

EMET BOR İŞLETMESİ HİSARCIK
KONSANTRATÖR ATIKLARININ PORTLAND
ÇİMENTOSU ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SELÇUK YILDIZ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Taner KAVAS

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

HAZİRAN 2008

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EMET BOR İŞLETMESİ HİSARCIK KONSANTRATÖR ATIKLARININ
PORTLAND ÇİMENTOSU ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Selçuk YILDIZ

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Taner KAVAS

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2008

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Taner KAVAS danışmanlığında,
Selçuk Yıldız tarafından hazırlanan
Emet Bor İşletmesi Hisarcık Konsantratör Atıklarının Portland Çimentosu
Özelliklerine Etkileri
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
...../...../200....
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Doç. Dr. Asım Olgun	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Taner Kavas	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Mehmet Galip İçduygu	
Üye		

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Bor Elementi	2
2.2 Bor Mineralleri	5
2.2.1 Kimyasal Bileşimlerine ve Birbirleriyle Olan Minerolojik İlişkilerine Göre Borat Minerallerinin Sınıflandırılması	7
2.2.1.1 Kalsiyum Boratlar	8
2.2.1.2 Sodyum Kalsiyum Boratlar	9
2.2.1.3 Sodyum Boratlar	11
2.2.1.4 Magnezyum-Kalsiyum Boratlar	12
2.2.1.5 Magnezyum Boratlar	12
2.2.1.6 Stronsiyum Boratlar	13
2.2.1.7 Silisyum-Kalsiyum Boratlar	14
2.2.1.8 Kompleks Boratlar	14
2.2.1.9 Bileşik Boratlar	15
2.2.1.10 Borat Olmayanlar	15
2.2.2 Ticari Bor Mineralleri	16
2.2.2.1 Boraks (Tinkal)	17

2.2.2.2 Kernit (Razorit)	18
2.2.2.3 Üleksit	18
2.2.2.4 Probertit	18
2.2.2.5 Kolemanit	18
2.2.2.6 Pandermit	19
2.2.2.7 Hidroborasit	19
2.3 Bor Yataklarının Köken ve Oluşumu	19
2.3.1 Borların Konsantre Olma Şekilleri	23
2.3.1.1 Kimyasal Çökelme	23
2.3.1.2 Kontakt Metasomatik (Skarn) Bor Yatakları	23
2.3.2 Borların Yataklanması	24
2.3.2.1 Kimyasal Havzalardaki Bor Yatakları	24
2.3.2.2 Denizel Evaporitler	25
2.3.2.3 Magmatik Kaynaklar	25
2.4 Türkiye'nin Başlıca Borat Yatakları	26
2.4.1 Kırka Borat Yatakları	26
2.4.2 Emet Borat Yatakları	27
2.4.3 Bigadiç Borat Yatakları	27
2.4.4 Kestelek Bor Yatakları	28
2.5 Bor Rezervleri	28
2.5.1 Dünya Bor Rezervleri	28
2.5.2 Türkiye'deki Rezerv Durumu	29
2.6 Bor Üretim Yöntemleri ve Ürünler	31
2.6.1 Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme	32
2.6.2 Bor Bileşikleri Üretimi	35
2.6.2.1 Türkiye'de Boraks Üretimi	35
2.6.2.2 Türkiye'de Borik Asit Üretimi	35
2.7 Bor Mineralleri ve Bileşiklerinin Kullanım Alanları	36
2.7.1 Cam Sanayi	39
2.7.2 Cam Elyafı	39

2.7.3 Borosilikat Camlar	40
2.7.4 Optik Cam Elyafı	41
2.7.5 Seramik Sanayi	41
2.7.6 Temizleme ve Beyazlatma Sanayi	41
2.7.7 Yanmayı Önleyici (Geciktirici) Maddeler	42
2.7.8 Tarım	42
2.7.9 Metalurji	43
2.7.10 Nükleer Uygulamalar	43
2.7.11 Enerji Depolama	44
2.7.12 Otomobil Hava Yastıkları; Antifriz	44
2.7.13 Atık Temizleme	44
2.7.14 Borlu Katı Yakıtlar ve Hücre Yakıtları	45
2.7.15 Füze ve Uçuş Yakıtları	45
2.7.16 Sağlık	45
2.7.17 Diğer Kullanım Alanları	45
2.8 Emet Bor İşletme Müdürlüğü	47
2.8.1 Tarihi ve Kuruluşu	47
2.8.2 Emet Bor İşletme Müdürlüğünde Bulunan Üretim Tesisleri	49
2.8.2.1 Espey Açık Ocak Tesisi	49
2.8.2.2 Espey Konsantratör Tesisi	50
2.8.2.3 Hisarcık Açık Ocak Tesisi	53
2.8.2.4 Hisarcık Konsantratör Tesisi	53
2.8.2.5 Borik Asit Fabrikası	61
2.9 Kolemanit Minerali	63
2.9.1 Kolemanitin Kimyasal Bileşimi ve Özellikleri	63
2.9.2 Kolemanitin İşlenmesi; Ürünler ve Atıklar	63
2.9.2.1 Ürünler ve Ürünlerin Kullanıldığı Endüstriler	64
2.9.2.2 Atıklar	64
2.10 Çimento	65
2.10.1 Çimento Hammaddeleri	66
2.10.1.1 Kalker	66

2.10.1.2 Kil	66
2.10.1.3 Marn	67
2.10.2 Çimentonun Üretimi	67
2.10.3 Çimento Sanayinde Kullanılan Katkı Maddeleri	69
2.10.3.1 Puzzolanik Maddeler	69
2.10.3.2 Uçucu Küller	70
2.10.3.3 Sülfatlar	70
2.10.4 Başlıca Çimento Çeşitleri	71
2.10.4.1 Portland Çimento	71
2.10.4.2 Portland Cürufllu Çimento	75
2.10.4.3 Portland Silika Füme Çimento	75
2.10.4.4 Katkılı Çimento	75
2.10.4.5 Traslı Çimento	75
2.10.4.6 Uçucu Küllü Çimento	76
2.10.4.7 Portland Kalkerli Çimento	76
2.10.4.8 Portland Kompoze Çimento	76
2.10.4.9 Cürufllu Çimento	76
2.10.4.10 Puzulanik Çimento	77
2.10.4.11 Kompoze Çimento	77
2.10.4.12 Beyaz Çimento	77
2.10.4.13 Erken Dayanımı Yüksek Çimento	77
2.10.4.14 Sülfatlara Dayanıklı Çimento	78
2.10.4.15 Süper Sülfat Çimento	78
2.10.4.16 Harç Çimentosu	78
3.MATERYAL VE METOD	79
3.1 Amaç ve Kapsam	79
3.2 Yöntem	79
3.2.1 Numune Alma İşlemi	80
3.3 Verilerin Elde Edilmesi	83
3.4 Bulgular	84

3.4.1 Kimyasal Analizler	84
3.4.1.1 XRF Analizi	84
3.4.2 Fiziksel Analizler	85
3.4.2.1 Elek Analizi	85
3.4.2.2 Genleşme Tayini ve % H ₂ O	86
3.4.2.3 Özgül Yüzey (Blaine) Ölçümü	89
3.4.2.4 Vikat Deneyi	91
3.4.3 Basınç Mukavemeti Deneyleri	92
3.4.3.1 Eğme Mukavemeti Deneyi	93
3.4.3.2 Basma Mukavemeti Deneyi	95
3.4.4 Taramalı Elektron Mikroskobu	96
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	100

EKLER

Dış Kapak

İç Kapak

Onay Sayfası

Kaynaklar

Özgeçmiş

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMET BOR İŞLETMESİ HİSARCIK KONSANTRATÖR ATIKLARININ PORTLAND ÇİMENTOSU ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Selçuk Yıldız

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Taner KAVAS

Bu çalışmada; Kütahya-Hisarçık yöresindeki kolemanit konsantratörü atığının çimentoya katkı maddesi olarak ilave edilmesiyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bor minerallerinin kimyasal bileşimleri ile boratlar hakkında bilgi verilmiş, bor minerallerinin yaygın kullanım alanlarının yanı sıra teknolojik olarak gelecekte kullanılabilecek alanlar da verilmiştir. Bor madenlerimizin Türkiye ve Dünya rezervleri incelenerek, Emet Bor İşletme Müdürlüğü Tesisleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

PÇ 42,5R çimentosuna Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarçık Konsantratör tesislerinde açığa çıkan şlam atığı ilave edilerek çimentonun özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Araştırmada, PÇ 42,5R çimentosuna ağırlıkça % 1, 3, 5 ve 10 oranında atık ilave edilerek kompoze PÇ 42,5R çimentolar hazırlanmıştır. Deneyler ilgili TS-EN standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Üretilmiş olan kompoze PÇ 42,5R çimentolarına; kimyasal analiz, elek analizi, yoğunluk tayini, blaine tayini, % H₂O miktarı, genleşme, priz süresi, eğme mukavemeti ve basma mukavemeti gibi deneyler yapılmıştır. Ayrıca, taramalı elektron mikroskopunda (SEM) mikro yapı fotoğrafları çekilmiştir. Son olarak bu deneysel çalışmaların sonuçları tartışılarak yorumlanmıştır.

2008, 100 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Bor, Bor Rezervleri, Kolemanit, Katkılı çimento, priz, Emet Bor İşletme Müdürlüğü

ABSTRACT

Ms.Sc. Thesis

EFFECTS OF EMET HISARCIK BORON WASTES TO PORTLAND CEMENT PROPERTIES

Selçuk Yıldız

Afyonkarahisar Kocatepe University

Institute for the Natural and Applied Sciences

Ceramic Engineering

Supervisor: Assist Prof. Dr. Taner KAVAS

In this study, colemanite concentrator wastes from Kütahya Hisarcık was aimed to evaluate as a additive raw material to the clincer. Informations are given about the chemical composition of boron mine, the industrial areas that the boron minerals are commonly used and moreover the areas that they can be used in future are also mentioned. The reserves of boron mine both in Turkey and in the world are investigated in the study, additionally the establishments of Emet Boron Works are represented in a detailed way.

PC 42,5 R cement was investigated by adding slam waste which was optoinet from Balıkesir Bigadic Etibank during the experiments, %1, 3, 5 and %10 slam waste were added to the PC 42,5 R cement and new composite cements were prepared. Experiments were carried out according to TS-EN standards. Chemical analysis, sieve analysis, density, blaine, %H₂O content, setting time, compressive and flexural strenght, tests were applied to the prepared samples. Also SEM photographs were taken for these samples. Than experimental results were discussed in final chapter.

2008, 100 Pages

Keywords : Boron, Boron Reserves, Colemanite, Containing cement, setting, Emet Boron Works

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıřmam sűresince hiçbir desteęini esirgemeyerek bana sabır ve yol gösteren tez danıřmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Taner Kavas'a, bu çalıřmada bana yol gösteren sevgili bűyűęűm Prof. Dr. Abdullah aęlar'a;

Tezim sűresi boyunca deneysel çalıřmalarım için kullanılan materyallerin temininde ve analizlerinde tűm imkanları bana saęlayan Emet Bor İřletme Műdűrlűęű'ne ve Gltař imento'ya;

Tez çalıřmalarımda hiçbir zaman desteęini esirgemeyen Hisarcık Konsantratör Bařműhendisi Sn. İbrahim Uzun'a, Seramik Műhendisi Ersin Akbulut'a, İřletme Műhendisi Barıř Saka'ya, Kimya Műhendisi Metin Arslan'a ve çalıřma arkadařlarıma,

Maddi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olan aileme ve nişanlım Tuęba Delice'ye;

Saygı ve Teőekkűrlerimi bir borç bilirim.

Selçuk Yıldız

SİMGELER VE KISALTMALAR

1. Simgeler

g	Gram
mm	Milimetre
cm	Santimetre
m	Metre
t	Ton
h	Saat
%	Yüzde
ppm	Parts Per Million (mg/lit)
°C	Celcius Derecesi
mg	Miligram
lt	Litre

2. Kısaltmalar

E	Elastik Modülü
H	Çimento kimyasında su
CH	Kalsiyum hidroksit
2HSC	Alçı taşı
C	Karbondioksit
C ₃ S	Tri kalsiyum silikat
C ₂ S	Di kalsiyum silikat
C ₃ A	Tri kalsiyum alüminat
C ₄ AF	Tetra kalsiyum alümina ferrit
PÇ	Portland Çimentosu
Dk	Dakika
µm	Mikrometre
Bkz	Bakınız

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Bor Bileşiklerinin Endüstrideki Kullanım Alanları	38
Şekil 2.2	Espey Konsantratör Tesisi Akım Şeması	53
Şekil 2.3	Hisarcık Konsantratör Tesisi Akım Şeması	59
Şekil 3.1	% Su Miktarının Çimentodaki Atık Miktarına Göre Tayini	88
Şekil 3.2	Çimentodaki Atığın Etkisi İle Betondaki Gelişmeler	88
Şekil 3.3	Çimentodaki Atığın Yüzey Alanına Etkisi	90
Şekil 3.4	Atın Etkisi İle Donma Sürelerindeki Değişim	92
Şekil 3.5	Atığın Etkisi İle Betonların Eğme Dayanımındaki Değişim	94
Şekil 3.6	Atığın Etkisi İle Betonların Basma Dayanımındaki Değişim	96

RESİMLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Resim 2.1	Hisarcık Açık Ocak	61
Resim 2.2	Hisarcık Konsantratör	61
Resim 3.1	Numune Alma Düzeneği	80
Resim 3.2	Hisarcık Konsantratör Tesisi Eski Atık Barajı Genel Görünüşü	81
Resim 3.3	Standart Numune SEM (3000X)	96
Resim 3.4	% 10 Atık Katkılı Numune SEM (3000X)	97
Resim 3.5	% 10 Atık Katkılı Numune SEM (500X)	98
Resim 3.6	Standart Numune SEM (500X)	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1 Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri	4
Çizelge 2.2 Boratlar ve Bor Mineralleri	5
Çizelge 2.3 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri	17
Çizelge 2.4 Dünya Bor Rezervleri (Bin Ton B ₂ O ₃)	29
Çizelge 2.5 Türkiye'nin Bilinen Bor Rezervleri	30
Çizelge 2.6 Ham Bor Ürünleri Üretimi	34
Çizelge 2.7 Bor Rafine Ürün Üretimi Temel Akım Şeması	35
Çizelge 2.8 Bor Bileşiklerinin Kullanım Alanları	39
Çizelge 2.9 Hisarcık Konsantratör Tesisi Akım Şeması Proje Kodları	60
Çizelge 2.10 Kolemanit Minerali, Ürünleri ve Kullanılan Endüstriler	65
Çizelge 2.11 Çimento Bileşenlerinin Özellikleri	70
Çizelge 2.12 Portland Çimentosunu Oluşturan Oksitler ve Özellikleri	73
Çizelge 2.13 Çimentonun Ana Bileşenleri	75
Çizelge 2.14 Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri	75
Çizelge 3.1 Deneyleerde Kullanılan Reçete (Yüzdece)	79
Çizelge 3.2 Deneyleerde Kullanılan Hisarcık Kolemanit Atığı (Atık Barajı Numunesi) Kimyasal Analizi	82
Çizelge 3.3 Deneyleerde Kullanılan Hisarcık Kolemanit Atığı (Atık Barajı Numunesi) Elek Analizi	83
Çizelge 3.4 Karışıma Ait Kimyasal Analizler	85
Çizelge 3.5 Reçetelere Ait Elek Analizi Sonuçları	86
Çizelge 3.6 Reçetelere ait % Su ve Genleşme Değerleri	87
Çizelge 3.7 Reçetelere ait Blaine Değerleri	90
Çizelge 3.8 Reçetelere ait Priz Süreleri	91
Çizelge 3.9 Reçetelere ait Eğme Dayanımları	94
Çizelge 3.10 Reçetelere ait Basma Dayanımları	95

1. GİRİŞ

Ülkelerin endüstriyel ve ekonomik gelişmelerinde önemli yer tutan doğal kaynaklar tarih boyunca güncelliğini hiç yitirmeden, insanlığın uğraşısına büyük çapta konu olmuşlardır. Doğal kaynaklarını en üst düzeyde değerlendirebilen ülkeler ileri bir gelişme aşamasına gelmişlerdir. Sadece hammadde üreticisi olarak kalan ülkeler ise bu alanda yeterince gelişmemişlerdir.

Türkiye’de genel olarak bilinen ve maden denilince kömürden sonra ilk akla gelen bor madenleridir. Türkiye’nin bor madenlerinden başka dünya çapında söz sahibi olduğu ikinci bir maden yoktur. Türkiye’nin geniş bor rezervlerinin yanı sıra üretim açısından da avantajları bulunmaktadır. Bor cevherlerimiz nispeten belirli alanlarda büyük yataklar halinde bulunmakta ve açık ocak yöntemiyle üretim yapılabilmektedir. Ayrıca bor madenlerinin zenginleştirilmesi de oldukça kolaydır. Dünyadaki yıllık bor tüketiminin yaklaşık % 75’i Avrupa ve Kuzey Amerika’da gerçekleşirken, Türkiye’nin tüketimi dünya tüketiminin % 3,6’sı düzeyinde kalmaktadır. Türkiye’nin yıllık konsantre ve rafine bor üretiminin ortalama % 8’i yurt içinde tüketilmektedir (Eti Maden, 2006).

Günümüzün gereği olan hızlı üretim ve tüketim artışı beraberinde birçok sorun getirmiştir. Bu nedenle mevcut hammadde kaynaklarına alternatif olabilecek ikincil hammadde kaynağı olarak görülen atıkların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar gündeme gelmiştir (Oruç vd; 2004).

Türkiye’de bulunan en önemli bor cevherlerinden biride kolemanittir. Bu cevherin zenginleştirilmesi sonucunda değişik tenörlerde ve boyutlarda azımsanmayacak miktarda tesis atıkları ortaya çıkmaktadır. Kütahya Hisarcık yöresinde bulunan konsantratör tesisinde işlenen tüvenan kolemanit cevherinin yaklaşık % 20’lik kısmı atık olarak atılmaktadır. Bu atıkların çevreye birçok zararları olabileceği gibi Eti Maden İşletmelerine de ek maliyetler getirdiği görülmektedir.

Bu atıkların uygun yöntemlerle çimento ve çeşitli sektörlerde değerlendirilmesiyle; atıkların stoklanmasından oluşan sorunlar ve stoklama maliyetleri azalacak, çevreyi kirleten unsurlar en aza indirgenecek ve ülke ekonomisine kazanç sağlanacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Bor Elementi

Bor, periyodik tabloda B simgesi ile gösterilen periyodik sistemin üçüncü grubunun başında bulunan atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81, özgül ağırlığı 2.84, ergime noktası 2300 °C, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotopundan oluşur. Metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir (Bayrak, 2001)

Bor tabiatta hiçbir zaman serbest halde bulunmaz. Bor minerallerinden elde edilen elementel bor ise iki farklı şekilde olabilir. Kristal halde olan parlak siyah renkli ve sert; amorf halde olan yeşilimsi sarı renkli, tatsız kokusuz bir tozdur (Anonymous, 1982). Su ile 100 °C üzerinde, oksijenle 700 °C ‘ de hidrojenle 840 °C’ de reaksiyona girer. Endüstride element olarak hemen hemen hiç kullanılmaz (Aytekin ve Polat, 1997).

Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, endüstride birçok bor bileşiğinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak, farklı olarak saf bor, karbon gibi elektrik iletkenidir. Kristalize bor görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir. Bor elementinin yer kabuğundaki genel dağılımı çok az olmasına karşın, belli ortamlardaki bor konsantrasyonlarının çok fazla orandaki artışı, ekonomik bor yataklarının oluşumunu sonuçlar (Bayrak, 2001).

Bor Mineralleri genellikle Na, Ca, Mg gibi alkali ve toprak alkali metallere birleşmiş hidratlı boratlar olarak bulunurlar. Bileşimlerinde bulunan metallerin oranlarına, ihtiva ettikleri su miktarına ve kristal yapılarına göre isimler alırlar. En fazla kullanılan üç bor minerali Tinkal, Üleksit ve Kolemanittir.

Bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Canlıların bu elementin varlığında evrim geçirdiği düşünülmektedir. Toprağın bor içeriği genelde ortalama 10-20 ppm olmakla birlikte ABD'nin batı bölgeleri ve Akdeniz'den Kazakistan'a kadar uzanan yörede yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Deniz suyunda 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01 - 1.5 ppm aralığındadır. Yüksek

konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotomal aktivitesi olan bölgelerinde bulunmaktadır (Woods, 1994).

Borun saf elementi ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay-Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir. Tarihte ilk olarak 4000 yıl önce Babiller Uzak Doğu'dan boraks ithal etmiş ve bunu altın işlemede kullanmışlardır. Mısırlıların da boru, mumyalamada, tıpta ve metalurji uygulamalarında kullandıkları bildirilmektedir. İlk boraks kaynağının Tibet Göllerinde olduğuna inanılmaktadır. Boraks, koyunlara bağlanan torbalarda Himalayalar'dan Hindistan'a getirilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik maddesi olarak kullanmış, ilaç olarak ilk kez Arap doktorları tarafından M.S. 875 yılında kullanılmıştır. Borik Asit 1700'lü yılların başında borakstan yapılmış, 1800'lü yılların başında ise elementel bor elde edilmiştir (Moseman, 1994).

Bor, biri amorf ve altısı kristalin polimorf olmak üzere, çeşitli allotropik formlarda bulunur. Alfa ve beta rombohedral formlar en çok çalışılmış olan kristalin polimorflardır. Alfa rombohedral strüktür 1200 °C'nin üzerinde bozulur ve 1500 °C'de beta rombohedral form oluşur. Amorf form yaklaşık 1000 °C'nin üzerinde beta rombohedrale dönüşür ve her türlü saf bor ergime noktasının üzerinde ısıtılıp tekrar kristalleştirildiğinde beta rombohedral forma dönüşür (DPT, 1995).

Borun elektrik iletkenliği oda sıcaklığında çok düşük olmasına rağmen ısıtıldıkça süratle artar. Bu metallere has bir özellik değildir. Diğer metalik özelliklerinin de çok az olmasından dolayı bir ametaldir. Ergimiş iken soğutulduğunda çok sert ve kırılğan bir madde halini alır.

Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken kristalin bor kolay reaksiyon vermez. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve bazı diğer ürünleri oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlayıcı olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur (Doonan ve Lower, 1978).

Çizelge 2.1 Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri

Özellik	Değeri
Atomik ağırlık	10.811±0.003 veya 0.007
Ergime noktası	2190+20 °C
Kaynama noktası	3660 °C
Isıl genişleme katsayısı	5x10 ⁻⁶ -7x10 ⁻⁶
(25-1050 °C arası, 1 °C için)	
Knoop sertliği	2100-2580 HK
Mohs sertliği (elmas-10)	7,33
Vickers sertliği	5000 HV
Yoğunluk	
Sıvı	2.08 g/cm ³
Amorf	2.30 g/cm ³
α-rombohedral	2.46 g/cm ³
α-tetragonal	2.21 g/cm ³
β-rombohedral	2.35 g/cm ³
Elde etme sıcaklığı	
Amorf	800 °C
α-rombohedral	800-1000 °C
α-tetragonal	1100-1300 °C
β-rombohedral	1300 °C

2.2 Bor Mineralleri

Bor mineralleri boratlar grubundadır. Altı ana başlık altında incelenen boratlar grubu; kristal suyu içeren boratlar, bileşik boratlar, borik asit, susuz boratlar, borofluoritler, borosilikat mineralleri olarak isimlendirilirler. Çizelge 2.2’de boratlar grubu ve boratlar grubundaki bor mineralleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 Boratlar ve bor mineralleri (M.T.A., 2003)

Kristal Suyu İçeren Boratlar	Kernit (razorit)	:Na ₂ B ₄ O ₇ .4H ₂ O
	Tinkalkonit	:Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O
	Boraks (Tinkal)	:Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O
	Sborgit	:NaB ₅ O ₈ .5H ₂ O
	Eakwrit	:Na ₄ B ₁₀ O ₁₇ .7H ₂ O
	Probertit	:NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O
	Üleksit	:NaCaB ₅ O ₉ .H ₂ O
	Nobleit	:CaB ₆ O ₁₀ .4H ₂ O
	Gowerit	:CaB ₆ O ₁₀ .5H ₂ O
	Florovit	:CaB ₂ O ₄ .4H ₂ O
	Kolemanit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O
	Meyerhofferit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .7H ₂ O
	İnyoit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .13H ₂ O
	Preseit(pandermit)	:Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O
	Tercit	:Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .2H ₂ O
	Ginorit	:Ca ₂ B ₁₄ O ₂₃ .8H ₂ O
	Pinnoit	:MgB ₂ O ₄ .3H ₂ O
	Kaliborit	:HKMg ₂ B ₁₂ O ₂₁ .9H ₂ O
	Kurnakavit	:Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15H ₂ O
	İnderit	:Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15H ₂ O
	Predorazhenskit	:Mg ₃ B ₁₀ O ₁₈ .4 1/2H ₂ O
	Hidroborasit	:CaMgB ₆ O ₁₁ .6H ₂ O
	İnderborit	:CaMgB ₆ O ₁₁ .11H ₂ O
	Larderellit	:(NH ₄) ₂ B ₁₀ O ₁₆ .4H ₂ O
	Ammonioborit	:(NH ₄) ₃ B ₁₅ O ₂₀ .(OH)8.4H ₂ O
	Veatçit	:SrB ₆ O ₁₀ .2H ₂ O
p-Veatçit	:(Sr, Ca) B ₆ O ₁₀ .2H ₂ O	

Çizelge 2.2 (Devam)

Bileşik Boratlar (Hidroksil ve/veya Diğer Tuzlar İle)	Teepelit	:Na ₂ B. (OH) 4Cl
	Bandilit	:CuB. (OH) 4Cl
	Hilgardit	:Ca ₂ BO ₈ .(OH) 4Cl
	Borasit	:Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl
	Fluoborit	:Mg ₃ (BO ₃)
	Hambergit	:Be ₂ (OH, F) BO ₃
	Suseksit	:MnBO ₃ H
	Szaybelit	:(Mg, Mn)BO ₃ H
	Roveit	:Ca ₂ Mn ₂₂ +((OH)4 (B ₄ O ₇ (OH) ₂)
	Seamanit	:Mn ₃₂ + (OH) (B (OH) ₄ (PO ₄)
	Viserit	:Mn ₄ B ₂ O ₅ (OH, Cl) 4
	Lüneburgit	:Mg ₃ (PO ₄) ₂ B ₂ O ₃ .8H ₂ O
	Kahnit	:Ca ₂ BAs
	Sulfoborit	:Mg ₃ SO ₄ B ₂ O ₄ (OH) ₂ .4H ₂ O
Borik Asit	Sassolit (doğal borik asit)	:B(OH) ₃
Susuz Boratlar	Jenemejevit	:Al ₆ BO ₁₅ .(OH) ₃
	Kotoit	:Mg ₃ B ₂ O ₈
	Nordenskiöldine	:CaSnB ₂ O ₆
	Rodozoit	:CsB ₁₂ Be ₄ Al ₄ O ₂₈
	Varvikit	:(Mg, Fe) 3TiB ₂ O ₈
	Ludvigite	:(Mg, Fe ₂₊) 2Fe ₂ +BO ₅
	Paygeit	:(Fe ₂₊ , Mg) 2Fe ₃ +BO ₅
	Pinakiolit	:Mg ₃ Mn ₂ +Mn ₂₃ +B ₂ O ₁₀
	Hulsit	:(Fe ₂ +Mg ₂₊ , Fe ₃₊ , Sn ₄₊) 3BO ₃ O ₂
Borofluoritler	Avagadrit	:(K, Cs) BF ₄
	Ferruksit	:NaBF ₄
Turmalin Grubu Mineraller	Tritom	:(Ce, La, YTh ₅ (Si, B) ₃ (O, OH, F) ₁₃
	İdokreyz (Vezüvyanit)	:Ca ₁₀ Mg ₂ Al ₄ (Si ₄) ₅ (Si ₂ O ₇) ₂ (OH) 4

