151424

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Ekrem ARITAN

SÖĞÜT SERAMİK SANAYİ A.Ş. HAMMADDE OCAKLARINDA ÜRETİM YÖNTEMİ VE ÜRÜN KALİTE STANDARDINI BELİRLEMEYE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ADANA, 2004

151424

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÖĞÜT SERAMİK SANAYİ A.Ş. HAMMADDE OCAKLARINDA ÜRETİM YÖNTEMİ VE ÜRÜN KALİTE STANDARDINI BELİRLEMEYE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Ali Ekrem ARITAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu Tez ...../...../2004 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği / Oy Çokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza..... İmza..... İmza.....

Prof.Dr.Mesut ANIL Yrd.Doç.Dr. Ahmet M. KILIÇ Yrd.Doç.Dr. Ergül YAŞAR
ÜYE DANIŞMAN ÜYE

İmza..... İmza.....

Yrd.Doç.Dr. Alaettin KILIÇ Yrd.Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ
ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz **Maden Mühendisliği** Ana Bilim Dalında Hazırlanmıştır

Kod No : 2335

T.C. 1923 ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Prof. Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FBE.2002.YL.241

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanundaki hükümlere tabiidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÖĞÜT SERAMİK SANAYİ A.Ş. HAMMADDE OCAKLARINDA UYGULANAN MADEN İŞLETME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

ALİ EKREM ARITAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Danışman : Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ
Yıl : 2004 Sayfa: 83

Jüri : Prof. Dr. Mesut ANIL
: Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ
: Yrd.Doç.Dr. Ergül YAŞAR
: Yrd.Doç.Dr. Alaettin KILIÇ
: Yrd.Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ

Seramik sektörü ülkemizin hızla gelişen sanayi kollarının en önemlilerinden birisidir. Seramik sektörü son yıllarda ülke dışında da ismini duyurmaya başarmış ve önemli rakamlarda ihracatlar gerçekleştirilmiştir.

Söğütsen Seramik Sanayi A.Ş. ülkemizin en eski seramik kuruluşlarından birisidir. Açıldığı senelerde tek ünite halinde çalışmış, Şu anda ise 4 ünite olarak çalışmaktadır. Bu da hammadde ihtiyacını arttırmıştır. Bu işletmenin hammadde ihtiyacının büyük bir kısmı Söğüt Madencilik A.Ş. ocaklarından karşılanmaktadır.

Bu tez çalışmasında Söğüt Madencilik'e ruhsatlı Düvertepe-Bağkıran, Tozman ve Çiğdemlik sahaları ele alınmıştır. Bu sahalarla ilgili olarak jeolojik bilgiler, rezerv bilgileri, sahalarda üretilen madenlerle ilgili analizler ve işletme bilgileri verilmiştir.

Çalışmanın sonucunda sahalarda üretimin devamı ve hatalı işletme yöntemi seçilmiş sahalar hakkında öneriler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Kaolen, Feldspat, Kil, İşletme Yöntemleri.

ABSTRACT

Msc THESIS

RESEARCHINGS OF PRODUCTION METHOD OF OPEN PITS OF SÖĞÜT CERAMIC COMPANY AND DETERMINING OF PRODUCTİON QUALITY STANDARDS

ALİ EKREM ARITAN

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUE OF NATUREL APPLIEDSCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Assist. Prof. Dr. A. Mahmut KILIÇ
Year: 2004 Page: 83

Jury : Prof. Dr. Mesut ANIL
: Assist. Prof. Dr. A. Mahmut KILIÇ
: Assist. Prof. Dr. Ergül YAŞAR
: Assist. Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
: Assist. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ

Ceramic sector is one of the most important industry brunches of our country which is developing rapidly. Ceramic sector achieved to hear its name in abroad in recent years and exports were made in important numbers in this sector.

Söğütsen Ceramic Factory A.Ş. is one of the oldest ceramic establishments of our country. It has worked in one unit in first years. But now it is working in four units. This increases need of raw material. Söğüt Mining A.Ş.'s pits prevent a big part of raw material needs of this factory.

In this thesis study, Bağkıran, Tozman and Çiğdemlik areas, which are licensed to Söğüt Mining, are considered. Geological information, reserve information, administrating information and analyses about mines, which are produced in areas, were given. At the result of study, suggestions about continues of producing in areas and administrating method which chosen in areas were done.

Key Words: Ceramic, Kaolin, Feldspar, Clay, Processing Methods.

TEŞEKKÜR

Bana Yüksek Lisans eğitimi alma imkanı sağlayan Ç.Ü. Maden Mühendisliği Anabilimdalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Mesut ANIL'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans Tezi çalışmalarım süresince üniversitede danışman olarak yol gösteren ve çeşitli fikirleri ile böyle bir tezi ortaya çıkarmama çok büyük katkılarda bulunan Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımda fikir yönünden yardımcı olan Özen KILIÇ'a teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bana yardımlarını esirgemeyen Söğüt Madencilik A.Ş. Genel Müdürü Jeoloji Yüksek Mühendisi Turgut Korkmaz'a ve Söğüt Bölgesi Şefi Maden Teknikeri H. Hüseyin Bayrak'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak Yüksek Lisans Tezi çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. SERAMİK VE SERAMİK HAMMADDELERİ 4
3.1. Seramik 4
3.2. Seramik Hammaddeleri 6
3.2.1. Kil 6
3.2.1.1. Türkiye Kil Ürün Standardı 7
3.2.1.2. Dünyada ve Türkiye'de Kil Rezervleri 9
3.2.2. Feldspat 9
3.2.2.1. Türkiye Feldspat Ürün Standartları 10
3.3.2.2. Üretim Yöntemi ve Teknolojisi 10
3.3.2.3.Türkiye Feldspat Üretim Miktar ve Değerleri 11
3.3.2.4. Dünyada ve Türkiye'de Feldspat Rezerv Durumu 11
3.2.3. Kaolen 12
3.2.3.1. Kaolende Kaliteyi Belirleyen Unsurlar 13
3.2.3.2. Türkiye Kaolen Ürün Standardı 15
3.2.4.2. Üretim Yöntemi ve Teknoloji. 16
3.2.3.4. Türkiye Kaolen Üretim Miktar ve Değerleri 17
3.3.2.4. Dünyada ve Türkiye'de Kaolen Rezerv Durumu 18
3.2.4. Kuvars 21
3.2.4.1. Türkiye Kuvars Ürün Standardı 21
3.2.4.2. Üretim Yöntemi ve Teknoloji. 22
3.3.4.3. Dünyada ve Türkiye'de Kuvars Rezerv Durumu 22

4. ÇALIŞMA SAHALARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER 23
4.1. Düvertepe-Bağkıran Kaolen Sahası 23
4.1.1. Coğrafi Konum ve İşletme Durumu 23
4.1.2. Düvertepe Bölgesinin Morfolojik ve Jeolojik Özellikleri 24
4.1.2.1. Bölgenin Morfolojik Durumu 25
4.1.2.2. Sahanın Jeolojik Özellikleri 25
4.1.2.3. Mineralizasyon Türü, Tenör ve Dağılımı 25
4.1.2.4. Cevherin Boyutları, Şekil ve Sürekliliği, Uzantısı, Devamlılığı, Derinliliği 26
4.1.2.5. Cevher Kütlesinin Şekli 26
4.1.2.6. Cevherin Oluşum Biçimi 27
4.1.3. Sahanın Rezervi 30
4.2.Tozman Feldspat Sahası 31
4.2.1. Coğrafi Konum ve İşletme Durumu 31
4.2.2. Sahanın Morfolojisi 33
4.2.3. Genel Jeoloji 33
4.2.4. Litoloji 34
4.2.5. Cevher Kütlesi Bilgileri 35
4.2.5.1. Cevher Kütlesinin Tipi 35
4.2.5.2. Cevher Kütlesinin Şekli 35
4.2.5.3. Cevherin Oluşum Biçimi 35
4.2.6. Mineralojik Bileşim 36
4.2.7. Sahanın Rezervi 36
4.3. Çiğdemlik Kil Sahası 37
4.3.1. Coğrafi Konum ve İşletme Durumu 37
4.3.2. Genel Jeoloji 38
4.3.2.1. Stratigrafik Jeoloji 38
4.3.2.1.(1). Çakıl, Kum, Kil, Şist Ardalanması 39
4.3.2.1.(2). Tavan Çakıltaşı 39
4.3.3. Yapısal Jeoloji 39
4.3.4. Ekonomik jeoloji 40

4.3.5. Sahanın Rezervi 40
5. MATERYAL VE METOD 41
5.1. Hammadde Ocaklarında İşletme Yöntemleriyle İlgili Çalışmalar..... 41
5.1.1. Delme-Patlatma Yöntemiyle Yapılan Üretim..... 41
5.1.1.1. Patlatma Dizaynında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar..... 43
5.1.1.1.(1). Delik Çapı 43
5.1.1.1.(2). Deliğin Doğrultusu..... 44
5.1.1.1.(3). Deliğin Düzgünlüğü 45
5.1.1.2. Patlatma Sistemlerinin Tasarımlandırılması..... 45
5.1.1.2.(1). Delik eğimi..... 45
5.1.1.2.(2). Dilim kalınlığı 46
5.1.1.2.(3). Delikler Arası Uzaklık 46
5.1.1.2.(4). Delik Dibi Uzunluğu (Tırnak Payı)..... 46
5.1.2.1.(5). Sıkılama Uzunluğu..... 47
5.1.1.3. Patlatma Etki Alanı ve Parçalanma..... 47
5.1.1.4. Kullanılan Patlayıcı Maddeler 49
5.1.1.4.(1). Dinamitler..... 49
5.1.1.4.(2). Teknik Amonyum Nitrat (ANFO)..... 50
5.2. Hammadde Ocaklarında İşletme Yöntemleriyle İlgili Çalışmalar..... 51
5.2.1. Numune Alma Tekniği 51
5.2.2. Numune Hazırlama..... 51
5.2.3. Laboratuarda Deneylerinde Kullanılan Araç ve Gereçler 52
5.2.4. Analiz Metodları 52
5.2.4.1. Kimyasal Analiz..... 52
5.2.4.1.(1) XRF Analizi 52
5.2.4.2. Mineralojik Analiz..... 53
5.2.4.2.(1). XRD Analizi..... 53
5.2.4.2.(2).DTA-TG Analizi 53
5.2.4.2.(3).Beyazlık Ölçümü..... 53
6. ARAŞTIRMA BULGULARI 54
6.1. Bağkıran-Düvertepe Kaolen Sahası 54

6.1.1. Üretim Yöntemi Belirlemeye İlişkin Çalışma Sonuçları 54
6.1.1.1. Basamak Dizaynı 54
6.1.1.2. PatlatmaDizaynı 55
6.1.1.2.(1). Hesaplamalarda Kulanılan Değerler 56
6.1.1.2.(2). Hesaplamalar 57
6.1.2. Deneysel Çalışma Sonuçları 60
6.1.2.1. XRF Analizi 60
6.1.2.2. XRD Analizi 61
6.1.2.3. DTA-TG Analizi 62
6.1.2.4. Beyazlık Ölçümü 63
6.2. Tozman Feldspat Sahası 64
6.2.1. Üretim Yöntemi Belirlemeye İlişkin Çalışma Sonuçları 64
6.2.1.1. Basamak Dizaynı 65
6.2.1.2. Patlatmanın Çevresel Etkisi 66
6.2.1.2.(1). Tanecik Hızı (V) (İsveç Pratiğine Göre) 66
6.2.1.2.(2). Emniyetli Uzaklık 66
6.2.1.3. PatlatmaDizaynı 67
6.2.1.3.(1). Hesaplamalarda Kulanılan Değerler 67
6.2.1.3.(2). Hesaplamalar 68
6.2.2. Deneysel Çalışma Sonuçları 71
6.2.2.1. XRF Analizi 71
6.3. Çiğdemlik Kil Sahası 73
6.3.1. Üretim Yöntemi Belirlemeye İlişkin Çalışma Sonuçları 73
6.3.2. Deneysel Çalışma Sonuçları 73
6.3.2.1. XRF Analizi 75
6.3.3.2. XRD Analizi 76
6.3.3.3. DTA-TG Analizi 76
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 78
KAYNAKLAR 80
ÖZGEÇMİŞ 83

ÇİZELGELER DİZİNİ **Sayfa No:**

Çizelge 3.1. Çeşitli Kil Minerallerinin Kimyasal Bileşimleri 7
Çizelge 3.2. Söğüt Bölgesi Killeri Kimyasal Özellik Standartları 8
Çizelge 3.3. Söğüt Bölgesi Killeri Fiziksel Özellik Standartları 8
Çizelge 3.4. Türkiye Kil Rezervi 9
Çizelge 3.5. Türkiye Feldspat Üretim Standartları 10
Çizelge 3.6. Dünya Rezervleri 12
Çizelge 3.7. Türkiye Rezervleri 12
Çizelge 3.8. Türkiye Kaolen Ürün Standardı 16
Çizelge 3.9. Türkiye Kaolen Üretimi 18
Çizelge 3.10. Dünya Kaolen Rezervleri 19
Çizelge 3.11. Türkiye Kaolen Rezervleri 20
Çizelge 4.1. Rezerv Tablosu 30
Çizelge 4.2. Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Rezerv Miktarları 31
Çizelge 4.3. Saha Rezerv Tablosu 37
Çizelge 4.4. Rezerv 40
Çizelge 6.1. Tasarım Sonuçları 60
Çizelge 6.2. Kimyasal Analiz Tablosu 61
Çizelge 6.3. Beyazlık Ölçüm Sonuçları 64
Çizelge 6.4 . Tasarım Sonuçları 71
Çizelge 6.5 . Kimyasal Analiz Tablosu 72
Çizelge 6.6 . Kimyasal Analiz Tablosu 75

ŞEKİLLER DİZİNİ **Sayfa No:**

Şekil 4.1. Sahanın Yerbulduru Haritası 23
Şekil 4.2. Sahanın Yerbulduru Haritası 32
Şekil 4.3. Sahanın Yerbulduru Haritası 38
Şekil 5.1. Patlatma Deliği Civarında oluşan Parçalanma, Kırılma ve Çatlama Bölgeleri 48
Şekil 5.2. Parça Boyutunun Maliyetlere Etkisi 49
Şekil 5.3. Anfonun Nem, Tane Çapı Ve Mazot Miktarlarına Göre Patlatma Hızı Değişimi 50
Şekil 6.1. Basamak Dizaynı 55
Şekil 6.2. Balıkesir-Düvertepe Kaolen Ocağı Patlatma Dizaynı 56
Şekil 6.3. Kaolen Standartları ve Saha Analiz Sonuçları 61
Şekil 6.4. Bağkıran XRD Analiz Sonucu 62
Şekil 6.5. DTA-TG Analiz Sonucu 63
Şekil 6.6. Feldspat Ocağı Basamak Dizaynı 66
Şekil 6.7. Feldspat Ocağı Basamak Dizaynı 68
Şekil 6.8. Feldspat Standartları ve Saha Analiz Sonuçları 73
Şekil 6.9. Kil Kırıcı Akış Şeması 74
Şekil 6.10. Kil Standartları ve Saha Analiz Sonuçları 76
Şekil 6.11. Çiğdemlik Kili XRD Analiz Sonucu 77
Şekil 6.12. Yerkarosu Kili DTA-TG Analiz Sonucu 78
Şekil 6.13. Fayans Kili DTA-TG Analiz Sonucu 78

1. GİRİŞ

Seramik sektörü ülkemizin hızla gelişen sanayii kollarının en önemlilerinden birisidir. Seramik sektörü son yıllarda ülke dışında da ismini duyurmaya başarmış ve önemli rakamlarda ihracatlar gerçekleştirilmiştir.

Söğütsen Seramik Sanayii A.Ş. ülkemizin en eski seramik kuruluşlarından birisidir. 1973 yılında 1600 ortağın iştiraki ile kurulmuştur. 1.2 milyon m^2 üretim yapan bir işletme olarak kurulan şirket şu an 12 milyon m^2 kapasite, 675 işçi 100 yönetim elemanı ile çalışmaktadır. Açıldığı senelerde tek ünite halinde çalışmıştır. Şu anda ise 4 ünite olarak çalışmaktadır. Bu da hammadde ihtiyacını arttırmıştır. Bu işletmenin hammadde ihtiyacının büyük bir kısmı Söğüt Madencilik A.Ş. ocaklarından karşılanmaktadır.

Söğüt Madencilik A.Ş., Söğüt Seramik A.Ş.'ye hammadde temin eden ve yurtdışına ihracat kalitesinde kaolen üretip satan, Söğüt Seramik bünyesinde bir madencilik firmasıdır. 1991 yılında kurulan Söğüt Madencilik A.Ş.; geniş kil, feldspat, kaolen sahalarına sahiptir. Seramik hammadde üretimi, ithalat ve ihracatı yapmakta olan firma Türkiye'nin en büyük kaolen sahalarına sahiptir. Her türlü seramik malzemesi için hammadde ve sırlık kaolen üretimleri ile diğer sektörlere de hitap edecek yapıya ulaşmıştır. Genelde Söğüt ve Balıkesir bölgesinde yoğunlaşan maden sahalarından Balıkesir bölgesinde kaolen, Söğüt bölgesinde ise kil ve feldspat sahaları bulunmaktadır. Aydın ve Simav bölgesinde de şirketin feldspat sahaları bulunmaktadır.

Bu sahalardan bazıları taş ocağı ruhsatlı, bazıları ise Maden Kanunu'na göre işletilmektedir. Bu ocaklar; Bilecik-Söğüt, Bilecik-İnhisar, Bilecik-Hamitabat, Kütahya-Emet, Balıkesir-Sındırgı-Düvertepe, Aydın-Çine sınırları içindedir.

Söğütsen Seramik diğer hammadde (kalsit, kuvars vb.) ihtiyaçlarını ise Söğüt Madencilik aracılığı ile diğer madencilik şirketlerinden karşılamaktadır.

Bu tez çalışmasında çalışması kapsamında, Söğüt Madencilik A.Ş. tarafından, Söğütsen Seramik Sanayi A.Ş.'ye hammadde sağlayan; Düvertepe-Bağkıran Kaolen, Tozman Feldspat ve Çiğdemlik Kil sahaları ele alınmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, bu sahalarla ilgili olarak gerçekleştirilen önceki çalışmalara değinilmiştir. İkinci aşamada, seramik ve seramik hammaddeleriyle ilgili olarak detaya girilmeden gerekli olan literatür bilgileri verilmiştir. Üçüncü aşamada çalışma sahaları hakkında bilgiler anlatılmıştır. Tezin materyal ve metot kısmını meydana getiren aşamasında ise, numunelerin alınışı, analizlerin yapılışlarında kullanılan teknikler ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Araştırma bulguları kısmında, alınan numunelerin analizleri yapılarak içerlerinde standartlara göre istenilen ve istenilmeyen mineraller, bileşikler tespit edilmiştir. Son aşamada ise bulunan bütün sonuçlar yorumlanarak değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1978 yılında Ayranoğlu tarafından yapılan "Bozöyük-Söğüt (Bilecik) Bölgesinin Jeolojisi" konulu Doktora Tezinde bölge hakkında geniş bilgiler verilmiştir. Bölge ile ilgili ciddi çalışmalardan biri olan bu tez, bölgede bulunan cevherlerin tanımlanmasını ve jeolojilerini ayrıntılı olarak incelemiştir.

1984 yılında Kibici tarafından hazırlanan yapılan "Sakarya Masifinin Jeolojisi-Petrografisi ve Petrolojik Etüdü" konulu Doktora Tezinde Bilecik-Tozman çevresinin ayrıntılı bölgesel jeolojisi incelenmiş ve jeolojik kesitleri yine bölgesel olarak çıkartılmıştır. Bunun yanı sıra bölgeden alınan çok sayıda numune ile feldspat (Pegmatit) oluşumu ayrıntılı olarak bildirilmiştir.

1986 yılında Karslıoğlu tarafından hazırlanan "Söğüt Yöresi Killerinin Seramik Endüstrisine Uygun Hale Getirilmesi" başlıklı tez çalışmasında Söğüt yöresi killeri ile ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Killerin Jeolojisinden bahsedilmiş, öğütülebilirlikleri ve seramik endüstrisinin istediği özelliklere uygunlukları bu tez çalışmasında sunulmuştur.

1992 yılında Sözbilen tarafından hazırlanan , "Söğüt Bölgesi Kil Yatakalarının Jeolojisi ve Teknolojik Özellikleri" başlıklı Yüksek Lisans Tez çalışmasında; Söğüt bölgesi kil yatakları ile ilgili etütler yapılmış ve sanayi dallarındaki kullanım alanları ile ilgili tespitler ortaya konmuştur.

1997 yılında Acar tarafından hazırlanan Balıkesir ili-Sındırgı İlçesi-Düvertepe köyünde bulunan maden sahaları ile ilgili yapılan çalışmada, bölgede bulunan ve bilhassa Türk seramik ve cam sanayileri için büyük önem taşıyan bir hammadde olan kaolen hakkında bölgesel olarak bir çalışma ortaya koymuştur. Söğüt Seramiğe ait ocaklarda etütleri yapılmış, gerekli görülen yerlerden numuneler alınarak analizler yapılmış ve kaolenin sektöre/sektörlere olan uygunluğu araştırılmıştır .

1999 yılında DPT tarafından hazırlanan 7. 5 Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Seramik - Refrakter - Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu raporunda, seramik killeri, kaolen, feldspat ve kuvarsla ilgili kapsamlı bir çalışma yapılmıştır.

3. SERAMİK VE SERAMİK HAMMADDELERİ

3.1. Seramik

Seramik sözcüğü genellikle tabak, çanak-çömlek, biblo gibi eşyaların tanımlanmasında kullanılır. Fakat duvar ve yer karoları, yapı tuğlaları, yüksek gerilim izolatörleri ve cam ürünleri de seramik malzemeler sınıfına girer. Bunun da ötesinde nükleer reaktörler, uzay araçları, elektronik malzemeler, pompalar, metal işleme fırınları, optik cihazlar, koruyucu kaplamalar gibi özel bazı uygulama alanlarında karşımıza seramikler çıkar. Haberleşme, inşaat, ulaştırma, kuvvet santralleri, sağlık teşkilatı, uzay araştırma ve tıp gibi teknolojinin önemli alanları gelişmelerini bir ölçüde seramik teknolojisine borçludurlar (Tanışan ve Mete, 1988).

Seramik; metaller, organikler ve seramik olarak sınıflandırılabilen, kullanımı olan tüm katı maddelerin önemli sınıflarından birini teşkil eder. Daha genel bir tanımda "tabii veya sentetik minerallerden üretilen ürünler" şeklinde de olabilir. Oldukça önemli miktarda karbürlü, nitrürlü ve borlu seramikler üretilmesine rağmen önemli seramiklerin çoğu kompleks oksitleri ve silikatları içerir.

Tabii olarak oluşan seramiğin örneği olarak, tabiatta yaygın olarak bulunan ve elektrik izolasyonunda kullanılan mika minerali gösterilebilir. Fakat seramiklerin büyük çoğunluğunu insan emeği ile üretilen malzemeler oluşturur.

Teknolojik açıdan seramik sözcüğü için, anorganik maddelerin dikkatlice hazırlanıp harmanlanması, biçimlendirilmesi ve kurutularak pişirilmesi yoluyla elde edilen ürünlerdir şeklinde bir tanımda mümkündür. Seramik ürünlerin, hammaddelerin harmanlanarak pişirilmesi yoluyla üretilmesi seramik mühendisine; tuğla, çimento aşındırıcılar, ısıya dayanıklı malzemeler, sofra eşyası, tüm cam ürünleri, tek kristaller elektronik endüstrisinde kullanılan malzemeler gibi çeşitli seramik malzemeler üretilmesi imkanı sağlar.

Seramik üreticisinin başlıca hedefi, bitmiş ürünün kullanım amacına göre spesifik bazı özelliklere sahip olmasını sağlamaktadır. Bunu sağlamanın sırrı da üretim basamaklarının önemli noktalarını dikkatlice kontrol etmekten geçer (Tanışan ve Mete, 1988).

Sonuç olarak seramik endüstrisine hızla gelişen ve ekonomik yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası olarak gittikçe önem kazanan bir endüstri dalı gözüyle bakabiliriz.

Seramik ürünleri aşağıda sıraladığımız altı teknolojik safha sonucunda elde edilir.

1- Hammadde öğütülür.

2- Plastik çamur veya toz haline getirilir.

3- İstenilen şekil verilir.

4- Bisküvi pişirimi yapılır.

5- Sırlanır

6- Pişirilir.

Yukarıda belirtildiği gibi bazı teknolojiler bu kurala uymaz. Örneğin, sıhhi tesisat ve elektro porselen imalatında bisküvi pişirimi yapılmaz. Son zamanlarda geliştirilen teknolojilerde karo seramik ve karo fayansta da bisküvi pişirimi yapmadan sırlanıp, sır ile pişirme yoları tercih edilmektedir.

Seramik üretimi için bazı hammaddelere ihtiyaç vardır. Bu hammaddelerin büyük çoğunluğu kil ve kil grubu minerallerdir. Bu kullanılan hammaddeler ise şunlardır;

1- Kil grubu hammaddeler,

2- Feldspat türü hammaddeler,

3- Kaolen grubu hammaddeler,

4- Kuvars grubu hammaddeler.

Bu hammaddelerin dışında; Dolomit, manyezit, talk, boksit, şamot ve mermer gibi hammaddelerde kullanılır (Tanışan ve Mete, 1988).

