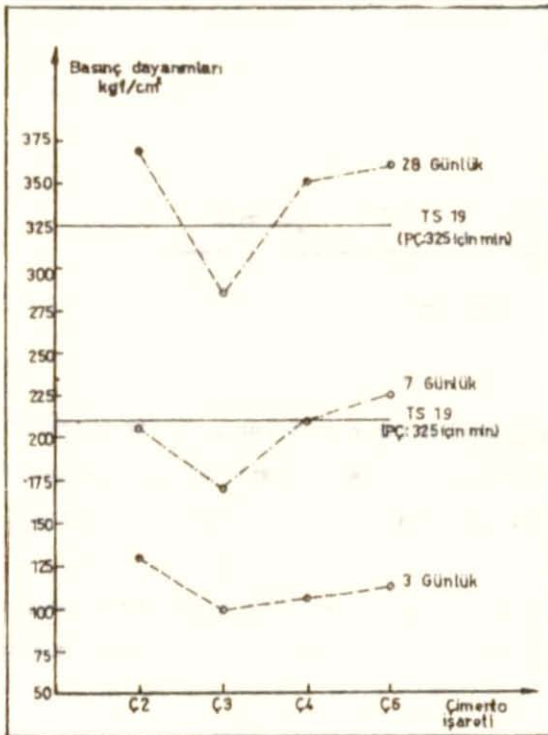
4-Kimyasal Analiz: Tablo 43'de verilen sonuçlara göre, 4 tip çimentonun kimyasal bileşimi, modülleri, klinker bileşenlerinin oranları

Δ değerleri ve kireç standartları; TS 19'da ve Bölüm I.2'de verilen değerler içinde bulunmaktadır.

5-Tablo 45 'de verilen sonuçlara göre, 4 tip çimentonun priz bağlama ve bitme süreleri, TS 19'da verilen değerlerde olup normal sürede prizlenmektedirler.

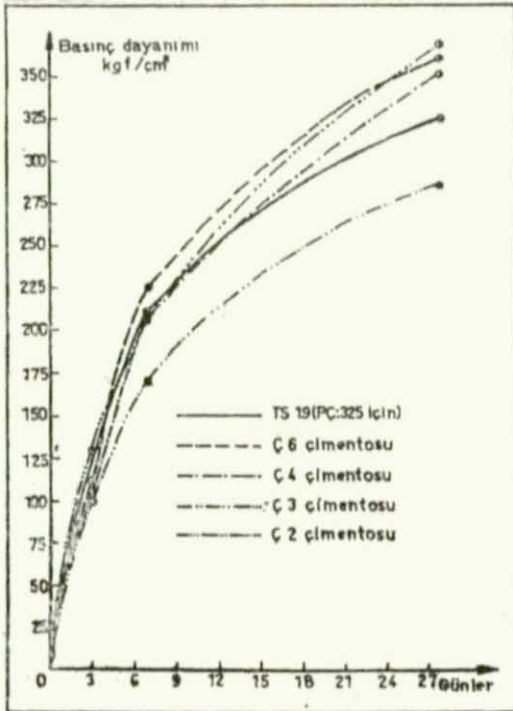
6-Çimentoların soğukta ve sıcaktaki hacim genişlemeleri oldukça düşüktür, TS 19'da verilen max. değerlerin bir hayli altındadır. Sadece serbest kireç bulunan Ç6 çimentosunun toplam hacim genişlemesi, standartlar içinde olmakla birlikte diğer çimentolardan daha yüksektir. Bu sonuçlara paralel olarak, pasta denemesi de olumlu olmuştur. % 0,31 oranında serbest kireç bulunan Ç6 çimentosunun pişen pastasında, normal olarak çizgiler teşekkül etmiştir.

7-Basınç Dayanımları: Tablo 45 'de verilen değerlere göre çimentoların 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ile TS 19'da verilen minimum değerlerle karşılaştırılması, şekil 17'dedir:



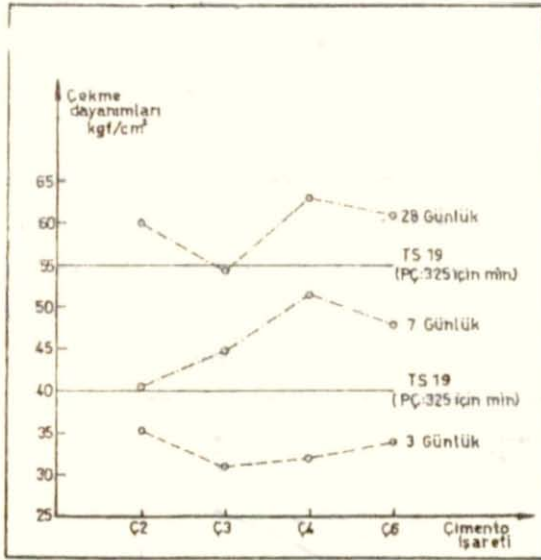
Şekil 17'ye göre, Ç2 ve Ç4 çimentolarının 7 günlük basınç dayanımları, TS 19'da verilen sınır değerler içindedir. Ç3 çimentosunun 7 günlük basınç dayanımı bu sınır değerden düşük, Ç6 çimentosunki ise daha yüksektir. 28 günlük basınç dayanım değerleri daha olumlu olup, Ç2, Ç4 ve Ç6 çimentolarında, TS 19'da verilen minimum sınır değerlerin üstünde: Ç3 çimentosunda ise altındadır. 3 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerine göre en kaliteli çimento Ç2 çimentosudur. Bu sonuç bölüm IV.1.2'de yapılan yorumlarla ve bölüm IV.1.3'de verilen X-Ray diagramları sonuçları ile uyum halindedir.

Şekil 18'de, 4 tip çimentonun basınç dayanım değerlerindeki artışlar zamana bağlı olarak gösterilmiş ve PÇ 325 için TS 19'da verilen minimum değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Grafikte, sadece Ç3 çimentosunun eğrisi, PÇ 325 eğrisinin altında kalmış; Ç2, Ç4 ve Ç6 çimentolarında ise PÇ 325 eğrisinin üstünde yer almışlardır.