Çizelge 2.2 (Devam)

Borosilikat Mineralleri	Akzinit grubu	: $(Ca, Mn, Fe, Mg) 3Al_2BSi_4O_{15} (OH)$
	Bakerit	: $Ca_4B_4(BO_4) (SiO_4)_3 (OH) 3H_2O$
	Kapelenit	: $(Ba, Ca, Ce, Na)_3 (V, Ce, La)_6 (BO_3)_6 Si_3O_9$
	Karyoserit	:Melanoseritin toryumca zengin türüdür.
	Danburit	: $CaB_2Si_2O_8$
	Datolit	: $CaBSiO_4OH$
	Dumortiyerit	: $Al_7O_3 (BO_3) (SiO_4)_3$
	Grandidiyerit	: $(Mg, Fe) Al_3 BSiO_9$
	Homilit	: $(Ca, Fe)_3 B_2Si_2O_{10}$
	Hovlit	: $Ca_2B_5SiO_9 (OH)_5$
	Hyalotekit	: $(Pb, Ca, Ba)_4 BSi_6O_{17} (OH, F)$
	Kornerupin	: $Mg_3Al_6 (Sr, Al, B)_5 O_{21} (OH)$
	Manondonit	: $LiAl_4 (AlBSi_2O_{10}) (OH)_8$
	Melanoserit	: $Ce_4CaBSiO_{12} (OH)$
	Safirin	: $Mg_3, 5Al_9Si, 5O_2$
Searlesit	: $NaBSi_2O_6H_2O$	
Serendibit	: $Ca_4(Mg, Fe, Al)_6 (Al, Fe)_9 (Si, Al)_6 3O_4$	

2.2.1 Kimyasal Bileşimlerine ve Birbirleriyle Olan Minerolojik İlişkilerine Göre Borat Minerallerinin sınıflandırılması

Türkiye'deki yataklarda borat mineralleri, kimyasal bileşimlerine ve birbirleriyle olan minerolojik ilişkilerine göre, kalsiyum boratlar, sodyum-kalsiyum boratlar, sodyum boratlar, magnezyum-kalsiyum boratlar, magnezyum boratlar, stronsiyum boratlar, silisyum-kalsiyum boratlar, kompleks boratlar, bileşik boratlar ve borat olmayanlar şeklinde 10 gruba bölünebilirler. Her gruptaki borat mineralleri, genellikle, yapılarındaki kristal suyu miktarlarında farklılıklar göstererek, hemen hemen aynı kimyasal bileşime sahiptirler (Helvacı ve Firman, 1976 ve Helvacı, 1977).

2.2.1.1 Kalsiyum Boratlar

İnyoite ($2 \text{CaO} \cdot 3 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 13 \text{H}_2\text{O}$) yersel olarak, Kırka ve Bigadiç yataklarındaki ocaklardan bazılarında gözlenmektedir. Söz konusu mineral, bireysel tabiler kristaller ve kristal yığılımları olarak, renksizden beyaza kadar değişen tonlarda bulunmaktadır. Kristallerin az bir kısmı 2,5 cm veya daha büyüktür. Ancak, büyük bir bölümü mikroskobik boyutlarda olup, diyajeneze bağlı olarak def İsimler gösterir. Yataklardaki bir kısım inyoite, meyerhofferite ve/veya kolemanite dönüşmüştür. Bazen inyoite açık, büyük kristalli öz biçimli agregatlar olarak gözlenmektedir. Belirgin olarak, meyerhofferite kolemanit ve üleksit İle birlikte bulunmaktadır.

Meyerhofferite, 8 cm, çapında olabilen, küçük gri mavimsi nodüller olarak, kolemanit, inyoite ve bazen de üleksit ile birlikte bulunmaktadır. Kenar kısımlarda, killer birlikte gelişen, bir merkezden yayılan İri kristallerin nodüllerin merkezindeki oyuklar, ince iğne teklinde ışınsal kristaller kapsamakta olup, söz konusu kristaller de meyerhofferittir. Meyerhofferit, Türkiye'deki yataklarda, kalsiyum borat eriyiklerinden, inyoitin su kaybetmesi ile (dehidrasyon) oluşmaktadır.

Kolemanit ($2 \text{CaO} \cdot 2 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), borlar İçinde en yaygın mineral olduğundan bazı bor yatakları genellikle ticari anlamda, kolemanit yatakları olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu mineral, çok küçük yıldız şeklindeki kristal kafeslerinden, 50 cm. çapındaki küresel ve şekilli nodüllere kadar değişen birçok formlarda ve sürekli tabakalar halinde bulunmaktadır, nodülleri oluşturan bireysel kristaller renksiz yada parlak, koyu mavi ve lacivert renktedir. En yaygın kristal şekilleri şunlardır :

- Bir merkezden yayılan ışınsal yapıli nodüler formlar
- Masif taneli kolemanit
- Bir kil hamuru içinde, genellikle yıldız şeklinde saçılmış, kristaller
- Nodüllerin etrafını saran lifimsi tabakalar
- Kille ara katmanlanmış, bazen de breşleşmiş (ince tabakalar ve oyuk dolguları
- Keskin öz biçimli kristaller

Bunlar İçinde, nodüller en yaygın kolemanit formlarıdır. Ancak, söz konusu nodüller çok çeşitli şekillerde ve boyutlardadır. Küçük nodüllerin küresel, büyük nodüllerin İse

oval şekilleri egemendir. Bazıları, boyutları göz önüne alınmaksızın, oyuklar kapsamakta olup, bunlar sıvı kapsamaktadırlar, Diğerleri İse, orijin bakımından İkincil oyuğun ürünü olan kaba kristalli, taneli, kolemanit çekirdeğine sahiptir. Daha ayrıntılı bir araştırma, söz konusu nodüllerin (düğümelerin) her tabakada sürekli olmayan ince kil ara katkıları ile ayrılarak, birbirini izleyen aşamalarda nodülü oluşturan her katmanın geliştiği gözlenir, Kolemanit kristallerinin daha sonraki oluşan kısımları, orijinal nodul üzerinde ayrı çekirdeklenme (nucleation) merkezlerinden yayılmaktadır. Genellikle, nodul büyümesinin bütün aşamalarını teşhis etmek zordur. Ancak bileşimindeki kilin varlığından, söz konusu nodüllerin, sediman /su ara yüzü altındaki killer ve tüller içinde oluşmuş oldukları açıktır, Emet yataklarında gözleendiği gibi nodüller tortullar sıkılaştırken büyümeye olasılıkla devam etmişlerdir. (Helvacı ve Firman, 1976 ve Helvacı 1977). Kolemanit, Kırka, Bigadiç ve Kestelek yataklarında üleksitin bozulmasından ve myolitin dehidrasyonundan da oluşmaktadır. (İnan vd, 1973; ve Özpeker, 1969).

Tersit ($4\text{CaO} \cdot 5\text{BaO} \cdot 8 \cdot 2\text{OH}_2\text{O}$), Bigadiç yataklarında sadece bir mevkide bulunmaktadır. Beyaz olup çok ince lifler İhtiva etmekte, ipek gibi parlamakta ve üleksit gibi görünmektedir. Bazen toprak yapısı göstermekte ve bulunuşunun ender olması nedeniyle diğer borat minerallerle arasında tekdir (Meixner, 1952).

Pandermit (priceite) ($4\text{CaO} \cdot 5\text{BaO}_9, 7\text{H}_2\text{O}$), Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir. Bulunduğu yerin ismi verilmiştir, daha sonra Oregon, ABD'den elde edilen priceitenin tanımlanmasıyla pandermitin özdeşi olduğu kabul edilmiştir. Pandermitin presit ile özdeşliği kimyasal ve optikal araştırmalarla saptanmıştır, Pandermit, jips ve kil düzeylerinin altında nodüller ve bir ton ağırlığa kadar ulaşan kütleler halinde bulunmaktadır. Beyaz renkte ve yekpare olarak görünmektedir. bazen de kireçtaşına benzemektedir. Pandermit ayrışınca kolemanit ve kalsite dönüşmektedir, genellikle kolemanit, jips ve kalsit ile birlikte bulunmaktadır.

2.2.1.2 Sodyum-Kalsiyum Boratlar

Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), yataklarda bulunan Na-Ca borat serisinin en önemli mineralidir. Üleksit, Emet yataklarında üç, düzeyde ve her zaman masif ve karnı bahar

gibi nodüller halinde bulunmaktadır. Kırka yatağında lifli, konik, gül şeklinde "pamuk kozası" (cotton ball) ve sütun şeklinde gözlenmektedir. Bazen, masif ve karnı bahar şeklindeki nodüllerinin tepesinde çok İnce lifli üleksit kristallerinin büyümesi gözlenmektedir. Başlıca, 1–5 cm. uzunluğunda bağımsız yönlenmiş, kristallerden oluşan karnı bahar şeklindeki nodüller birkaç metre kalınlığa kadar erişen bağımsız düzeyler oluşturmaktadır. Üleksit, Emet yataklarında genellikle kolemanit ve hidroborasit ile birlikte bulunmaktadır, ancak kolemanit veya diğer minerallerden herhangi birisine dönüştüğü gözlenmiştir. Genellikle çok yumuşak görünümlüdür. Üleksitin en saf formu beyazdır, fakat kil içinde büyüyen nodül nedeniyle büyük bir kısmı gri tondadır. Böylece, Emet yataklarında kolemanit ve meyerhofferit gibi, üleksit nodülleri de tortul dışında değil tortul içinde gelişiyor görünmektedir (Helvacı vd, 1976. Helvacı, 1977).

Üleksit, genellikle Kırka yataklarındaki kil tabakalarında kurnakovit ve tunnellit ile birlikte ve borat tabakalarında da boraks, kolemanit ve İnyoit ile birlikte bulunmaktadır. Üleksitin konik ve gül şekilli agregatları, Kırka yatağında, boraks-kil ara yüzeyinde ki boraks tabakaları üzerinde borakstan türeyen ikincil mineral halinde bulunmaktadır (İnan vd, 1973). Lifimsi-optikal özellikleri gösteren üleksit Türkiye'deki yataklarda gözlenmemiştir. Çünkü üleksit, genellikle kil kapsamı nedeniyle saf halde görülmemektedir.

Probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Probertitin sınırlı bir dağılımı olup sadece, Kestelek yatağındaki kapalı işletmenin yapıldığı kesimde bulunmaktadır. Probertit, Kestelek'te kalsiyum-sodyum borat gövdesinin derin kısımlarında gelişmiştir. Probertit, kirli beyaz ve kirli açık sarımsı renklerde olup, ışınsal veya liflimsi şekilli kristaller halinde gözlenir. Kristal boyutları 8 mm İle 5 cm arasında değişir ve genellikle ışınsal bir yapı sunarlar . Çoğunlukla kristal araları kille doldurulmuştur. Probertit, Kestelek yatağında üleksiti ornatmış ikincil mineral olarak gözlenir ve üleksit, kolemanit ve hidroborasit ile birlikte bulunur.

2.2.1.3 Sodyum Boratlar

Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Kırka yatağında en bol bulunan borat mineralidir. (İnan, ve arkadaşları, 1973) ve bu nedenle Kırka genellikle boraks yatağı olarak adlandırılmaktadır. Boraks, Türkiye'de yalnızca Kırka yatağında gözlenmiştir. En yüksek konsantrasyonlu boraks söz konusu yatağın merkezindedir. Taze, saf boraks renksiz ve saydamdır ancak ince taneli ve kil ile ara katmanlaşmış olduğu bazı yerlerde, yabancı materyallerin ince bir şekilde birleşmesi nedeniyle, boraks açık pembe, sarımsı turuncu ve gri renklerde. Boraks, genellikle, 1 mm - 10 mm boyutlarındaki yarı öz biçimli ve biçimsiz kristaller halinde bulunmaktadır. Yarı öz biçimli boraks kristallerinin büyük kütleleri, genellikle, gömülmeden sonra meydana gelen oyuklar içinde bulunmaktadır. Bazen, boraks, kıl matrisinde saçılmış olan bireysel kristaller ve boraks breşi halinde gözlenmektedir, Tabakalanmayı bir başından diğer başına kadar keserek 10 metre uzunluğa ve 2 metre enine kadar ulaşan bazı çok büyük boraks damarları görülmüştür (İnan vd, 1973).

Boraks, başlıca kil ile ara katmanlaşmış ve tinkalkonit ve lifli yada "pamuk yumağı" şekilli üleksit ile birlikte bulunur ve hemen hemen tek mineralli aralarda gözlenmektedir. Birçok yerlerde boraks kristallerinin mostra verdiği kısımların üzerinde tinkalkonit ince bir film oluşturmaktadır ve boraks, boraks-kil ara yüzeylerinde üleksite dönüşüm göstermektedir.

Tinkalkonit, Kırka yatağına bağlı olup bu yatak da bağımsız kristaller oluşturmamakta, fakat yalnızca boraksın alterasyonu olarak bulunmaktadır. Tinkalkonitin çok ince mikroskobik kristalleri, rutubet ve sıcaklığa, atmosfere bağımlı olarak boraks ve kernit kristalleri üzerinde birkaç gün içinde hızla gelişirler (İnan vd,1973; Helvacı, 1977).