3.2. Seramik Hammaddeleri

3.2.1. Kil

Killer tane boyutu 0,02 mm' den küçük ince taneli sedimanlar olup; toprağımsı, belirli miktarda su katıldığında plastikliği artan, alümina ve silis içeriği yüksek minerallerdir. Killer genellikle belirli şartlar altında, feldspatların ayrışması veya volkanik kayaçların çözünmesinden, değişmesinden meydana gelmiştir (Kurt, 1998).

Karmaşık bir yapı ve mineral içeriğine sahip killer genel olarak; seramik, döküm, gıda, petrol, sondaj, dolgu, kağıt, plastik, ilaç gibi pek çok endüstri kolunda kullanılan bir malzeme grubunu oluştururlar. Çizelge 3.1.'de çeşitli kil minerallerinin bileşimleri verilmiştir. Killer, mineral yapı ve kimyasal bileşim farklarından gelen değişik özellikler gösterdiklerinden, ticari killerin hangi endüstri kolundaki işlemler için en uygun olduğunun tespiti yanında; bu kilin belirli özelliklerinin ıslahı için yapılan çalışmalar, endüstriyel uygulamalar için büyük önem taşır.

Literatürde kil minerallerinin sınıflanmasında bir birliktelik mevcut değildir. Birçok araştırmacı tarafından kabul edilen sınıflamalar mevcuttur. Killer, sulu alüminyum silikat olup bu sınıflama içerisindeki tüm mineraller için partikül boyu 1/256 mm veya 4 μikron olarak verilmektedir. Daha büyük boyutları kil kavramına dahil edilmemektedir.

Terim hem hidrotermal faaliyetin sebep olduğu bozuşma ürünleri için, hem de sedimantasyon yoluyla çökelmiş taneler için geçerli bir kavram olarak sayılmakta olup, bu tür küçük parçacıkları oluşturan minerallere göre kimyasal sınıflamalar yapılmıştır (DPT, 1999).

Çizelge 3.1. Çeşitli Kil Minerallerinin Kimyasal Bileşimleri (Tanışan ve Mete, 1988)

Mineral	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	TiO_2	H_2O	Toplam
Kaolenit	6.90	37.40	0.66	0.27	0.29	0.84	0.44	0.18	12.95	99.92
Nakrit	4.75	39.48	0.53	0.19	0.13	0.34	0.22	-	14.40	100.94
Dikit	6.86	37.12	1.43	0.09	0.22	0.60	0.07	0.51	12.99	99.89
Halloysit	4.75	36.94	0.31	-	0.11	0.60	-	-	17.42	100.01
Anauxit	4.32	29.96	2.00	0.14	0.32	-	0.37	-	12.64	99.75
Nontronit	0.54	5.19	31.63	0.06	1.92	0.24	0.14	-	20.75	100.47
Klorit	1.44	17.62	-	37.64	-	-	-	-	13.19	99.89
Proklorit	3.69	21.26	26.52	17.60	3.22	-	-	-	7.63	99.92
Sepiyolit	2.50	0.60	2.99	21.31	0.47	-	-	-	21.27	99.14
Atapulgit	7.85	7.89	2.82	13.44	0.30	0.08	0.53	-	16.95	99.86

3.2.1.1. Türkiye Kil Ürün Standardı

Her sektörün kendi ürün standartları vardır. Bu hem ürün hem de hammadde için geçerlidir. Seramik sektöründe kullanılacak killerde ayrıca bölgesel standartlar konulmuştur (örneğin Şile kili, Söğüt kili vb.). Killere ait kimyasal özellik ve fiziksel özellikleri ile ilgili standartlar aşağıda Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Killerin Kimyasal Özellik Standartları (DPT, 1999)

Seramik Kili	(%) Kimyasal Analiz		
	Küre	**Yakacık**	**İnhisar**
Al_2O_3	19-22	15-25	18-26
SiO_2	63-67	57-67	56-65
Fe_2O_3	1-4	1.0-5.5	1-3
CaO	0.7-1	1.0-1.5	0.1-1.1
TiO_2	0.4-0.6	0.9-1.5	1.5-2.5
MgO	0.2-1.0	0-1	0.1-0.5
K_2O	0.1-2.3	1.5-2.5	1.7-2.0
Na_2O	0.4-1.7	0.7-2.0	1.6-2.1
A.Z.	7.6-8.4	6-9	6-10

Çizelge 3.3. Killerin Fiziksel Özellik Standartları (DPT, 1999)

Seramik Kili	(%) Fiziksel Özellikler		
	Küre	**Yakacık**	**İnhisar**
Plastik Suyu	36	22-25	18-26
Su emme SK 11	12.59	0.5-1.8	56-65
Toplam çekme	-	-	1-3
Pişme çekmesi	6.2	11	0.1-1.1
Kuru çekme	4.3	4.9	1.5-2.5
Deformasyon (mm)	-	15.6	0.1-0.5
Viskozite (Sn/100 cm^3)	8.3	11.5	1.7-2.0
Kuru Mek. Muk. (kg/cm^2)	25	27.05	1.6-2.1
Elek Bakiyesi (100 Dyn)	-	6	5-12

3.2.1.2. Dünya ve Türkiye Kil Rezervleri

Dünya rezervlerine ilişkin yeterli bir bilgi bulunamamıştır. Diğer yandan 18.2 milyar ton dünya kaolen rezervinin ne kadarının seramik kili (Ball Clay) olduğu da bilinmemektedir. Ancak, ABD Ball Clay rezervinin 100 milyon ton civarında olduğu belirtilmektedir. Bunun dışında, İngiltere, Fransa, Almanya, Çekoslovakya, Ukrayna, Çin, Avustralya, İspanya ve İsrail'de önemli Ball Clay rezervleri bulunmaktadır. Ülkemiz rezervleri ise MTA bulgularına göre kestirilmektedir. Ülkemiz kil rezervi Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Türkiye Kil Rezervi (×1000 ton) (Ece ve ark, 1999)

Türü	Görünür	Görünür+Muhtemel	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Ball Clay	-	75	-	-	75
İllit/Kağıt	-	2,4	-	-	2,4
İllit/Seramik	-	1,3	-	-	1,3
İllit/Diğer	0,3	-	0,7	-	1,0
Refrakter, Seramik	137,0	41,5	-	368,5	547,0
Karışım killer	41,0	117,0	248,0	715	1112,0
Toplam	178,3	237,2	248,7	1083,5	1747,7

3.2.2. Feldspat

Yeryüzünü oluşturan minerallerden en önemlilerinden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Feldspatlar SiO_4 dört köşeli iskeletlerindeki 4 oksijenin paylaşılması ile oluşmuş , üç boyutlu kafes yapısı gösteren silikatlardır. % 60 oranında dağılım frekansı ile mağmatik kayaçların içinde en fazla rastlanan mineral grubunu oluştururlar. Bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısı yerine alüminyum gelmiş olup, elektriksel denge bileşiği sodyum, potasyum veya kalsiyumun ilavesi ile sağlanmıştır (Tanışan ve Mete, 1988).

3.2.2.1. Türkiye Feldspat Ürün Standardı

Her sektör için kullanılacak hammaddede aranan özellikler farklıdır. Feldspat için aranan özelliklerle ilgili tablo aşağıda Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Türkiye Feldspat Üretim Standartları (DPT, 1999)

	Nefelinli Siyenit	**Masselik Albit**	**Cam ve Frit**	**Ekstra Flote Albit**	**Masselik K-Felds**	**Sırlık K1**	**Pegmatit Masselik**
SiO_2	60-70	68-69	68-69	68-69	63-64	63-64	68-70
Al_2O_3	16,50	18-20	18-20	19-20	18-20	20-21	15-16
Fe_2O_3	2,00	0,20	max 0,10	max 0,05	max 0,40	max 0,3	max 0,8
TiO_2	0,30	0,20	max 0,15	max 0,12	max 0,30	max 0,10	max 0,50
CaO	0,70	0,2-0,24	0,2-0,4	0,5-1,0	1-1,5	1-1,5	0,7-0,8
MgO	0,50	0,3-0,4	0,3-0,5	0,3-0,4	0,5-0,6	0,5-0,7	0,5-1,0
Na_2O	5-6	min 8-8,5	min 9,0	min 9,5	3-4	2,5-3,5	3-3,5
K_2O	6-6,5	Max 0,3-0,4	0,3-0,4	max 0,2	7-7,5	max 8,5	2-2,5
A.Z.	0,20	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
Parça Boyutu	Tüvenan	-5cm Tüvenan	-5cm Tüvenan	-1 mm	-74μ / -63μ	-64μ / -63μ	-74μ / -63μ
Pişme Testi	Krem/ Pembe	Krem	Beyaz	Beyaz	Beyaz	Beyaz	Pembe

3.2.2.2. Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

Türkiye'de feldspat madenciliği, tamamen açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Genellikle damar tipi pegmatit ve feldspat oluşumları, patlatma suretiyle istihraç edilmekte, karayoluyla tüketim merkezine ulaştırılmaktadır. Özel madenciler tarafından işletilen küçük boyutlu yataklarda ise, daha basit yöntemlerle cevher çıkarılmaktadır. İstihraç genellikle el aletleri ve Kobra tipi havalı tabancalarla yapılmakta, gerektiğinde çıkarılan cevher elle triyaj işlemi yapılmaktadır. Feldspat zenginleştirmesine yönelik tesislere sahip şirketler , ESAN A.Ş.' Kalemaden A.Ş. ve AKMADEN'dir. Tüvenan olarak direkt kullanılabilecek kalitede hammaddenin azlığı, yeni tesisler kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Belirtilen flotasyon tesisleri

dışında diğer bazı şirketlerin sadece kurutma ve öğütmeye yönelik tesisleri mevcuttur (Örneğin Kaltun Madencilik, Matel, Ermad) (DPT, 1999).

3.2.2.3. Türkiye Feldspat Üretim Miktarı ve Değerleri

Türkiye feldspat üretimi, seramik ve cam sektörü açısından çok iyi boyutlardadır. Porselen sanayi için bilinen çok kaliteli feldspatın dışında Türkiye seramik ve cam sanayinin tüm tüketimi karşılanmakta ve ihracat yapılmaktadır. Seramik sektörü istediği kaliteyi yakalamıştır. Feldspat üretimi, kalite bakımından Avrupa standartlarına ulaşmıştır. Bilinen albit üretimi 2.500.000 tondur.

K-Feldspat üretimi, K-Feldspat ve pegmatitler olarak ayrı ayrı verilmiş olmasına rağmen K-Feldspat üretimlerinin tamamı pegmatit zonlarından yapılmaktadır. Feldspat kaynağı olarak Matel A.Ş. tarafından üretilen nefelinli siyenitlerin ileri ki yıllarda üretiminin artacağı düşünülmektedir. Ayrıca Çanakkale tarafından üretilen granit kumlar (arena) ile Bilecik bölgesinde bulunan granitler ve granit pegmatitlerin ileri ki yıllarda öneminin ve üretim miktarının artacağı da düşünülmektedir. K- Feldspat üretiminde en büyük zorluk sırlık K-Feldspat üretimi ve öğütmesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle fabrikaların doğal seramik yanında granit seramik üretimine geçmesinde, K-Feldspat üretiminin öğütülmüş olarak hazırlanması büyük önem arz edecektir. Feldspat üretiminde, ocak başı maliyetler 1.5–6 $/t arasında değişmekte ve ortalama maliyet 2.2 $/t civarında olmaktadır (DPT, 2001, www.maden.org.tr).

3.2.2.4. Dünyada ve Türkiye'de Feldspat Rezerv Durumu

Dünya feldspat rezervi tam olarak bilinmemektedir. Tahmini olarak bilinen rezerv aşağıda Çizelge 3.6.'da verilmiştir (DPT, 1999).

Çizelge 3.6. Dünya Rezervleri (DPT, 1999)

Kıtalar	Ton ($\times 10^6$)
Kuzey Amerika	350
Güney Amerika	200
Avrupa	250
Afrika	200
Asya	250
TOPLAM	1.250

Türkiye feldspat rezervinin tam olarak tespit edilememesine rağmen bilinen tahmini rezerv miktarı aşağıda Çizelge 3.7.' de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Türkiye Rezervleri (DPT,1999)

Yer	Ton ($\times 10^6$)
Aydın-Çine	5.000
Kütahya-Simav	2.250
Manisa-Gürdeş	4.075
Ankaya Beypazarı	1.150
Kırklareli-Üsküp	10.800
Bilecik	985
TOPLAM	24.260

3.2.3. Kaolen

Kaolen, kil mineralleri içinde yer alan bir alüminyum hidrosilikat kil grubudur. Kaolen grubunun en önemli mineralleri; kaolenit, nakrit, dikit ve halloysittir. Bu minerallerin hepsinin kimyasal kompozisyonu aynı, kristal yapıları birbirlerine çok benzerdir (Kurt, 1998).

Kaolen pek çok endüstriyel uygulamalara sahiptir ve halen yeni kullanım alanları keşfedilmektedir. Geniş pH aralığında kimyasal olarak inert olan tek endüstriyel mineraldir. Rengi beyazdır, yumuşaktır, düşük ısı ve elektrik

iletkenliğine sahiptir (Arık ve Kadir, 2000). Kaolenle ilgili ayrıntılı tanımlama aşağıda verilmiştir.

Kaolen hammaddesini oluşturan en önemli mineral Kaolenit ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) olup alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolen terimi altında çeşitli jenetik modellerle oluşmuş kaolen türleri ve kaolenitik killer yer almaktadır.

Kristal yapılarına göre yapılan kil sınıflandırmalarında, eş boyutlu ve bir yönde uzamış olanlar Kaolenit grubu olarak diğerlerinden ayrılmaktadır.

Oluşum itibariyle, feldspat içeren granitik veya volkanik kayaçların feldspatlarının altere olarak kaolenit mineraline dönüşmesi sonucu kaolenler oluşmaktadır. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu Al_2O_3 içerikli sulu silikatça zenginleşen kayaç kaoleniti oluşturur.

$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2+2H_2O \rightarrow Al_2O_3.6SiO_2.H_2O+KOH$

$Al_2O_3.6SiO_2.H_2O \rightarrow Al_2O_3.2SiO_2.H_2O+4SiO_2$

$Al_2O_3.2SiO_2+H_2O+H_2O \rightarrow Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O \rightarrow$ Kaolenit

Bu oluşum modeline göre altere olan ana kayacın taşınmadan yerinde kalması sonucu kaolenit yatakları oluşur. Ana kayaçların bozunma öncesi taşınıp, taşındıktan sonra depolanması veya bozunma sonucu taşınıp sedimanter yataklarda depolanması sonucu kaolenit bileşimli kil yatakları oluşur. Bu birliktelik literatürde kavram kargaşası yaratmakta olup, bunu verilen sınıflamalarda görmek mümkündür (DPT, 2001).

3.2.3.1. Kaolende Kaliteyi Belirleyen Unsurlar

Ana kayaç olan tüfler veya granitler içinde kaolenleşmeyi sağlayan sular, ana kayaç parçacıkları ile birlikte silikat bünyesinde olan SiO_2, K^+, Na^+, Fe_2O_3, S, CaO, MgO kısmen orijinal bünyeden uzaklaştırılmakta yada suların tesiri sonucu çeşitli bileşenlere dönüşmektedir.

SiO_2: Silika, orijinal kayaç bünyesinde belirli kısmı Al_2O_3 ile birleşerek kaoleniti meydana getirmekte, fazlası ise dışarıya atılmaktadır.

Kaolenleşmeyi sağlayan suların dışarıya atılması sırasında silisin belirli bir kısmı cevherleşme yüzeyinde demirli-silisli şapka şeklinde kabuk halinde kalmaktadır. Dışarıya atılamayanlar ise cevherleşme içinde serbest silis taneleri şeklinde veya kaolenleşme içinde opal (silis) bantları şeklinde kalmaktadır. Kaliteyi belirleyen en önemli unsurlardan olan silislerin bünyeden yoğun olarak atılması halinde kaliteli kaolen cevheri meydana gelmektedir. İçinde serbest silis tanesi olarak kalan kaolenler ise, daha kolay ayrıştırılabildiğinden süzülebilir kaolen niteliği kazanmaktadır (DPT, 1999).

Fe_2O_3: Orijinal kayaç bünyesinde yer alan demirin kaolen içinde olmaması istenilen en önemli kriterden biridir. Ancak kimyasal işlem sırasında demirin belirli bir kısmı kaolenleşme sırasında uzaklaştırılamadan kalmaktadır.

Alkaliler ve Al_2O_3: K_2O + Na_2O, Kaolen oluşunda belirtilen feldspatların bozunması sonucu kaolenleşme olmaktadır. Feldspat $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ (Potasyum), $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ (Albit) ne kadar fazla bozunursa, ortamdan o kadar fazla K_2O ve/veya Na_2O atılmaktadır. Bunların atılması (ortamdan uzaklaştırılması) ne kadar fazla olursa, kaolenleşmeyi belirleyen Al_2O_3 oranını o □adar artacaktır. İdeal kaolen bileşimi: $Al_2O_3.2SiO_2,2H_2O$ olup kaolenitte;

SiO_2 (Silika)	% 46.54
Al_2O_3 (Alüminyum Oksit)	% 39.50
H_2O (Su)	% 13.96

Kaolen içindeki Al_2O_3 haricindeki diğer bileşenlerin yüksek olması demek, Al_2O_3 oranının idealden (% 39.50'den) az olması demektir (DPT, 1999).

SO_3 (Kükürt) ve Alunit: Kaolenleşmeyi sağlayan kimyasal işlem sırasında ortamda elementel S varsa; H_2SO_4+ (Sülfürik Asit) oluşacaktır. Kaolenleşme işleminin olabilmesi için ortamdan uzaklaştırılabilecek madde, alkalilerden K_2O olup, bunun çözünmesi sırasında bazen tamamı uzaklaştırılamamakta ve ortamda bir miktar K kalmaktadır. K, ortamda çözünür halde bulunan; Al_2O_3 $2(SO_4)_3$ + H_2O → $2Al(OH)_3$ + H_2SO_4 şeklinde çözümü Al^{+3} suda çözünen $Si(OH)_4$ ile birleşerek kaolenit oluşur. Ortamda K geldiği zaman K mevcut $Al_2(SO_3)_3$ ile birleşerek alunit

$KAl(SO_4)_2.12H_2O$ oluşacaktır. Bu nedenle kaolenin bileşiminde alunit varsa K_2O oranı ile SO_3' den dolayı ateş zayiatı yüksek çıkmaktadır (DPT, 1999).

FeS_2 (Pirit): Kaolenleşme işlemi sırasında Fe açığa çıkması ve ortamdaki S ile birleşmesi sonucu bazen demir sülfür bileşiği olan piritler saçılmış halde kaolenleşme içinde (daha ziyade taban ve yan kısımlarda) gözükmektedir.

Ortamda K atılımı olması halinde SO_4'ün belirli kısmı kalacağı için kaolenlerde alunit olması (maksimum % 0.5'e kadar SO_4) normal sayılmakta olup, SO_4'ün tamamının ortamdan atılmadığını göstermektedir (DPT, 1999).

3.2.3.2. Türkiye Kaolen Ürün Standardı

Ülkemizde kaolen aşağıda birçok alanda hammadde olarak kullanılmaktadır. Üretilen kaolende kullanıcıların istediği ve üretici firmalarında uyması gereken bazı standartlar mevcuttur. Bu standartların başında üretilen ve satışa sunulan kaolenin kimyasal ve fiziksel özellikleri gelmektedir. Bu özelliklerle ilgili bilgiler Çizelge 3.8.'de verilmektedir (Ece ve Yüce, 1999).

Çizelge 3.8. Türkiye Kaolen Ürün Standardı (Ece ve Yüce, 1999)

	Fayans	Elektro	Porselen	Frit Kaolen	Kağıt		Çimento	
					Dolgu	Kaplama	1	2
SiO_2	55-80	55-60	58-65	58-78	44-46	25-60	78-80	57-60
Al_2O_3	13-25	28-30	24-32	15-28	30-35	30-35	13-28	26-28
Fe_2O_3	Max 1.0	Max 0.6	Max 0.6	Max 0.3	Max 0.4	Max 0.4	Max 0.4	Max 0.4
TiO_3	Max 0.5	Max 0.5	Max 0.5		Max 0.4	Max 0.4	Max 0.5	Max 0.5
CaO	Max 1.0						Max 1	Max 1
MgO	Max 1.0						Max 1	Max 1
Na_2O	Max 1.0	Max 0.10	Max 0.2			Max 1.0	Max 1	Max 1
K_2O	Max 1.0	Max 0.10	Max 0.2		Max 2	Max 1.0	Max 1	Max 1
SO_3	Max 0.5	Max 0.30	Max 0.1	Max 0.2	1-5.0	1-5.0	Max 1	Max 1
A.Z.	5-10	7-9	8-12	5-12	10-14	10-14	5-7	9-11
Beyazlık		Min %85	Min %89		Min %80	Min %85		
Tane boyu 2 μ-5μ					Min %30-35	Min %80 10 μ		
Serbest Silis					Max %8	Max 0.4	A.Z.	A.Z.
Cr_2O_3							Max 90 ppm	Max 80 ppm
Aşındırma					Max 30 mg	Max 5 mg		
Cins	Ham kaolen	Ham ve tesis	Ham ve tesis	Ham ve tesis	Tesis	Tesis	Ham	Ham

3.2.3.3. Üretim Yöntemi ve Teknoloji

Türkiye'de bulunan kaolen ocaklarında açık işletme ile üretim yapılmaktadır. Geçmiş dönemlerde işçilikle yapılan üretimler, talebin artması sonucu iş makinaları ile yapılmaktadır. Sert kaolen ocaklarında patlayıcı kullanılmaktadır. Sektörün

ihtiyacına göre özellikle Fe_2O_3 elle seçilmektedir. Ocaklarda 5-10 cm kırıcılar bulunmakta olup, yurtiçi ve ihracat 5-10 cm boyutlarında yapılmaktadır.

Seramik sektörünün ihtiyacı olan masse kaolenleri, tüvenan veya 5-10 cm boyutlarında tüketilmektedir. Seramik fabrikalarının bazılarında, kaolen yıkama-süzme tesisi olup, bu tesislerden elde edilen süzülmüş kaolenler ancak kendi ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Türkiye seramik ve kağıt sanayiinin istediği türde piyasaya kaolen sürebilen ; Hisersan ve Kadoksan firmaları, piyasanın tam istediği türde kaolenleri tesislerinde tam hazırlayamamakta ve tüvenan olarak istenilen kaolenleri bulamadığından dolayı kağıt ve seramik sektöründe ithalat yapmaktadır. Frit ve sır imalatına uygun kaolenler ile kağıt sanayiinin özellikle kuşe kağıtta kullandığı kaolenler, mevcut teknoloji ile elde edilemediği için ithalat yapılmaktadır. Türkiye'de mevcut tesislerde elde edilen süzülmüş kaolenlerde kağıt sanayi ancak dolgu maddesi vasfında olup, Türkiye'deki bu tesislerden elde edilen bu kaolenleri dolguda kullanmaktadır.. Türkiye'de bu tür tesislerde büyük bir boşluk olup, kağıt ve seramik sektöründe yıkanmış kaolen ihtiyacına yönelik yeni tesislerin kurulması beklenmektedir.

3.2.3.4. Türkiye Kaolen Üretim Miktarı ve Değerleri

Türkiye'de son yıllarda yapılan yatırımlarla kaolen süzme konularına önem verilerek ithalatın önlenmesine çalışılmıştır (DPT, 1999, Ece ve Yüce, 1999). Türkiye kaolen üretimi aşağıda Çizelge 3.9.'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Türkiye Kaolen Üretimi (DPT, 1999)

ŞİRKETİN ADI	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Söğüt Madencilik A.Ş.	40.000	50.000	50.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Toprak Madencilik A.Ş.*	20.000	20.000	20.000	10.000*	20.000	20.000	20.000
Kale Madencilik (Alkali kaolen dahil)	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Matel A.Ş.	40.000	22.000	20.000	20.000	20.000	25.000	30.000
Esan A.Ş.	123.000	80.000	135.000	50.000*	30.000 *	30.000*	30.000 *
Bozüyük A.Ş.	15.000	13.500	19.000	8.500	14.000	19.000	23.500
Camiş Madencilik*	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Gürbüz Madencilik	123.000	177.000	126.000	180.000	200.000	200.000	200.000
Kadoksan*	50.00	5.000	5.000	5.000*	5.000	5.000	5.000
Hisersan	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Düvertepe Küçük Üreticiler	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Uşak Seramik	105	5.500	4.100	4.000	2.000	2.000	2.000
Polat Madencilik	32.500	44.000	33.000	34.000	43.000	43.000	43.000
Çelikkol Cengiz	30.000	10.000	10.000	12.000	15.000	15.000	15.000
Aksaray Bölgesi	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Şensöz Madencilik	12.000	15.000	18.000	20.000	25.000	25.000	25.000
Utelka	6.000	30.000	30.000	60.000	100.000	100.000	100.000
T O P L A M	651.605	677.000	675.100	678.500	749.000	759.000	725.500

* Tahmini

3.2.3.5. Dünyada ve Türkiye'de Kaolen Rezerv Durumu

Dünyada kaolen rezervi ile ilgili tam bir bilgi olmasa da kıtaların ortalama rezervleri yaklaşık fikir vermektedir (Çizelge.3.10.).