ŞEKİL 18

8-Çekme Dayanımları: Tablo 45'de verilen değerlerle 4 tip çimentonun eğilme sonucu çekme dayanım değerleri; 3, 7 ve 28 gün için çizilmiş ve TS 19'da verilen minimum değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar şekil 19'da verilmiştir.

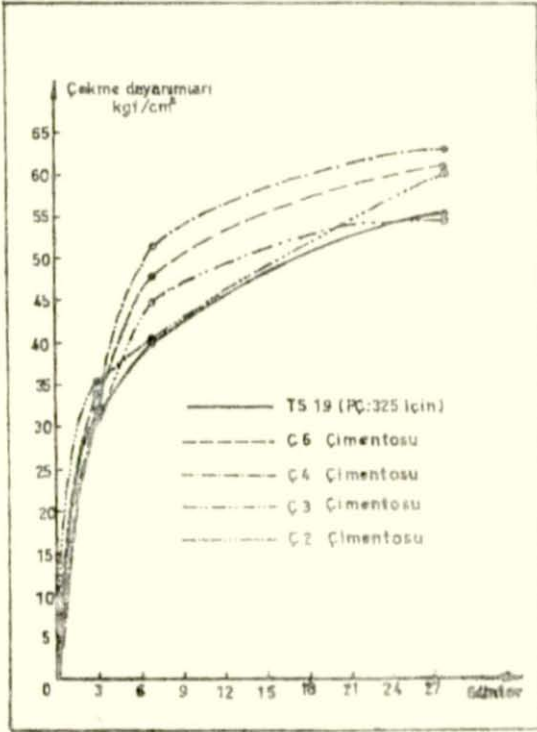


ŞEKİL 19

Grafiğe göre, çekme dayanım değerleri basınç dayanım değerlerinden daha olumludur. Çünkü; 4 cins çimentonun çekme dayanım değerleri, PÇ 325'in minimum değerlerinden genel olarak daha yüksektir.

Şekil 20, 4 tip çimento ile PÇ 325'in eğilme sonucu çekme dayanım değerlerindeki artışları zamana bağlı olarak vermektedir. Grafiğe göre, 4 tip çimentonun çekme dayanım değerlerinin zamanla artış eğrileri, PÇ 325 eğrisinin üstünde yer almaktadır.

3 günlük çekme dayanım değerlerine göre Ç2 çimentosu diğerlerinden daha kaliteli; 7 ve 28 günlük çekme dayanım değerlerine göre Ç4 çimentosu daha kalitelidir. Ç3 çimentosunun düşük değerleri, daha iri öğütülmesinden (tablo 43, şekil 16) ve IV.1.2'de ulaşılan sonuçlardandır.



ŞEKİL 20

Sonuç olarak; fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları, X-Ray Powder Diffraction çalışmaları ve beton laboratuvar testlerine göre, minimum sinterleme temperaturünde (1300°C) elde edilen Ç2 çimentosunun diğerlerinden daha kaliteli olduğu söylenebilir. Ç2 çimentosunu Ç6 ve Ç4 çimentosu izlemektedir. Çalışmalarımızla, portland çimentosu sınıfından çimento elde edilebildiği anlaşılmaktadır.

B Ö L Ü M V SOMA ÇİMENTO FABRİKASI PROJESİ

V. 1 PROJENİN TANITILMASI:

1.1 Projenin Adı	: Soma Çimento Fabrikası
1.2 Kuruluş Yeri	: Manisa-Soma
1.3 İşletmeye Alma Tarihi	: 1986
1.4 Projenin Sabit Yatırım Toplamı	: 850 000 000.- TL
1.5 İşletme Sermayesi	: 50 000 000.- TL
1.6 Projenin Genel Toplamı	: 900 000 000.- TL
1.7 Üretilecek Mal ve Hizmetler	
7.1 Türü	: Portland Çimentosu
7.2 Miktarı	: 1 100 000 ton/yıl
1.8 Üretimin	
8.1 Toplam Yıllık Gelirler Toplamı	: 522 500 000.- TL
8.2 Toplam Yıllık Giderler Toplamı	: 426 790 450.- TL
8.3 Gayri Safi Kar	: 95 709 550.- TL
1.9 Projenin Ekonomik Ömrü	: 20 yıl
1.10 Projenin Amacı-Gerekçesi	: Bölüm V.2'de verilmiştir.

V. 2 PAZAR ETÜDÜ:

Türkiye'nin çimento üretimindeki yeri tablo 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Tablo 3'e göre, çimento üretecek tesisler kurulmaması halinde, 1981 yılında Türkiye çapında 1 milyon tonun üzerinde bir açık ortaya çıkabilecek ve bu açık süratle büyüyerek 1984 yılında 6 milyon tona ulaşabilecektir. Ege Bölgesinin ise yıllar itibarile çimento üretim ve tüketiminin muhtemel gelişmesi tablo 46'da ve Türkiye ile Ege Bölgesinde, fiili ve muhtemel çimento üretim-tüketim durumu yıllara göre şekil 21'de verilmiştir:

TABLO 46

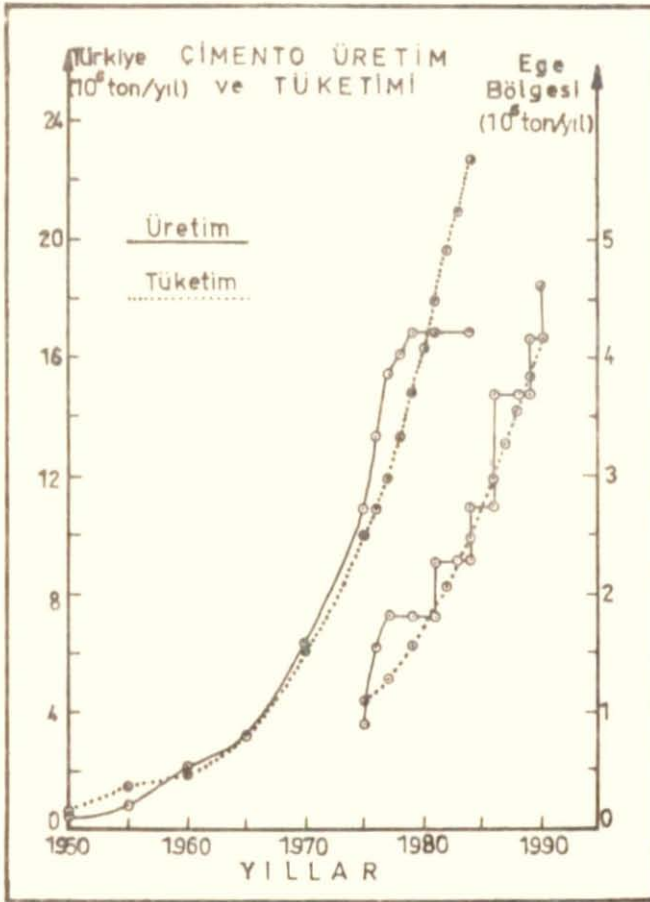
EGE BÖLGESİNDE ÇİMENTO ÜRETİM VE TÜKETİMİNİN GELİŞİMİ

YILLAR	TÜKETİM ¹ (bin ton)	FİİLİ ÜRETİM ² (bin ton)	FABRİKA İHTİYACI ³	KBT (kg)
1975	1 065	876	-	297
1976	1 172	1 556	-	319
1977	1 289	1 811	-	344
1978	1 418	1 811	-	370
1979	1 560	1 811	-	398
1980	1 716	1 811	-	429
1981	1 887	1 811 (2 281)	1 (Denizli)	462
1982	2 076	2 281	-	497
1983	2 273	2 281	-	533
1984	2 489	2 281 (2 751)	1 (Manisa)	572
1985	2 726	2 751	-	614
1986	2 984	2 751 (3 686)	1 (Soma)	658
1987	3 268	3 686	-	706
1988	3 546	3 686	-	751
1989	3 847	3 686 (4 156)	1.Tevsii(Soma)	798
1990	4 174	4 156 (4 626)	2.Tevsii(Soma)	849

Ege Bölgesinde çimento tüketiminin artış hızı 1983 yılına kadar % 10, 83-1988 yılları arasında % 9,5 ve sonraki yıllarda % 8,5 olarak kabul edilmiştir,

Teorik Kapasite X 0,85

Kurulacak Denizli ve Manisa Çimento Fabrikaları ile teklif edilen So-Çimento Fabrikasının 1. ve 2. tevsii teorik kapasiteleri 550 000 ton/yıl ve beklenen üretimleri 470 000 ton/yıl, Soma Çimento Fabrikasının fiili kapasitesi ise 935 000 ton/yıl'dır.



ŞEKİL 21

Tablo 46 ve şekil 21'e göre, Ege Bölgesinde ilk çimento açığının 1981 yılında 76 000 ton olacağı ve bu açığın, yeni tesisler kurulması halinde 1984 yılında 678 000 tona, 1986 yılında 1 173 000 tona, 1988 yılında 1 735 000 tona ve 1989 yılında 2 036 000 tona ulaşacağı beklenmektedir. Bu bölgeyi oluşturan İzmir, Manisa, Denizli, Aydın ve Muğla illerinden yalnızca İzmir'de 2 çimento fabrikası (Batı Anadolu, 870 000 ton/yıl ve Çimenttaş, 1 050 000 ton/yıl) bulunmaktadır. Aydın'da da 1 çimento fabrikası (Söke, 210 000 ton/yıl) mevcuttur. Bu üç fabrikanın toplam üretim kapasitesi 2 130 000 ton/yıl'dır. Fiili çimento üretimlerinin ise, % 85

kapasite kullanım oranına göre, 1 811 000 ton/yıl olacağı söylenebilir. Bu sonuçlar bölgede, 1990 yılına kadar 550 000 ton/yıl kapasiteli en az 5 çimento fabrikasına ihtiyaç olacağını göstermektedir(38).

Bölgede 1981 yılında, 550 000 ton/yıl kapasiteli Denizli Çimento Fabrikasının ve 1984'de 550 000 ton/yıl kapasite ile Manisa Çimento Fabrikasının işletmeye alınması uygun görülmüştür. Bu duruma göre bölgede, 1986 yılında 233 000 ton'luk çimento açığı ortaya çıkacak ve bu açık 1988 yılında 795 000 tona ulaşacaktır. Bölgeye, 1986 yılında işletmeye alınmak üzere kurulmasını teklif etmekte olduğumuz 1 100 000 ton/yıl kurulu kapasiteli Soma Çimento Fabrikasının tesisi halinde, iç tüketimden arta kalacak üretim fazlalıkları da ihraç edilebilecektir. 1986 yılında 702 000 ton ve 1988 yılında 140 000 ton ihraç edilebilir çimento üretilebilecektir. Buna rağmen bölgede, 1989 yılında 161 000 ton çimento açığı ortaya çıkabilecek ve fabrikanın 550 000 ton/yıl ek kurulu kapasite ile 1. tevsii gerekecek, buna rağmen 1990 yılında 2. tevsiiata geçmek icabedebilecektir.

V. 3 PROJE KAPASİTESİ VE KURULUŞ YERİ SEÇİMİ:

3.1 Proje Kapasitesinin Seçimi:

Çimento sektöründe optimum kapasite mahalli şartlara bağlı olarak hayli değişik olabilmektedir. Muhtemel bir çimento açığını karşılamak üzere kurulacak bir yeni fabrikanın kapasitesi seçilirken; bir yandan söz konusu fabrikanın işletmeye girişini takip eden yıllarda o yörenin ihtiyacını hiç değılsedaha makul bir süre karşılamaya yetecek büyüklükte olması dikkate alınmalı, öte yandan da fabrikanın ihtiyacın çok üstünde bir kapasitede olmamasına dikkat edilmelidir.

Bölüm V.2'de verilen istatistikler ve yukarıda belirtilen görüşler nedeniyle, 1986 yılında 1 100 000 ton/yıl kurulu kapasiteli 935 000 ton/yıl fiili kapasiteli) yeni bir fabrikanın kurulması ve 1989'da 1., 1990 yılında da 2. tevsii öngörülmektedir.