Kernit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), sınırlı bir dağılımı vardır ve sadece Kırka yatağında bulunmaktadır. Kernit, Kırka'da sodyum borat gövdesinin daha derin kısımlarında gelişmiştir.

Kernit, renksiz ve saydam, bazen bir zon veya boraks tarafından çevrilmiş, olan, beyaz uzunlamasına bireysel iğne şeklinde veya gruplaşmış iğne şeklindeki kristaller halinde gözlenmektedir. Bireysel kristaller 10 cm'e kadar değişen çeşitli uzunluklar göstermektedirler. Atmosferle temas eden kernit, dehidrasyon ile kernit kristalleri

üzerinde çok ince taneli tabakalar halinde tinkalkonite dönüşmektedir (Baysal, 1976; Helvacı, 1977).

2.2.1.4 Magnezyum-Kalsiyum Boratlar

Hidroborasit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$), büyük yatakların hepsinde bulunmakta ve farklı düzeylerdeki kil tabakalarında yersel olarak gözlenmektedir. Söz konusu mineral, İçlerinde, 0,5-5 cm, boyundaki, bir merkezden yayılan iğne şeklimdeki kristallerin rasgele yönelmiş olduğu kümeler (nodüller) oluşturmaktadır. Hidroborasitin bir merkezden yayılan iğne şeklindeki kristalleri birbirlerini keserler ve bunların grupları konik bir görünümündedir. Bazen hidroborasit, ara katmanlaşmış kil içinde ince düzeyler (seviyeler) oluşturmaktadır. İnce kesitte, hidroborasitin iğne şeklindeki kristalleri lifli bir dokuya sahiptir. Bu mineral genellikle beyaz olup bazen Emet yataklarındaki realgarın (kırmızı zırnık) ve orpimentin(sarı zırnık) bulunması nedeniyle sarımsı renkte görünmektedir, hidroborasit, kolemanit ve üleksit ile yersel olarak tunnellit ile birlikte bulunmaktadır (Helvacı, 1977).

İnderborit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 11\text{H}_2\text{O}$), çok nadir ve Kırka yatakları ile sınırlı olarak bulunmaktadır. Söz konusu mineral, üleksit ve özellikle kurnakovit ile yatağın içinde birlikte büyümüş olarak bulunmaktadır. İnderborit, uzunluğu birkaç cm' ye ulaşabilen kalın prizmatik kristaller şeklinde gözlenmektedir, İnderborit kristalleri genellikle, beyaz, yarı saydam olup yarılmaya yüzlerinde camsı ya da incimsi bir parlaklık göstermektedir. Renksiz ve saydam kristalleri de bulunmaktadır. İnderborit genellikle kurnakovit, üleksit ve kalsitle birlikte bulunmaktadır (Baysal, 1973).

2.2.1.5 Magnezyum Boratlar

İnderit ($\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 15\text{H}_2\text{O}$), Kırka yatağında gözlenmiştir ve amirli bir dağılıma sahiptir. Söz konusu mineral, yatak da ki borat zonunun sadece Üst kısmında kurnakovitle birlikte bulunmaktadır. İnderit, genellikle kurnakovit kristalleri ile bir arada bulunan radyal ve küresel (spherulitie) agregatlar halinde yada İnce çubuklar ve iğneler şeklinde gözlenmektedir, İnderit kristalleri 1-2 cm. uzunluğunda ve 1-2 mm, enindedir, Kristaller renksiz ve saydam olup yarılmaya düzlemlerinde camsı, muntazam olmayan

yüzeylerinde de donuk ve yağlı gibi bir parlaklığa sahiptir; Bazen, İnderit az miktarlarda kil ihtiva etmesi nedeniyle, gri renkte görünmektedir. Genellikle, kurnakovit ile yakın bir birlik içinde bulunmaktadır (Baysal, 1973).

Kurnakovit ($Mg_2B_6O_{11} \cdot 15H_2O$), Kırka yatağının üst kısmında bulunmaktadır ve ana borat gövdesinin tam üstündeki kilde süresiz bir düzey oluşturmaktadır. Kurnakovit düzeyi genellikle 1-2 cm uzunluğunda, renksiz, gri veya pembe, uzunlamasına, öz biçimli bireysel kristallerden ve/veya kristal agregalardan oluşmaktadır (İnan vd, 1973).

2.2.1.6 Stronsiyum Boratlar

Tunellit ($SrB_6O_{10} \cdot 4H_2O$), sınırlı bir dağılıma sahiptir ve Emet yataklarındaki borat zonunun sadece üst kısımlarında, Kırka ve Bigadiç yataklarında çok az olarak kil tabakalarında bulunmaktadır. Tunellit, Emet yataklarında genellikle 1,5 cm, uzunluğunda, tek tek yassılaştırmış kristaller ya da üleksit üzerinde (fakat ornatma şeklinde değil) çekirdeklenmiş tablamsı kristaller halinde gözlenmektedir. Saf, yassılaştırmış tunellit, kristalleri renksiz ve saydam olup muskovit pullarına benzeyen ve yassılaştırmış yüzeylerine paralel olan, mükemmel şekilde gelişmiş dilinimlere) sahiptir. Tunellit buna karşın, görünüşte ara katmanlaşmış killerde gelişmiş olan bir merkezden yayılan iğnesel yapıları küçük ve beyaz nodüller halinde bulunmaktadır. Tunellit, Emet yataklarında, üleksit ve kolemanit ile birlikte bulunmaktadır. Kırka yatağında İse hidroborasit ve üleksit ile bir arada var olmaktadır. Söz konusu mineral, Baysal tarafından (1972) Kırka yatağından, Helvacı ve diğerleri (1978) tarafından da Emet yataklarından tanımlanmaktadır. Ancak, Bigadiç yataklarında Güney ocaklarında, Tunellit, kolemanit, meyerhofferit, üleksit ve hidroborasit ile birlikte bulunmuştur.

Vicit, çok ender olarak Emet yataklarının kuzey havzasında bir düzeyde yersel olarak gözlenmektedir. Söz konusu mineral, küçük (çapı 2 cm. 'ye kadar) ve büyük (çapı 6 cm.'ye kadar) nodüllü, genellikle kil kapsamlı çok saf beyaz bir mineral olarak görünmektedir. Bazen çok küçük nodüller biraraya birleşmekte ve agrega benzeri bir görünüm göstermektedirler. Bireysel kristalleri X. ışınları incelenmesiyle Vicit ve p-Vicit (Braitsch, 1959) arasındaki farklılığı engelleyecek kadar kıvrılan çok küçük kristallerden oluşan kütleleri halinde tanımlanmaktadır. İdeal kristallerin mevcut

olmaması nedeniyle, Vicit ve p-Vicit arasındaki farklılığı ortaya çıkarmak amacıyla yapılan tek kristal incelemesi başarısız olmuştur (Helvacı, 1977). Viçlt genellikle, kolemanit ile birlikte bulunmaktadır. Arazi ve dokusal veriler, kolemaniti ornattığı ve diğer bir Sr boratı olan tunellit ile birlikte bulunmadığının göstermektedir. Vicit, Türkiye'deki borat yataklarında İlk defa, (Helvacı (1974) tarafından bildirilmiştir. Daha sonra Helvacı ve Firman (1970) tarafından irdelenmiştir.

2.2.1.7 Silisyum-Kalsiyum Boratlar

Havlit (Howlite) ($\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{B}_{10}\text{O}_{23}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$), çok sınırlı bir dağılıma sahiptir Bigadiç yataklarında, Özpeker (1989) tarafından gözlemlendiği bildirilmiştir. Ayrıca Sultançayırı yataklarında kolemanit, pandemit ve jips ile birlikte bulunduğu tespit edilmiştir (Helvacı, 1977). Havlit kompakt nodüler kütleler halinde, iç kısmı yoğun ve yapısal olmayan ve parlatılmamış porseleni hatırlatan bazen tebeşir gibi, topraksı pul pul, düzlem yapılı şekillerde gözlenmektedir. Söz konusu mineral ince küçük parçalar halinde beyaz veya yarı saydam olup genellikle kolemanit ile birlikte bulunmaktadır.

2.2.1.8 Kompleks Boratlar

Terugit (Terugite), çok saf beyaz ve çok küçük öz biçimli kristaller içeren, patates — nodüller— şeklinde Emet yataklarının güney havzasındaki bir seviyede seyrekçe bulunmaktadır. Terugit nodüllerinin çapları 2-10 cm.'ye kadar değişen boyutlardadır. Söz konusu toz gibi patates şeklindeki terugit nodülleri, yersel olarak çok küçük kahnit kürecikleri İhtiva etmektedir. Bu veri, borat yataklarında sözü edilen tipte terugit ve kahnit bulunmasıyla ilgili İlk kayıttır (Helvacı ve Firman, 1976).

Emet yataklarındaki terugitin kristal yapısı Negro, Kumbasar ve Ungaretti (1973) tarafından tanımlanmıştır. Terugit ve kahnitin Emet yataklarında seyrek olarak bulunuşu, arsenik sülfidlerin yataklardaki hemen hemen evrensel dağılımı ile karşılaştırıldığında, arsenik kapsayan boratların, sülfid bakımından fakir olan kesimlerdeki göl sularında oluştuğu fikrini vermektedir. Ters durumda arsenik, arsenikti boratlar yerine realgar halinde çökelirdi, terugit, kahnit ve kolemanit ile birlikte bulunmaktadır. İnce kesitlerde terugit kristalleri renksiz, prizmatik şekilli ve c eksenini

boyunca oldukça uzundur. Söz konusu kristaller, genellikle, çok küçük ve iğne şeklinde görülmektedirler. Bazen kahnit kürecikleri terugit kütlelerinde gözlenmekte ve lifli kahnit kristalleri ışınsal bir doku göstermektedirler.

2.2.1.9 Bileşik Boratlar

Kahnit, İlk defa, Palache ve diğ., (1927) tarafından, Franklin ve New Jersey'de, ana cevher gövdesini kesen pegmatitlerle birlikte bulunan aksinit damarcıklarının oyukları içinde görüldüğü bildirilen kahnit, çek ender bulunan bir borat mineralidir, Kahnit, Bugge (1951) tarafından Klodeborg ocağı, Arendal, Norveç'de ve Malinko (1966) tarafından Doğu Sibirya, Rusya'da skarn zonlar da bulunmaktadır, Kahnitin, filipsit ve çabazit ile birlikte kalsitin Üzerinde bulunan ve Capo di Bove'de (Roma, İtalya) gözlenen koyu gri lösitik lav içindeki bir oyukta da bulunduğu Embrey (1960) tarafından bildirilmektedir. Kahnit, ilk defa Helvacı ve Firman (1976) tarafından Emet borat yataklarında bulunduğu bildirilmiştir. Kahnit, ilk olarak tortul borat yataklarında saptanmıştır. Söz konusu mineral, Emet borat yataklarının güney alanında, ince kristallerden oluşan patates şeklindeki terugit nodüllerinin içinde çok küçük kürecikler halinde ve kuzey alanda kolemanit nodüllerin içindeki oyuklardaki öz biçimli kolemanit kristallerinin üzerinde sıvama halinde bulunmaktadır. Emet yataklarında, kuzey havzada kalsit ve kolemanit ile birlikte, güney havzada da terugit ve kolemanit ile birlikte gözlenmektedir. Çapı 2 mm'yi nadiren geçen ve çoğunlukla tek olarak ve ara sıra da iki ya da üçü birleşik bulunan kahnit kürecikleri genellikle çok küçüktür. Söz konusu mineral, beyaz ve açık kahverengi olup göze batar derecede yağlı ve cilalıdır, ince kesitlerde, kahnit kürecikleri, genellikle ışınsal bir doku gösteren iğne şeklinde ve lifli kristaller ihtiva etmektedirler.

2.2.1.10 Borat Olmayanlar

Yatakların borat zonlarında, boratlarla birlikte bulunan bir kaç borat olmayan mineral gözlenmektedir. Genellikle, borat mineralleri kalsit, dolomit, anhidrit, jips, sölestin, realgar ve orpiment ile birlikte bulunmaktadır. Belirtilen son iki mineralle sölestin, tabii kükürt ve jips Kırka yatağında görülmektedir. Buna kargın bu mineraller bütün Emet

yataklarında bol olarak bulunmaktadır. Dolomit Emet yataklarında gözlenmemektedir, kalsit, kuvars ve çört bütün yataklarda yaygındır, jips ve kalsit, diğer tüm borat yataklarında bulunan borat olmayan yaygın minerallerdir, Anhidrit, yalnızca Bigadiç yataklarında gözlenmiştir. Bütün yataklarda montmorillonit ve illit gibi kil mineralleri ve Emet yataklarında sülfid ve kükürt mineralleri her zaman bulunmaktadır.

2.2.2 Ticari Bor Mineralleri

Doğada bulunan ve ticari öneme sahip bor mineralleri çizelge 2.3'de verilmiştir. Ticari öneme sahip olan bor mineralleri; tinkal, kolemanit, kernit, üleksit, pandemit, borasit, szaybelit, hidroborasit gibi minerallerdir.

Çizelge 2.3 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri (DPT, 2001)

Mineral	Formülü	% B ₂ O ₃	Bulunduğu yer
Boraks (Tinkal)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36.6	Kırka, Emet, Bigadiç, A.B.D
Kernit (Razorit)	Na ₂ B ₄ O ₇ .+H ₂ O	51.0	Kırka, A.B.D., Arjantin
Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ .8H ₂ O	43.0	Bigadiç, Kırka, Emet, Arjantin
Propertit	NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O	49.6	Kestelek, Emet, A.B.D
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	50.8	Emet, Bigadiç, Küçükler, A.B.D
Pandermit(Priseit)	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O	49.8	Sultançayır, Bigadiç
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	62.2	Almanya
Szaybelit	MgBO ₂ (OH)	41.4	B.D.T. (Eski S.S.C.B.)
Hidroborasit	CaMgBO ₁₁ .6H ₂ O	50.5	Emet

2.2.2.1 Boraks (Tinkal) (Na₂B₄O₇.10H₂O)

Tabiatta genellikle renksiz ve saydam olarak bulunur. Ancak içindeki bazı maddeler nedeniyle pembe, sarımsı, gri renklerde de bulunabilir. Sertliği 2- 2.5 (Mohs), özgül ağırlığı 1.7 gr/cm³ B₂O₃ içeriği % 36.5'dir.

Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkonite dönüşebilir. Kille arakatlı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir (DPT, 2001).

2.2.2.2 Kernit (Razorit) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Tabiatta renksiz, saydam uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3 (Mohs sertliği), özgül ağırlığı 1.95 gr/cm^3 ve B_2O_3 içeriği %51'dir. Soğuk suda az çözünür. Kırka'da Na-borat kütesinin alt kısımlarındadır. Dünya'da ise Arjantin ve A.B.D.'de bulunur (DPT, 2001).

2.2.2.3 Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

Tabiatta masif, karnıbahar şeklinde, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı, beyaz rengin tonlarındadır. İpek parlaklığında olanları da vardır. Genelde kolemanit, hidroboraksit ve probertit ile birlikte teşekkül etmiştir. B_2O_3 içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır (DPT, 2001).

2.2.2.4 Probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir. B_2O_3 içeriği % 49.6'dır. Kestelek yataklarında üleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet'te tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur (DPT, 2001).

2.2.2.5 Kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Monoklinik sistemde kristallenir. Sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı 2.42'dir. B_2O_3 içeriği % 50.8'dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözünür. Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır.

Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada A.B.D.'de bulunur (DPT, 2001).

2.2.2.6 Pandermit (Priseit) ($\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Beyaz renkte ve yekpare olarak teşekkül etmiş olup kireçtaşına benzer. Ülkemizde Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir. B_2O_3 içeriği % 49.8'dir (DPT, 2001).

2.2.2.7 Hidroborasit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Bir merkezden ışınsal ve iğne şeklindeki kristallerin rasgele yönlendirilmiş ve birbirini kesen kümeler halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir. B_2O_3 içeriği % 50.5'tir. Beyaz renkte, bazen içerisindeki impüritelere bağlı olarak sarı ve kırmızımsı renklere (arsenik içeriğine göre) kolemanit, üleksit, probertit, tunalit ile birlikte bulunur. Ülkemizde en çok Emet, Doğanlar, İğdeköy yörelerinde ve Kestelek'te oluşmuştur (DPT, 2001).

2.3 Bor Yataklarının Köken Ve Oluşumu

Bor, doğada ortalama olarak karasal sularda 0,1 ppm, yer kabuğunda 3 ppm ve deniz sularında 4,6 ppm oranlarında bulunan ender bir elementtir. Borun ekonomik olarak kabul edilebilecek konsantrasyona ulaştığı sayılı miktarda zuhur vardır. Konsantrasyonun olduğu yerlerde ise genelde yersel bir volkanik aktivite (bor kaynağı olarak), göl gibi bir su kütlesi (bor bileşiklerini çözen) evapoarasyon koşulları (çökelme noktasında çözeltiyi konsantre eden) ve üstüne gelen koruyucu tortul tabaka (kolay çözünebilen bor minerallerini koruyan) yer alır (Helvacı C, 2004).

Türkiye'deki bilinen başlıca borat yatakları Zonguldak-Mersin hattının batısında kalan bölgelerde yer almaktadır. Bu yatakların karasal ortamda (akarsu ve göl) depolanmış marn ve killerle, bazen kireçtaşları ile ara katlı olarak miosen ve pliosen tortul serileri içinde oluştuğu ve yataklar için gerekli borun bölgede varlığı, izlenen volkanik faaliyet-

lerin çeşitli safhaları ile ilgili jüvenil getirimli olduğu belirtilmektedir (Eti Maden, 2006).

Dünyadaki başlıca bor yatakları levha sınırları ile ilişkili tektonik olarak aktif açılmalı bölgelerde bulunur. ABD, Güney Amerika ve Türkiye'deki ekonomik yatakların çoğunun karasal tortullar ve neojen yaşlı volkanizma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Birçok eski skarn yataklar da karasal volkanik kaynaklar ile ilişkilidir.

Denizsel borat yatakları, olasılıkla normal deniz suyunu borca zenginleştiren bir deniz tabanı kaynağı veya ilerlemeli olarak suyun uzaklaştırılarak borun konsantre edildiği kapalı havzalarla ilişkilidir. Magmatik ve metamorfik kayalarla ilişkili boratların, magmatik segregas-yonunun son fazı veya hidrotermal akışkanlar tarafından sokulum kayalarından yıkıldığı şeklinde düşünülmektedir (Watanabe, 1964).

Bor yataklarının özellikleri genel olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Türkiye bor yatakları Miyosen yaşlı playa-göl ortamlarında oluşmuştur.

Yatakların tümünde bor elementinin kökeni volkanik aktivite ve hidrotermal sistemlerdir.

Yataklarda bor mineralleri; çamurtaşı, kilitaşı, şeyil, tuf ve ince bantlı kireçtaşları gibi tortul kayalar içinde gelişmiştir.

Bor yatakları, tortul kayalar içinde merceksel yapılar sunar.

Bor yataklarında bor minerallerinden önce ve sonra yaygın olarak kireçtaşı ve kilitaşı çökeli mi gerçekleşmiştir.

Bor yataklarında, bor çökeli minden önceki evrede değişik boyutlarda kömür yatakları gelişmiştir.

Yataklarda bor minerallerinin çökeli m istifi Ca-boratlar ile başlar ve sırasıyla Ca-Na ve Na-boratlar olarak devam eder.

Türkiye, dünyada ekonomik (Na-borat) olarak en çok kullanılan boraks, ülesit (Na-Ca borat) ve kolemanit (Ca-borat) yataklarına sahiptir.

Türkiye Dünya bor rezervlerinin %70'ine sahiptir.

Bor yataklarının Batı Anadolu'daki dağılımı aşağıdaki gibidir;

Bigadiç kolemanit ve üleksit yatakları (Balıkesir)

Sultançayır pandemit yatağı (Balıkesir)

Kestelek kolemanit ve probertit yatağı (Bursa)

Emet kolemanit yatağı (Kütahya)

Kırka boraks yatağı (Eskişehir)

Bigadiç borat yatakları Neojen yaşlı playa göl tortullarından yapılı KD-GB uzanımlı bir havza içinde iki farklı zonda yer alırlar. Bölgedeki volkano-sedimenter istif, alttan üste doğru taban volkanitleri, taban kireçtaşı, alt tuf, alt borat, üst tuf, üst borat ve olivinli bazalt birimlerinden oluşur. Bölgedeki Neojen istifi, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel karmaşığı üzerine uyumsuzlukla oturur (Helvacı ve Alaca 1984; Helvacı, 1995). Alt ve üst borat yatakları, kurak iklim koşullarında, yerel volkanizmayla bağlantılı olan hidrotermal çözeltiler ve sıcak su kaynakları ile beslenen sahalarda gelişmiş, ayrık veya birbirleriyle bağlantılı olabilen playa göllerinde oluşmuşlardır. Yataklar tuf, tüfit, kil, marn ve kireçtaşları ile ara katkılıdır.

Sultançayır (Susurluk), Türkiye'nin bilinen en eski borat yatağıdır. Sultançayır'daki Neojen istifi 750 metreyi bulan tortulları içerir. Bu istifin alt kesimindeki pandemit, kolemanit ve jips oluşukları; linyitli bir seviyenin, üstüne gelen kireçtaşı, marn ve volkanik tüflerin içinde bulunurlar; istifin üst kesimini, tuf, marn ve kireçtaşı ardalanması oluşturur (Helvacı, 1994; Orti ve diğ., 1998). Bu yataklar 1954 yılında rezervin bittiği gerekçesiyle kapatılmıştır. Fakat bu bölgede daha yaygın yatakların bulunacağını kanıtlayan verilerin bilinmesi, bu bölgelerin yeniden önem kazanacağını kanıtlamaktadır (Helvacı, 1994).

Kestelek bölgesindeki Neojen tortulları Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı bir temel karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturur. Tabanda konglomera ve kumtaşı ile başlayan çökeller, linyit düzeyleri içeren kil, marn, kireçtaşı, tuf ve aglomera ile devam eder. Daha sonra ortamın tektonik duraylılık kazandığı dönemde çökelen boratlı zondaki, marn, kireçtaşı, tuf ve borat yatakları oluşmuştur. Bu dönemde volkanik faaliyet artmış ve tortullarla birlikte çökelen tuf ve aglomeraların yanısıra, andezitik ve riolitik bileşimli volkanitler gelişmiştir. Bu dönemden sonra bölgedeki istif, gevşek çimentolu konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması ile tamamlanır (Özpeker, 1969 ; Helvacı, 1994).

Emet bölgesindeki Neojen istifi, Paleozoyik yaşlı mermer, mikaşist, kalkışist ve kloritşist gibi metamorfik kayalar üzerine uyumsuzlukla gelir. Helvacı'ya (1977) göre, bu bölgedeki istif alttan üste doğru aşağıdaki birimlerden oluşur.

(a) çakıltaşı ve kumtaşı (b) marn ve tuf mercekleri içeren ince katmanlı alt kireçtaşı, (c) ortaç ve asidik volkanitler, tuf ve aglomeralar, (d) kömür ve jips bantları içeren çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn ve kireçtaşından oluşan kırmızı birim, (e) borat yataklarını içeren kıltaşı, tuf, tüfit ve marn, (f) kıltaşı, marn ve çört mercekleri içeren üst kireçtaşı, (g) bazalt (Helvacı ve Firman, 1976; Helvacı ve Orti, 1998).

Kırka borat yataklarındaki Neojen volkano-sedimanter istifi, Mesozoyik yaşlı ofiyolit karmaşığı ile Paleozoyik yaşlı metamorfik karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturan fosilli Eosen kireçtaşları ile başlar. Diğer kesimlerde temeldeki karmaşık üzerine doğrudan doğruya Miyosen tortulları gelir. Bu bölgedeki Neojen istifi, Eosen fosilli kireçtaşları üzerine gelen tüfler ve volkanikler ile başlar, üste doğru alt kireçtaşı, marn ve tuf, kıltaşı - borat zonu, üst kıltaşı, tuf, marn ve ince kömür bantları ile çört düzeyleri içeren üst kireçtaşı ve bazalt birimlerini kapsar (İnan, 1972; Helvacı, 1977; Sunder, 1980).

Borlar farklı yollarla konsantre olurlar.

2.3.1 Borların Konsantre Olma Şekilleri

2.3.1.1 Kimyasal Çökeltme

Playa tipi havzalardaki bor içeren kaynaklar bulunduğu,

Örnek : ABD' deki Boron, Searles Lake ve Kaliforniyadaki Billie yatakları; Türkiye'de Kırka, Sultançayır, Bigadiç ve Emet yatakları.

Tuz oluşturan evaporit döngüsünde kapanma dönemindeki (son evre) deniz suyundan çökeltim,

Örnek : Stassfurt, Almanya; yorkshire, İngiltere.

2.3.1.2 Kontakt Metasomatik (Skarn) Bor Yatakları

Ludvigit, kotoit ve askarit gibi magnezyum borları oluşturan dolomit ve magnezitler şeklinde,

Örnek : Rusya'daki Tezhnoe yatakları, Yakutia; Kuzay Kore'deki Hol-Kol yatağı

Datolit ve danburit gibi bor silikatları oluşturan kireçtaşları,

Örnek : Ak Akhdar, Pamir, ve Dalnegorskoye, Primorsky, Rusya

Volkanitlerle ilgili borik asit çıkışları ve çökelimleri

Örnek : ABD'deki Clear Lake, Lake Conty, California; Şili'deki Salar de Surire; İtalya'daki Maremma sahası, Tuscany.

Bor yataklarının oluşumu Kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir :

Bor elementini (B) nadir elementlerden olmasına karşın (yer kabuğunda ortalama 100 ppm), belli yerlerde çok yüksek konsantrasyonlarda bulunur.

Yüz ellinin üzerinde mineralin değişik jeolojik ortamlarda bor içerdiği bilinmektedir.

Bunlar üç gruba ayrılmaktadır :

1-Silikat ve demir oksitlerden yapıları ve sokuşumları ile ilişkili skarn grubu,

- 2-Denizsel evaporitik tortullar içersinde bulunan magnezyum oksit grubu,
- 3-Patlamalı volkanik aktivite ve gölsel (playa gölü) tortullar ile ilişkili Na ve Ca borat grubu,

Aşağıdaki koşullar playa gölü volkano-sedimanter istiflerde ekonomik boyutlu borat yataklarının oluşumu için esastır.

Playa gölü ortamının oluşması,

Playa gölünde, andezitten riyolite kadar bileşim sunan volkanitler, Havzaya doğrudan kül yağışı, graben fayları boyunca hidrotermal akışkanlardan kaynaklanan bor zenginleşmesi gerçekleşir.

Volkanizma yakınında termal kaynaklar, Kurak ve yarı kurak iklim koşulları gerekir. Göl suyu pH'ı 8,5-11 arasında olmalıdır (Helvacı C. , 2004).

2.3.2 Borların Yataklanması

2.3.2.1 Karasal Havzalardaki Bor Yatakları

Bilinen en büyük bor yatakları kimyasal çökel şeklidir ve kil taşları, çamurtaşı, tuf kireçtaşı ve benzer gölsel tortullar ile ardalanmalı olarak bulunurlar. Bu yatakların çoğu aktif volkanizma ile doğrudan ilişkilidir. Volkanik aktivite ile ilişkilidir. Volkanik aktivite ile ilişkili termal kaynaklar ve hidrotermal çözeltiler borun en olası kaynağı olarak kabul edilmektedir.