Çizelge 3.10. Dünya Kaolen Rezervleri (Ece ve Yüce, 1999)

Ülkeler	Rezerv ($x10^6$ ton)
ABD	3.900
İngiltere	2.500
Rusya	2.000
Avrupa (Toplam)	6.000
Asya	1.500
Afrika	800
G.Amerika	500
Avustralya	500
Diğerleri	500
Toplam	18.200

Batı Anadolu'da Türkiye'nin önemli kaolen yatakları bulunmaktadır. Bu nedenle kaolen madenciliği ülkemiz ekonomisinde önemli yer tutmaktadır (Elmacı, 1999). Aşağıda, Türkiye'de kaolenin bulunduğu yerler, kullanım alanları, rezervler ve Al_2O_3 oranları tablo halinde Çizelge 3.11'de verilmiştir (Ece ve Yüce, 1999).

Çizelge 3.11. Türkiye Kaolen Rezervleri (x1000 ton) (Ece ve Yüce, 1999)

İli	% Al_2O_3	Gör.+Muh.	İşletilebilir Rezerv	Kullanım Alanı
Balıkesir-Sındırgı	13-33	70.000	25.000	İnce ser., karo, refrakter, kağıt
Balıkesir- Ayvalık	15-32	1.000	500	Seramik ve karo fayans
Balıkesir- İvrindi	20-31	970	500	İnce seramik ve karo fayans
Balıkesir-Gönen	23-38	150	50	Seramik
İstanbul-Arnavutköy	15-35	800	-	Refrakter
Bilecik-Söğüt	15-23	1.000	500	Seramik
Kütahya-Gevrekseydi	20-24	724,924	200	Kağıt
Kütahya-Altıntaş	20-31	1.206	500	Seramik, karo, fayans, kağıt
Kütahya-Emet	20-30	1.070,286	100	Seramik, karo, fayans
Kütahya-Simav	20-24	370	50	Seramik, karo, fayans
Uşak-Karaçayır	11-21	800	500	Seramik, karo, fayans
Kayseri-Felahiye	23-34	450	20	Seramik ve refrakter
Konya-Sağlık	15-30	607	100	Karo, fayans ve seramik
Nevşehir-Avanos	18-33	1.277	100	Seramik, elektro por., karo
Trabzon- Arsin	14-23	200	50	Karo, fayans
Rize –Fındıklı	14-23	275	50	Karo, fayans
Ordu-Ulubey	17-23	730	100	Karo, fayans
Giresun-Bulancak	45.627	7.785	2.000	Karo, fayans
Çanakkale-Çan	17-35	5.000	2.000	Seramik, rafrakter
Eskişehir-Mihallıçık	20-33	3.330	1.000	Seramik, karo fayans
Niğde-Aksaray	15-32	1.500	1.000	Karo, fayans, kağıt
Bursa-Kemalpaşa	20-24	1.000	1.000	Kağıt
TOPLAM		100.245	36.020	

3.2.4. Kuvars

Kuvars SiO_2 bileşiminde sertliği 7, özgül ağırlığı 2.85 gr/cm3, ergime sıcaklığı 1785^0 C olan, yerkabuğunda en yaygın minerallerden biridir. Saydam veya mat, renksiz veya beyaz, kırmızı, pembe, mavi, mor gibi çeşitli renklerde kuvars vardır. Kristallerinin büyüklüğü bakımından iri kristalli olanlar: Dumanlı kuvars, Morion, Venüs saçı, Ametist, Neceftaşı; kriptokristalin olanlar: Akik, Kalsedon, Çakmaktaşıdır (DPT, 1999).

Kuvars köken olarak: 1- Magmatik, 2- Metamorfik, 3- Sedimanter kökenlidir. Doğada fay ve çatlaklarda filon halinde bulunur. Ayrıca cevher yataklarında gang minerali olarak rastlanır (DPT, 1999).

3.2.4.1. Türkiye Kuvars Ürün Standartları

Optik ve Elektronik Sanayiinde kullanılan kuvars kristallerinin % 99.99 SiO2 saflıkta olması istenir. Diğer impüriteler istenmemektedir. Metalürji endüstrisinde kullanılan kuvarsta, SiO_2: % 99.5 ve Fe_2O_3 ise % 0.01'dir. Temizlik malzemeleri üreten endüstrilerde 74 mikron altın, boya endüstrisinde ise 10 mikron altında olması istenmektedir.

Cam Sanayinde kullanılan tüvenan kuvarsta kimyasal olarak istenen özellikler; SiO_2: min % 99.6, Fe_2O_3: max % 0.012, istenen fiziksel özellikler ise, maksimum tane boyu 25 cm. dir. Tüvenan kuvars kırılıp 500 mikron altına öğütülerek flote edilir. Kristal eşya ve Zücaciye imalatında kullanılır.

Seramik Sanayiinde kullanılan öğütülmüş kuvarsta istenilen kimyasal özellikler; SiO_2: % 97-98, Al_2O_3: % 0.25-0.5, Fe_2O_3: max % 0.25, CaO: % 0.5-1.0, MgO: % 0.5-1.0 dir. fiziksel olarak 100 mikron altı tane iriliği istenmektedir. Porselen Sanayii ise, % 97 SiO_2 min ve % 0.2 Fe_2O_3 max kalitesinde kuvars kullanmaktadır (DPT, 2001).

3.2.4.2. Üretim Yöntemi ve Teknoloji

Kuvars kristalleri üretimi elle toplanarak yapılmaktadır. Filon kuvarslar açık isletme yöntemiyle üretilmektedir. Bazı ocaklarda üretimden önce dekapaj işlemi uygulanabilmektedir. Açık ocakta üretim, havali martoperfaratörlerle delinen delikler patlayıcı madde doldurularak patlatılarak gerçekleştirilmektedir. Elde edilen iri parçalar patlayıcı madde ile patlatılarak veya hidrolik kırıcılarla kırılarak boyutları küçültülmektedir. Kırılmış kuvarslar gerekirse su ile yıkanabilmektedir. Kırıcılardan geçirildikten sonra değirmenlerle istenilen ebada öğütülmektedirler. Değirmenler genellikle bilyalı değirmendir. Boyut kontrolü elek ve siklonlarla yapılmaktadır. Diğer taraftan Fe_2O_3 içeriği flotasyon yoluyla istenilen seviyeye indirilmektedir (DPT, 2001).

3.2.4.3. Dünyada ve Türkiye'de Kuvars Rezerv Durumu

Dünyadaki en büyük rezervler Brezilya'da bulunmaktadır. Buradaki kuvars kristalleri elektronik sanayinde kullanılabilecek niteliktedir. Henüz dünyadaki kuvars rezervleri tam olarak saptanamamıştır. Ancak kristal olmayan kuvars rezervleri açısından Arjantin, Avusturya, Belçika, Lüksemburg, Macaristan, Güney Afrika Cumhuriyeti, İspanya ve Norveç'i sayabiliriz. Diğer taraftan Namibya ve Madagaskar kaliteli kuvars kristalleri rezervleri açısından Brezilya'dan sonra gelmektedirler (DPT, 2001).

Kuvars, Türkiye'de genellikle fay zonlarında, çatlaklarda, filonlarda ve cevher yataklarında gang minerali olarak bulunur. Ankara, İzmir, Aydın, Muğla, Çanakkale, Bitlis, Kütahya illerinde genellikle filon biçiminde kuvars rezervleri bulunmaktadır. Türkiye'de 4-5 milyon ton mertebesinde jeolojik kuvars rezervi mevcuttur. Elde edilen bilgilere göre Kale Madencilik A.Ş. Çanakkale: Biga-Bayramiç-Ezine yörelerinde 800.000 ton görünür, Söğüt Madencilik A.Ş. Çine bölgesi 2.500 ton görünür, Toprak Madencilik A.S. de 825.000 ton görünür kuvars rezervleri olduğunu ifade etmişlerdir. Bu üç şirketin toplam görünür kuvars rezervleri : 1.627.500 tondur (DPT, 2001).

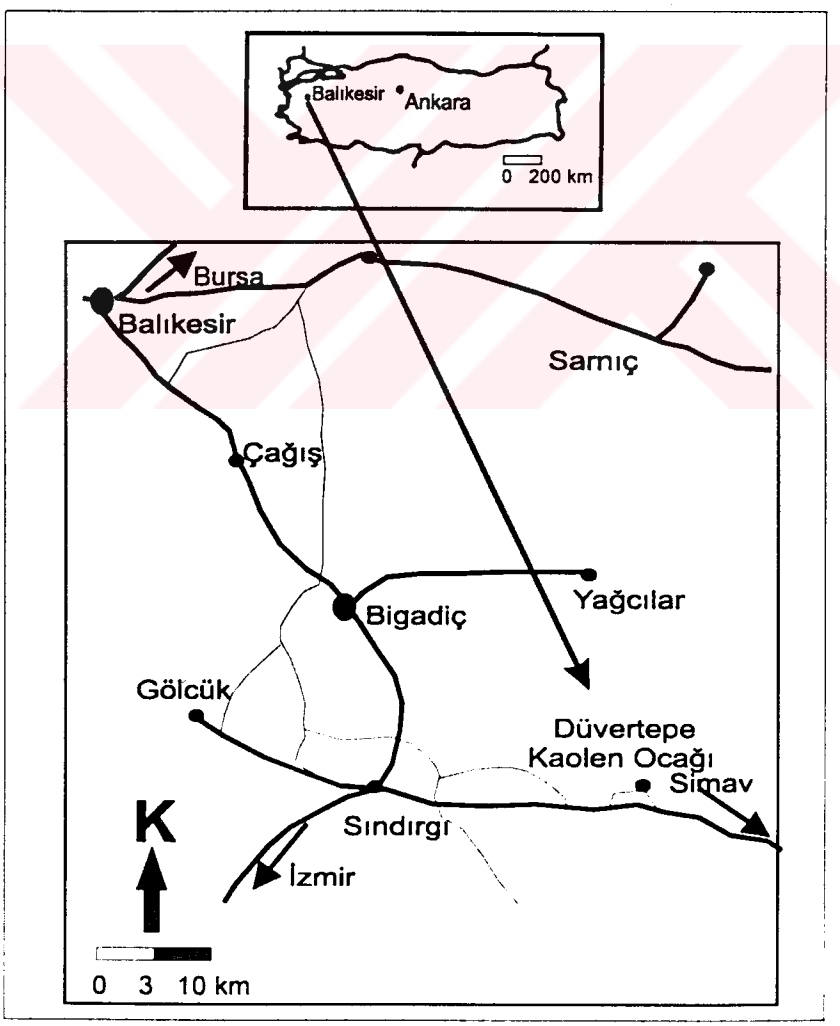
4. ÇALIŞMA SAHALARI HAKKINDA BİLGİLER

Burada, çalışmaların yapıldığı işletme sahalarıyla ilgili gerekli bilgiler verilmektedir.

4.1. Düvertepe-Bağkıran Kaolen Sahası

4.1.1. Coğrafi Konum ve İşletme Durumu

Çalışma sahalarından birincisi olan bu saha Balıkesir ili, Sındırgı ilçesi, Düvertepe sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Sahanın Yerbulduru Haritası

Sahada ocak açılacak olan bölgelerde ve eski ocak yerlerine kadar yol mevcuttur. Yeni yol açılmasına gerek yoktur.

Sahanın yakınında Düvertepe köyü bulunmaktadır ve su, elektrik sıkıntısı çekilmemektedir.

Ocağın bulunduğu bölgenin topografyası engebelidir. Ancak en düşük kot ile en yüksek kot arası mesafe 200 m civarındadır.

Saha Marmara bölgesi sınırları içerisinde olup, kış ve bahar aylarında genelde yağmur yağmaktadır. Kar çok az yağmakta olup fazla kalmadan erimektedir. Yazları hava çok sıcak olup kışları ılık geçmektedir.

Saha içerisinde tarım arazisi (tütün) yapılan tarlalar ile yer yer çamlık arazilerle kaplıdır. Bu arazilerde toprak; killi ve kireçlidir.

Çalışma mevsimi Mart-Kasım ayları arasındadır. Saha civarında yıllardır madencilik yapıldığı için Düvertepe köyünün hemen hemen tamamı maden işçisi olup, vasıflı ve vasıfsız işçi temininde zorluk çekilmemektedir.

Cevherleşme içinde ve üst kesimlerde kaolenleşmenin veya fazla silisli zon olarak en fazla %20 civarında bir gang oranı söylemek mümkündür.

Cevherleşme tabakalı bir yapıda çökelleşmiş olup, hidrotermal etkilere maruz kalmıştır. İlk tüf çökelimi volkano sedimanter olup kaolenleşme çökelme ile ve hidrotermal etkilerle olmuştur. Bölgede cevherli zon hemen tüm istikametlerde olup, boyut ve istikamet verilemez. Çünkü sahanın hemen tamamındaki tepelerde kaolenleşme mevcuttur. Uzunluğu hakkında bir fikir beyan etmek yanlış olup, hemen hemen tüm tepelerde cevherleşme geniş bir yayılım göstermektedir. Cevherli zonun derinliği ise; bölgede 2-65 m arasında değişmektedir. Bölgede Çaltılıtaban ve Bağkıran tepelerinde kaolenleşme zonunun genişliği 2-3 km civarındadır. Cevherleşme yatağa yakın bir konumda olup taban tüfleri üzerinde yatay bir konumda bulunmaktadır.

4.1.2. Düvertepe Bölgesinin Morfolojik ve Jeolojik Özellikleri

Batı Anadolu'da Türkiye'nin en önemli kil yatakları bulunmaktadır. Bu nedenle kaolen madenciliği ülkemiz ekonomisinde çok önemli bir yer tutmaktadır.

4.1.2.1. Bölgenin Morfolojik Durumu

Sahadaki önemli yükseltiler ve Simav çayı vadisi genellikle DGD-BKB doğrultuludur. Simav çayına dökülen kuru ve sulu dereler ile bunların oluşturduğu vadi ve sırtlar genellikle K-G doğrultuludur. Belli başlı yüksek tepeler Havagmezarı tepe (974.58 m), Düvertepe (834 m), Kuşköyü tepe (727 m) Toprakkale tepe (722 m) Koca tepe (787 m) dir.

Bütün drenaj sistemini taşıyan ana akarsu Simav çayıdır. Kocadere Ambardere, Yaylabayırdere ve Dağdere yaz kış akan derelerdir. Çok sayıda olan kuru dereler ise yazın kurur. Bölgenin suyunu toplayan sulu ve kuru derelerin hepsi sularını Simav çayına dökerler.

4.1.2.2. Sahanın Jeolojik Özellikleri

Sahanın doğu ve güneydoğusunda metamorfik Simav-Akdağ ve Gördes Kristalin masifleri yer almaktadır. Simav batısı ve kuzeybatısında metamorfik masifleri, filiş, melanj veya karmaşık seri olarak adlandırılan çökel ve mafik denizaltı volkanitlerinden oluşan seriler örtmektedir. Karmaşık seri üzerinde yer yer eosen çökelleri ile bunlardan daha genç olan neojen volkanitleri yer almaktadır.

4.1.2.3. Mineralizasyon Türü, Tenör Dağılımı

Kaolen belli ortam ve koşullarda yer altı ve yerüstü sularının veya termal eriyiklerinin andezit, dasit ve porfin gibi volkanik kayaçların alterasyonuna uğratması sonucu oluşan alüminyum hidrosilikat bileşiminde bir hammaddedir. Kaolenit, nitrit ve dikit olarak benzer kompozisyonlarda üç çeşit minerali bulunur. Tez konusu sahadaki mineral kaolenittir. Genelde ortalama olarak pişme rengi 1300 ^{0}C'de beyaz kuru direnci 10-50 kg/cm^{2}'dir.

Söz konusu sahadaki önceki çalışmalarda kaolenit üzerinde yapılan analizlere göre Al_2O_3 yüzdeleri %14-35 arasında değişmektedir. Bu yüzdenin büyük bir kısmı %14-20 arasında olup, bu kaolenlerde beyazlık oranı yeterlidir. Dolgu veya kaplama

kaoleni olarak kullanılıp kullanılmaması durumuna göre aşındırma ve elek analizi deneylerinin sonuçlarına göre daha uygun yapılabilmektedir. Mn ve Cr oranları çok düşük olan bu bölge kaolenleri çimento için uygunluk arz etmektedir. Ayrıca Fe_2O_3 ve SO_3 oranlarının düşük olması nedeniyle cam sanayine uygundur. Cevher kaolenittir. Gang yoktur. Havzanın genel özelliklerini taşımaktadır.

4.1.2.4. Cevherin Boyutları, Şekil ve Sürekliliği, Uzantısı, Devamlılığı, Derinliliği

Cevherleşme tabakalı bir yapıda çökelmiş olup, hidrotermal etkilere maruz kalmıştır. İlk tüf çökelimi volkano sedimanter olup, kaolenleşme çökelme ile ve hidrotermal etkilerle olmuştur.

Düvertepe kaolen sahasının temelini oluşturan Kretase yaşlı karmaşık seri; kumtaşı, killi şist, grovak, kireçtaşı, serpantin ve diyabazdan oluşmaktadır. Bunun üzerine Eosen yaşlı kireçtaşları gelmektedir.

Miosen yaşlı volkanitler ve göl çökelleri, kaolenleşmeyi içinde bulunduran birim olup, bölgesel jeoloji ve detay jeoloji çalışmalarında bu birimler ayırt edilmiştir. Miosen tabanında taban volkanitleri olup, bunlar taban tüfiti, taban opali seviyeleri kaolenli zonun altındadır. Taban tüfiti kaba taneli, üst kısımları killeşmiştir. Üst seviyelerde laminalı kireçtaşı mercekleri ihtiva etmekte olup, yer yer bentonitleşmiştir. Taban opali; silisifiye kaolenize tüfit ve opal mercekleşmesinden oluşan birim olup, üst seviyelerde kaolen tüfit ardalanması şeklindedir (Söğüt Madencilik, 1994).

4.1.2.5. Cevher Kütlesinin Şekli

Sahada yapılan incelemeye göre cevherleşmenin ana kaynağı olan tüfler tabakalı bir yapıda olup, kaolenleşme zonlar halindedir.

4.1.2.6. Cevherin Oluşum Biçimi

Düvertepe kaolen yatakları aşağıda belirtilen şartlara sahip bir çökel havzasında volkano sedimanter olarak teşekkül etmiştir.

Kaolen ve birlikte bulunan kayaçlar (taban tüfiti, taban-tavan opali) aynı proklast malzemeden türemiştir.

Kaolenleşme, sıcak sularla beslenen, akarsulara (soğuk sulara) karşı korunmuş ve sedimantasyon hızı ile orantılı olarak süpsidans gösteren kapalı bir çökel havzasında meydana gelmiştir.

Sıcak sular, eski temel üzerindeki ince bir proklast örtü içinden satha çıkmıştır. Kaynaktan çıkan sular çökel havzasında akarken, gevşek kapalı proklast malzemeyi de birlikte havzaya taşımıştır. Sıcak sular dolayısı ile çökel havzanın pH'ı ve bileşimi zamanla değişmiştir. Havzanın pH ve diğer şartlarına bağlı olarak alttan üste bentonitik killeşmiş taban tüfiti, taban opali, kaolen ve tavan opali oluşmuştur.

Ortalama olarak feldspatların bileşiminde %65 SiO_2, %19 Al_2O_3 ve %16 alkali ve toprak alkali oksitler bulunmaktadır. Feldspatlı kayaçlar ve proklastlarda kuvars ve diğer mineraller lehine, Al_2O_3 alkali ve toprak alkaliler aleyhine bu oranlar değişebilir. Teorik olarak kaolenin bileşimi %46,5 SiO_2, %39,56 Al_2O_3 ve %13,94 H_2O'dur. Feldspat ve feldspatlı kayacın yahut proklastların kaolenleşmesi helinde bileşimlerindeki alkali ve toprak alkali oksitler tamamen atılarak, SiO_2 kısmen atılacak ve bünyeye bir miktar su alınacaktır. Kayaçta alkali elementler, oksit veya tuzlar halinde artık ürünler meydana getireceklerdir.

$$4KAlSi_3O8 + 4H_2O \longrightarrow Al_4(OH)8Si_4O_{10}+2K_2O+8SiO_2$$

Alkali feldspatlardaki alkali oksitlerin kolayca bozuşarak suya geçtiği sulu feldspat süspansiyonlarının bozuk reaksiyon göstermesinden anlaşılmaktadır.

Tabiattaki yaygın feldspat alterasyonlarında bunun bir delilidir. Feldspatların asli unsuru olan Al_2O_3 ve SiO_2 için sudaki çözünürlükleri aşağıda belirtilmiştir:

Sulu Al_2O_3 ve SiO_2 ikili çözeltisinde, ortamın pH'ına, Al_2O_3/SiO_2 oranına göre bentonit . veya kaolen meydana gelmektedir. Kaolen için pH=4-6, ve Al_2O_3/SiO_2=1/2, bentonit için de pH=8-9 ve Al_2O_3/SiO_2= 1/3-1/4 olmalıdır. Ph=6-8 arasında Al_2O_3 suda çözünmektedir. Silisin çözünürlüğü de aside doğru

azalmaktadır. Belirtilen bu pH aralığında (pH=4-9) ortamda SiO_2'ce zengin bir çözelti vardır. Bu doygun çözeltiden SiO_2 jel halinde çözülecek ve tabanda opal mercekleri meydana getirecektir. Ancak doygun çözeltiler dinamik bir denge halindedir. Çöken madde kadar bir madde çözeltiye geçer. İşte bu aralıkta ortama gelen proklastlarda SiO_2 çözünerek çözeltiye geçmiştir. Bu suretle ortama gelen malzeme kaolenleşmiş ancak çöken SiO_2 tarafından çimontalandığı için silisifiye-kaolenize tüfit seviyesi olmuştur. Ortamın fiziko-kimyasal şartlarının değiştiği bu safhada opal, silisifiye kaolen bentonit ardalanması ve karışımı oluşmuştur.

Ortamın asit özelliğini sağlayan H_2SO_4'tür. Bu etki ile $Al_2(SO_4)_3$ oluşumu mümkündür ve suda $Al_2(SO_4)_3 + H_2O2Al(OH)_3 + H_2SO_4$ şeklinde çözünecektir. Suda çözünmüş Al^{+3} yine suda çözünmüş $Si(OH)_4$ile birleşerek kaoleniti meydana getirdiğinden alüminyum konsantrasyonu belli bir seviyenin üzerinde olmayacak ve bu nedenle de $Al_2(SO_4)_3$ çökelmesi meydana gelmeyecektir. Ortama herhangi bir yolla K geldiğinde (suyun geliş yeri veya yönü değiştiğinde, geldiği yerdeki tüflerin ve diğer kayaçların potasyumunu çözerek bünyesine alır ve ortama taşır. Gelen potasyum, mevcut $Al_2(SO_4)_3$ ile birleşerek çift tuz meydana getirecek ve alünit $Kal(SO_4)_2.12H_2O$ olarak çözülecektir. Alünitin çözünürlüğü bileşimini meydana getiren tuzlardan çok daha düşük olduğu için çökecektir. Kaolenlerde K_2O ve SO_3'ün birlikte değiştiği gözlenmiştir.

Alünit çökeldiği ortamda SO_4 konsantrasyonu azaldığı için dolayısıyla H^+ iyonu konsantrasyonunda da bir azalma olacak, pH nispeten yükselecektir. Bu esnada $Al_2(SO_4)_3$, potasyum alüminyum sulu sülfat halinde çöktüğü için ortamda Al miktarı azalacak ve dolayısıyla kaolen teşekkülü azalacak, SiO_2 miktarı çoğalacak ve doygunluğa erişen silis çökelecek, böylece daha önce çökelmiş alünitli kaoleni çimentolayacaktır. Kaolenin yer yer tabanında ve çok az da tavanında görülen alünitleşme ve opalleşme bu yolla meydana gelmiştir. Ayrıca alünitsiz olarak bilinen kaolenlerin analizlerinde görünen ve %5'e ulaşan SO_3, ortamdaki asitliğin, H_2SO_4'ten ileri geldiğinin bir kanıtı olarak değerlendirilmelidir. Alünit genelde tabanda ve tavanda bulunmaktadır. Havza kenarından havza içine genelde bir zenginleşme gösterir ve bazı hallerde oldukça zenginleşir. Kaolenit minerali yatağın orta kesiminde bir kaolenit zonu meydana getirir. Havza kenarında kaolenit azalarak

kuvars ve feldspat artar, havza içinde bunlar azalarak kaolenit artmaktadır. Mineral bileşimine paralel olarak kimyasal bileşimde $\%Al_2O_3$ artmaktadır. Alünitli zonlarda K_2O mevcut olup, alünit mineraline paralel artma-azalma gösterir.

Tabandaki geçiş zonunda (alünit-kaolenit zonu) zaman zaman illit ve montmorillonit görülmekte olup, alkali metal muhtevasını ve değişimini azda olsa etkilemektedir. Bu mineraller alkali ortamdan asit ortama geçişin son ürünleri olmalıdır.