3.2 Kuruluş Yeri Seçimi:

Ege Bölgesini oluşturan illerin; gerek iç tüketimlerdeki beklenen gelişme, gerek ihraç imkanları ve gerekse çimento ham maddesi ile yakıt yönünden arz ettikleri durum bakımından incelenmeleri, bu bölgede 8-nümüzdeki yıllarda ortaya çıkabilecek çimento açığını karşılamak üzere kurulacak fabrikalardan üçüncüsünün Manisa iline bağlı Soma ilçesinde tesisinin uygun olacağını ortaya koymuştur.

Aşağıda Soma'nın, bir çimento fabrikasının kuruluş yerini etkileyen başlıca faktörlere göre durumu belirtilmiştir:

a) Tüketim ve İhracaat: Bölüm V.2'de verilen bilgilere göre, Soma'da kurulacak çimento fabrikası, 1986 yılından itibaren gerek satış hinterlandının iç tüketimini rahatlıkla karşılayabilecek ve gerekse ihracaata geçebilecektir. Ancak İzmir'de kurulmuş olan iki çimento fabrikasının (Batı Anadolu ve Çimentaş) ihraç imkanlarının daha şanslı olduğu dikkate alınır, daha çok iç tüketime yönelinecek demektir. Soma'da kurulacak çimento fabrikasının, işletmeye açıldığı 1986 yılından itibaren üretiminin tümünü satabileceği ve tevsii edilmediği takdirde 1989 yılında ihtiyacı karşılayamayacağı söylenebilir.

b) Enerji: Soma halen bir çimento fabrikasının ihtiyacı olan yaklaşık 10 MW'lık elektrik enerjisini rahatlıkla karşılayabilecek enerji imkanlarına sahip bulunmaktadır. 44 MW'lık Soma Termik Santrali işletme halindedir ve 300 MW'lık Soma-B Termik Santrali kuruluş safhasında bulunmaktadır.

c) Yakıt:

Fuel-Oil: Soma'da kurulacak çimento fabrikası fuel-oil ihtiyacını Aliağa Rafinerinden kolaylıkla sağlayabilir. Soma, Aliağa Rafineri ile 84 km'lik kalıcı karayolu ile bağlıdır.

Kömür: Soma TKİ linyitleri ile diğer kömür ocakları, fabrikanın tüm kömür ihtiyacını karşılayabilecek rezerv ve kalitededir. Ancak kalorifik değerinin düşük olması nedeniyle, % 20 oranında fuel-oil ile karıştırılarak çimento endüstrisinde rahatça kullanılabilir. Kömür ocakları

fabrikanın hemen yakınında olacağından maliyete olumlu etkide bulunacaktır. Bu nedenle proje hesaplamaları Manisa-Soma-TKİ linyitlerine göre yapılmıştır. Soma bölgesi linyitleri ile ilgili bilgiler tablo 47'de verilmiştir:

TABLO 47

SOMA BÖLGESİ LİNYİT YATAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

YERİ	TOPLAM REZERV bin ton	KİMYASAL ANALİZ SONUÇL.			İSİ DEĞ. kcal/kg	DAMAR KALN.m	İŞLETME CİNSİ
		NEM,%	KÜL,%	S,%			
TKİ	40 500	15,22	23,55	1,04	3733	2-22	A-K
İŞIKLAR	65 000	28,04	24,12	0,14	4200	12	A-K
İSTASYON	18 000	17,99	11,24	3,01	4300		K
EYNEZ	16 500	18,72	15,09	3,12	4500		A-K
DENİŞ	31 000	20,50	18,93	4,73	2820		K
DUALAR	5 700	13,83	21,33	1,99	3250	11-16	

TKİ Kuru Linyit Kömürü Alt Isı Değeri: 4403 kcal/kg

Fuel-Oil Alt Isı Değeri : 10000 kcal/kg

Döner Fırında Kullanma Oranı : % 80 Linyit+% 20 Fuel-Oil¹

Karışım Yakıtın Isı Değeri : 5522 kcal/kg

Kömür Ocak Maliyeti : 85 TL/ton

Kömür Fabrika Maliyeti : 90 TL/ton

Klinkerin Pişme Enerjisi : 850 kcal/kg klinker

Farinin Kurutma Enerjisi : 150 kcal/kg klinker

Somada kurulması önerilen çimento fabrikasının yılda 1 100 000 ton çimento veya 1 045 000 ton klinker² üreteceği esasına göre fabrikanın toplam yakıt ihtiyacı aşağıdaki gibi hesaplandı:

- 1 Döner fırında kullanılacak yakıtın ısı değerinin 5 500 kcal/kg olduğu kabul edilerek bu oran kullanılmıştır,
- 2 Klinkere % 5 oranında alçı taşı katılacağı dikkate alınmıştır,
- 3 Teknik nedenlerden dolayı, farin kurutmada fuel-oil kullanılacağı kabul edilmiştir.

1 045 000 Ton Klinker İçin:

Piştirme Enerjisi	: 888 250.10 ⁶ kcal
Kurutma Enerjisi	: 156 750.10 ⁶ kcal
Piştirmede Kullanılacak Karışım	: 888 250.10 ⁶ /5 522.10 ³ =
Yakıt Miktarı	: 160 856 ton karışım yakıt,
Piştirmede Kullanılacak Kömür Miktarı	: 160 856.0,8 = 128 685 ton kömür,
Piştirmede Kullanılacak Fuel-Oil Miktarı	: 160 856.0,2 = 32 171 ton fuel-oil,
Kurutmada Kullanılacak Fuel-Oil Miktarı	: 156 750.10 ⁶ /10 000.10 ³ =
	: 15 675 ton fuel-oil,
Toplam Fuel-Oil Miktarı	: 47 846 ton.