Borların çökelmiş olduğu havza ve borun konsantre olduğu kaynağın yanı sıra kurak ve yarı kurak iklim koşulları da kolayca çözünebilir borların ekonomik miktarda konsantrasyonu ve çökelişi sırasında önemli bir koşuldur. Çözünebilir borlar ancak gömülme ile korunabilir ve orta tersiyer öncesinde çözünebilir borat yataklarının bulunmaması uzun jeolojik zamanlar boyunca sadece gömülmenin de yatakları korumada yeterli olmadığını göstermektedir.

Denizsel olmayan havzalarda sulu borların çökelişi birkaç şekilde olur. Birincil bor minerali olarak üleksit, boraks ve inyonit, bor kaynağı olarak termal kaynaklar etrafında çökebilirler. Borlar, ayrıca bor kaynakları ile beslenen küçük gölcüklerde, boraks

kristalleri taban çamurlarında veya Clear Lake ve Şilide olduğu gibi yer yer kuruyan kenar kesimlerinde oluşur. Kaynak akışı az veya kesikli olduğunda evaporasyon, kenarlarda kabuk veya yüzey çökelişi olarak, veya yüzeyin hemen altında kristal kümeleri şeklinde gelişir. En son olarak, göllerdeki oluşumlar mevsimsel sellenmenin fazla olduğu göl yataklarında veya Boron ve Kırka'da olduğu gibi kapalı havzada kimyasal çökelişimin geliştiği ortamlarda gözlenir.

Olasılıkla, kaynak önü ve küçük göl çökelleri arasında tam bir derecelenme vardır. Bu tip borat gölleri temelde tek mineralden yapıları olup diğer tuzlar büyük miktarlarda bulunmaktadır. Bununla birlikte, yeterli miktarda borat içeren karışık tuz ve/veya tuzlu su içeren başka tip borat yatakları da mevcuttur (MTA, 2003).

2.3.2.2 Denizel Evaporitler

Denizel kökenli borlar, sadece Avrupa'da ekonomik miktarlarda bulunmaktadır. Bunlar, permiyen tuz çökelleri ile ilişkili magnezyum boratlarıdır. Almanya'da potasyum madeninin yan ürünü olarak ve Kazakistan'ın İnder bölgesinde üretilmiştir. Borlar İnder bölgesinde çok büyük tuz domu kompleksinin tepe noktasında damarlar şeklinde yer alır ve tuz domunun sokulumu sırasında tuzdan ayrılıp konsantre olarak geliştiği ortaya konulmuştur. Kazakistan üretiminin kaynağı olan İnder Gölü tuzlu sularının, büyük İnder tuz domu kompleksinden yıkanarak biriken bor oluşumu olduğu gözlenmektedir. Hazar Denizi'nin doğusundaki Kara-bagaz-gol lagününe ait boratların ise denizel tuzlu sulardan geldiği bilinmektedir (MTA, 2003).

2.3.2.3 Magmatik Kaynaklar

Pegmatitler ve kontakt metamorfik kayalar, datolit, ludvigit, paigeit ve turmalin gibi bor içeren mineral topluluklarına sahiptir. Bunlar, granit magmasının kristalleşmesi ile hemen hemen doğrudan ilişkili bor konsantrasyonları içerirler. Yapılan analizler, granitlerde yaklaşık 10 ppm bor olduğunu ve nadiren 300 ppm e kadar ulaştığını göstermektedir. Bununla birlikte, bor minerali yaygın kayalar yapan minerallerin kafes yapısına kolaylıkla girmemektedir ve bu nedenle magma kristalleşirken dışarı atılan su ile uzaklaştığı düşünülmektedir. 300-400 °C gibi yüksek sıcaklıklarda ve sokulum

dokunağı boyunca yüksek basınç altındaki akışkanlar yan kayaçtaki bir miktar borun ayrılmasına imkan vermektedir. Ekonomik düzeyde demir ve magnezyum cevherleri ile ilişkili bu tür borlu skarn yatakları, Rusya ve Çin'de işletilmektedir. Türkiye'deki bazı granit sokulumlarının çevresindeki skarn yataklarda borosilikatların varlığı araştırılmalıdır (MTA, 2003).

2.4 Türkiye'nin Başlıca Borat Yatakları

2.4.1 Kırka Borat Yatakları

Ankara'nın 240 km batısında Eskişehir ili sınırları içerisindedir. Yataklar Neojen-tortular arasında yer almaktadır. Miosen'de mevcut göl ortamlarına volkanik faaliyetler neticesinde fay zonlarından gelen hidrotermal çözeltilerin; ortamın fiziko-kimyasal koşullar altında çökerek boratlar oluşturduğu sanılmaktadır. Boratlar kil, tuf ve marn ile ara katlı olup, kireçtaşı borat merceklerinin altında ve üstünde bulunur. Yatağın sondajlarla kesilen kalınlıkları 2-150 m arasında değişmekte olup, aritmetik ortalaması 70 metredir.

Yataktaki başlıca bor mineralleri tinkal, kolemanit ve üleksittir. Bu minerallere ilaveten yatakta tinkalkonit, tünelit ($\text{SrB}_6 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), kurnakovit, inyoit, meyerhofferit ve hidroborasit mineralleri de oluşmuştur. Boraks konsantrasyonunun en yüksek olduğu yer, yatağın merkezi olan Sarıkaya'dır. Boraks, 1mm-1cm iriliğinde sübhedral ve anhedral kristaller halindedir. Yatağın kenar kesimlerinde ana mineraller üleksittir ve genellikle lifli, masif yapıdadır. Kolemanit, yatağın alt ve üst kısımlarında yumrular ve "geod"lar halinde bulunur. Yatakta birbirine tedricen geçiş gösteren ve boraks kristalleri ile killerin yer değiştirmesine göre sınıflandırılan 3 tip cevhere rastlanmaktadır; bantlı cevher, bileşik cevher (yeşilimsi, sarımsı ve kahverenginin değişik tonlarında), camsı cevher (saydam, beyaz renkte olup tuz görünümündedir). Kırka boraks yatağı dünyanın en büyük rezervine sahip olup, toplam rezerv 520 milyon ton dolayındadır.

Yatağın ortalama B₂O₃ tenörü % 24.7'dir.

2.4.2 Emet Borat Yatakları

Kütahya ili sınırları içinde, Kırka ve Bigadiç cevherleşme zonları arasında yer almaktadır. Cevher yatakları, orta Oligosen'de playa göllerinin çamurlar içinde oluştuğu belirtilmektedir. Bor mineralleri; marn, volkanik tuf ve killere arakatlı olarak iki sedimanter havzadan oluşmuşlardır. Bölgedeki başlıca borat zonlar; Hisarcık, Espey, Killik ve Hamamköy yörelerindedir. Yataklarda en çok bulunan bor minerali kolemanit olduğundan, ticari açıdan kolemanit yatakları olarak adlandırılırlar. Kolemanit çoğunlukla yumrular halinde cevherleşmiştir. Küçük yumrular küresel, iri yumrular ise ovoiddir. Yataklarda yan bor mineralleri olarak meyerhofferit, üleksit, tunelit, terugit, hidroborasit ve veatcit görülür. Emet borat yataklarının toplam rezervi 345 milyon ton dolayındadır. Ortalama B₂O₃ % 40'dır (Helvacı, 2001).

2.4.3 Bigadiç Borat Yatakları

Yatakları, Balıkesir ili Bigadiç ilçesinin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bigadiç borat havzası yaşlı neojen tektonik bir gölün kapladığı alandır. Yataklarda; marn, borat, kil ve tuf ardışık dizilmişlerdir. Boratlar 1-3 m kalınlıkta tabakalar halinde killere arasında yer alır. Başlıca mineraller kolemanit ve üleksittir. Kolemanit yataklarındaki arsenik oranı çok düşüktür ki bu özellik cevherin önemini artırmaktadır (Helvacı, 2001).

Yatakların rezerv durumu;

Kolemanit	: Toplam 58 milyon ton, ortalama % 30 B ₂ O ₃
Üleksit	: Toplam 11 milyon ton, ortalama % 30 B ₂ O ₃

2.4.4 Kestelek Borat Yatakları

Bursa ili'nin Mustafa Kemal Paşa ilçesinin güneydoğusunda yer almaktadır. Yatak, klasik Neojen sedimantasyonunda oluşmuştur. Neojen tortuların kalınlığı yer yer volkanitlerle ve genç alüvyonlarla örtülmüştür. Boratlı katmanlar, kil-marn tuf serisi içinde oluşmuştur. Killerle ayrılmış üç boratlı katman vardır. Bu katmanlarda boratlar kolemanit yumrular biçimindedir. Yumruların büyüklükleri bir kaç cm'den 80-100 cm'ye kadar değişir. Başlıca bor minerali kolemanit olup, hidroborasit, probertit, meyerhafferit ve üleksit yan mineraller olarak görülür. Yatağın ortalama % 29,4 B₂O₃ tenörlü toplam 7 milyon ton rezervi vardır (Helvacı, 2001).

2.5 Bor Rezervleri

2.5.1 Dünya Bor Rezervleri

Dünyadaki önemli bor yataklarının ise; Türkiye, Rusya ve ABD'de olduğu bilinmektedir. Ülkemizden sonra dünyanın bilinen en önemli bor yatakları ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki Mojave Çölü'ndedir. Yine aynı bölgede Searles Gölünde önemli borat yatakları mevcuttur (DPT, 2001).

Dünya ticari bor rezervleri genellikle 3 bölgede toplanmaktadır.

Amerika'da Güney-Batı Mojave Çölü

Türkiye'yi de içeren güney-orta Asya orojenik kemeri

Güney Amerika Andean belt

Çizelge 2.4 Dünya Bor Rezervleri (Bin ton B₂O₃) (DPT, 2001)

Ülkeler	Görünür Rezervler	Muhtemel Rezervler
Türkiye	227.000	624.000
A.B.D.	40.000	40.000
Rusya	40.000	60.000
Çin	27.000	9.000
Bolivya	4.000	15.000
Şili	8.000	33.000
Peru	4.000	18.000
Kazakistan	14.000	1.000
Sırbistan	3.000	0
TOPLAM	369.000	807.000

2.5.2 Türkiye'deki rezerv durumu

Bor mineralleri rezervlerinin doğal olarak bu bölgede toplanmış olması, aramaları ve işletme kurulmasını kolaylaştırmıştır.

Türkiye'nin bilinen bor tuzu rezervlerini aşağıdaki çizelgede ayrıntıları ile izleyebiliriz.

Çizelge 2.5 Türkiye'nin bilinen bor rezervleri (ton) (DPT, 2001)

İl	İlçe	Görünür	Muhtemel+mümkün	Toplam
Balıkesir	Bigadiç	4.620.000	20.000.000	14.620.000
Bursa	M.Kemalpaşa	50.000	100.000	150.000
Eskişehir	Seyitgazi-Kırka	10.450.000	401.500.000	411.950.000
Eskişehir	Seyitgazi-Göçenoluk	1.500.000	2.000.000	3.500.000
Kütahya	Emet	13.650.000	15.000.000	28.650.000
TOPLAM		330.270.000	428.600.000	458.870.000

Emet bölgesi. - Cevherleşme iki bölgede görülür.

a. Hisarcık ve çevresi: Emet'in güneybatısındaki Hisarcık bölgesinde Türkiye'nin en büyük bor işletmesi bulunmaktadır. Cevher içeren katman 20-30 m kalınlığında olup hidrotermal gelişlidir. Bölgenin görünür rezervi 9 650 000 tonun üzerindedir.

b. Çalçağıl-Killik: Emet'in hemen kuzeybatısındadır. Zuhurlar iki kesimde işletilmektedir. Oluşum bakımından Hisarcık zuhurlarıyla benzer özellik gösterir.

Görünür rezerv 4 milyon ton kadardır.

Bigadiç bölgesi.- Bigadiç zuhurları, ilçenin 5-15 km kuzeydoğusundaki Kadıköy, Faraş, Çamköy, İskele, Yeniköy ve Salmanlı köyleri yakınlarındadır.

Yataklar kapalı çukurlar olarak görülür. Eğim 5°-45° arasında, cevher katmanı kalınlığı 0.5-10.0 m kadar ve kapladığı alan 5-15 km² dir. İlk işletme 1950 yılından sonra kurulmuştur.

Bölgenin görünür rezervi 4 620 000 tonun üzerindedir.

Seyitgazi bölgesi. - Zuhurlar Eskişehir'in güneyindeki Kırka bucağının batısında çeşitli kesimlerde bulunurlar.

Açık işletmeye elverişli olanları vardır. Yatağın kalınlığı genellikle kil ara katkılı olarak 40-60 m kadardır.

Bölgenin rezervi 10 450 000 ton olarak saptanmıştır.

M. Kemalpaşa bölgesi. - Zuhur Uluabat gölü güneyindeki Kestelek köyü yakınındadır. Cevher katmanı kalınlığı 3-8 m arasında değişmektedir. Cevher içinde bölge için bir özellik sayılan 0.50 metre çaplı kristalli boşluklara rastlanır.

Görünür rezerv 50.000 ton kadardır.

Susurluk bölgesi.- Balıkesir'in 30 km kadar kuzeydoğusunda bulunan bu zuhurlar, ülkemizin işletilen ilk bor zuhurlarıdır. Bölgeden toplam olarak 1 000 000 ton cevher üretilmiştir. Şu anda rezerv tükenmiş durumdadır. Ancak ayrıntılı aramalar sonucunda yeni rezervler bulabilme olasılığı vardır.