Kaolen yatağının mineral ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişmeler şöyle açıklanabilir: Havza kenarında azda olsa atmosferik su girişi olabilir ve pH bu yüzden değişken olabilir. Ayrıca kenardan malzeme girişi de pH değişimini etkileyecektir. Malzeme girişi sebebiyle kenarda çökelme hızlıdır. Kenarda daha kaba taneli malzeme çöker, ince taneli malzeme havza içine taşınır ve suda süspansiyon olarak kaldığı sürece kaolenleşme tamamen gerçekleşir. Havzayı besleyen sıcak sularla birlikte ortama giren çözünmüş SiO_2 havza kenarında ortamı SiO_2'ce doygun hale getirir ve kaolen ile birlikte jel halinde SiO_2 çökelir. Havzaya giren malzemeden yıkanan (çözülen) Al_2O_3 havza ortasında çökebilir. Havza ortasında bilhassa taban zonundaki kaolenlerle de SiO_2 çözünerek ayrılmış ve Al_2O_3 değeri yükselmiştir. Bu nedenlerle havza kenarında oluşan Al_2O_3 yüzdesi düşük ve SiO_2 yüzdesi yüksek, daha sert kaolenler oluşurken, havza ortasında yer alan kaolenlerin Al_2O_3 yüzdesi yüksek ve SiO_2 yüzdesi daha düşüktür.

Kaolenin tavanında da tabanında olduğu gibi kaolenize-silisifiye tüfit ve opal ardalanmaları yer almaktadır. Bunlar da tabandakine benzer koşullarda meydana gelmiştir.

Taban opali, kaolen ve taban opalinde yer yer belirgin olarak ince tabakalı yapı gözlenmektedir. Kaolen havza kenarında birkaç metre kalınlıkta iken havza ortasında 50 metreden daha fazla kalınlığa erişmiştir.

Bütün bu malzemeler gölde çökelirken ağırlık nedeni ile göl tabanında çökelmeler olarak (süspandans ile) gölün donması önlenmiştir.

Kaolen oluştuktan sonra tektonik olaylar nedeni ile göl ortamı sona ermiş ve kaolen bugünkü topografyaya uygun olarak aşınmaya başlamıştır. Kaolen oluşumunun ardından tektonik olayları takiben dasit tüfler oluşmuştur. Düvertepe

nahiyesi Bağkıran Tepe dolaylarında kaolenlerin üzerine uyumsuz olarak dasit tüf ve tüfitler gelmiştir. Dasit tüfler de topografyaya uygun olarak aşınmaya uğramıştır.

Volkanizmaya bağlı olarak tektonik olaylar neticesinde yeniden göl ortamı oluşmuş ve uygun pH şartlarında ikinci bir seviye olarak kumlu kaolenler meydan gelmiştir. Kumlu kaolende mostra verdikten sonra bugünkü topografyaya uygun olarak aşınmaya uğramıştır. Daha sonra da kumlu kaolenlerin üzerine daha genç volkanik birimler uyumsuz olarak gelmiştir.

4.1.3. Sahanın Rezervi

Balıkesir-Düvertepe, Söğüt Madencilik ruhsat sahalarında kaolen kalınlığı sondaj araştırmalarından elde edilen veriler ışığında tespit edilmiştir.

Düvertepe kaolen ocaklarında, görünür rezerve dönüştürülmeyen potansiyel (muhtemel) rezervler, görünür rezerv hale getirme çalışmalarına devam etmektedir. Bununla ilgili olarak geniş çapta araştırmalar yapılmış ve ekonomik durum dolayısıyla ara verilmiştir. Yine de büyük ölçüde çalışmalar neticelendirilmiştir.

İlk çalışmalar sonucu elde edilen Görünür-Muhtemel rezerv miktarları Çizelge 4.1.'de verilmiştir;

Çizelge 4.1. Rezerv Tablosu

Rezerv Alanı	Görünür Rezerv (Ton)	Muhtemel Rezerv (Ton)
Bağkıran Bölgesi	162.000	987.048
Efe–Yiğit Tarlaları	472.800	327.236
Kahraman Tarlası	86.400	391.500
Eryılmaz Tarlası	39.200	218.736
Çaltılıtaban Bölgesi	767.310	1.498.032
Kapıkaya Bölgesi	144.800	294.828
Diğer Ocaklar	288.800	820.240
TOPLAM	**1.961.310**	**4.537.620**

Balıkesir – Düvertepe. İR:2164. İR:3238. İR:3239 no'lu ruhsatlarda rezerv alanlarına ayrılan bölümlerde. sondaj verilerine dayanılarak kalite: dağılım açısından satılabilir kalitede 1.961.310 ton görünür kaolen rezervi vardır. Bu alanlarda sondaj verilerinden sadece kaolen tespit edilmiştir. Potansiyel (muhtemel) kaolen rezervi ve görünür rezervler ruhsat sahalarında artabilecek potansiyeldedir.

Toplam Görünür Kaolen Rezervi :1.961.310 Ton

Toplam Muhtemel Kaolen Rezervi :4.537.620 Ton

İR:3238 ve İR:3239 ruhsatlı sahalarda muhtemel kaolen rezervini, görünür rezerve çevirme çalışmalarından sonra Çizelge 4.2.'deki sonuç elde edilmiştir (Acar, 1997).

Çizelge 4.2. Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Rezerv Miktarları (Acar, 1997)

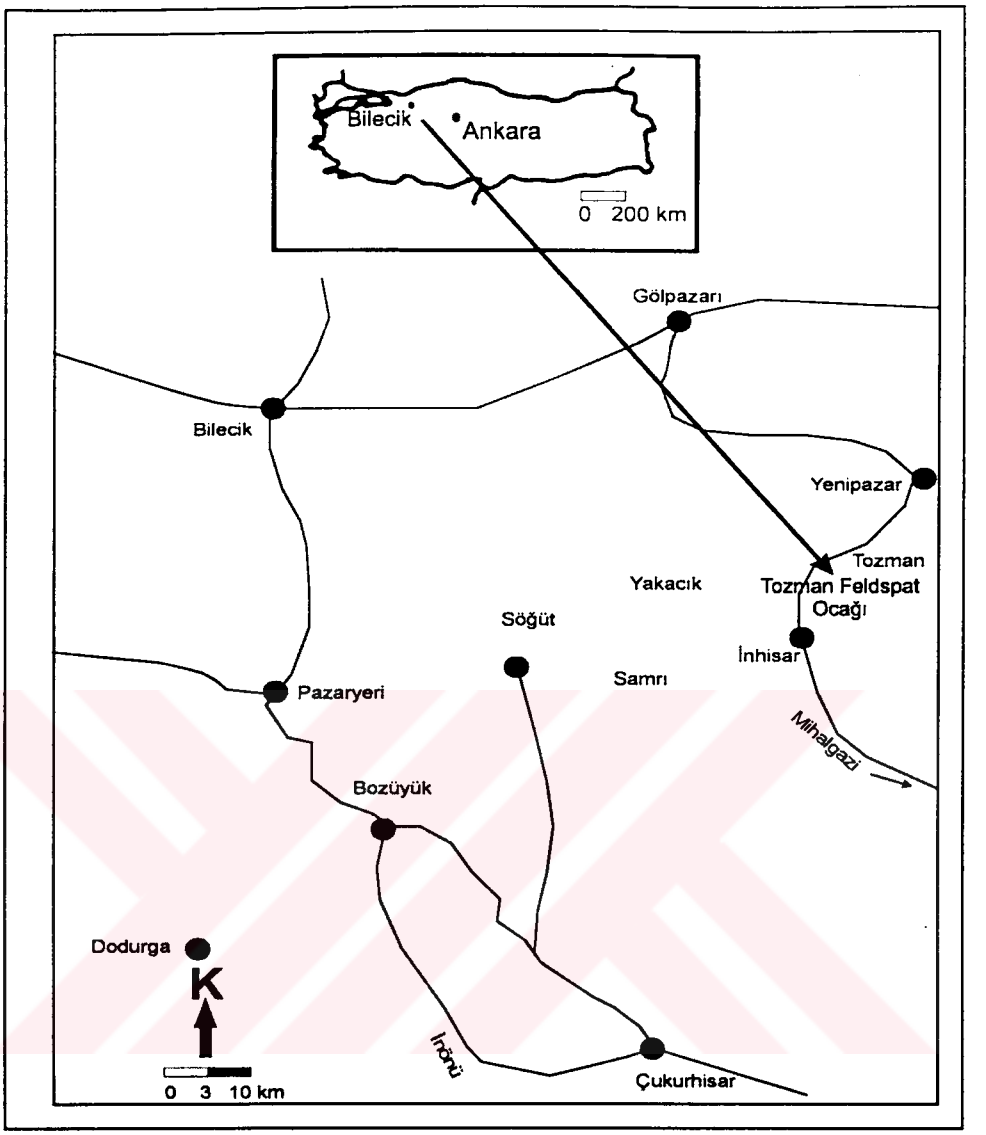
Ruhsat No.	Muhtemel Kaolen Rezervi (Ton)
İR:3238	3.904.430
İR:3239	5.984.437
TOPLAM	**9.888.867**

4.2.Tozman Feldspat Sahası

4.2.1. Coğrafi Konum ve İşletme Durumu

Çalışma sahalarından ikincisi olan bu saha Bilecik ili, İnhisar ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 4.2.).

Ruhsat sahası 2 poligon halinde olup, Tozman köyünün 800 m batısında, Çayköy-Tozman Köyü yolunun 3. km'sinde, Daz Tepe (564,5 m)'nin 1100 m doğusunda feldspat filonu halinde 3 adet feldspat filonu oluşumu mevcuttur. İşletilmekte olan feldspat filonu Çayköy-Tozman köylerini birbirine birleştiren yolun 1,1 km' sinde sol yamacındadır. İşletilmekte olan filonun yola olan uzaklığı 200 m' dir. Feldspat filonuna 200 m' lik kuru dere yolunun tasviye edilmesi ile ulaşılmıştır.



Şekil 4.2. Sahanın Yerbulduru Haritası

İşletmenin su ihtiyacı ocağa ~ 1 km uzakta bulunan Tozman köyünden taşıma yolu ile karşılanmaktadır. İşletmede elektriğe gerek duyulmamaktadır, şayet gerek duyulursa yine Tozman köyünden elektrik getirmek mümkündür.

Ruhsat sahasının olduğu bölge çam ağaçları ile kaplıdır. Killi şistli, gevşek dokulu toprak mevcuttur. Pegmatit, feldspatların gözlendiği bölge yamaç olup, granit ve serpantin blokları ile kaplı olduğundan toprak örtüsü yoktur.

Ruhsat sahasında Mart-Kasım ayları arasında çalışma yapmak mümkündür. Sahada çalışma yaparken gerekli olan işçi temini Tozman ve civar köylerden yapılabilmektedir.

4.2.2. Sahanın Morfolojisi

Arazi engebeli bir yapı sunmaktadır. Ruhsat sahasındaki başlıca yükseltiler: Tozman Bağlığı T. (500 m), Çingen Bayırı T.(637 m), Daz T. (564.5 m), Gören T. (484 m), Ali Kaya T. (500 m), Çubukbağ T (484 m). Vadilerden tepelere 100-250 m arasında değişen ani yükselti farkları bize engebeli bir arazi sunmaktadır.

4.2.3. Genel Jeoloji

Sarıcakaya bölgesi esas itibariyle, kristalin şistlerden granit, diyorit, pegmatit ve kalkerlerden oluşmuştur. Kristalin şistlerin yaşını paleontolojik kriterlere dayanarak tayin etmek mümkün olmadığından, kendilerini diskordan olarak örten kalkerler jura yaşındadırlar, dolayısıyla; metamorfik serinin yaşının juradan evvel olduğu kesindir (Dağ ve ark., 1994).

Magmatik faaliyet hersiniyen orojenezi esnasında kendini göstermiş, granit, diyorit ve pegmatitler kristalin şistler içine entrüzyon yapmışlardır. Dar bir şerit halinde KD-GB doğrultusunda uzanan kuvarslı diyoritler, metamorfik yan taşları iki kısma ayırırlar. Diyoritlerin kuzeyinde kalan şistler Kapıkaya yaylasından Tozman köyünün güneyine kadar uzanırlar. Pegmatit ve aplit filonları ile diyabaz dayklarını bakımından çok zengindirler.

Pegmatitler, granitlerle diyoritler arasındaki şistler içinde konkordan filonlar oluşturur. Doğrultu ve dalımları şistlerinkine paraleldir.

Sakarya vadisini dolduran eosen yaşlı formasyonlar, paleozoik şistleri güneyden örterler. Ancak bu bölgede alpin hareketler sebebiyle şist-granodiyorit kompleksi güneye doğru itildiğinden, kristalin şistler tersiyer formasyonları üzerine bindirmişlerdir. Bu bakımdan Sarıcakaya'nın kuzeyindeki paleozoik-tersiyer kontak hattı boyunca bir şaryaj mevcuttur.

Sakarya vadisinin iki tarafında yer yer kretase kalkerleri görülmektedir, bu kalkerler ekseni KD-GB'ya paralel bir senklinal meydana getirirler (Kibici, 1984).

Serinin doğrultusu Kapıkaya yaylası bölgesinde KD-GB dalımı ise KB'dır. Batıya doğru gidildikçe şistlerdeki yapraklaşma B-D istikametini alır. Dalım ise

kuzeye yönelir. Pegmatitler şistler içinde konkordan olduklarından, filon sistemi onların doğrultusuna paralel bir şekilde dağılmıştır ve kuzeye dönük bir kavis halindedir.

Bölgede alpin hareketler eosenden sonra da oluşmuşlardır. Bu hareketler neticesinde paleozoik blok güneye kaymış kontak zonlarında şistler ezilmiş magmatik taşlar ise kısmen formasyonlarının üstüne bindirmişlerdir. Bu şaryaj hattı Kapıkaya köyü kuzeyinden başlayıp, GB istikametine uzanmaktadır.

Bölgenin en eski taşları kristalin şistlerdir. Bunları meydana getiren sedimanlar alt paleozoikte oluşmuşlar ve aynı devirde metamorfizmaya uğrayarak biyotitli şistlere çevrilmişlerdir.

Sarıcakaya granit, diyorit ve pegmatitleri aynı plutona dahil olduklarından, intrüzyondan sonra devam eden tektonik basınçlara daha iyi mukavemet etmişler fakat şistler bazı yerlerde tamamen ezilmişlerdir. Bu esnada granit ve diyoritler kenar zonlarında dinamometamorfizmaya uğramışlar ve bazen de kenar gnayslaşmışlardır. Pegmatitler ise sık sık boğumlanma ve şişme şekilleri göstermektedir.

Sarıcakaya paleozoik masifi mesezoik denizlerinde olasılıkla odalar halinde yükseliyordu. Bu devirde jura ve kretase kalkerleri oluşmuş ve bölge, kütle halinde kretase zonları ile tersiyer başlarında su yüzüne çıkmıştır.

Eosen'den sonra tektonik hareketler devam etmiş, paleozoik kütle güneye doğru itilerek tersiyer formasyonları üzerine bindirmiştir.

Bölge andezitik volkan faaliyetlerine sahne olmuş, şistleri kesen diyabaz dayklarıyla Sakarya vadisini örten lav akıntıları ve volkan bacaları meydana gelmiştir (Kibici, 1984).

4.2.4. Litoloji

Sarıcakaya silsilesini meydana getiren jeolojik formasyonları başlıca 5 grupta toplayabiliriz.:

1- Kristalin şistler
2- Granit ve Diyoritler
3- Pegmatitler

4- Volkanik kayaçlar

5- Kalker ve Arkozlar (Söğüt Madencilik, 1994)

4.2.5. Cevher Kütlesi Bilgileri

4.2.5.1. Cevher Kütlesinin Tipi

Bölgedeki cevherleşme pegmatitik bir magma ürünü olup, damar ve filon şeklindedir.

4.2.5.2. Cevher Kütlesinin Şekli

Cevherleşme, granit ve serpantinleri kesen damarlar ve filon şeklindedir. Damarın uzunluğu değişmektedir.

4.2.5.3. Cevherin Oluşum Biçimi

Pegmatitler kristallerinin çok iri olmalarıyla granitlerden ayrılırlar. Pegmatitlerde ekseriya zonlu bir doku görülür. Tam gelişmiş olanlarda dıştan içe şu zonlar ayırt edilmektedir;

- Kenar Zonu: Merkeze nazaran daha ince taneli olup, bazen aplite geçiş gösterir. Yazı strüktürü daha sıkça görülür.

- Ara Zonu: Kenar zonuna göre daha kalın ve daha iri tanelidir. Birçok alt zonlara ayrılma eğilimindedir, ve bu zonlar bazen oluşumlarını tamamlamış da olabilirler.

- İç Zon: Çok iri taneli olup, ekseriya nadir mineralleri içerir. Metazomatik yerleşimlerin varlığı, bu zonların özellikleri iç zonun gelişmesi ile ilgilidir. Zonların oluşumları ise yan kayaçtan içe doğru olur.

4.2.6. Mineralojik Bileşim

Başlıca kuvars ve alkalin feldspattan ibarettir. Ferromagnezyen mineralleri nadirdir. Buna karşın diğer taşlarda az rastlanılan prömatalitik mineraller bol miktarda bulunurlar. Örneğin: turmalin. topaz. beril. apatit vs. gibi. Pegmatitlerde andaksit. sillimanit gibi alüminyumca zengin minerallerde görülürler. Bunlar bazı hallerde birincil olarak diğer minerallerle beraber veya ksenolitlerin etkisiyle metazomatik reaksiyonlar sonucu meydana gelirler.

Pegmatitlerde metazomatik değişimin tipik örneği potasyumlu feldspatların sodyumca değişik tipler (albit, klevlandit) haline dönüşmesi ve bunun sonucu olarak da muskovitin oluşmasıdır. Daha sonra granatlar ve turmalin, feldspatlar hesabına gelişirler. En sonunda da lityumlu mineraller oluşurlar. Bu olağan kristalleşme sırasının çoğu kez istisnaları da gözlenir. Örneğin; beril, turmalin ve granatlar bazen birincil olarak, bazen de diğer minerallerin metazomatik yolla yerini alarak oluşurlar. Bunların çok değişik kristalleşme aşamalarında vücut buldukları kesinlikle saptanmıştır (Söğüt Madencilik, 1994).

Pegmatitler, granitlerin damar kayaçlarıdır. İri taneli kuvars, feldspat, muskovit minerallerinden oluşan damar kayaçlarından pegmatitler 400-700 ^{0}C' ı geçmeyen sıcaklıklarda oluşan ve granitik magmadan artan eriyiklerin meydana getirdiği damarlardır. Yerkabuğunun anateksi olaylarına uğrayan kısımlarında ısı ve basınç koşulları kuvars ve feldspat hareketlenmesi için yeterli düzeye geldiğinde meydana gelen hareketli eriyik, pegmatit halinde kristalleşebilir. Pegmatitler çoğunlukla bu gruptadırlar. Bunlar yan kayaçlar içine sokulum yaptıkları gibi, bunların kısmen yerini de almaktadırlar (Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992, Söğüt Madencilik, 1994).

4.2.7. Sahanın Rezervi

Feldspat damarlarının genişlikleri: 15m. 35m. 10m'dir. Toplam olarak 3 ayrı filon vardır ve rezervleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Saha Rezerv Tablosu

Filon No	Rezerv (Ton)
Filon-1	15.000
Filon-2	175.000
Filon-3	10.000
TOPLAM	200.000

Sahada ayrıntılı bir sondaj çalışması yapılması halinde daha fazla miktarda feldspat tespit edileceği düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak şu söylenebilir; sahada işletmeye değecek miktarda feldspat rezervi vardır.

4.3. Çiğdemlik Kil Sahası

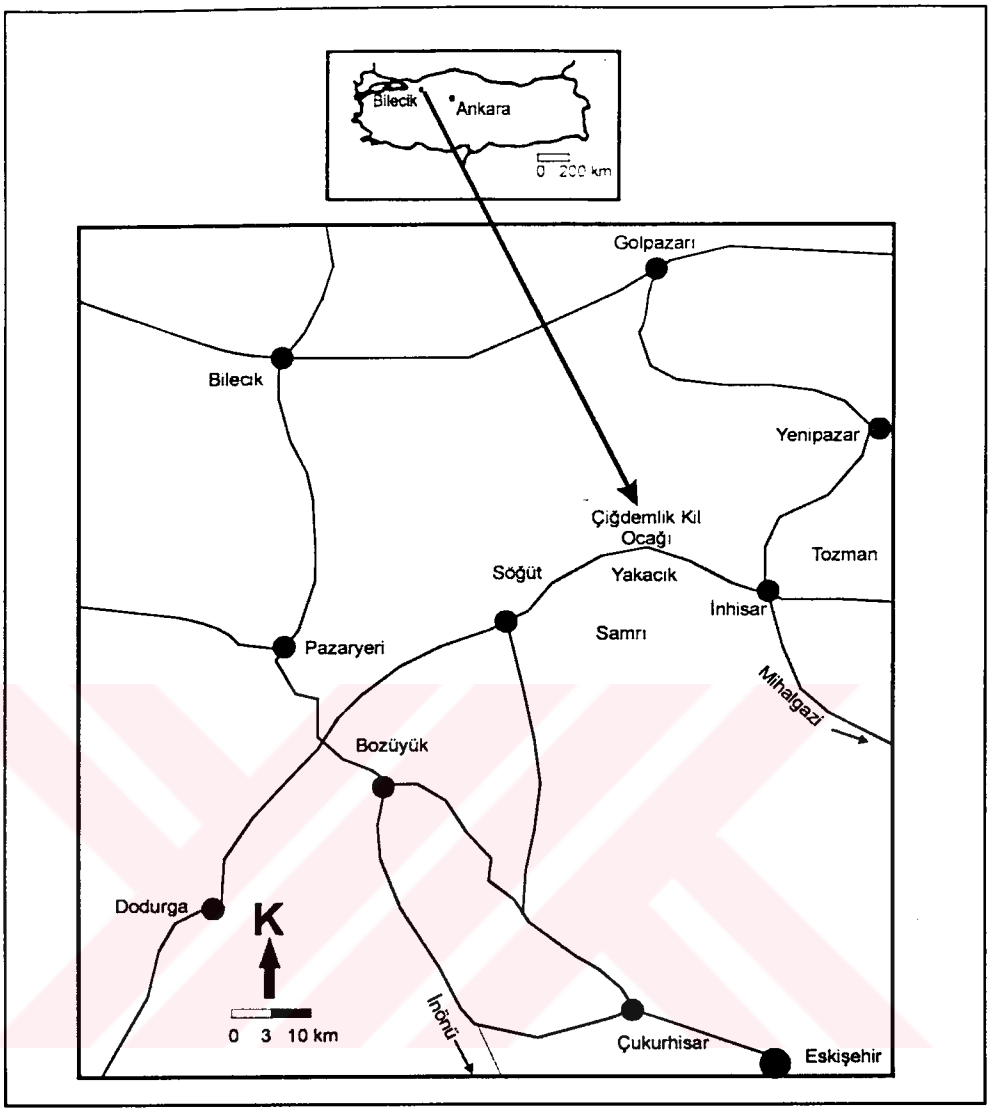
4.3.1. Coğrafi Konum ve İşletme Durumu

Çalışma sahalarından üçüncüsü olan bu saha Bilecik ili, Söğüt İlçesi, Yakacık Köyü sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 4.3.).

Sahada elektrik ihtiyacı yoktur. Kullanılması gerekirse sahanın elektrik trafolarına uzak olmamasından dolayı bir problem yoktur.

Ocağın bulunduğu bölgede maden ocaklarının yaygın olmasından dolayı kalifiye ve vasıfsız işçi bulma problemi yoktur. Genellikle makine ile üretim yapıldığı içinde fazlaca bir işçiliğe gereksinim duyulmamaktadır.

Bu ocaktan yapılan üretim genel olarak SÖĞÜTSEN SERAMİK A.Ş.' de hammadde olarak kullanılmaktadır. Yani dış talepler bu ocaktan çok düşük miktarlar haricinde sağlanmamaktadır. Bundan dolayı nakliye direk olarak fabrikanın bulunduğu Söğüt ilçe merkezine yapılmaktadır. Yol durumu yukarıda da belirtildiği gibi uygun olduğu için nakliye problemi yaşanmamaktadır.



Şekil 4.3. Sahanın Yerbulduru Haritası

4.3.2. Genel Jeoloji

4.3.2.1. Stratigrafik Jeoloji

Çalışmanın esasını oluşturan Miyosen yaşlı gölsel çökeller, sahada granit-granodiyoritler üzerine taban çakıl taşı ile gelirler. Çeşitli irilikteki metamorfik şist, granit, granodiyorit, tüf ve kireçtaşı çakıllarının karbonatlı bir çimento ile tutturulması sonucu meydana gelmiştir. Kapsadığı çakılların cinsine göre çeşitli renklerde görülebilir. Taneler yarı köşeli ve yuvarlaktır. Bu birimin üzerine, killeri de

kapsayan çakıl, kum, kil ,şist, linyit, ardalanması şeklinde devam eden seri gelmektedir (Söğüt Madencilik, 1994).

4.3.2.1.(1). Çakıl, Kum, Kil, Şist Ardalanması

Bu birimin kalınlığı sahada 10-40 m. arasında değişmektedir. Kullanılabilir kil seviyelerinin kalınlıkları 10 cm. ile 200 cm. arasında değişmektedir. Toplam kil kalınlığı ise 600 cm. geçebilmektedir. Ancak bu seviyelerin yatay ve dikey olarak çok kısa uzaklıklarda kalite değiştirdikleri gözlenmektedir.

Çakıl, çakıl taşı, kum, kumtaşı, kil kumlu kil, siltli kil, silt, killi silt, kumlu silt şeklinde ve ardalanmalı olarak devam eden bu birimin üzerine genellikle tavan çakıltaşı gelmektedir (Söğüt Madencilik, 1994).