d)Ham Madde: Kullanılacak ham maddelerin(dekapaj kütlesi ve uçucu kül) detaylı jeolojik, fiziksel ve kimyasal etüdü Bölüm II'de verilmiştir. Fabrika yerinin Soma'da seçilişinde en büyük avantaj; dekapaj kütlesi, uçucu kül ve kömürün Soma'da bulunması ile dekapaj kütlesi ve uçucu kül için ocak masraflarından kurtulunmuş olmasıdır. Ham maddeler gevşetilmiş, ocaktan ve santraldan istihraç edilmiş, çıkarılmış, boş sahalara depo edilmiştir.

e)Ulaşım: Soma gerek komşu illere ve Anadolu'nun içlerine, gerekse Ege ve Marmara yörelerine yüksek fiziksel ve geometrik standartlarda karayolları ile bağlıdır. Soma'dan, İzmir-Bursa-İstanbul devlet karayoluna 33 km'lik asfalt yol ile ulaşılır. Soma Manisa'ya 87 km, İzmir'e 128 km uzaklıktadır. Bu arada İzmir-Eskişehir demir yolu da Soma'dan geçer. Bu nedenlerle Soma İlçesi, bir çimento fabrikasının işletilmesi ile ilgili her türlü ham madde, mamul madde, yakıt ve diğer malzemelerin kolaylıkla ve süratle nakledilebilmesi için gerekli kara ve demir yolu ulaşım şebekesine sahiptir.

f)Teknolojik Su ve İklim Durumu:Soma bölgesi yeraltı ve yerüstü suyu bakımından uygun görülmektedir. Bakırçay Soma'dan geçer.

Bölgede don olayları ender görünür. Daha çok yaz günü ve tropik gün hüküm sürer. Karla örtülü günlerin sayısı oldukça düşüktür.

V.4 ÇİMENTO FABRİKASI KURULUŞ VE MALİYET HESABI: ¹

4.1 Yatırım Tutarının Hesabı:

	<u>TOPLAM, 10³ TL</u>
1. Etüd ve Proje Giderleri	<u>500</u>
2. Patent, Know-How vb.	-
3. Arsa Değeri	<u>5 000</u>
4. Arazinin Düzenlenmesi, Hazırlık Yapılması	<u>2 000</u>
5. İnşaat İşleri, Toplam	<u>203 250</u>
a) Ana Fabrika Bina ve Tesisi	100 000
b) Yardımcı İşletme Bina ve Tesisi	47 250
c) Ambarlar	9 000
d) İdare Binaları (Mefruşat Dahil)	15 500
e) Sosyal Binalar (Mefruşat Dahil)	9 000
f) Lojmanlar	12 500
g) İnşaat Makinaları Bedeli (Amortisman veya Kira)	4 000
h) Diğer İnşaat İşleri	6 000
6. Ulaştırma Yatırımları	<u>10 000</u>
a) İç Yollar	2 500
b) Bağlantı Yolları	7 500
7. Ana Fabrika Makina ve Donatım	<u>340 000</u>
a) Konkasör Ünitesi, Komple Tesis	13 600
b) Stokhol ve Gezer Vinç	18 700
c) Farin Değirmenleri	71 400
d) Farin Siloları-Kompresör Dairesi Pnömatik Komple Tesis	22 100
e) 4 Adet Elektrofiltre, Komple Tesis	13 600
f) Ön Isıtıcılar, Komple Tesis	11 900
g) 2 Adet Döner Fırın, Komple Tesis	105 400
h) 4 Adet Çimento Değirmeni, Komple Tesis	62 900
ı) Paketleme Üniteleri, Komple Tesis	20 400
T O P L A M	<u>560 750</u>

N A K L İ Y E K Ü N	<u>560 750</u>
8.Yardımcı İşletme Makina ve Donatım	<u>135 000</u>
a)Su	7 500
b)Elektrik	100 000
c)Yakıt	15 000
d)Buhar	10 000
e)Diğer(Artıkların Atılması vb.)	2 500
9.Makina ve Donatım Toplam Taşıma ve Sigorta Giderleri	<u>12 000</u>
10.İthalat ve Gümrükleme Giderleri	<u>750</u>
11.Montaj Giderleri	<u>40 000</u>
12.Genel Giderler(Vergi, Resim, Harç)	<u>1 500</u>
13.Taşıt Araçları	<u>15 000</u>
14.İşletmeye Alma Giderleri	<u>3 000</u>
15.Beklenmeyen Giderler	<u>10 000</u>
16.Yatırım Safhasında Faizler	<u>72 000</u>
S A B İ T Y A T I R I M T O P L A M I	<u>850 000</u>
17.İşletme Sermayesi Toplamı	<u>50 000</u>
a)Ham Madde Ambalaj Stokları	15 000
b)Mamul Madde Stokları	10 000
c)Yedek ve Yardımcı Madde Stokları	15 000
d)Nakit İhtiyacı	10 000
PROJENİN GENEL TOPLAMI	<u>900 000.- TL</u>

4.2 Personel Durumu:

	ORTALAMA Bİ- ¹		TOPLAM YILLIK BRÜT ÖDEME, TL
	RİM BRÜT AYLIK, TL	ADET	
1. Yüksek Seviyede İdari ve Mesleki Personel	12 000	6	864 000
2. Memurlar	7 500	40	3 600 000
3. Teknisyen, Ustabaşı ve Kalifiye İşçi	7 550	70	6 342 000
4. Düz İşçi	5 000	250	15 000 000
5. Müstahdem	4 000	15	720 000
TOPLAM		381	26 526 000

4.3 İşletme Süresi Bilgileri (Tam Kapasitede):

CİNSİ	YILDA KULLANILAN LACAK MİKTAR, ton	İŞLETMEYE MALİYET TL/Birim	TOPLAM DEĞER, TL
1. Ham Ve Yardımcı Maddeler:			
a) Uçucu Kül ²	81 510	10.-	815 100.-
b) Dekapaj Kütlesi ³	1 548 690	2.-	3 097 380.-
c) Alçı Taşı ⁴	55 000	150.-	8 250 000.-
T O P L A M			<u>12 162 480.-</u>
2. İşletme Malzemesi:			
a) Bilye	550	12 200.-	6 710 000.-
b) Silfebs	550	12 200.-	6 710 000.-
c) Plaka	440	24 700.-	10 868 000.-
d) Ateş Tuğlası	880	5 200.-	4 576 000.-
e) Yağlar	82	12 500.-	1 025 000.-
f) Patlayıcı Madde ⁵	10	35 000.-	350 000.-
g) Kağıt Torba	22 220 000 adet	1,89	42 000 000.-
h) Muhtelif Malzeme			1 000 000.-
T O P L A M			<u>73 239 000.-</u>