2.6 Bor Üretim Yöntemleri ve Ürünler

Bor mineralleri doğada masif olarak diğer mineral ve kayalarla birlikte veya çözelti olarak sulara bulunmaktadır. Dolayısıyla üretim yöntemleri de buldukları yer ve derinliğe göre değişmektedir. Karada masif olarak bulunan bor bileşikleri; cevherin bulunduğu derinliğe ve fiziksel yapısına bağlı olarak açık ocak veya kapalı ocak yöntemi veya çözelti madenciliği yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Sulara bulunan borlara ise özellikle çözelti madenciliği yöntemi ile üretilmektedir.

Dünyada en fazla bor minerali açık ocak yöntemi ile üretilmektedir. Cevher ve örtü tabakasının fiziksel özelliklerine göre delme-patlatma ile gevşetilir. Cevherin üzerindeki örtü tabakası alındıktan sonra, cevher çıkarılır. Bu işlemler sırasında ekskavatör ve loderler kullanılır.

Amerika, Türkiye, Arjantin, Şili, Çin ve Rusya'da açık ocak yöntemi ile üretim yapılmakta olan ocaklar mevcuttur. Ayrıca, Güney Amerika ve Çin'de üst kayacın alınmasından sonra el ile selektif madencilik yapılmakta olduğu belirtilmektedir.

Açık ocak yöntemine göre daha pahalı olan yeraltı madenciliği ise Türkiye(Bigadiç) , Amerika(Billie Madeni, Death Valley) ve Çin(Lioning)'de yapılmaktadır.

Diğer bir yöntem olan çözelti madenciliği ise; Amerika Searles Lake, Kaliforniya ve Çin-Qinghai Basın'da ticari bor üretimi yapılmaktadır.

400 m derinlikteki, Kolemanit formasyonları, 20.000 ppm'lik bor, Forth Cady tarafından üretilmektedir. % 5'lik hidrolik asit enjekte edilip 8 saat beletildikten sonra yüzeye pompalanmaktadır. Daha sonra kireç eklenerek %43 B₂O₃ kolemanit üretilmektedir. Aynı yöntemle borik asit üreten yerler mevcuttur.

Halen üretilen ve ekonomik değeri en yüksek olan ham bor ürünleri kolemanit, tinkal ve üleksittir.

Halen üretilen rafine bor ürünleri ise; Borik Asit, Boraks Pentahidrat, Boraks Dekahidrat, Etibor 48, Sodyum Perborat Tetrahidrat, Sodyum Perborat Monohidrat, Susuz Boraks'dır.

Kısa Vadede Üretilmesi Planlanan Bor Ürünleri (Özel Bor Kimyasalları) ise; Susuz Borik Asit, Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve Çinko Borat'dır.

2.6.1 Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme

Bor mineralleri yatakların derinliğine göre açık işletme veya yer altı madencilik yöntemlerine göre üretilir. Türkiye'de bulunan bor minerallerinin tamamı açık işletme yöntemiyle üretilmektedir. Tüvenan cevher genellikle kırma-eleme ve yıkama işlemlerine tabi tutularak zenginleştirilir.

Türkiye'de rezerv açısından en çok olan iki ana cevherden, bor'un bir sodyum tuzu olan tinkal (Na₂O. 2B₂O₃. 10H₂O) ile kolemanitten (2CaO. 3B₂O₃. 5H₂O) üretim yöntemleri; hem rezervin bol olması hemde gerekli teknolojik bilgilerin geliştirilmiş bulunması nedeniyle ön planda gelmektedir. Türkiye'de önemli tinkal yatakları Kırka'da ve önemli kolemanit yatakları ise Emet ve Bigadiç civarında bulunmaktadır. Bor mineralleri, bileşikleri ve türevleri üretimi Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı 5 işletme tarafından yapılmaktadır.

Bigadiç'te bulunan kolemanit ve üleksit cevheri üretimi büyük ölçüde açık ocaklardan yapılmaktadır. Bigadiç'teki mevcut zenginleştirme tesisinin kapasitesi 400.000 ton/yıl

tüvenan cevheridir. Tesisde yapılan zenginleştirme; cevheri su ile yıkayarak kil minerallerinden ayırma ve ardından da sınıflandırma işleminden ibaret olup üç ayrı boyutta konsantre ürün elde edilmektedir. Tesise beslenen ortalama tüvenan cevher tenörü % 30-32 B_2O_3 olup, elde edilen kaba konsantre tenörü % 42 B_2O_3 , ince konsantre tenörü % 36 B_2O_3 ve ara ürün tenörü % 29 B_2O_3 civarında gerçekleşmektedir. Artık ince ürün ise % 16 B_2O_3 içermektedir. Tüvenanın üleksit olması halinde ise % 30 B_2O_3 'lük cevherden elde edilen kaba konsantrenin tenörü % 38 B_2O_3 , ince konsantre tenörü ise % 26 B_2O_3 olarak gerçekleşmektedir (Eti Maden, 2007).

Emet bölgesinde yapılan kolemanit üretimi iki adet açık işletme tarafından gerçekleşmektedir. Açık işletmede basamak genişliği 12 m, basamak yüksekliği 10 m, genel şev açısı 42° ve basamak şev açısı 80° olarak seçilmiştir. Üretilen tüvenan cevheri zenginleştirmek amacı ile açık işletmenin bulunduğu Hisarcık bölgesine kurulan konsantratörde yapılan başlıca işlemler kırma, eleme ve yıkama'dan oluşmaktadır. Hisarcık'daki açık işletmeden elde edilen tüvenan tenörü yaklaşık % 28 B_2O_3 olup, Konsantrator Tesisi çıkış tenörü % 42 dolayında gerçekleşmektedir. Daha zengin olan Espey konsantre kolemanitinin ortalama tenörü % 44 B_2O_3 , ince konsantre tenörü % 42 olarak gerçekleşmektedir (Eti Maden, 2007).

Kırka bölgesinde bulunandoğal boraks (Tinkal) açık işletme yöntemiyle kazanılmaktadır.

Üzerindeki örtü tabakası delme, patlatma ve ekskavatörlerle kaldırılan cevher yine delme ve patlatma ile gevşetildikten sonra kamyonlarla konsantrator tesisine nakledilir. Ortalama % 25-26 B_2O_3 tenörlü tinkal cevheri şoklu ve ceneli kırıcılar vasıtasıyla 25 mm boyutuna indirgenir ve stoklandıktan sonra yıkama ünitesine gönderilir. Aşındırmalı yıkama hücrelerinden geçerken killerden arındırılan tinkal daha sonra elekler, hidrosiklonlar ve klasifikatörler vasıtasıyla sınıflandırılır ve en son santrifüjde % 8 nem oranına indirgenerek yaklaşık % 32.5 B_2O_3 tenöründe konsantre tinkal elde edilir (Eti Maden, 2007).

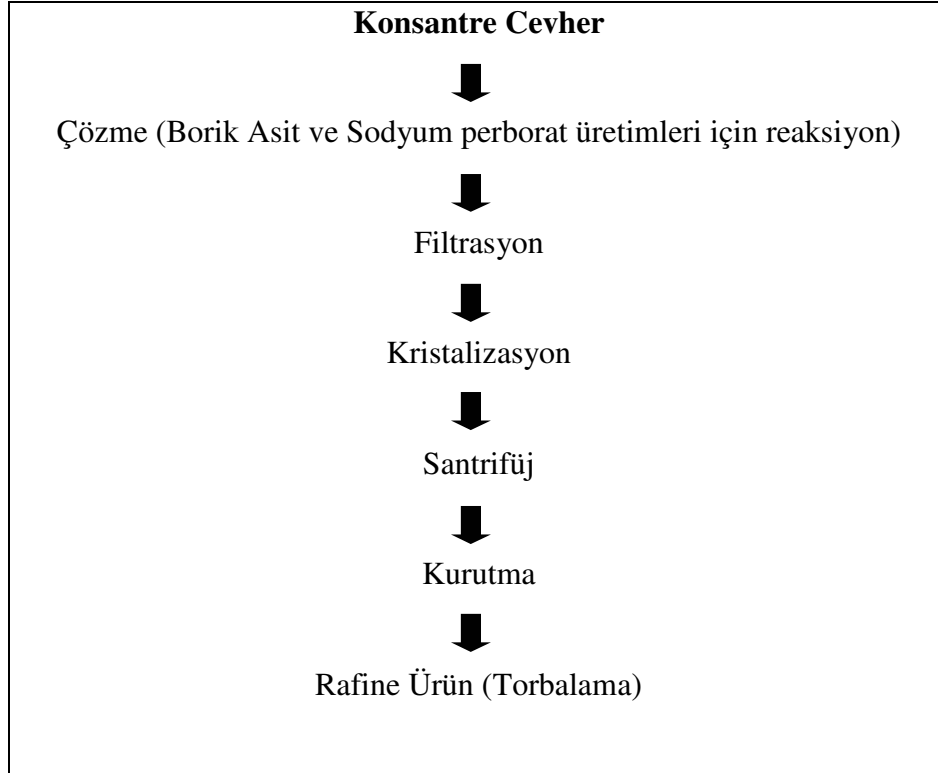
Genellikle açık ocak madenciliği ile yapılan ham bor ürünleri üretimi basit olarak çizelge 2.6 daki aşamalarla ifade edilir.

Çizelge 2.6 Ham bor ürünleri üretimi



Rafine ürün üretimi için ise temel olarak çizelge 2.7'deki işlemler uygulanır.

Çizelge 2.7 Bor rafine ürün üretimi temel akım şeması



2.6.2 Bor Bileşikleri Üretimi

Borun çok sayıda bileşiği olmakla beraber teknik olarak büyük miktarlarda üretilen ve uluslararası pazarda söz sahibi olan dört ana bileşiği vardır. Sanayide kullanılmak üzere veya laboratuvar araştırmaları için diğer bor bileşikleri ise genellikle bu 4 ana bileşikten üretilir.

Bu bileşikler şunlardır;

1. Borik Asit (H_3BO_3)
2. Boraks Dekahidrat ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)
3. Boraks Pentahidrat ($Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$)
4. Susuz Boraks ($Na_2B_4O_7$)

Bunlara ek olarak Sodyum Perborat ($NaBO_2 \cdot H_2O_2 \cdot 3H_2O$) ve susuz borik asitten (B_2O_3) de söz edilebilir. Türkiye’de halen borik asit, boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, sodyum perborat üretilmektedir.

2.6.2.1 Türkiye’de Boraks Üretimi

Türkiye’de boraks üretimi 1970 yılına kadar kolemanit’ten soda ve bikarbonat kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntem ekonomik olmadığı için 1970’de bırakılarak kilden üretime geçilmiştir (DPT, 1971).

Kırka Bor Türevleri Tesisi 1984 yılında deneme çalışmalarına başlamıştır. Bu tesis, Kırka Konsantratör Tesisinden temin edilecek yılda 405.000 ton konsantreyi işleyerek 160.000 ton/yıl boraks pentahidrat, 17.000 ton/yıl boraks dekahidrat ve 60.000 ton/yıl susuz boraks eritecek kapasitededir.

2.6.2.2 Türkiye’de Borik Asit Üretimi

a) Kolemanitten Borik Asit Üretimi

Muhtelif ebatlı kolemanit konsantresi kırma ve öğütme işlemine tabi tutulur. Öğütülmüş kolemanit reaktör içinde sülfürik asit ile reaksiyona girer. Reaksiyon sonucu oluşan

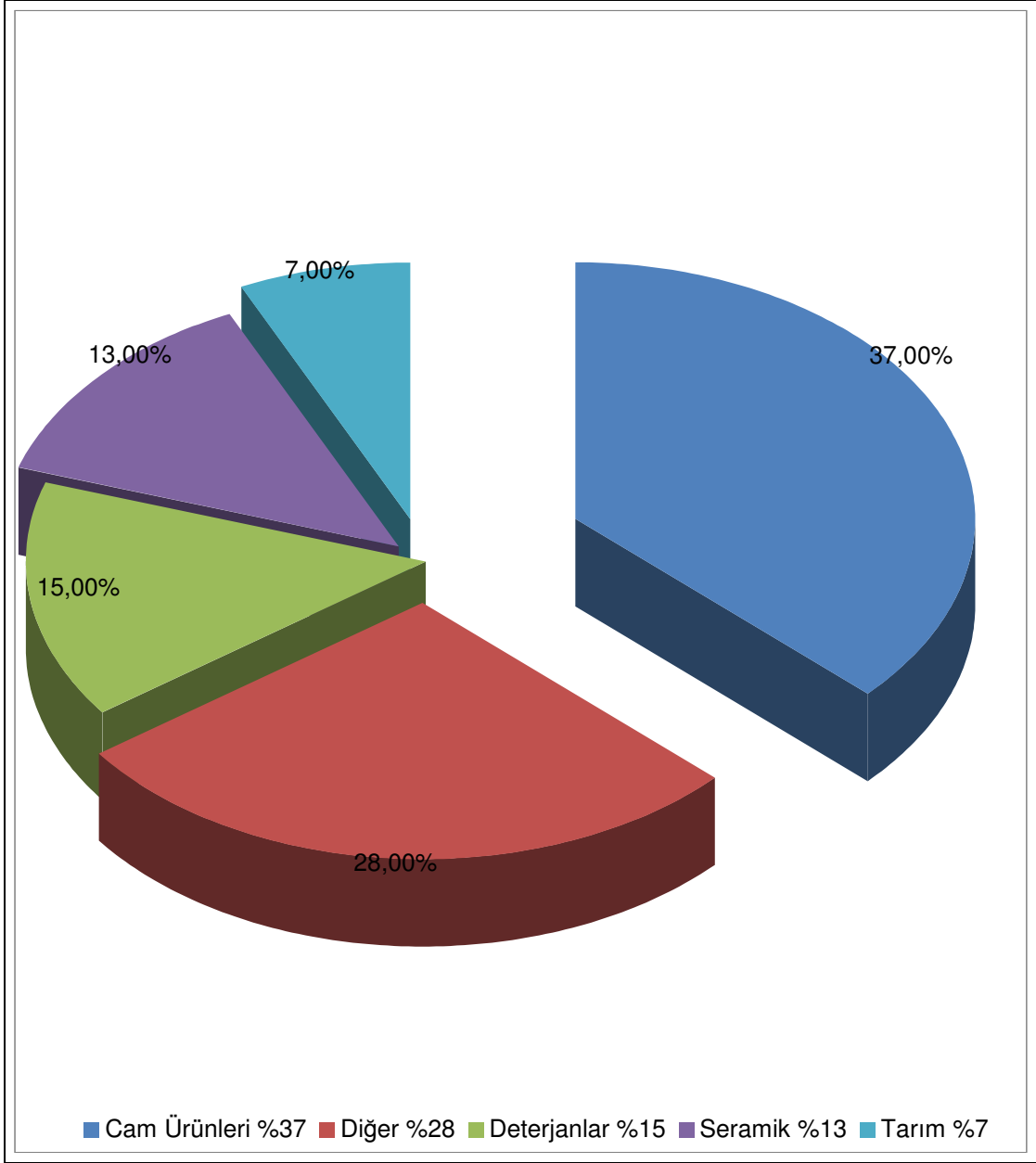
çözelti filtrelerde süzülür, kristalizatörlerde kristal hale getirilir. Elde edilen kristal Borikasit önce santrifüj ünitesinde, sonra kurutucularda kurutulur. Elde edilen Borikasit istenilen miktarlarda satışa sunulmak üzere ürün stok ambarlarında depolanır. Borik Asit üretimi Reaksiyon, I.Filtrasyon, II. Filtrasyon, Cilalama Filtreleri, Kristalizasyon, Kurutma ve paketleme aşamaları sonucunda satışa hazır hale gelmektedir.