4.3.2.1.(2). Tavan Çakıltaşı

Çalışma sahasında, alttaki çakıl, kum, kil, silt, şeklindeki birimin üstünde yer alır. Çeşitli irilikte ve cinste çakılların gevşek bir çimento ile tutturulmasından meydana gelmiştir. Çimento kalsittir. Sarımsı kırmızı renkte görülmektedir. Çimentosunun sıkı olduğu yerlerde görülmektedir. Ancak, gevşek çimentolu olduğu yerlerde aşınmıştır. Bu birimin kalınlığı 0-10 metre arasında değişmektedir (Söğüt Madencilik, 1994).

4.3.3. Yapısal Jeoloji

Miyosen yaşlı çökeller genellikle yatay ve yataya yakın 5-10 derecelik eğimler sunmaktadır. Ancak havzanın durumuna göre bu eğim miktarları 20-25 dereceye kadar çıkabilmektedir.

Miyosen çökelleri içinde küçük çaplı, ondülasyon denebilecek kıvrımlarda gözlenmektedir (Söğüt Madencilik, 1994).

4.3.4. Ekonomik Jeoloji

Sahadaki killer, Miyosen yaşlı gölsel çökellerin içinde yer alır. Bu killer Miyosen' den önce var olan, metamorfik şist, granit, granodiyorit ve volkanik tüflerin ayrışması ve çeşitli yollarla Miyosen' in göllerine taşınarak çökelmesi sonucu oluşmuştur. Bu gelişindeki düzensizlik killerin yanal ve dikey yönlerde çok kısa uzaklıklarda farklılıklar göstermesine neden olmuştur (Söğüt Madencilik, 1994).

4.3.5. Sahanın Rezervi

Çiğdemlik kil sahası üretiminin neredeyse tamamı Söğütsen Seramik Sanayi A.Ş. tarafından kullanılmaktadır. Dışarıya satış kumlu kil haricinde neredeyse hiç yoktur. Rezerv olarak sahanın fabrika ihtiyaçlarını karşılamada bir sorunu bulunmamaktadır. Sahada yapılan rezerv arama çalışmaları sonucu aşağıda Çizelge 4.4.'de görülen sonuçlar elde edilmiştir (Söğüt Madencilik, 1994).

Çizelge 4.4. Rezerv (Söğüt Madencilik, 1994)

Fayans Kili	**Yerkarosu Kili**	**Kumlu Kil**
58.260	82.460	47.500

5. MATERYAL VE METOD

Çalışmanın bu bölümünde işletme yapılan sahalarla ilgili olarak ilk aşamada üretim yöntemi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölümde ise işletme sahalarından alınan örneklerden faydalanılarak yapılan analizler verilmiştir.

5.1. Hammadde Ocaklarında İşletme Yöntemleriyle İlgili Çalışmalar

Söğüt Madencilik A.Ş. tarafından işletilmekte olan bu her üç ocakta da (Düvertepe-Bağkıran, Tozman ve Çiğdemlik) açık işletme yöntemi kullanılarak üretim yapılmaktadır. Bu sahalardan Düvertepe-Bağkıran kaolen sahasında delme-patlatma yöntemiyle üretim yapılırken, diğer iki sahada (Tozman feldspat ve Çiğdemlik kil) delme-patlatma yöntemi kullanılmadan üretim yapılmaktadır.

5.1.1. Delme-Patlatma Yöntemiyle Yapılan Üretim

Açık ocak madenciliğinde yüzeyden çeşitli derinliklerde bulunan cevher yataklarının çoğu zaman ekonomik değeri olmayan örtü kayaç kütlesinden kontrollü ve en az maliyetle kazanılarak işletilmesi için gerekli "kazı" işlemi genellikle delme-patlatma ile yapılmaktadır. Çalışma sahası içerisinde malzemenin gevşetilmesi açısından hedeflenen sonuçlara ulaşılması, kazı sonrası işlemlerde (yükleme, taşıma ve cevherin zenginleştirme) büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Mamurekli, 1996). Bir patlayıcı yükü infilak ettiğinde enerjisinin bir kısmı şok dalgaları olarak delik çevresindeki kayaya aktarılır. İnfilakın başlangıcını takiben delik, infilak basıncının kayanın dinamik dayanımı tarafından dengelendiği denge durumu oluşana kadar, çap doğrultusunda genişler. Bu aşamaya kadar sarf edilen enerjiye şok enerjisi denir. İnfilak sırasında reaksiyon sonucu açığa çıkan çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz ürünleri serbest yüzeyden atmosfere ulaşıncaya kadar kayadaki çatlaklar içerisinde ilerler ve çatlakları genişletir. Bu sırada sarf edilen enerjiye ise itme enerjisi adı

verilir. Gazlar atmosfere ulaştıktan sonra enerjileri faydalı bir iş üretmeyen atık enerjidir ve sadece ısı, ışık ve hava şoku yaratır.

Patlayıcının işe yarar (kullanılabilir) enerjisini şok ve itme enerjilerinin toplamı oluşturur ve bunun büyüklüğü kaya patlayıcı, enerjinin ne kadarının şok, ne kadarının itme enerjisine dönüştüğüne göre değişir. İnfilak hızı düşük ve gaz ürünleri fazla bir patlayıcının itme enerjisi daha fazladır ve malzemenin ötelenmesinin önemli olduğu uygulamalar için tercih edilmelidir. Yüksek infilak hızlı bir patlayıcı ise kaya parçalanması için güçlü kırma etkisinin istendiği sert, dayanıklı kayalarda daha iyi iş görür (Kılıç ve ark, 2002). Kaya delme-patlatma uygulamalarında başarılı olmak için üç hususa dikkat edilmesi gerekir. Bunlar; patlayıcı madde,ateşleme sistemi ve delik geometrisi olarak sıralanabilir. Genellikle ilk iki husus çok tartışma konusu olurken, başarılı bir patlatma için çok önemli olan patlatma deliği fazla göz önüne gelmemektedir. Kaya delme işi başlı başına bir maliyet olmasına karşın, patlatma başarısı dolayısıyla kazı, yükleme ve kırma maliyetlerinin düşmesi gibi avantajları göz ardı edilemeyecek boyutlardadır.

Kaya içine delinen deliğin niteliği patlatma verimini etkileyebilmektedir. İyi nitelikte olmayan delikler patlayıcının şarjlanması sırasında zorluklar çıkartabilirler ve bu da daha fazla işçilik ve zaman kaybına yol açabilir. İyi nitelikte olmayan delikler, patlayıcıların istenen derinliklere inememesine dolayısıyla iri blok ve sert tırnaklar kalmasına sebep olabileceği için patlatmanın amacına ulaşmamasına neden olabilirler.

Patlatma deliğine bağlı teknik ve ekonomik sorunlar daha çok açık işletme madenciliğinde kendilerini göstermektedirler. Yeraltı madenciliğinde de delme patlatma uygulanmasına rağmen daha önemli ve pahalı olgular nedeni ile açık işletme madenciliğinde olduğu kadar etkin olmamaktadır.

Kaya patlatma uygulamalarında doğru nitelikli ve ekonomik delgi yapabilmek için kullanılan yöntemleri ve ekonomik karşılaştırmalarını yapmak gerekmektedir.

Bilindiği gibi yanıcı bütün organik maddeler gerekli oksijeni bulabildikleri uygun şartlar altında bulunulan ortama ısı ve gaz verirler.

Patlatıcı maddeler, bileşimlerinde yanıcı maddeler ve bu maddelerin yakılabilmesi için gerekli oksijeni bulundururlar. Başka bir deyişle yanma için gerekli oksijen, havadan değil patlayıcının bileşiminde ki bir oksijen veriden (genellikle amonyum nitrat) sağlanır.

Yanma ve patlama arasındaki fark ise, reaksiyon esnasındaki şok dalgasının hızıdır. Yanma durumunda bu hız yerel ses hızının altında, patlatma olayında ise eşit veya üzerindedir.

Madencilikte kullanılan patlayıcı maddelerde, genel olarak yukarıdaki gibi özelliklerdedirler. Kısaca patlama, oksijenlerini kendi içlerinde bulunduran ve reaksiyona girdiklerinde oluşan şok dalgasının hızı, yerel ses hızına eşit veya daha büyük olan enerjetik kimyasal birleşimlerdir.

Madencilikte kullanılan ve askeri sektörde kullanılan patlayıcılar arasında temel farklılık, madencilikte kullanılan patlayıcıların patlatma hızlarının hem delik veya kartuş çapıyla hem de değişen kartuş veya delik çevresi sertliği ile birlikte değişmesidir. Bu tip patlayıcılar ideal olmayan patlayıcılar olarak da sınıflandırabilir. Askeri sektörde kullanılan patlayıcılar ise, genelde yüksek hızlarda patlayan, patlama hızları yukarıdaki değişenlere göre çok az değişen, ideal tavırlı olarak sınıflandırılan patlayıcılardır (Konuk ve Göktan, 1999).

5.1.1.1. Patlatma Dizaynında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Başarılı bir patlatma yapabilmek için patlatma deliklerinin incelenmesi gereken nitelikleri şu şekilde sıralanabilir ;

5.1.1.1.(1). Delik Çapı

Delik çapı öncelikle patlayıcının kaya yapısı içinde dağılma derecesini işaret eder. Küçük çaplarda delik geometrisi de dar olmakta, patlayıcı, kaya yapısı içerisine daha iyi dağıtılmış olmaktadır. Sonuçta ince taneli ve kolay yüklenir pasa elde edilmektedir. Büyük çaplı deliklerde ise geometrinin geniş olmasına bağlı olarak elde edilen pasa iri taneli ve zor yüklenir bir karakter göstermektedir. Doğaldır ki küçük

delik çapı kazı birim hacmi için daha fazla delik metrajı, daha fazla ,işçilik ve daha fazla ateşleme sistemi tüketimine yol açmaktadır ve pahalı olmaktadır. Çapın büyümesi ve paralelinde delik geometrisinin genişlemesi ile yukarıda sayılan tüketim alanlarında ucuzluk elde edilmektedir. O zaman optimum delik çapını, her iş yeri kazı hacmi, yükleyici makine kapasitesi ve amaçlanan tane iriliğine göre seçmelidir.

Delik çapı seçiminde yukarıdaki yargılara ek olarak göz önünde tutulması gerekli parametreler bulunmaktadır. Örneğin, günümüzde kullanılan ANFO gibi,emülsiyon patlayıcılar gibi patlayabilir karışımların verimlilikleri delik çapı ile doğrudan ilişkilidir.

Öte yandan, patlatma tekniğinde delik çapı, ayna yüksekliği ve yük aralığı ile ilgili bir orantı çok önemlidir. Genelde iyi sonuçlar veren bu kurala göre ayna yüksekliği yük aralığının en az 2,5 katı, en fazla 6 katı olmalıdır. Oranın 2,5 den az olduğu durumlarda basamak patlatmasında, aynanın askıya alınmasından doğan avantajlar yarar sağlamamaktadır. 6 katından yüksek olan aynalarda ise, aynanın askıya alınması ile oluşan gerilim genliklerinin aşırı olması, deliklerin çok derin olması ile sapmaların artması, patlayıcı şarjlama zorlukları gibi nedenlere bağlı olarak sorunlar çıkmaktadır (Erkoç, 1996).

5.1.1.1.(2). Deliğin Doğrultusu

Gerekli önlemler alınmadığı durumlarda her delik makinesi belirli düzeyde sapmalara neden olur. Sapmanın miktarı deliğin boyu ile orantılıdır. Bu olay uygulamalarda önemli sorunlar yaratmaktadır . Her şeyden önce yüzeyde işaretlenen delik geometrisi tabanda aynı olmamaktadır. Verilmek istenen yüke kıyasla, sapma nedeni ile tabanda yükün fazla olması , iyi patlamamış sert tırnaklar oluşmasına yol açar. Tersine yükün az olması durumunda hem üretim hacmi düşmekte, hem de taş savrulma tehlikesi artmaktadır. Batı ülkelerinde yüksek hacimli ocaklarda delik sapmalarını ölçmek üzere gelişmiş aygıtlar kullanılmaktadır. Aynaya doğru olmayan, yan tarafa olan sapmalarda yine tırnak oluşmasına neden olur (Erkoç, 1996).

5.1.1.1.(3). Deliğin Düzgünlüğü

Sapmanın yanısıra, delici makinenin verdiği baskı ve delici ucun türüne bağlı olarak delik tam doğrultusunda delinemez. Aynen bir yılan deliği gibi kıvrılarak ilerler. Bir görüşe göre bu olayın nedenlerinden bir tanesi de, değişken sertlikteki kaya katmanlarının delici ucu saptırmasıdır. Özellikle 76-127 mm delik çaplarında delik düzgünlüğü önemli sorunlar yaratmaktadır. Düzgün olmayan delikler ülkemizde şu olaylara neden olmaktadır.

Geniş çaplı yemleme şarjı kullanılmak istendiğinde şarj delik dibine indirilememektedir.

Özellikle sulu deliklerde kartuş patlayıcı kullanımında yine kartuşlar zaman zaman istenen derinliğe ulaştırılamamaktadır. Önlem olarak gereğinden küçük kartuş çapları kullanılmaktadır.

Kartuşların kesilerek delik içine atıldığı emülsiyon patlayıcı uygulamasında yine zaman zaman deliklerin tıkandığı görülmektedir (Erkoç, 1996).

5.1.1.2. Patlatma Sistemlerinin Tasarımlandırılması

Kayaçların patlatılmasında, patlayıcının yerleştirileceği deliğin eğimi, çapı, boyu, delik ile serbest yüzey arası uzaklık ve sıkılama uzunluğu önemli etkilere sahiptir.

5.1.1.2.(1). Delik Eğimi

Açık işletmelerde delikler basamak yüzeyine dik ya da basamak şevi yönünde eğik delinir.

Açık işletme basamaklarında dik delme, kolay olması ve delik boylarının daha kısa olması nedeniyle genellikle tercih edilen yöntemdir. Buna karşılık açık ocak şevlerinin genellikle eğimli olmaları deliklerin dik delinmesi durumunda basamağın üst kısımlarındaki kayaçlar, istenilen parçalanma meydana gelmeden büyük bir kuvvetle ileri itilirler. Bu nedenle büyük boyutlu bloklar halinde

parçalanırlar. Basamak üst kısımlarında delik ile şev yüzeyi arası mesafe daha küçük olduğundan patlatma olayı tam gerçekleşmeden atmosfere kaçar.

Son yıllarda açık işletmelerde, delik delme zorluklarına rağmen avantajları nedeniyle eğik delik delmeye eğilim artmaktadır. Delikler basamak şev yüzeyine paralel olarak, dikeyden 30^0 eğimli delinebilir (Atalay, 1992).

5.1.1.2.(2). Dilim Kalınlığı

Dilim kalınlığı, delik ekseni ile basamak ayna yüzeyi arasındaki en kısa mesafedir. Patlama sonrası oluşan enerjinin önemli bir bölümünün delik içerisinde kullanılabilmesi , uygun bir dilim kalınlığı seçimi ile yakından ilgilidir. Dilim kalınlığı az olursa tırnak kalma ihtimali artmaktadır.

Dilim kalınlığının belirlenmesinde delik çapı, patlayıcı özelliği ağırlığı ile kayaç özelliklerine bağlı olarak bir çok eşitlik geliştirilmiştir (Atalay, 1992).

5.1.1.2.(3). Delikler Arası Uzaklık

Delikler arası uzaklığın (S), kayaçların parçalanmasında önemli etkisi vardır. (S) genelde basamak yüksekliğine, dilim kalınlığına ve deliklerin patlatılma şekline bağlı olarak saptanmaktadır. Tek sıralı gecikmeli patlatılan delikler için delikler arası uzaklık, dilim kalınlığına eşit alındığında (S = B) iyi bir parçalanma sağlanır. Bununla birlikte, birim patlayıcı tüketiminin azaltılması ve üretimin arttırılması gereken durumlarda delikler arası uzaklık, dilim kalınlığının 1,5 katına arttırılır (Atalay, 1992).

5.1.1.2.(4). Delik Dibi Uzunluğu (Tırnak Payı)

Basamak tabanında parçalanmanın iyi olmasını sağlamak amacıyla delikler ; belirli oranda basamak seviyesinin altında delinirler. Tırnak payı da denilen bu delik dibi uzunluğu, genellikle dilim kalınlığının % 30 'u oranında alındığında , alt

basamakta tırnak denilen parçalanmamış kayaçlar kalmamakta ve düzgün bir yüzey elde edilmektedir.

Bununla birlikte, patlatılacak kayanın çatlaklı olması ve bu nedenle de alt basamaklarda yeni çatlakların meydana gelmemesi, patlatmanın çevreye zarar verme olasılığının kuvvetli olması ve delme patlatma harcamalarında kısıntıya gidilmesi durumunda ise tırnak payı kısalmakta ya da hiç tırnak payı bırakılmamaktadır (Atalay, 1992).

5.1.1.2.(5). Sıkılama Uzunluğu

Sıkılama, patlayıcı madde ile doldurulmuş bir deliğin üst kısmında bırakılan boşluğun, delik delinirken çıkarılan malzeme yada kırılmış kum çakıl gibi malzemelerle doldurulması işlemidir. Sıkılama patlatma sonrası açığa çıkan enerjinin havaya kaçmasını önleyerek patlatma verimliliğini arttırmakta ve gürültü hava şokunu önlemektedir (Atalay, 1992). Sıkılama uzunlukları genellikle dilim kalınlıklarına eşit alınmaktadır.

5.1.1.3. Patlatma Etki Alanı ve Parçalanma

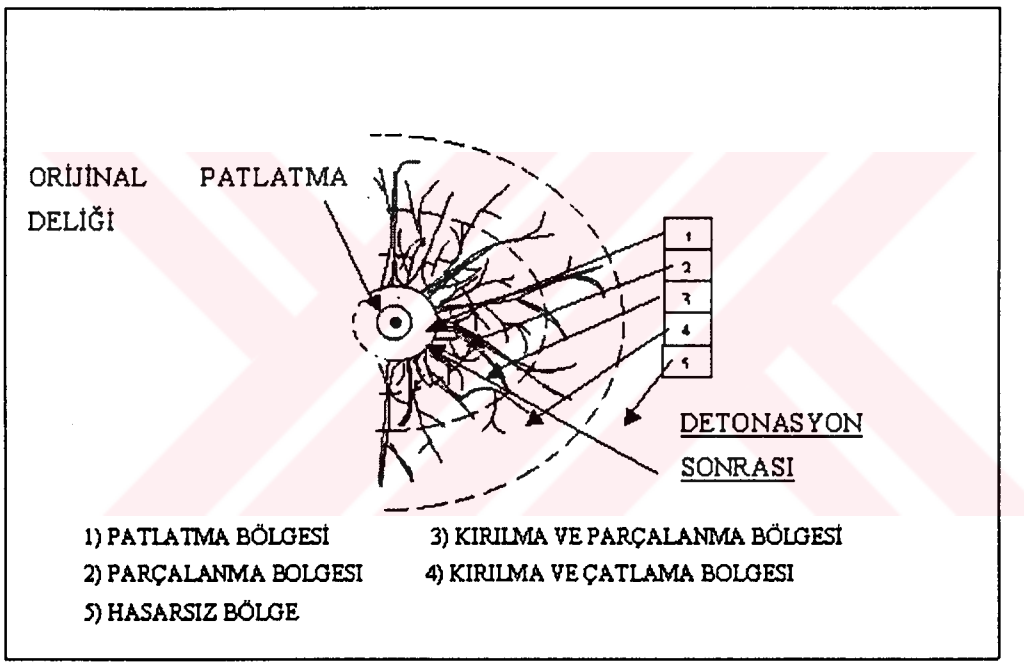
Detonasyon basıncı, şok dalgaları ve gaz basıncının etkisiyle patlatma deliği civarında dört farklı kırılma-parçalanma bölgesi oluşur. Bunlar;

- Patlatma bölgesi
- Parçalanma bölgesi
- Kırılma ve Parçalanma bölgesi
- Kırılma ve çatlama bölgesidir.

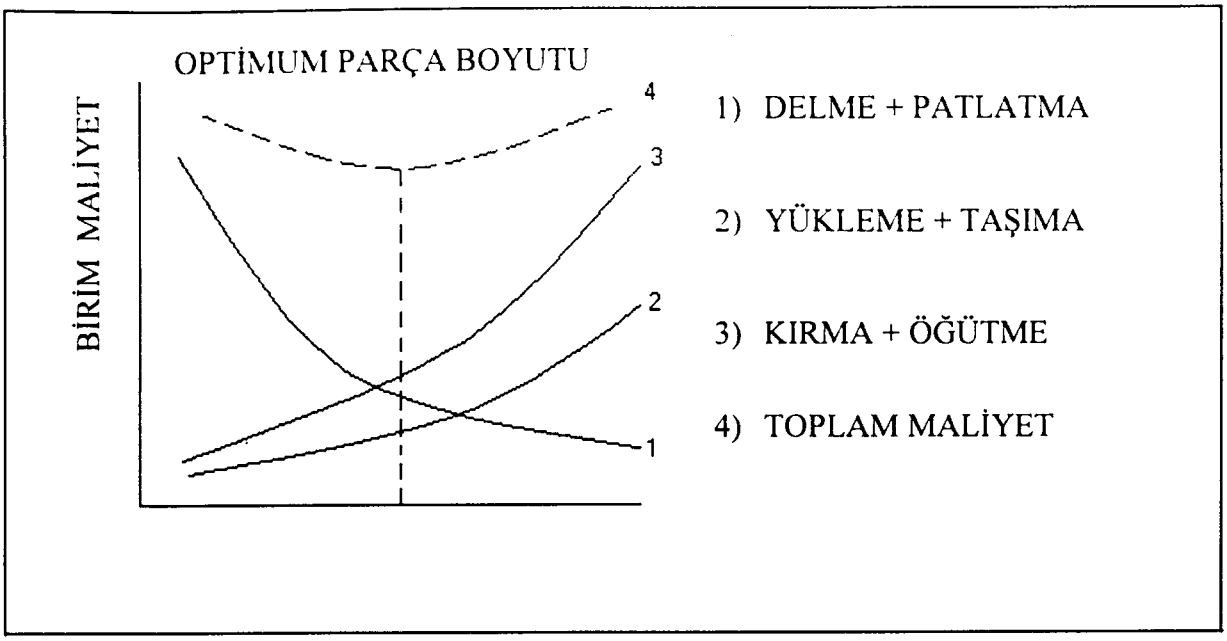
Şekil 5.1' de de görüldüğü gibi, detonasyon basıncının kayacın dayanımını aşarak delik çapını genişlettiği ilk bölge, en büyük parçalanma ile kırılma ve ezilmelerin meydana geldiği patlama bölgesidir. İkinci bölge ise, şok dalgaları ve gaz basıncı etkisiyle çok sayıda radyal ve mikro çatlakların oluştuğu parçalanma bölgesidir. Dördüncü bölge, şok dalgalarının sönümlendiği yerlerle sınırlı ve az sayıda radyal çatlakların gözlendiği kırılma ve çatlama bölgesidir.

Patlatmanın etki alanı, şok dalgalarının sönümlendiği veya yansıma dalgalarının başladığı dördüncü bölge sınırlarına kadardır. Bu etki alanı patlayıcının özellikleri, kayacın ve yan kayaçların yapısı ile dayanımlarına bağlı olarak değişir.

Bu nedenle, birden fazla delik ile patlatmanın yapıldığı açık işletmelerde delikler arası uzaklığın seçiminde parçalanma etki alanın dikkate alınması gerekir. Bu deliklerin yerlerinin hatalı delinmesi durumunda, Patlatmadan etkilenmeyen kısımlar olabileceği gibi, aşırı parçalanmış kısımlar da söz konusu olabilir. Ayrıca patlatma sonucu elde edilecek malzeme boyutu ile maliyet de karşılaştırılmalıdır (Şekil 5.2) (Konuk ve Göktan, 1999).



Şekil 5.1. Patlatma Deliği Civarında Oluşan Parçalanma, Kırılma ve Çatlama Bölgeleri (Konuk ve Göktan, 1999)



Şekil 5.2. Parça Boyutunun Maliyetlere Etkisi (Konuk ve Göktan, 1999)

5.1.1.4. Kullanılan Patlayıcı Maddeler

5.1.1.4.(1). Dinamitler

En yaygın kullanılan dinamitler; nitrogliserin ve amonyum nitrat esaslılar olmak üzere ikiye ayrılır.

Nitrogliserin esaslı dinamitler, nitrogliserinin sodyum nitrat, potasyum nitrat, selüloz, barut ve amonyum nitrat gibi yanıcılarla belirli oranlardaki karışımından elde edilmektedir. Bu tip dinamitlerin kuvveti nitrogliserinin ağırlıkça yüzdesi ile belirtilmekte olup, bu oran % 10 ile % 92 arası değişmektedir. Nitrogliserin esaslı dinamitler genellikle parafinli kağıda sarılmış 20 cm. boyunda 2,5 – 3, 2 cm. çapında kartuşlar halinde piyasada bulunurlar.

Ana katkı maddesi amonyum nitrat olan dinamitler, nitrogliserin esaslılara göre daha emniyetlidirler. Amonyum nitratın trinitrotoluol ile karıştırılmasıyla genellikle toz halinde bulunan ve donmayan elemonit ve grizotin tip dinamitler yapılmaktadır.