3. Enerji, Yakıt, Su:

a)Elektrik ⁶	120.10 ⁶ kwh	0,43	51 600 000.-
b)Fuel-Oil ⁷	47 846	1 420.-	67 941 320.-
Kurutma	15 675	1 420.-	22 258 500.-
Piştirme	32 171	1 420.-	45 682 820.-
c)Kömür ⁸	128 685	90.-	11 581 650.-
T O P L A M			<u>131 122 970.-</u>
G E N E L T O P L A M			<u>216 524 450.-</u>

4.4 Yıllık İşletme Giderleri(Tam Kapasitede):

1. Ham ve Yardımcı Maddeler	<u>12 162 480.-</u>
2. İşletme Malzemesi	<u>73 239 000.-</u>
3. Yakıt, Enerji, Su	<u>131 122 970.-</u>
4. Bakım ve Onarım Giderleri	-
5. İşçilik ve Personel Giderleri	<u>26 526 000.-</u>
6. Lisans ve Patentler	-
7. Amortismanlar ⁹	<u>63 750 000.-</u>
8. Genel Giderler	<u>2 500 000.-</u>
a)Kiralar	-
b)Sigortalar	750 000.-
c)Çeşitli Vergiler	750 000.-
d)İdare Masrafları	500 000.-
e)Diğer İşletme Masrafları	500 000.-

1 Her türlü sosyal yardımlar dahildir,

2 Uçucu kül Soma Termik Santralından temin edilecektir. 1 045 000 ton klinker, titrasyonu 78 olan 1 630 200 ton farinden ele geçer. Bu miktarın ortalama % 5'i uçucu kül, % 95'i dekapaj kütlesi olarak düşünülmiştir(1 045 000 x 1,56 = 1 630 200).

3 Yılda ortalama 1 500 000 ton dekapaj kütlesi kullanılacağına göre, Bölüm II.1.3'de verilen istatistiksel bilgilere dayanarak Soma GLİ B81-gesinde, kurulacak fabrikanın ihtiyacını 200 sene rahatlıkla karşılayacak ham madde bulunduğunu söylenebilir.

9.Faizler ¹⁰	53 217 000.-
YILLIK İŞLETME GİDERLERİ TOPLAMI	362 517 450.-
10.İstihsal Vergisi ¹¹	53 273 000.-
11.Satış Masrafları ¹²	11 000 000.-
T O P L A M	64 273 000.-
GENEL T O P L A M	426 790 450.-

-
- 4 Çimentonun % 5'i kadar(1 000 000 x 0,05 = 55 000) alçı taşı kullanılacaktır, Bu alçı taşının Denizli'den temini düşünülmüştür,
- 5 Ham maddeler istihraç edilmiş olduğundan sembolik olarak alınmıştır,
- 6 Soma Termik Santralından alınacaktır,
- 7 Aliağa Rafinerinden temin edilecektir,
- 8 Soma GLİ linyitlerinin kullanılacağı düşünülmüştür,
- 9 Sabit yatırımın % 7,5'u olarak alınmış ve 13,3 senede tesisin kendisini amorti edeceği görülmüştür,
- 10 Tam kapasitede yıllık faiz,
- 11 48,43 TL/ton çimento (20 sayılı tebliğe göre),
- 12 10.- TL/ton çimento (20 sayılı tebliğe göre).

4.5 Kâr - Zarar Tablosu:

1986, TAM KAPASİTEDE

1. Portland Çimentosu Üretim Miktarı	1 100 000 ton
2. Birim Sınai Maliyet (Yıllık İşletme Giderleri/Çimento Üretimi) (426 790 450 / 1 100 000 = 387.99 TL/ton)	387.99 TL/ton
3. Birim Fabrika Satış Fiyatı	475.00 TL/ton
4. Satışlar Tutarı(1 100 000 x 475.00)	522 500 000 TL
5. Yıllık İşletme Giderleri Toplamı	426 790 450 TL
6. Yıllık Toplam Kâr	95 709 550 TL
7. Birim Kâr(Toplam Kâr/Üretilen Çimento)	87.00 TL/ton
8. Rantabilite(R) (Toplam Kâr/Sabit Yatırım Tutarı)X100	% 11,26
9. İktisadilik Oranı(I) (Yıllık Gelirler/Yıllık Giderler = Birim Fabrika Satış Fiyatı/Birim Sınai Maliyet)	1,22

4.6 Uçucu Küllü Çimento Kâr-Zarar Tablosu:

Çeşitli araştırmacılar; Soma Termik Santrali uçucu küllünün, portland çimentosuna veya portland çimentosu klinkerine, % 25-35 oranında katkı maddesi olarak ilavesiyle ele geçen "uçucu küllü çimento"nun basınç ve çekme dayanım değerlerinin, standartlarda verilen sınırlar içinde olduğunu bulmuşlardır(32, 33, 36, 39). Portland çimentosuna % 25 oranında katkı maddesi olarak uçucu kül karıştırıldığı düşünülerek çıkarılan kâr-zarar tablosu aşağıda verilmiştir.

Yıllık Uçucu Kül Miktarı:

- a) Katkı Maddesi Olarak: $1\ 100\ 000 \times 0,25 = 275\ 000$ ton
b) Ham Madde Olarak : $1\ 630\ 200 \times 0,05 = 81\ 510$ ton
c) Toplam Uçucu Kül : 356 510 ton

Bu sonuca göre günde ortalama 1 000 ton uçucu küle ihtiyaç vardır. Ancak, bölüm II.2'de açıklandığı gibi, mevcut santral günde ortalama

240-300 ton uçucu kül üretmektedir ve 1 milyon tonun üzerinde stok edilmiş uçucu kül vardır. 1979'da devreye girmesi beklenen termik santral ise, günde yaklaşık 5 500 ton uçucu kül üretecektir ki, sadece bu miktar, günlük ihtiyacın 5 katından daha fazladır. Buna göre uçucu kül problemi yoktur.