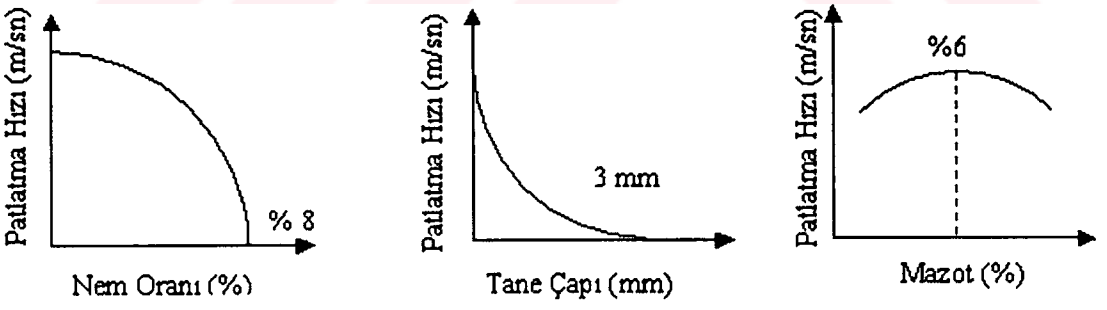
Yukarıda kısaca değinilen dinamit tipleri genellikle asıl patlayıcı maddenin ateşlenmesi işlerinde (yemleyici olarak) kullanılmaktadır.

5.1.1.4.(2). Teknik Amonyum Nitrat (ANFO)

Anfo diye isimlendirilen patlayıcı madde, granül haldeki amonyum nitrat içine % 6 oranında mazot karıştırılmasıyla elde edilmektedir.

Amonyum nitrat içerisine mazot karıştırma işlemi ya daha önceden depoda yada delik yakınında arazide yapılır. Anfonun istenen parçalanmayı ve etkiyi yapabilmesi için karıştırma işleminin çok iyi yapılması gerekir. Kayaçların parçalanmasında önemli rol oynayan patlama hızı, karışımdaki mazot yüzdesi ile değişmekte olup, % 6 mazot oranında maksimum olmaktadır. Amonyum nitrat tanelerinin çapı da hızın değişimini önemli ölçüde etkilemektedir. Tane boyu irileştikçe patlama hızı azalmakta ve 3 mm. boyutunda en düşük değeri almaktadır. Anfo içindeki nem de patlama hızını azaltmaktadır. % 8' in üzerinde nem içeren anfonun patlama özelliği kaybolmaktadır (Şekil 5.3.) (Konuk ve Göktan, 1992).

Anfonun patlayabileceği en düşük delik çapı 25,4 mm' dir. Bu çapta patlama hızı 2400 m/sn olup, çap genişledikçe patlama hızı da artmaktadır. Ancak, yaklaşık 254 mm' den sonra patlama hızı artmaz ve 4000 m/sn civarında kalır (Konuk ve Göktan, 1992).



Şekil 5.3. Anfonun Nem, Tane Çapı ve Mazot Miktarlarına Göre Patlatma Hızı Değişimi (Konuk ve Göktan, 1992)

5.2. Deneysel Çalışmalar

5.2.1. Numune Alma Tekniği

Düvertepe-Bağkıran, Tozman feldspat, Çiğdemlik kil ocaklarından mümkün mertebe madeni karakterize eden temsili numunelerin alınması hedeflenmiştir. Bu nedenle numune alma işlemi bu bölgelerin ve ocakların gelişimlerini sürekli etüt eden teknik elemanlar gözetiminde gerçekleştirilmiştir.

Kaolen ocağında, cevherleşmenin devamlılığı ve farklı kalitelerdeki kaolen zonlaşmalarına özellikle dikkat edilerek ocak aynaları taranmıştır. Feldspat ocağında da cevher devamlılığı ve farklı kalitelerdeki feldspat yapısına dikkat edilerek ocak aynası taranmıştır. Yine Çiğdemlik kil ocağında da dikkat edilen özellikler aynı olmasına karşılık farklı yapıdaki killerin ocakta bulunması da göz önüne alınmıştır.

Ocaklardan numune alırken, numune alma kurallarına uyulmuştur. Numuneler özellikle Çiğdemlik kil ocağında daha hassas davranılarak alınmıştır. Yerkarosu kili, fayans kili diye tabir edilen killer birbirlerine karışmamaları için numune yerleri önceden teknik elemanla tespit edilmiş ve bu noktalardan numuneler alınmıştır.

5.2.2. Numune Hazırlama

Numune hazırlama işlemi sırasında herhangi iki numunenin birbirlerine karışmaması için gereken ihtimam gösterilmiştir.

Her bir analiz için numuneler bütün deneylerde kullanım boyutu olan -100μ'a, bilezikli değirmende kil ve kaolen için 60 saniye, feldspat için ise 90 saniye süre ile öğütülmüştür. Bu süredeki faklılıkta, feldspat numunesinin öğütülmesi 60 saniye öğütme süresi sonunda hala iri parçaların kalması sonucu ortaya çıkmıştır. Numuneler öğütme işleminden sonra elekten geçirilmiştir. Yinede bu ölçünün üzerinde boyutta malzeme kalabileceği düşünülerek seramik kasede, seramik havanla öğütülmüş numuneler tekrar işleme tabi tutulmuştur. Son olarak da numuneler özel

numune torbalarına konularak nemden ve her türlü dış etkenden korunacak şekilde analiz işlemine kadar saklanmıştır.

Beyazlık ölçümü diğer analizlerden daha farklı numune hazırlanmasını gerektirmiştir. Numuneler 100 ^{0}C etüvde kurutulduktan sonra 100 mesh, elek altına geçecek şekilde öğütülmüş pişirme ve beyazlık ölçüm işlemleri aynı boyutta numunelerde yapılmıştır.

5.2.3. Laboratuar Deneylerinde Kullanılan Araç ve Gereçler

Laboratuvarda porselenden imal edilmiş malzemeler ve 100 μ'luk elek kullanılmıştır. Bunlar çeşitli hacim ve şekillerdedirler.Ayrıca bilezikli değirmen ve 300^{0}C'lık etüv kullanılmıştır.

Laboratuarda seramik kase, seramik havan, beher gibi malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler, numunelerin kirlenmemesi için özellikle seçilmiştir. Bu araç ve gereçlerin kullanım amacı numunelerin hazırlanmasıdır.

5.2.4. Analiz Metotları

5.2.4.1. Kimyasal Analiz

5.2.4.1.(1). XRF Analizi

Özel olarak hazırlanan kil, kaolen ve feldspat numunelerinin XRF analizleri Söğütsen Seramik Sanayii A.Ş. AR-GE Müdürlüğünde Siemens SRS 3000 X-Ray Floresans cihazında yapılmıştır.

5.2.4.2. Mineralojik Analiz

5.2.4.2.(1). XRD Analizi

Hazırlanan numunelerin XRD analizleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Araştırma Geliştirme ve Eğitim Merkezi'nde SHIMADZU XRD-6000 cihazında yapılmıştır.

5.2.4.2.(2). DTA-TG Analizi

DTA-TG analizleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Araştırma Geliştirme ve Eğitim Merkezi'nde LINSEIS 81 marka DTA-TG analiz cihazında yapılmıştır.

5.2.4.2.(3). Beyazlık Ölçümü

Beyazlık ölçümleri Söğütsen Seramik Sanayii A.Ş. AR-GE Müdürlüğüne gönderilmiş, burada "Canadian Research Institu Model CG-186" reflektometresinde yeşil filtre kullanılarak yapılmıştır.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Bağkıran-Düvertepe Kaolen Sahası

6.1.1. Üretim Yöntemi Belirlemeye İlişkin Çalışma Sonuçları

Kaolen üretimi, patlatmalı yöntemle ve genellikle iki ayrı yöntemle yada bunların kombinasyonu ile yapılır, biri açık işletme diğeri ise galeri delme metodu ile yapılır.

Üretim metodu seçiminde ocağın yapısal özellikleri, çevreye olan mesafesi ve üretim kapasitesi gibi faktörler önemli rol oynar. Çatlaklı ve tabakalı bir yapıda kontrollü bir şekilde açık işletme metodu yerine galerili üretim yapılması hem tehlikeli olacağı gibi hem de çok miktarda iri boyutlu kaolen çıkarması ihtimalinden ötürü ekonomik olmaz. Ayrıca ocağın yapısı galerili yönteme uygunken, açık işletme metodunu uygulamak birim maliyeti arttırmak demektir.

6.1.1.1. Basamak Dizaynı

İşletmede üretim uygun kademeli açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Üretim yönteminin seçiminde etken olan hususlar ekonomik işletmecilik, istenen kapasiteye cevap verebilme ve iş güvenliği sağlayabilmektir. Açık işletmecilik uygulanmasının sebebi işletme usullerine göre en ucuz yöntem olarak tespit edilmiş olmasıdır.

Birinci basamak dekapaj kademesi diğerleri üretim kademesi olarak çalışılmaktadır. Dekapaj işlemi şirkete ait olan Komatsu WA320 marka lastikli yükleyici+Komatsu PC-200 marka ekskavatör ve yeterli sayıda kiralık kamyonla yapılmaktadır. Basamak yükseklikleri 8 m. civarındadır, basamak açıları da 60^0 civarındadır. Bununla ilgili bilgi aşağıda, Şekil 6.1.'de verilmiştir.

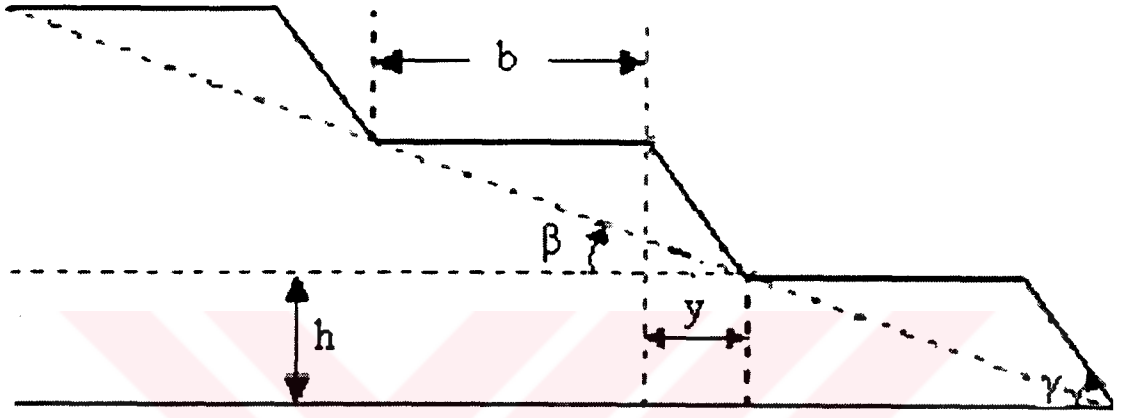
Şev açısı (γ) : 60^0

Nihai basamak genişliği (b) : 7 m

Basamak yüksekliği (h) : 8 m.

Basamak ucu ve dibi arasındaki yatay mesafe (y)

Genel şev açısı (β)



Şekil 6.1. Basamak Dizaynı

$\tan \gamma = h / y = 8 / y = \tan 60^0$

$y \times \tan 60^0 = 8 \Rightarrow y = 4{,}62$ m.

$\tan \beta = h / (b+y) \Rightarrow \tan \beta = 8 / 7+4{,}62 \Rightarrow \beta = 34{,}5^0$

6.1.1.2. Patlatma Dizaynı

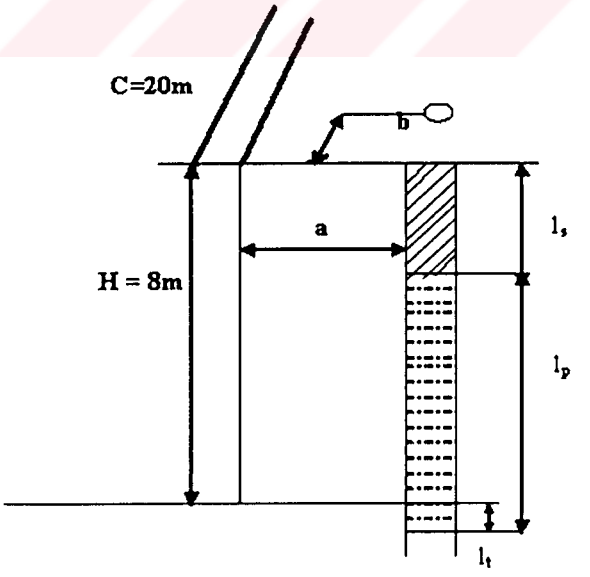
Düvertepe kaolen ocağında 9 m. uzunluğunda bir deliğe, elektrikli kapsül tahrikinde 0,5 kg. dinamit, yaklaşık 40 kg. ANFO kullanılmaktadır. Bir atımda 10-15 adet civarında birbirine seri bağlı delik patlatılmaktadır. Dinamit deliğin tabanına kapsülle birlikte gönderilir. Üzerine ise istenilen malzeme boyutuna, deliğin boyutuna vb. bağlı olarak gereken yüksekliğe kadar Anfo doldurulur. Sonra delik sıkılanır. Patlatma işleminde gecikmeli elektrikli kapsül veya elektrikli kapsül kullanılır. Anlatılanlarla ilgili hesaplamalar ve şekiller ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

Yukarıda değinilen çeşitli ekonomik faktörler, maden sahasının topoğrafik durumuna ve dekapaj oranına göre ocakta açık işletme çalışılmaktadır. Ocakta uygun basamaklar teşkil edilmiş ve dolayısıyla basamaklı üretim yapılmaktadır.

6.1.1.2.(1). Hesaplamalarda Kullanılan Değerler

Delik Eğimi (β)	: 0 (Düşey)
Delik Çapı (d)	: 102 mm
Kademe Yüksekliği (H)	: 8 m
Patlayıcı madde cinsi	: ANFO
Patlayıcı madde yoğunluğu (γ_p)	: 800 kg/m^3
Doldurma Şekli	: El ile
Kayacın Yoğunluğu	: 2.2 t/m^3
Patlatma-atım-uzunluğu (C)	: 20 m
Delik Düzeni	: Kare

Patlatma tasarımının temel büyüklükleri İsveç Pratiğine göre belirlenmiştir. Şekil 6.2.'de önerilen patlatma dizaynı şekli verilmiştir.



Şekil 6.2. Balıkesir-Düvertepe Kaolen Ocağı Patlatma Dizaynı

6.1.1.2.(2). Hesaplamalar

Maksimum Dilim Kalınlığı (a_{mak}):

$a_{mak}=1.36\sqrt{Q_l}\times f_e\times f_k$, m

f_e = Delik eğim düzeltme faktörü. Düşey deliklerde $f_e=0.95$, eğimli deliklerde $f_e= 1.0$.

f_k = Kaya faktörü. Normal koşullarda $f_k = 1.0$, Masif kayalarda $f_k = 0.9$.

Birim uzunluk başına patlayıcı madde şarjı –yükü- (Q_l):

$Q_l = \pi / 4 \times d^2 \times \gamma_p$

$Q_l = 0.628 \times 10^{-3} \times (102^2)$, kg/m

Q_l =6.5 kg/m.

(d = mm alınmıştır).

Taban Uzunluğu (l_t):

$l_t = 0.3\ a_{mak}$

$a_{mak} = 1.36\times\sqrt{Q_l}\times f_e\times f_k$, m

$a_{mak} = 1.36 \times \sqrt{6.5} \times 0.95 \times 1.0$

$a_{mak} = 3.29 \sim 3.3$m

$l_t = 0.3 \times 3.3$

$l_t = 0.99 \sim 1$m

Toplam Delik Uzunluğu (L_d):

$L_d = H + l_t$

$L_d = 8 + 1$

$L_d = 9$m

Delik Delmede Hata Miktarı (Δ):

$\Delta = 10^{-3} \times d(mm) + 0.03 \times L_d$. m

$\Delta = 10^{-3} \times 102 + 0.03 \times 9 = \Delta = 0.372$ m

Pratik Dilim Kalınlığı (a):

$a = a_{mak} - \Delta$

$a = 3.3 - 0.372$

$a = 2.928$m

Delik Aralığı (b):

$b = 1.25 \times a$

$b = 1.25 \times 2.928$

$b = 3.66$m

Aralıkların Düzenlenmesi:

b_d = c / b (delik aralığı-sıra)

b_d= 20 / 3.66 = 5.46 ~5 Aralık-Sıra

b = c/aralık sayısı-sıra aralığı

b = 3.66m

Bir Sırada Delik Sayısı (n_d):

$n_d = 1 + b_d$

$n_d = 5+1$

n_d = 6 adet

Özgül Delik Uzunluğu 1m^3 patlatma hacmi başına delik uzunluğu ($l_ö$):

$l_ö = (n_d \times L_d)/(a \times H \times c)$ m/m^3

$l_ö = (6 \times 9)/(2.928 \times 8 \times 20)$

$l_ö = 0.11$ m/m^3

Sıkılama Yoğunluğu (l_s):

$l_s = a$

$l_s = 2.928$

Toplam Patlayıcı Madde Miktarı (Q):

$Q = Q_l \times l_p$

$l_p = L_d - l_s = L_d - a$

$l_p = 9 - 2.928 = 6.072$

$Q = Q_l \times l_p = 6.5 \times 6.072 = 39.47$ kg/delik

$Q = (6 \times 39.47)/(2.928 \times 8 \times 20) = 0.51$ kg/m^3

Bir Delik Ateşlemesiyle Koparılacak Malzeme Hacmi (v_d):

$v_d = 2.928 \times 8 \times 3.66 = 85.73$ m^3

Patlatma sonucu 1 delikten alınacak toplam cevher miktarı (T_{cm}):

$v_d = 85,73$ m^3/delik

$T_{cm} = 85.73 \times 2.2 = 188.6$ ton/delik

Bağkıran-Düvertepe Kaolen sahasına ait ocakta yapılan patlatma tasarımından elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1.'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 6.1. Tasarım Sonuçları

Kademe yüksekliği (m)	Delik uzunluğu (m)	Dilim kalınlığı (m)	Aralık (m)	Patlayıcı miktarı (kg/delik)	Özgül delik delme (m/m^3)	Patlayıcı madde (kg/m^3)
8	9	2.928	3.66	39.47	0.11	0.51

Patlatma sonucu kalan büyük kaolen parçalarına uygulanan sistem; hidrolik kırıcı ve patarlama işlemi şeklindedir. Şayet atım sonrasındaki iri taşların miktarı az ise hidrolik kırıcı kullanılmayıp patarlama yapılmaktadır. Ancak fazla miktarda ise; o zaman hidrolik kırıcı kullanılmaktadır (KOMATSU PC-200 marka).

Her zaman ekonomik olmayan patlatma işlemi yerini bazen de diğer metotlara bırakmaktadır. Çok sert olmayan ama lastikli yükleyici ile de kazılma imkanı olmayan bölgelerde bazen paletli yükleyici de kullanılmaktadır (CAT 955 L). Bazen de direk olarak lastikli yükleyici (Komatsu WA-320-S) ile veya paletli ekskavatörle kazma işlemi gerçekleştirilmektedir.

6.1.2. Deneysel Çalışma Sonuçları

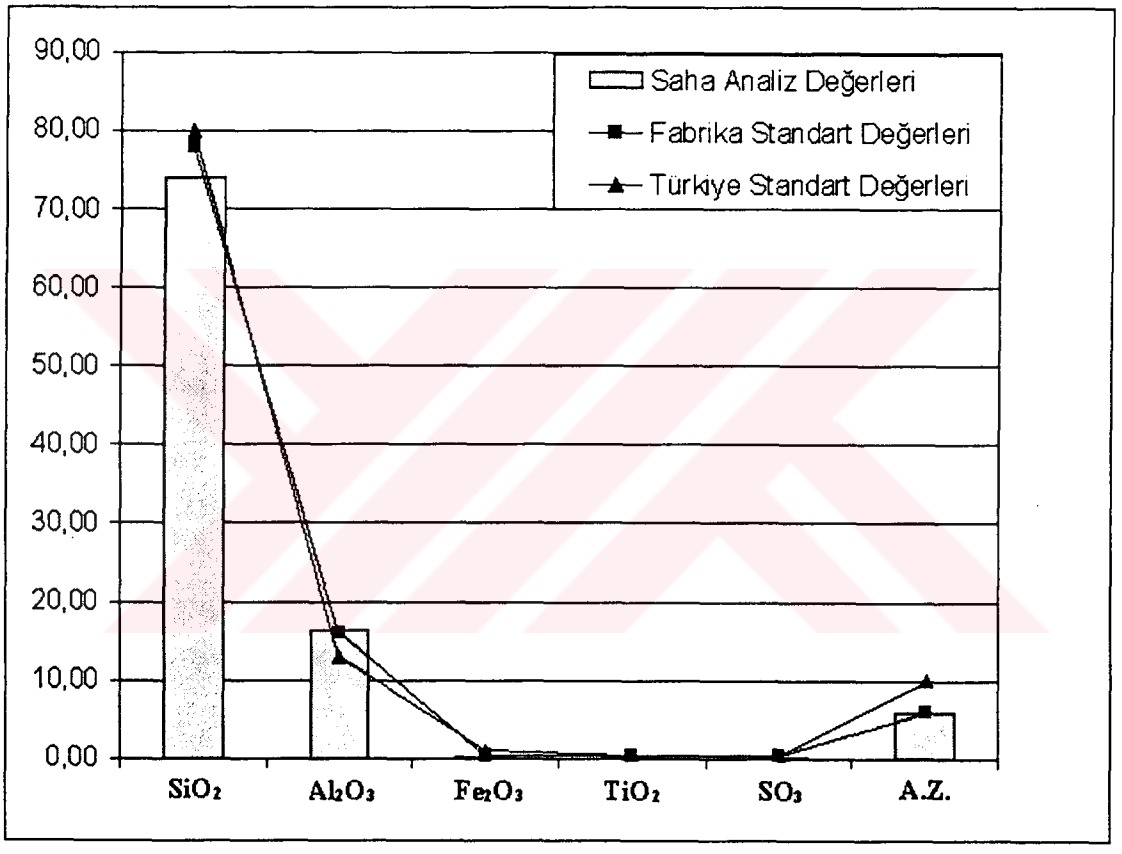
6.1.2.1. XRF Analizi

Bu analizi gerçekleştirmek için Bağkıran ocağında üretim yapılan aynalar taranmış ve 3 farklı noktadan ocağı karakterize edecek numuneler alınmıştır. Çizelge 6.2.'da görüldüğü üzere Al_2O_3 değeri hem Türkiye hem de fabrika standartlarında istenen değerlere uygun niteliktedir. Fe_2O_3 değerine bakıldığında, istenen standartlardan daha düşük bir veri ortaya çıkmıştır. SiO_2 ve TiO_2 değerleri de Fe_2O_3 değeri gibi standartlardan düşük çıkmıştır. Buradan da görüldüğü gibi XRF analizleri kaolenin kullanılabilirliğini destekler niteliktedir (Şekil 6.3.).

Çizelge 6.2. Kimyasal Analiz Tablosu

Numune	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	A.Z.
1	78.70	17.76	0.69	0.20	0.30	0.45	0.15	0.30	0.07	6.32
2	73.95	16.34	0.26	0.20	0.05	0.01	0.20	0.05	0.14	5.90
3	62.95	25.85	0.51	0.44	0.15	0.10	0.01	0.05	0.06	9.30

A.Z.: Ateş zayiatı

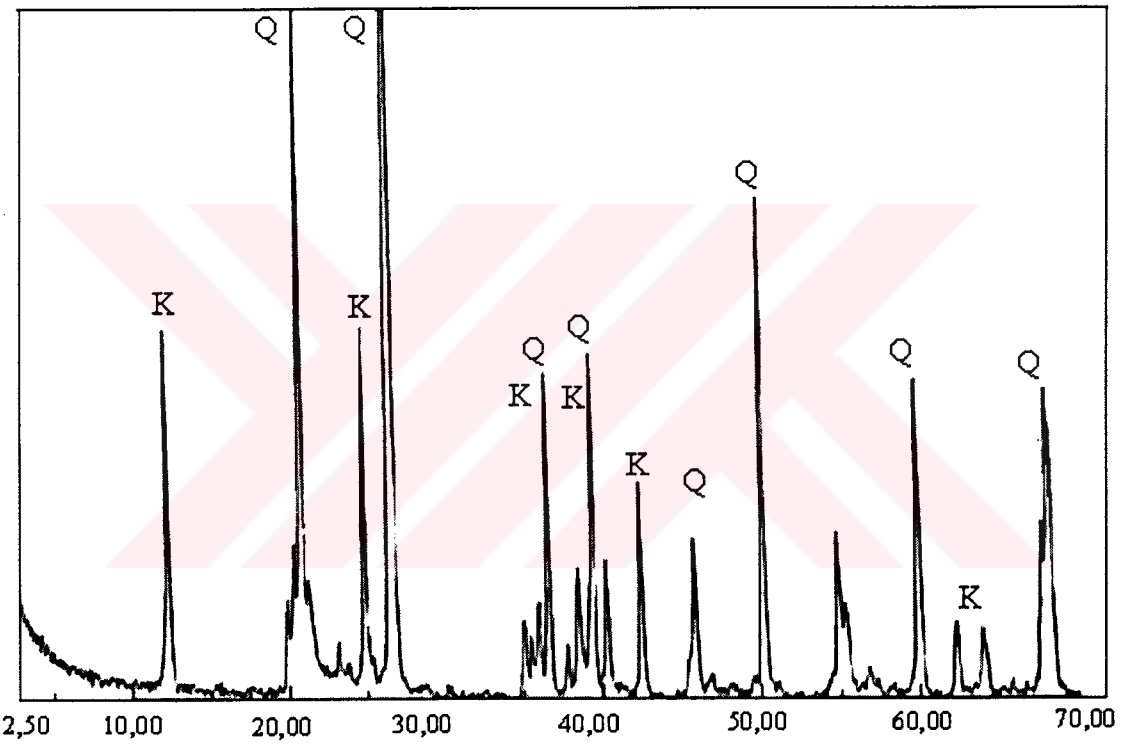


Şekil 6.3. Kaolen Standartları ve Saha Analiz Sonuçları

Buradan da görüldüğü gibi; sahada bulunan kaolen bünyesinde; standartlarda istenen Fe_2O_3, SiO_2, TiO_2 değerlerinden daha düşük miktarda bulundurmaktadır. Bu da seramik sanayi standartlarına ve fabrikanın kendi standartlarına uygunluğunu göstermektedir. Al_2O_3 değeri ise istenenden yüksek çıkmıştır. Buradan da görüldüğü üzere XRF analizi kaolenin kullanılabilirliğini destekler niteliktedir.

6.1.2.2. XRD Analizi

Bu analiz için gerekli numuneler bir uzman gözetiminde özel bir hassasiyet gösterilerek alınmış ve numuneler analiz için gerekli boyutta hazırlanmıştır. Analiz sonucuna bakıldığında kaolen pikleri açıkça görülmektedir. Burada kaolen esas mineraldir. Kuvars içeriği de görülmektedir. Buradaki pikler literatürde görülen kaolen desenleri ile çok benzeşmektedir (Şekil 6.4.).

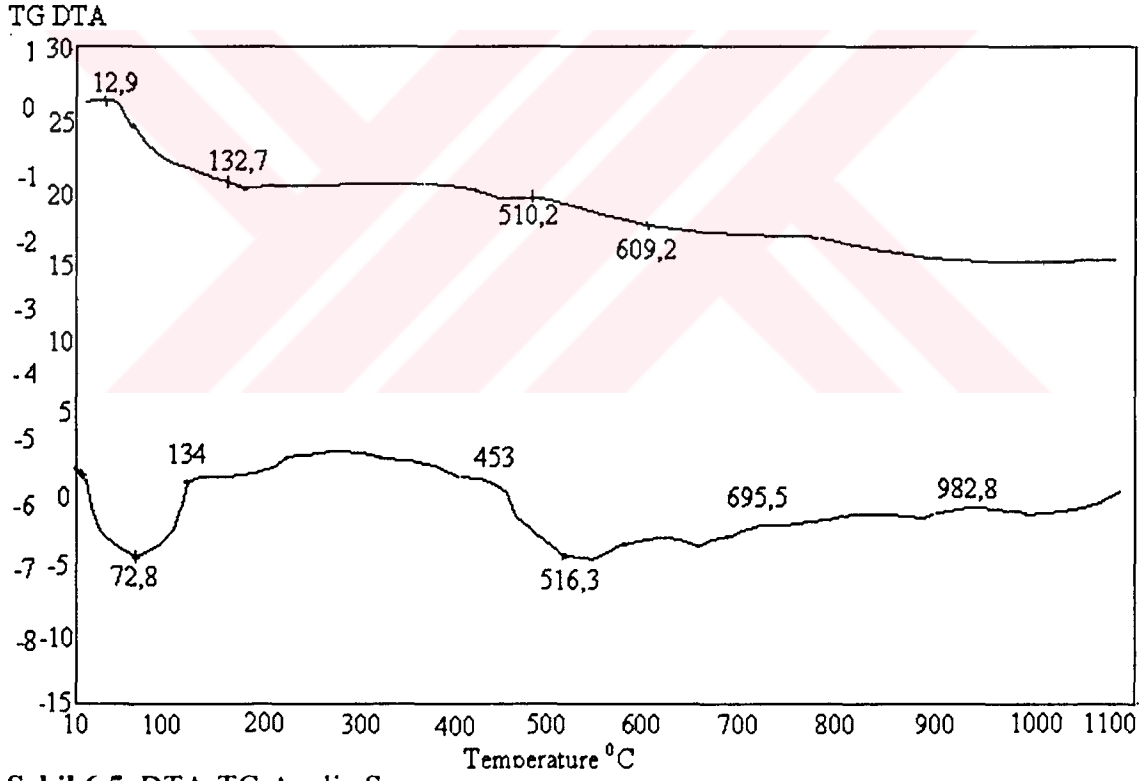


Şekil 6.4. Bağkıran XRD Analiz Sonucu (Q: Kuvars, K: Kaolen)

6.1.2.3. DTA-TG Analizi

Önceki bölümde anlatıldığı gibi numuneler hazırlanmış ve DTA-TG analizi yapılmıştır. DTA-TG analizi bu cevherin tanınmasında önemli bir analiz olduğu için numunelerin hazırlanması, analizin yapım anına kadar saklanması hususunda gerekli hassasiyet gösterilmiştir. Analiz sonucu Şekil 6.5.'de verilmiştir.

Bu analiz sonucunda numunede 105^0 de nemini kaybettiği ve bu noktada endotermik bir pik verdiği tespit edilmiştir. Bu numunede 30^0C ve 110^0C'de bir endotermik pik ile birlikte 110^0C ile 225^0C arasında bir endotermik pik (160^0C'da) daha görülmüştür. Bu da kaolenin XRD analizinde tespit edilen simektitden ileri gelmektedir. Kaolenin karakteristik endotermik piki 500-700^0C'da gözlenir. 516,3^0C'de geniş alanlı bir endotermik pik görülmüştür. Ayrıca 695,5^0C'de smektitin neden olduğu küçük bir endotermik pik daha belirmiştir. Kuvarsa ait endotermik pik ise kaolenin yer aldığı 500-700^0C aralığında yer alan 573^0C'de belirdiği için kaolene ait endotermik pik arasında yer almıştır. Kaolen 900-1050^0C arasında bir ekzotermik pik vererek yapısı (kafes) çöker. Numunede 982,9^0C'de ekzotermik pik vererek kafes yapısı çökmüştür. Aşağıda bu sonuçlar açıkça görülmektedir.



Şekil 6.5. DTA-TG Analiz Sonucu

6.1.2.4. Beyazlık Ölçümü

Yapılan beyazlık ölçüm sonuçları Çizelge 6.3.'de verilmiştir. Buradan da görüleceği üzere kaolenin beyazlık ölçüm sonuçları da müspettir. Fabrika

standardında ~%80 beyazlık istenmektedir. Bu analiz sonuçları da Bağkıran kaoleninin uygunluğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.3. Beyazlık Ölçüm Sonuçları

Numune	Ham Beyazlık (%)	1150^{0}C Pişme Rengi	1150^{0}C Pişme Durumu	Pişmiş Beyazlık %
1	86.5	Beyaz	Pişmiş	92.2
2	79.5	Beyaz	Pişmiş	85.3
3	86.5	Beyaz	Pişmiş	93.2

6.2. Tozman Feldspat Sahası

6.2.1. Üretim Yöntemi Belirlemeye İlişkin Çalışma Sonuçları

Madencilik çalışmalarında üretim yöntemi en önemli konudur. Maden yatağının değişik şekil ve oluşum göstermesi üretim yönteminin seçiminde en önemli etkendir. Bunun yanında başka etkenlerde mevcuttur. Tozman feldspat ocağının işletilmesinde en önemli etkenlerden birisi dekapajdır. Bu zamanla ocağın terk edilmesine bile sebep olmuştur. Ama şu an ocakta dekapaj sorunun çözülmesi ile üretim devam etmektedir.

Ocağın geçmişte al-kaç zihniyeti ile işletilmesi sonucu yalnızca üretim yapılacak dar bölgeleri kapsayan dekapajlar yapılmış ve bir süre sonra yeni üretim bölgeleri açmak için yapılması gereken örtü kazısı maliyetinin yüksekliği görülmüş ve ocağa alternatifler bulunup üretim bir süre durdurulmuştur. Ama dışarıdan alımlardaki maliyetlerin yükselmesi ve istenilen kalitedeki malzemenin her zaman dışarıdan alınan feldspatta bulunamaması sonucu tekrar ocağın işletilmesine karar verilmiştir.

Bu olayların sonunda işletmeye alınan ocakta dekapaj sorununu çözmek için çevredeki (Tozman köylülerine ait olan) araziler alınmış veya kiralanmış ve geniş çapta bir örtü kazısı yapılarak ocakta üretim başlatılmıştır.

Tozman feldspat ocağında üretim basamaklı açık işletme şeklinde yapılmaktadır. Bu ocakta üretimde patlayıcı madde kullanılmamaktadır. Sebebi ise ÇED raporun da kesin olarak patlayıcı madde kullanımının yasak olduğu maddesinin bulunmasıdır. Buna sebep olarak da ocağın Tozman köyüne olan uzaklığı gösterilmiştir (~1 km). Bunun sonucu olarak da sahada üretim dozer-ekskavatör vb. makinelerle yapılmaktadır.

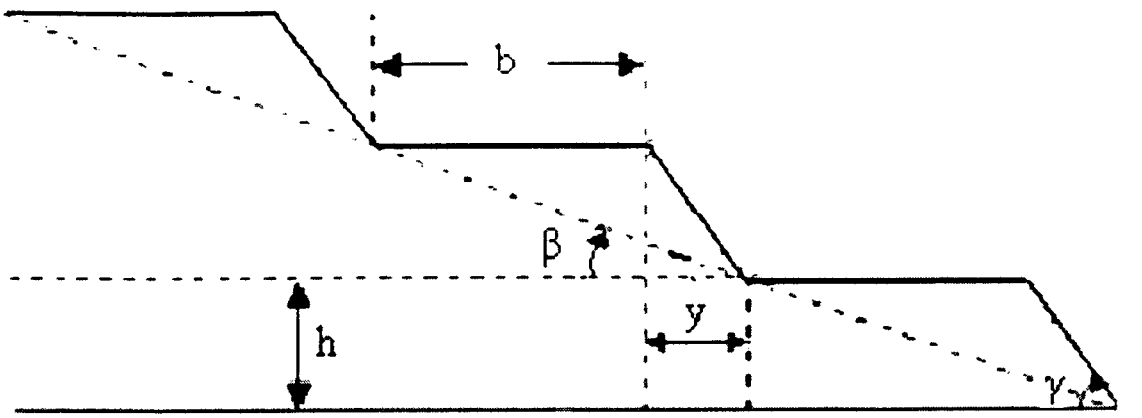
6.2.1.1. Basamak Dizaynı

Üretim yöntemi olarak basamaklı açık işletme yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 6.6.). Önce madenin üzerindeki pasa alınmakta (dekapaj) ve sonra üretim gerçekleştirilmektedir.

Dekapaj ve üretim için Söğüt Madencilik A.Ş., Caterpillar D8L marka 1 adet dozer ve 1 adet kamyon kullanmaktadır. Üretim veya dekapaj safhasında ayrıca Caterpillar 325 LBME marka 1 adet hidrolik ekskavatör de zaman zaman kullanılmaktadır.

Üretilen feldspat kamyonlarla fabrikaya sevk edilmektedir. Sevk edilen feldspat, fabrika içerisinde bulunan stok sahasında Tozman feldspatı için ayrılmış bölümde stoklanır. Stok sahasında bulunan kırıcıdan geçirilen feldspat fabrikada üretim stoklarına gönderilir.

Şev açısı (γ) : 60^0
Nihai basamak genişliği (b) : 7 m
Basamak yüksekliği (h) : 7 m.
Basamak ucu ve dibi arasındaki yatay mesafe (y)
Genel şev açısı (β)



Şekil 6.6. Feldspat Ocağı Basamak Dizaynı

$\tan \gamma = h / y = 7 / y = \tan 60^0$

$y \times \tan 60^0 = 7 \Rightarrow y = 4{,}04$ m.

$\tan \beta = h / (b+y) \Rightarrow \tan \beta = 8 / 7+4{,}04 \Rightarrow \beta = 32{,}4^0$

6.2.1.2. Patlatmanın Çevresel Etkisi

Burada ispatlanmak istenen Tozman feldspat ocağında patlayıcı madde kullanıldığı zaman Tozman Köyü'ne bir zarar vermeyeceği hususudur. Bunun içinde patlatma anında emniyetli uzaklık bulunarak sonuç elde edilmiştir. Burada kullanılacak formüller İsveç pratiği formülleridir. Aşağıda bununla ilgili işlemler yapılmıştır.

6.2.1.2.(1). Tanecik Hızı (V) (İsveç Pratiğine Göre)

$V = K \sqrt{Q/R^{1.5}}$

$K \approx 400$ (Sert kaya türleri için)

$K < 400$ (Çatlaklı-zayıf dayanımlı kaya kitleleri $K = 100$)

$R \sim 1$ km (Patlatma yapılacak yerin-ocağın köye mesafesi)

$V = 400 \sqrt{33.41/1000} = 73.11$ mm/sn (Arıoğlu ve Yılmaz, 2001)

6.2.1.2.(2) Emniyetli Uzaklık (R)

$R \geq (Q/ (Vm/K)^2)^{0.666} = (33.41/(73.11/400)^2)^{0.666}$

$R \geq 99.5$ m (Arıoğlu ve Yılmaz, 2001)

Tespit edilen emniyetli uzaklık 99.5 metre olmasına karşın köyün ocağa uzaklığı ~1 km'dir. Buradan da anlaşılacağı üzere makine marifetiyle üretim yapmanın maddi olarak büyük bir külfet getirdiği gibi milli servetin boşa gittiği de düşünülerek kesinlikle yeni bir ÇED başvurusunda bulunup patlatmayla üretime geçilmelidir. Aşağıda patlatmayla üretime geçilmesi halinde kullanılabilecek patlatma dizaynı hesapları verilmiştir.

6.2.1.3. Patlatma Dizaynı

Dinamit deliğin tabanına kapsülle birlikte gönderilir. Üzerine ise istenilen malzeme boyutuna, deliğin boyutuna vb. bağlı olarak gereken yüksekliğe kadar Anfo doldurulur. Sonra delik sıkılanır. Patlatma işleminde gecikmeli elektrikli kapsül veya elektrikli kapsül kullanılır. Anlatılanlarla ilgili hesaplamalar ve şekiller ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

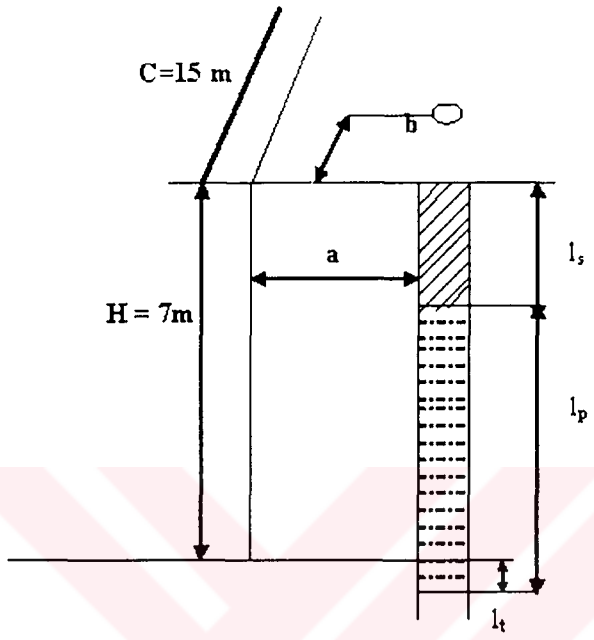
Yukarıda değinilen çeşitli ekonomik faktörler, maden sahasının topoğrafik durumuna ve dekapaj oranına göre ocakta açık işletme çalışılmaktadır. Ocakta uygun basamaklar teşkil edilmiş ve dolayısıyla basamaklı üretim yapılmaktadır.

6.2.1.3.(1). Hesaplamalarda Kullanılan Değerler

Delik Eğimi (β)	: 0 (Düşey)
Delik Çapı (d)	: 102 mm
Kademe Yüksekliği (H)	: 7 m
Patlayıcı madde cinsi	: ANFO
Patlayıcı madde yoğunluğu (γ_p)	: 800 kg/m^3
Doldurma Şekli	: El ile
Kayacın Yoğunluğu	: 2.5 t/m^3

Patlatma-atım-uzunluğu (C) : 15 m

Delik Düzeni : Kare



Şekil 6.7. Bilecik-İnhisar-Tozman K-Feldspat Ocağı Patlatma Dizaynı

6.2.1.3.(2). Hesaplamalar

Patlatma dizaynı için kullanılan değerler aşağıda verilmiştir. Patlatma tasarımının temel büyüklükleri İsveç Pratiğine göre belirlenmiştir.

Maksimum Dilim Kalınlığı (a_{mak}):

$a_{mak}=1.36\sqrt{Q_l}\times f_e\times f_k$, m

f_e = Delik eğim düzeltme faktörü. Düşey deliklerde $f_e=0.95$, eğimli delikler için $f_e=1.0$.

f_k = Kaya faktörü. Normal koşullarda $f_k=1.0$, Masif kayalarda $f_k=0.9$.

Birim uzunluk başına patlayıcı madde şarjı –yükü-

$Q_l = \pi / 4 \times d^2 \times \gamma_p$

$Q_l = 0.628 \times 10^{-3} \times (102^2)$, kg/m

Q_l =6.5 kg/m. (d = mm alınmıştır).

Taban Uzunluğu (l_t):

$l_t = 0.3\ a_{mak}$

$a_{mak} = 1.36 \times \sqrt{Q_l} \times f_e \times f_k$. m

$a_{mak} = 1.36 \times \sqrt{6.5} \times 0.95 \times 0.9$

$a_{mak} = 3.21 \sim 3.2$m

$l_t = 0.3 \times 3.2$

$l_t = 0.96 \sim 1$m

Toplam Delik Uzunluğu (L_d):

$L_d = H + l_t$

$L_d = 7 + 1$

$L_d = 8$m

Delik Delmede Hata Miktarı (Δ):

$\Delta = 10^{-3} \times d(mm) + 0.03 \times L_d$, m

$\Delta = 10^{-3} \times 102 + 0.03 \times 8 = \Delta = 0.342$

Pratik Dilim Kalınlığı (a):

$a = a_{mak} - \Delta$

$a = 3.2 - 0.342$

$a = 2.86$m

Delik Aralığı (b):

$b = 1.25 \times a$

$b = 1.25 \times 2.86$

$b = 3.58m$

Aralıkların Düzenlenmesi (b_d):

b_d = c / b (delik aralığı-sıra)

$b_d = 15 / 3.58 = 4.19 \sim 4$ Aralık

b = c/aralık sayısı-sıra aralığı

b = 3.58m

Bir Sırada Delik Sayısı (n_d):

$n_d = 1 + b_d$

$n_d = 4+1$

$n_d = 5$ adet

Özgül Delik Uzunluğu $1m^3$ patlatma hacmi başına delik uzunluğu ($l_ö$):

$l_ö = (n_d \times L_d)/(a \times H \times c)$ m/m^3

$l_ö = (5 \times 8)/(2.86 \times 7 \times 15)$

$l_ö = 0.13$ m/m^3

Sıkılama Yoğunluğu (l_s):

$l_s = a$

$l_s = 2.86$

Toplam Patlayıcı Madde Miktarı (Q):

$Q = Q_l \times l_p$, $l_p = L_d - l_s = L_d - a$

$l_p = 8 - 2.86 = 5.14$

$Q = Q_l \times l_p = 6.5 \times 5.14 = 33.41$ kg/delik

$q = (5 \times 33.41)/(2.86 \times 7 \times 15) = 0.56$ kg/m^3

Patlatma sonucu 1 delikten alınacak toplam cevher miktarı (T_{cm}):

$v_d = 71.68$ m^3/delik

$T_{cm} = 71.68x2.5=179.2$ ton/delik

Tozman Feldspat sahasına ait ocakta yapılan patlatma tasarımından elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4.'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 6.4. Tasarım Sonuçları

Kademe yüksekliği (m)	Delik uzunluğu (m)	Dilim kalınlığı (m)	Aralık (m)	Patlayıcı miktarı (kg/delik)	Özgül delik delme (m/m^3)	Patlayıcı madde (kg/m^3)
7	8	2.86	3.59	33.41	0.13	0.56

Patlatma sonucu kalan büyük feldspat parçalarına uygulanan sistem; patarlama işlemi şeklindedir.

6.2.2. Deneysel Çalışma Sonuçları

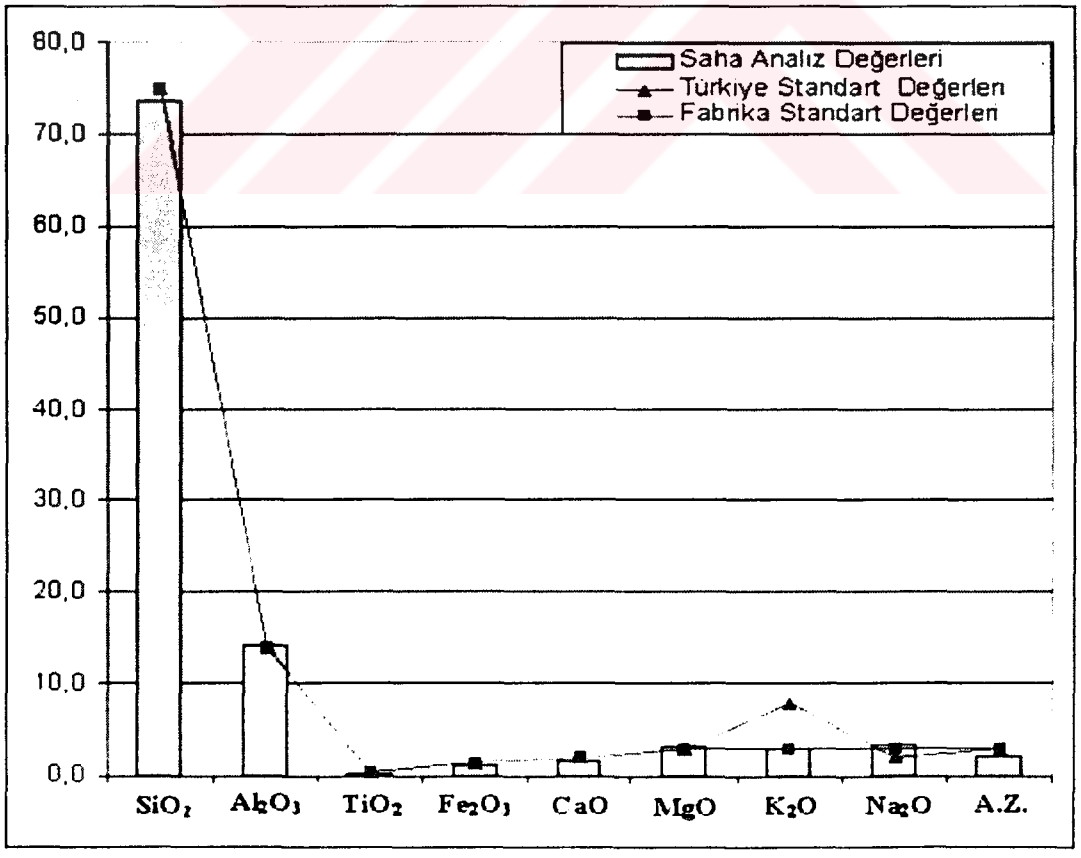
6.2.2.1. XRF Analizi

Bu analizi gerçekleştirmek için Tozman ocağında üretim yapılan ayna taranmış ocağı karakterize edecek numuneler alınmıştır. Çizelge 6.5.'deki Tozman feldspat sahasından alınan numunelerin analiz sonuçlarına bakıldığında; Alkali

toplamı standartlarda istenen 5-7 civarı iken. 6.5-7 civarında olduğu görülmektedir. Alkali oranının bu değerde olması feldspatın kalitesini göstermektedir. İstenilmeyen CaO ve TiO_2 değerlerine bakıldığında ise: TiO_2'nin standartlarda en fazla 0.50'ye müsaade edilirken saha sonuçlarında en fazla 0.39 çıktığı görülmektedir. CaO'da ise % 0.1 civarında yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6.8.). Bu fazlalık sorun yaratacak boyutta değildir. Kimyasal analiz sonuçları feldspatın kullanılabilirliğini destekler niteliktedir.

Çizelge 6.5. Kimyasal Analiz Tablosu

Numune	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)	SO_3 (%)	A.Z.
1	71,25	13,33	0,18	1,21	1,69	3,73	3,93	3,17	-	2,31
2	70,38	14,26	0,39	1,34	1,73	3,62	3,14	3,42	-	2,64
3	73,52	14,31	0,29	1,13	1,57	3,18	3,08	3,38	-	2,30



Şekil 6.8. Feldspat Standartları ve Saha Analiz Sonuçları

6.3. Çiğdemlik Kil Sahası

6.3.1. Üretim Yöntemi Belirlemeye İlişkin Çalışma Sonuçları

Saha kili uygun kademeli, bantlara ayırarak, açık işletme yöntemi ile kuzey-güney ve doğu-batı istikametlerinde işletilmekte, ilerleme güney ve doğu yönlerinde olmaktadır. Killi-kumlu-alüvyonlu topraktan oluşan ve kalınlığı 2-6 m. arasında değişen üst örtü tabakasının hafriyatı ve 2000 yılında yapılan üretim artığı malzeme harfriyatı paletli loader (CAT 955) ile yapılmıştır.