1986, TAM KAPASİTEDE

1. Uçucu Küllü Çimento Üretim Miktarı	1 375 000 ton
2. Birim Sınai Maliyet (0,80 x 388.00 + 0,20 x 10.00)	312.40 TL/ton
3. Birim Fabrika Satış Fiyatı	475.00 TL/ton
4. Satışlar Tutarı	653 125 000 TL
5. Yıllık İşletme Giderleri (426 790 450 + 275 000 x 10.00)	429 540 450 TL
6. Toplam Kâr	223 584 550 TL
7. Birim Kâr	162.61 TL/ton
8. Rantabilite (223 584 550 / 850.10 ⁶) x 100	% 26,30
9. İktisadilik Oranı (475.00/312.40 = 653 125 000 / 429 540 450)	1,52

Uçucu küllün çimento ham maddesi olarak kullanılmasının yanında, çok daha fazla oranda çimento katkı maddesi olarak kullanılmakla, birim sınai maliyet önemli oranda düşmekte, kâr oranı artmaktadır.

Uçucu küllü çimentonun hidrasyon ısısı daha düşük, sülfatlı alar ile diğer kimyasal etkilere karşı daha dayanıklı ve geçirimsizliği daha yüksektir(32,33).

S O N U Ç V E T A R T I Ő M A

1- GLİ Soma Bölgesi Kısarakdere, Elmalı(Doğu).ve Elmalı(Batı) Açık Ocak İşletmeleri dekapaj kütlelerinden alınan numunelerin kimyasal analizlerinden anlaşıldığına göre, bölge daha çok "kalkerli marn" ve "marn"dan ibarettir. Yüzeyden derinlere inildikçe genel olarak SiO₂ ve R₂O₃ oranı artarken, titrasyon değeri(% CaCO₃), CaO ve K.K. oranları azalmaktadır.

2- TKİ Soma Termik Santralından çıkan uçucu külün kimyasal bileşimi, santralda yakılan kömürün temin edildiği bölgeye ve derinliğe bağlı olarak az çok farklılıklar göstermektedir. Kimyasal bileşimi, CaO hariç olmak üzere TS ve ASTM standartlarına uygundur. CaO oranının standartlarda verilen değerden(% 6) daha yüksek oluşu, çimento ham maddesi olarak kullanılmasında için bir avantajdır.

3- GLİ Soma Bölgesi dekapaj kütlesi ile Soma Termik Santrali uçucu külden, çimento ham karışımının kimyasal kompozisyonunu verecek şekilde farin hazırlamak mümkün olabilmektedir. Kısarakdere açık ocak bölgesinden alınan dekapaj külesine % 3,85 oranında uçucu kül karıştırılmıştır. CaO oranı arttıkça daha çok uçucu kül kullanılabiliecektir.

4- Elde edilen klinker ve çimentonun fiziksel, kimyasal ve X-Ray analizleri ile beton laboratuar test sonuçlarına göre; kullanılan ham maddelerin sinterlenmesi, çimento teknolojisi için en düşük sinter sıcaklığı olarak kabul edilen 1300°C'de daha kaliteli olarak gerçekleşmiştir. Yüksek oranda(% 96,15) kullanılan dekapaj külesinin(marn) CaO ile SiO₂'i bir arada ve homojen olarak bulundurması, katı faz reaksiyonlarının hızını arttırmıştır.

Bu arada, uçucu kül,termik santral fırınından 1100-1200°C'de yanarak çıkmakta olduğundan, sinterleme sırasında cereyan eden endotermik dekompozisyon reaksiyonları için, dekapaj külesinde olduğu gibi ek ısıya gerek yoktur. Ayrıca uçucu küller % 3-6 arasında yanmamış karbon bulundurmaktadırlar. Bu iki faktör, az da olsa yakıt tasarrufu manasına gelir.

5- X-Ray Powder Diffraction analizi; 4 cins klinkerde de ana klinker komponentlerinin oluştuğunu ve diagramlarında, Trabzon Çimento Fabrikası klinkeri diagramı ile aynı θ ve d değerlerinde piklerin meydana geldiğini göstermiştir.

6- Çimento teknolojisinin gerçek şartlarından oldukça uzak olan sinter tesislerinde gerçekteştirilen yarı teknik çaptaki çalışmalarla, TS 19'da standardize edilen PÇ 325 kalitesinde çimento üretilebilmiştir. Ham madde hazırlama, pişirme ve soğutma işlemlerinin daha düzenli sağlanabileceği fabrikasyon şartlarında, aynı ham maddelerle daha da kaliteli çimento üretilebileceği muhakkaktır.

7- Nihayet, Soma'ya kurulması teklif edilen 1 100 000 ton/yıl çimento kurulu kapasiteli, tevsi edilebilir çimento fabrikasının hazırlanan kısa projesi, kuruluş ve maliyet hesaplarına göre, üretilecek ton çimento maliyetinin(387.99 TL/ton Portland Çimentosu, 312.40 TL/ton Uçucu Küllü Çimento) çok düşük olacağı, kârlı ve rantabl bir işletmeye geçilebileceği tesbit edilmiştir.

8- Memleketimiz için önemli bir araştırma konusu olan termik santral uçucu küllerine, çimento ham maddesi gözü ile bakılarak bu konudaki çalışmalar daha da derinleştirilmelidir. Çalışmalarımız sadece Soma Termik Santrali Uçucu Küllü'nü konu edinmiştir. Böylece uçucu küle, ülkemizde ilk defa çimento ham maddesi olarak önemli bir değerlendirme sahası kazandırılmıştır. Ancak, diğer kömür işletmeleri dekapaj kütleleri ile termik santral uçucu külleri için de benzer araştırmalar yapılmalıdır.

Bu çalışma ile, ülkemiz çimento ekonomisine üretim ve ihraç imkanları hazırlama; çimento teknolojisine orijinal ham maddeler kazandırma ve diğer kömür işletmelerinin dekapaj kütleleri ile termik elektrik santralleri uçucu külleri hakkında yapılacak araştırmalara ışık tutma amaçlarını gerçekteştirebilmiş olmam en büyük dileğimdir.

L İ T E R A T Ü R

- 1- Türkiye Çimento Sanayii İstatistikleri.
- 2- LABAHN/KAMINSKY : Ratgeber für Zementingenieure, 4. Auflage, 1970.
- 3- BOGUE, R.H. : The Chemistry of Portland Cement, New-York 1955.
- 4- LEA, F.M. : The Chemistry of Cement and Concrete, London 1970.
- 5- SHREVE : Chemical Industries Processes, Mc-Graw Hill Book Comp.Inc
- 6- KIRK-OTHMER : Encyclopedia of Chemical Engineering, Vol. 4.
- 7- BLANKS, F.R.; KENNEDY, H.L. : The Technology of Cement and Concrete, Vol. 1, John Wiley and Sons. Inc. New-York.
- 8- DUDA, W.H. : Cement Data Book, International Process Engineering In the Cement Industry, Macdonald and Evans, London 1976.
- 9- Industrial Minerals and Rocks, Published by American Institut of Metal and Mining Engineers, New-York 1949.
- 10- HAYDEN, R. : Portland Çimentosu Nedir, Ç, ALGANER, B., Zement-Kalk-Gibbs, 1963.
- 11- KÜHL, H. : Zement-Chemie In Theorie und Praxis.
- 12- ULMANNS, Encyklopedie der Technischen Chemie, Band 1-19, 1960.
- 13- KUCZYNSKI, G.C., HOOTON, N.A., GIBBON, C.F. : Sintering And Related Phenomena, 1965.
- 14- WEBER, P. : Heat Transfer in Rotary Kilns with due Regard to Cyclic Processes and Phase Formation, Wiesbaden-Berlin, 1963.
- 15- HEDVALL, J.A. : Reaktionsfähigkeit Fester Stoffe, Leibzig 1938.
- 16- HAUFFE, K. : Reaktionen in U.anfesten Stoffen, Berlin 1955.
- 17- BOWDER AND YOFFE : Fast Reactions in Solids, London 1958.
- 18- TEREM, H.N. : Anorganik Sinai Kimya, 1968.
- 19- DUDA, W.H. : Portland Cement Clinker Burning, Minerals Processing Chicago 8, 1967.
- 20- KLEINSORGE, H. : Manisa Vilayeti Soma Lignit Zuhuru ve Civarının Jeolojisi, MTA Ens. yay., 1941.
- 21- Türk Standartları; TS 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 639, 640, 687, 809, 819.
- 22- ASTM Designation, C 150-70, Standart Spesification for Portland Cement. American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pa. USA.
- 23- The Testing of Cement, Cembureau the European Cement Association, 1967.

- 24- Cement Standards of the World, Portland Cement and its Derivatives, Cembureau the European Cement Association, 1968.
- 25- SEIDEL, K. : Handbuch für das Zementlabor, Bauverlag GMBH, Berlin 1964.
- 26- FURMAN, N.H. : Standard Methods of Chemical Analysis, Vol. 1, 1968.
- 27- WELCHER, F.J. : Standard Methods of Chemical Analysis, Vol.II, 1963.
- 28- EWING, W.G. : Instrumental Methods of Chemical Analysis.
- 29- SCHWARZENBACH, G. : Die Komplexometrische Titration, Enkeverlag, Stuttgart 1956.
- 30- ALPAR, S.R., HAKDIYEN, M.İ., BİGAT, T. : Sınai Kimya Analiz Metotları, C 1, 4. baskı, İstanbul 1971.
- 31- TULGAR, H.E. : Türkiye'de Elektrik Santrallerinde Kullanılan Kömürden Elde Edilen Curuf ve Baca Tozlarının Endüstri Bakımından Değerlendirilmesi, TÜBİTAK MAG-182, İstanbul 1971.
- 32- Uçucu Küllerin(Fly-Ash) Çimento Katkı Maddesi Olarak Kullanılması Hakındaki Araştırma, D.S.İ.A.D.B., Rapor No: 343, Şubat 1966; KR-365, Ekim 1966; KR-386, Nisan 1967; Kİ-422, Nisan 1968.
- 33- Termik Santral Uçucu Küllerinin Değerlendirilmesi, T.E.K., 1974.
- 34- MORGAN, R.E. : Utilization of Fly Ash, U.S. Bureau of Mines, 1952.
- 35- DAVIS, R.E. : Use of Pozzolans in Concrete, Journal Am. Concrete Inst. Vol. 21, No. 5, 1950.
- 36- Etibank Direktörlüğüne Sunulan Rapor, 27.9.1963.
- 37- KAEUBLE, E.F. : Handbook of X-Rays, McGraw-Hill, 1967.
- 38- Manisa Çimento Fabrikası Projesi, Türkiye Çimento Sanayii, Eylül 1976.
- 39- SARGİN, M., NEMUTLU, S. : Pozzolan Characteristics of The Fly Ashes Produced In The Three Principal Thermal Plants of Turkey, 1970.

ÖZGEÇMİŞİM

1948-Havza doğumluyum. Sırası ile, Havza İstiklâl İlk Okulu ve Havza Orta Okulu'nda okuyarak 1963-1965 yıllarında Perşembe İlk Öğretmen Okulu'na devam ettim. İzmir Yüksek Öğretmen Okulu Hazırlık Lisesi'nden mezun oldum ve 1966'da Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya-Fizik Bölümü'ne girdim. 1970-1974 yıllarında Trabzon Lisesi Kimya Öğretmenliği görevini yaptım. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi'nde "Yüksek Kimyagerlik" öğretim-i 1975'de tamamladım. 1974 yılından beri de, K.T.Ü. Temel Bilimler Fa -
kültesi Kimya Bölümü'nde asistan olarak bulunuyorum.