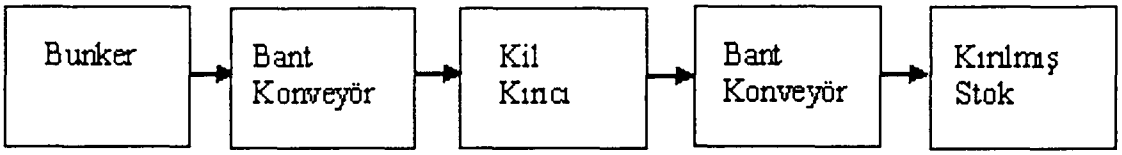
Üretim yıllardır müteahhit tarafından yapılmaktadır. Üretim sırasında çıkan pasanın atılması için bir adet kamyon kullanılmaktadır.

Üretim için CATERPILLAR 325-LBME marka ekskavatör iş makinesi kullanılmaktadır. Ayrıca üretim sırasında çıkan ara kesmelerin, kilden ayrılması için seyyar hava kompresörü, kırıcı tabanca kullanılmaktadır. Triyaj ise üretim sırasında yapılmakta, ekskavatör tip iş makinesi kullanımı fazla triyaja gerek bırakmamaktadır. Triyaj yapılmasının nedeni ise; kumlu ve yüksek demirli parçaların temizlenmesidir. Yine de üretim sırasında ne kadar dikkat edilirse edilsin demir ve istenmeyen maddelerin bulunduğu kütleler temiz kilin içerisine karışmakta ve bunun sonucu olarak triyaj işlemine gerek duyulmaktadır. Triyaj işleminde çalıştırılacak işçiler kil üretiminde çalışmış işçilerden seçilmektedir. Yıllardır bu işin içinde olduklarından maksimum hassasiyetle seçim gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Sahada fayans kili, yerkarosu kili, döküm kili mevcuttur. Buna rağmen hassasiyet çok azdır. Düzenli bir üretim yöntemi uygulanmadığı için problemler çıkmaktadır. Her sene ocak içinde bırakılan hafriyatın bir sonraki sene ocak dışına çıkarıldığı ve düzensiz dekapaj çalışmaları yapıldığı dikkati çekmektedir.

Burada da yine karşımıza "en az masrafla en fazla para kazanma" mantığı çıkmakta ve bunun sonucu olarak bu ocağın zamanla işletilemez hale gelmesi sorunu karşımıza çıkmaktadır. Müteahhidin tek kaygısı maden üretmek olduğu için bu sorunla karşılaşılmaktadır. Ocağın içinde pasa kalması müteahhidi ilgilendirmediği için şirkete ek külfet getirmektedir.

Buradan üretilen kil fabrikaya kamyonlar vasıtası ile taşınmaktadır. Fabrika içerisinde bulunan stok sahasında killer için ayrılan bölümde stoklanır. Yine stok sahasında bulunan kil kırıcı ile, kil uygun boyuta getirildikten sonra fabrika içerisine üretim işlemine gönderilir. Kırıcı akış şeması şekil 6.9'da verilmiştir.



Şekil 6.9. Kil Kırıcı Akış Şeması

6.3.2. Deneysel Çalışma Sonuçları

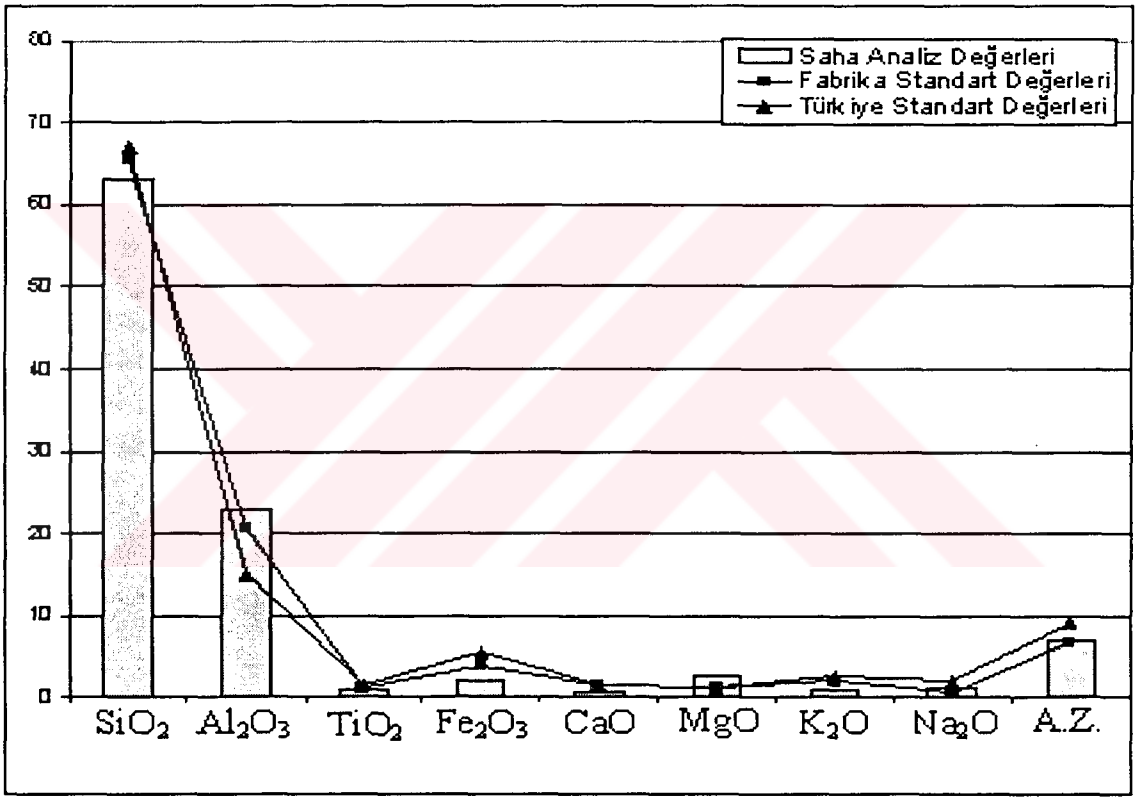
6.3.2.1. XRF Analizi

Kil standartları verilmişti, sahadan alınan numuneler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 6.6.'da verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi; sahada bulunan kil bünyesinde; standartlarda kil içerisinde istenmeyen, Fe_2O_3 ve CaO miktarlarının maksimum sınırların altında olduğu açıkça aşağıdaki grafiklerde görülmektedir (Şekil 6.10). Bu da seramik çiğdemlik kilinin, Söğüt Bölgesi için tespit edilmiş standartlara ve fabrikanın kendi standartlarına uygunluğunu göstermektedir. Bu da demek oluyor ki sahadan alınan kil üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları ile standartların karşılaştırılması sonucunda; "sahadan üretilen kile fabrikanın ihtiyacı vardır" sonucuna varılmıştır.

Sahanın kil rezervinin göz ardı edilecek kadar az olmadığı da bir gerçektir. Söğüt Seramik A.Ş. için halen kullanımı olan bu kil üretilmeye devam edilmelidir.

Çizelge 6.6. Kimyasal Analiz Tablosu

Numune	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	A.Z.
1	60.63	15.81	0.75	12.14	0.50	1.88	0.78	0.64	7.42
2	66.33	14.70	0.63	8.60	0.75	1.75	1.03	0.38	6.01
3	62.07	23.25	0.76	1.72	0.88	3.13	0.50	0.48	7.13
4	63.14	22.94	0.76	1.95	0.75	2.50	0.83	1.00	6.84
5	66.40	20.73	0.53	1.12	0.63	1.50	1.50	0.95	6.72
6	63.19	10.70	0.46	10.99	1.00	1.38	3.28	0.84	7.62

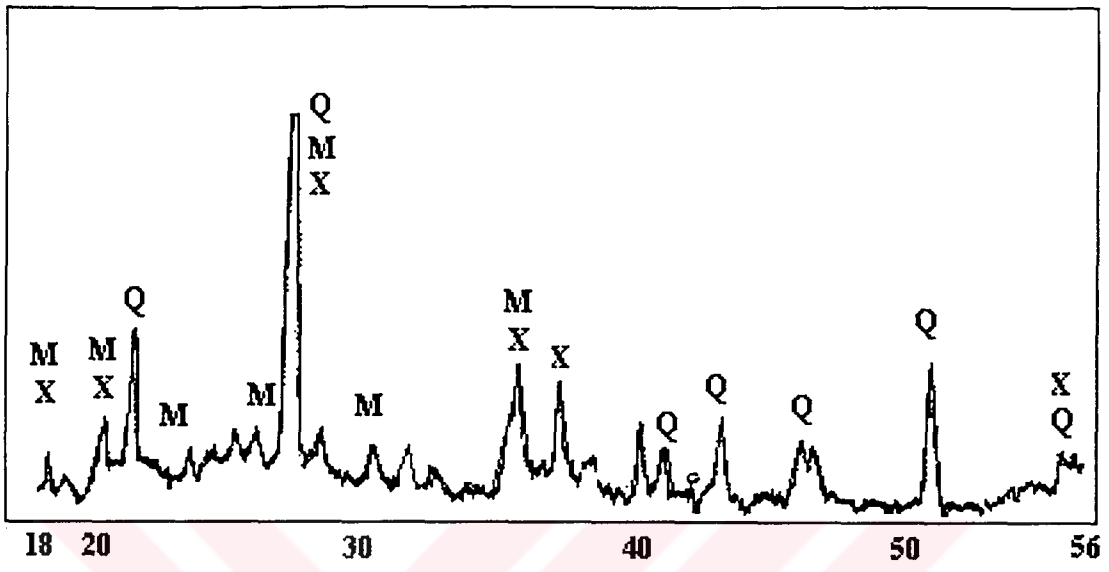


Şekil 6.10. Kil Standartları ve Saha Analiz Sonuçları

6.3.2.2. XRD Analizi

Bu analiz için alınan numuneler gerekli hassasiyet gösterilerek bir uzman gözetiminde alınmış ve numuneler analiz için gerekli boyutta hazırlanmış ve nihayetinde analiz yapılmıştır. Hem yerkarosu ve fayans kilinin XRD sonuçları aynıdır. Sonuçtan da (Şekil 6.11.) açıkça görüldüğü gibi, difraktogram üzerinde kuvars ve illitin yanı sıra ortoklas mineralinin varlığı açık olarak gözlenmektedir.

Bu sonuçların ışığında alınan numunenin incelenmesi sonucunda malzemenin kil olduğu tespit edilmiştir.

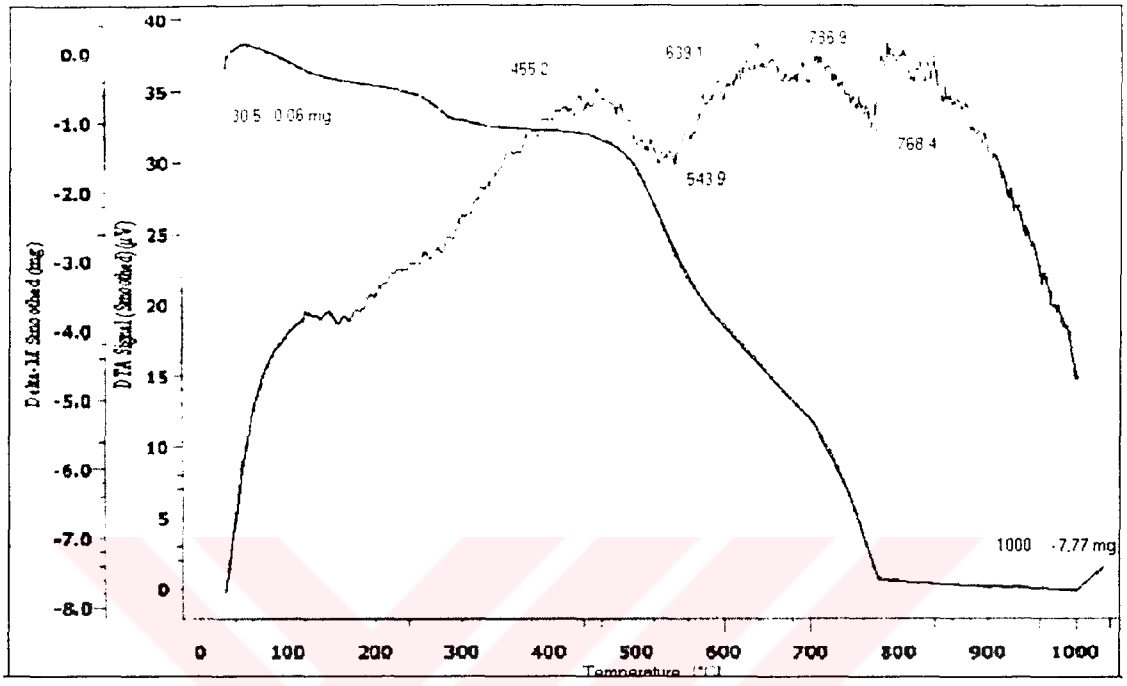


Şekil 6.11. Çiğdemlik Kili XRD Analiz Sonucu (M: Montmorillonit, Q: Kuvars, X: İllit)

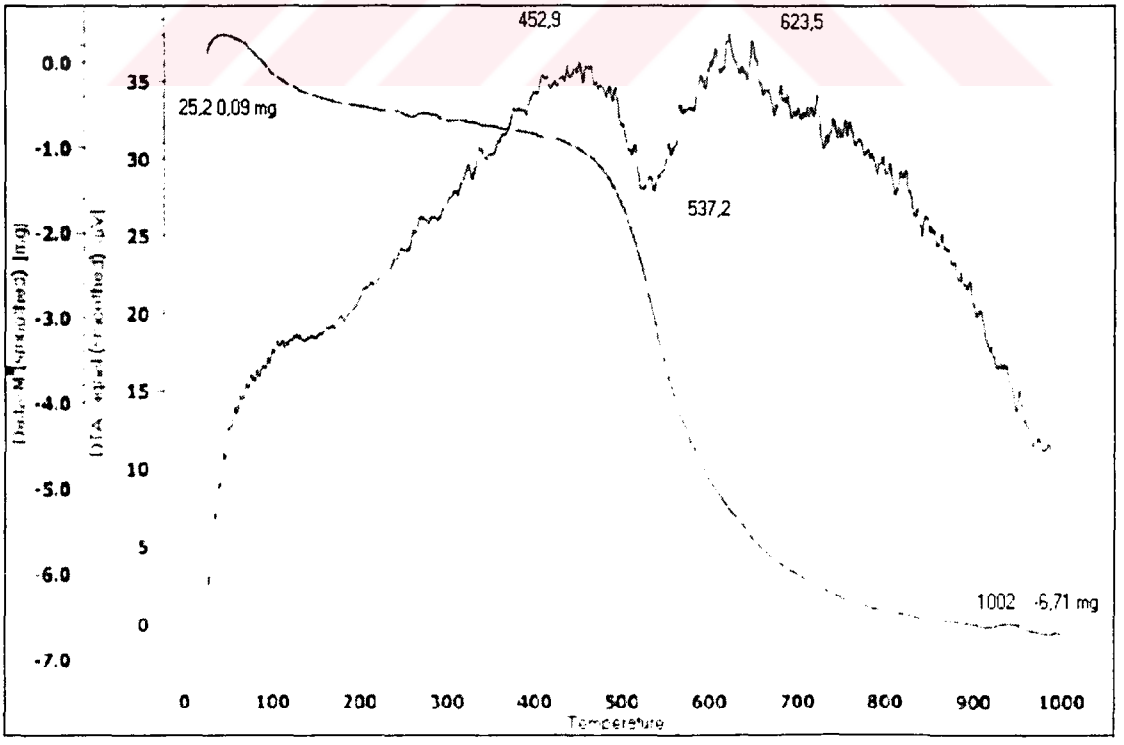
6.3.2.3. DTA-TG Analizi

Önceki bölümde anlatıldığı gibi numuneler hazırlanmış ve DTA-TG analizi yapılmıştır. DTA-TG analizi killerin tanınmasında önemli bir analiz olduğu için numunelerin hazırlanması, analizin yapım anına kadar saklanması hususunda gerekli hassasiyet gösterilmiştir. Hem fayans kili hem de yerkarosu kili üzerinde yapılan analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Yerkarosu kilinde 544^0C'de kristal suyun kaybı ile endotermik bir pik, 639^0C'de ekzotermik bir pik verdiği görülmektedir. Fayans kilinde 587^0C'de kristal suyun kaybı ile endotermik bir pik, 623.5^0C'de ekzotermik bir pik verdiği görülmektedir. Bu pikler literatürde seramik killeri pikleri ile örtüşmektedir.



Şekil 6.12. Yerkarosu Kili DTA-TG Analiz Sonucu



Şekil 6.13. Fayans Kili DTA-TG Analiz Sonucu

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde inşaat sektörünün büyümesi ile seramik sektörü son yıllarda büyük öneme sahip bir iş alanı haline gelmiştir. Söğüt Seramik Sanayi A.Ş. bu sektör içinde bulunan en büyük kuruluşlardan birisidir. Son yıllarda üretimde yaptığı artışla üretimini 9 milyon m^2'den, 12 milyon m^2'ye çıkarmıştır. Bunun sonucu olarak temel hammadde ihtiyacı artmış ve maden ocaklarından yapılan üretim arttırılmıştır.

Bu tez çalışmasında üretimin ağırlıklı olarak yapıldığı 3 maden ocağından bahsedilmiştir. Bu ocaklardan alınan numunelerin analizleri yapılmıştır. Ayrıca Tozman feldspat ve Bağkıran kaolen ocaklarının basamak ve patlatma dizaynları yapılmıştır. Yukarıda belirtilen bu çalışmaların ışığı altında aşağıda belirtilen hususlar öne çıkmıştır.

- Tozman feldspat ocağının basamak dizaynı yapılmış ve genel şev açısı tespiti yapılmıştır. Genel şev eğim açısı $32,4^0$ olarak bulunmuştur.
- Tozman feldspat ocağında patlayıcı madde kullanımının köye zarar vermeyeceği, yapılan hesaplamalar sonucunda ispatlanmıştır.
- Tozman feldspat ocağının patlatma tasarımı yapılmış ve toplam patlayıcı madde miktarı, patlatma sonucu 1 delikten alınacak toplam cevher miktarı tespit edilmiştir.
- Tozman feldspat ocağından alınan numuneler üzerinde yapılan analizler sonucunda; ateş zayiatı, CaO ve özellikle alkali oranının uygunluğu sonucuna varılmıştır. Bu değerler fabrikanı istediği normlara uyduğu görülmüştür.
- Yeni bir ÇED başvurunda bulunularak ocakta patlayıcı madde ile üretim yapmanın hem üretim miktarı hem de maliyet açısından
- Bağkıran kaolen ocağının basamak dizaynı yapılmış ve genel şev açısı $34,5^0$ olarak bulunmuştur.

- Bağkıran kaolen ocağının patlatma tasarımı yapılmış ve toplam patlayıcı madde miktarı ve patlatma sonucu 1 delikten alınacak toplam cevher miktarı tespit edilmiştir.
- Bağkıran kaolen ocağından alınan numuneler üzerinde yapılan XRF, XRD, DTA-TG ve Beyazlık ölçümü analizleri sonucunda; kaolenin fabrika standartlarına uygunluğu tespit edilmiştir.
- Çiğdemlik kilinin, Söğüt Bölgesi için tespit edilmiş standartlara ve fabrikanın kendi standartlarına uygunluğunu görülmüştür. Bu da demek oluyor ki , sahadan alınan kil üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları ile standartların karşılaştırılması sonucunda; "sahadan üretilen kile fabrikanın ihtiyacı vardır" sonucuna varılmıştır.
- Çiğdemlik sahasındaki kil rezervinin göz ardı edilemeyecek boyutta olduğu bir gerçektir. Söğüt Seramik A.Ş.'nin halen kullandığı bu kilin üretimi devam etmelidir.

Sonuç olarak, her üç sahada da detaylı rezerv aramaları ve yeterli sayıda araştırma sondajları yapılmalıdır.

Tozman feldspat ocağında şu an uygulanan işletme yönteminden vazgeçilmeli ve yeniden ÇED başvurusu yapılmalıdır. Bu işletme yönteminde ısrar edilmesi durumunda ocak tamamen kapanma riskiyle karşı karşıya kalacaktır.

Çiğdemlik ocağında da acilen düzenli bir üretim planlamasına gidilmesi gerekmektedir. Eğer bu düzensiz çalışma sürdürülürse, büyük ölçüde kaliteli fayans, yer karosu ve kumlu kil rezervi kaybedilmeye devam edecektir.

Bağkıran kaolen ocağında kaolen yıkama tesisi kurulmalıdır. Ayrıca ocakta sondajlarla kaolen kalitesi tespit edilmeli ve buna göre üretim yapılmalıdır. Aksi halde kaliteli kaolenler (kağıt kaoleni gibi) yanlış üretim sonucu değerinin altında işlem görmeye devam edecektir.

KAYNAKLAR

AKKOYUNCU, H., 1994, "Porselen Hammaddelerinin Zenginleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, sf:1-3.

ATALAY, A., 1992, "Açık İşletme Patlatma Tasarımlarında Kayaçların Yüzey Pürüzlülüğünün Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, ESKİŞEHİR.

ARIOĞLLU, E. ve YILMAZ, A.O., 2001, "Pratik Madencilik Problemleri", TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, ANKARA, sf:244-249.

ARIK, H. ve KADİR, S., 2000, "Balıkesir-Düvertepe Kaolenitinin Sıcaklığa Bağlı Faz Dönüşümleri ve Refrakterlik Özelliğinin Araştırılması", Gazi Üniversitesi Fen Bil. Enst. Dergisi, Cilt:13, Sayı:4, Sf:1081-1093.

ÇEVİK, R., 2000, "Altere Granitten Kazanılan Feldspatın Karo Fayans Üretiminde Kullanım Olanakları", Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği, sf: 3-6.

DAĞ, N., KİBİCİ, Y. ve ÖZGENÇ, İ., 1994, "Orta Sakarya Havzası (Eskişehir-Bilecik) Pegmatitlerinin Mineralojisi ve Jeokimyası", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Sayı:9, sf:24-33.

DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI KOMİSYON RAPORU, 1999.

DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI KOMİSYON RAPORU, 2001.

ECE, I., GİRGİN, Ş. ve ÖZPEKER, I., 1999, "İllit İçeren Ticari Killer", Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, sf:73-76.

ECE, I. ve YÜCE, A.E., 1999, "Kaolin", Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, sf:77-83.

ELMACI, M., "Düvertepe Killerinin Mineralojisi Ve Teknolojik Özellikleri", 1999, 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, İzmir, sf: 226-237.

ERKOÇ, Ö., 1996, "Kaya Patlatma Tekniğinde Delik Delme, Yöntem ve Maliyet Karşılaştırmaları, Türkiye 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, sf:193-201, TMMO, 16-18 Ocak 1996, ANKARA.

KILIÇ, M. ve BİLGİN, H., A., 2002, "Yapay Kaya Bloklarında Patlatma Deneyleri İle Kaya Davranışlarının İzlenmesi", VI. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Konya , sf:225-233.

KİBİCİ, Y., 1984, "Sakarya Masifinin Jeolojisi-Petrografisi ve Petrolojik Etüdü", Anadolu Üniversitesi, Doktora Tezi, Eskişehir, 210 sayfa, sf: 25-26.

KONUK, A. ve GÖKTAN, M., 1999, "Açık İşletme Madenciliği", Osmangazi Üniversitesi, 2.Basım, ESKİŞEHİR, sf:32-65.

KONUK , A ve GÖKTAN, M., 1992, "Açık İşletme Madenciliği", Eskişehir, sf:5-12.

KURT, H., 1998, "Maden Mühendisleri İçin Mineraloji ve Petrografi", Selçuk Üniversitesi Yayını, ISBN 975-96685-0-5, Aksis Grafik, Konya, Sf:184.

MAMUREKLİ, D., 1996, "Kayaç Parametrelerine Göre Dilim Kalınlığının Tespiti", 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, sf:169-175.

ÖNAL, G., "Ülke Kalkınmasında Madenciliğin Önemi", Madencilik ve Çevre Toplantısı, Adana, sf:9-14.

ÖZPEKER, I., 1999, "Feldspat Envanteri", Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, 50 sayfa.

SARİİZ, K. ve NUHOĞLU, K., 1992, "Feldspat", Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği, Anadolu Üniversitesi Yayın No:636, Eskişehir, 450 sayfa, Sf:124-132.

SEYHAN, İ., 1974, "Kaolin, Bentonit, Kil ve Tuğla-Kiremit Toprakları Jeolojisi", Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Eğitim Serisi Yayınları No:13, Ankara, 52 sayfa, Sf: 24-2S6.

SEYHAN, İ., 1978, "Türkiye Kaolin yatakları ile hidrotermal cevherler arasında görülen ilişkiler", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, sf: 27-31.

SÖĞÜT MADENCİLİK, 1994.

TANIŞAN, H.,H. ve METE, Z., 1988, "Seramik Teknolojisi ve Uygulaması", Söğüt, sf: 12-25.

TOSUN, S., 1996, "Patlayıcı Madde Kaya Eşleşmesinin Maliyet Üzerine Etkileri, 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, sf:177-183.

YAĞANOĞLU, A., 1996, "Gecikmeli Atımlarda Titreşim Kontrolü İçin 8 Ms Yeterli midir?" 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, sf:85-89.

YILDIZ, R. ve KÖSE, H., 2003, "Açık İşletmelerde Delik Delme Metotları ve Delici Makinalar", sf: 53.

YILMAZ, H., 1996, "Patlatmanın Çevresel Etkileri ve Konu İle İlgili Mevzuat", 2. Delme Patlatma Sempozyumu, sf: 72-76.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Konya İlinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Konya'da tamamladı. 1995 yılında Selçuk Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2000 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilimdalında yüksek lisans eğitimine başladı.