b) Tinkal'den Borik Asit Üretimi

Tinkalden sodyum sülfat yan ürünlü borik asit üretimi üzerine TÜBİTAK, Marmara Araştırma Enstitüsü Kimya Bölümünde bir proses geliştirilmiştir (Emir ve Tolun, 1979). Bu prosesin özelliklerinden biri, reaksiyon sonucu soğutulup 35⁰C'de kristallendirilen borik asidin yıkanarak tekrar santrifüjlenmesiyle yüksek saflıkta ürün elde edilmesidir. Prosesin bir özelliğide ana suya NaOH veya Na₂CO₃ eklenerek sodyum sülfatın kristalizasyonu sağlanır. Bu sırada borik asitin çökmemesi için ortamda Na₂O/B₂O₃ mol oranını 0,2 yani sodyum pentaborat kompozisyonunda olmalıdır. Böylece borik asit çözeltide tutulmakta ve sadece sodyum sülfat kristallendirilmektedir. Geliştirilen bu prosesin son derece rahat işlediği bulunmuştur.

2.7 Bor Mineralleri ve Bileşiklerinin Kullanım Alanları

Bor ürünleri çok yaygın ve geniş bir alanda kullanılmaktadır. Kullanılan bazı alanlarda stratejik öneme sahiptir. Bor ürünlerinin kullanım alanları teknolojik gelişmelere paralel olarak giderek artmakta ve çeşitlenmektedir. Şekil 2.1' de bor minerallerinin endüstride kullanımlarına göre oranları, çizelge 2.4 ise bor bileşiklerinin kullanım alanları verilmiştir (DPT, 2001).



Şekil 2.1 Bor Bileşiklerinin Endüstrideki Kullanım Oranları

Çizelge 2.8 Bor Bileşiklerinin Kullanım Alanları (DPT, 2001)

Ürün	Kullanım Alanları
Amorf Bor ve Kristalin Bor	Askeri Piroteknik, Nükleer silahlar ve Nükleer Güç Reaktörlerinde Muhafaza
Bor Flamentleri	Havacılık için Kompozitler, spor malzemeleri için Kompozitler
Bor Halidleri	İlaç Sanayii, Katalistler, Elektronik Parçalar, Bor Flamentler ve Fiber Optikler
Özel Sodyum Boratlar	Fotoğrafçılık Kimyasalları, Yapıştırıcılar, Tekstil, "Finishing" Bileşikleri, Deterjan ve Temizlik Malzemeleri, Yangın Geciktiricileri, Gübreler ve Zirai Araçlar
Fluoborik Asit	Kaplama Solüsyonları, Fluoborat Tuzlar, Sodyum Bor Hidrürler
Trimetil Borat	Kaplama Solüsyonları, Fluoborat Tuzlar, Sodyum Bor Hidrürler
Sodyum Bor Hidrürler	Özel Kimyasalları Saflaştırma, Kağıt Hamurunu Beyazlaştırma, Metal Yüzeylerin Temizlenmesi
Bor Esterleri	Polimerizasyon Reaksiyonları İçin Katalist, Polimer Stabilizatörleri, Yangın Geciktiricileri
Kalsiyum Bor Cevheri (Kolemanit)	Tekstil Kalite Cam Elyafı, Bor Alaşımları, Curuf Yapıcı
Sodyum Bor Cevheri (Üleksit ve Probertit)	Yalıtım Cam Elyafı, Borosilikat Cam
Borik Asit	Antiseptikler, Bor Alaşımları, Nükleer, Yangın geciktirici, Naylon, Fotoğrafçılık, Tekstil, Gübre, Katalist, Cam, Cam Elyafı, Emaye, Sır
Susuz Boraks	Gübre, Cam, Cam Elyafı, Metalurjik Curuf Yapıcı, Emaye, Sır, Yangın Geciktirici
Sodyum Perborat	Deterjan ve Beyazlatıcı, Tekstil
Sodyum Metaborat	Yapıştırıcı, Deterjan, Zirai İlaçlama, Fotoğrafçılık, Tekstil
Sodyum Pentaborat	Yangın Geciktirici, Gübre

2.7.1 Cam Sanayii

Normal cam üretiminde 1000 kısım kuma 15 ile 50 kısım arası bor eklenebilir. Borosilikat veya pyrex gibi özel camlara borikasit ve boraks birlikte katılır. Camların özellikle ısı Genleşme katsayısını düşüren bor katkısı, ateşe dayanıklı camlarda % 12-15 B₂O₃' bulur. Bor, pencere camı, şişe camı v.b. sanayilerde ender hallerde kullanılmaktadır. Özel camlarda ise borik asit vazgeçilemeyen bir unsur olup, rafine sulu/susuz boraks, borik asit veya kolemanit/boraks gibi doğal haliyle kullanılmaktadır. Çok özel durumlarda potasyum pentaborat ve bor oksitler kullanılmaktadır. Bor, ergimiş haldeki cam ara mamulüne katıldığında onun viskozitesini arttırıp, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını yükselttiğinden ısıya karşı izolasyonunun gerekli görüldüğü cam mamüllerine katılmaktadır. A.B.D.'de kullanılan bor oksitin % 9'u B.Avrupa'da % 31'i cam v.b. sanayilerde gerçekleşmektedir (Tolun, 1981).

2.7.2 Cam Elyafı

Kullanılan bor oksidin A.B.D.'de %24'ü, B.Avrupa'da % 14'ü yalıtıcı cam elyafına harcanmaktadır. Ergimiş cama % 7 borik oksit verecek şekilde boraks pentahidrat veya üleksitprobertit katılmaktadır. Maliyetine bağlı olarak sulu veya susuz tipleri kullanılmakta, bazı hallerde de borik asitten yararlanılmaktadır. Arzulanan yalıtıcılık derecesine göre çeşitli spesifikasyonlar tanımlanır: R-1, R-7 v.b. gibi. Roll, loft veya sünger halinde imal edilmektedir. Binalarda asbestin yerine kullanılmaya başlanmıştır. Başlıca imalatçılar aşağıda sıralanmıştır.

-Owens-Corning Fiberglass :(A.B.D.)

-Johns-Manville :(A.B.D.)

-Certain Teed :(A.B.D.)

-PPG Industries :(A.B.D.)

Hafifliği, fiyatının düşüklüğü, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı nedeniyle plastiklerde, sinai elyaf v.b. de, lastik ve kağıtta yer edinmiş olan cam elyaf, kullanıldığı malzemelere sertlik ve dayanıklılık kazandırmaktadır. Böylece sertleşmiş

plastikler otomotiv, uçak sanayilerinde, çelik ve diğer metalleri ikame etmeye başlamıştır. Ayrıca spor malzemelerinde de (kayaklar, tenis raketleri v.b.) kullanılmaktadır. Yapılmakta olan araştırmalar yeni kullanım alanlarının da olacağını göstermektedir. Trafik işaretleri, karayolu onarımı birer örnek olarak verilebilir. Bu gibi mamullerde E camı kullanıldığından, rafine kolemanit tercih edilmektedir. İngiltere'de oto başına 75 kg. cam yünü tüketilmektedir. Fransa'da Renault firması, üzerine poliyester paneller monte edilen metal şasi imalatına girişmiştir. B₂O₃'e olan toplam talebin A.B.D.'de % 13'ü, B.Avrupa'da % 7'si bu tür elyaftan kaynaklanmaktadır (Tolun, 1981).

Başlıca imalatçılar aşağıda belirtilmiştir.

-Owens-Corning (A.B.D. ve Hollanda)

-PPG Ind. (A.B.D.)

-Johns-Manville (A.B.D.)

-Nicofibres (A.B.D.)

-Twiga-Fiberglass Ltd. (Hindistan)

2.7.3 Borosilikat Camlar

Camın ısıya dayanmasını, cam imalatı sırasında çabuk ergimesini ve devitrifikasyonun önlenmesini sağlayan bor; yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini de arttırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korur. Cam eriğinin % 0.5 ile % 0.23'ü boroksitten oluşmaktadır. Örneğin Pyrex'de % 13.5 B₂O₃ vardır. Genellikle cama boraks, kolemanit, borik asit halinde karma olarak ilave edilmektedir. Otolar, fırınlar, çamaşır makinaları, çanak/çömlek v.b. de bu tür camlar tercih edilmektedir. A.B.D.'de bu tür cam üreten 100'e yakın firma vardır. Biri de Corning Glass Works'dur. General Electric, Andron Hocking önemliler arasında yer almaktadır (Eti Maden, 2007).

2.7.4 Optik Cam Elyafı

Optik cam elyafı, ışık fotonlarının etkin biçimde transferini sağlamaktadır. İngiliz Felecon'un ürettiği yeni bir elyaf saniyede 140 milyon baytı 27 km. uzağa taşıyabilmektedir. Bu lifler % 6 borik asit ihtiva etmektedir. Phillips'in Hollanda'daki fabrikasında bu lifler üretilmektedir (Eti Maden, 2007).

2.7.5 Seramik Sanayii (Emaye, frit ve sır)

Boraks, seramik eşyalarda sır gibi kullanılan bir katkı maddesidir. Nitekim boraks da silis gibi ergimedenden sonra bazlarla camsı bileşikler oluşturmak üzere birleşir. Boraks sırların akışkanlığını ve olgunlaşma ısısını düşürerek parlaklığını artırır, yapışma kolaylığı sağlar ve çömlükçilikteki renklerin tonunu belirler. İstenilen işleme ve kullanma özelliklerini sağlamak için borat miktarları diğer bileşim maddeleri ile dengelenir. Emayelerin vizkozitesini ve doyunlaşma ısısını azaltan borik oksit % 20'ye kadar kullanılabilir. Özellikle emayeye katılan hammaddelerin % 17-32'si borik oksit olup, sulu boraks tercih edilir. Bazı hallerde borik oksit veya susuz boraks da kullanılır. Metalle kaplanan emaye onun paslanmasını önler ve görünüşüne güzellik katar. Çelik, alüminyum, bakır, altın ve gümüş emaye ile kaplanabilir. Emaye asite karşı dayanıklılığı artırır. Mutfak aletlerinin çoğu emaye kaplamalıdır. Banyolar, kimya sanayi teçhizatı, su tankları, silahlar v.b. de kaplanır. 1997 yılında Batı 'nın seramik endüstrisinin borat tüketimi 69.000 ton civarında gerçekleşmiştir. Seramiği çizilmeye karşı dayanıklı kılan bor, % 3-24 miktarında kolemanit halinde sırlara katılır (Eti Maden, 2007).

2.7.6 Temizleme ve Beyazlatma Sanayii

Sabun ve deterjanlara mikrop öldürücü (jermisit) ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle % 10 boraks dekahidrat ve beyazlatıcı etkisini artırmak için toz deterjanlara % 10-20 oranında sodyum perborat katılmaktadır (Eti Maden, 2007).

Çamaşır yıkamada kullanılan deterjanlara katılan sodyum perborat ($\text{NaBO}_2\text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) aktif bir oksijen kaynağı olduğundan etkili bir ağartıcıdır.

Perboratların çamaşır yıkamada klorlu temizleyicilerin yerini alması sıcak veya soğuk su kullanımına bağlıdır. Çünkü perboratlar ancak 55 °C'nin üstünde aktif hale geçerler. Ancak, ABD'de kullanılan aktivatör (tetracetylenehidrojenamini) kullanımı ile bu sorun giderilmeye çalışılmıştır (DPT, 2001).

1997 yılı deterjan sanayiindeki bor tüketimi; Batı Avrupa'da 242.000 ton ve Kuzey Amerika'da ise 21.000 ton'dur. Batı Avrupa'da tüketilen borun % 35'i, Batı Avrupa'da ise %5'i deterjan sanayiinde kullanılmaktadır. Dünya perborat talebinin %86'sı Batı Avrupa tarafından tüketilmektedir (Tolun, 1981).

2.7.7 Yanmayı Önleyici (Geciktirici) Maddeler

Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler.

Ateşe dayanıklı madde olarak selülozik yalıtım maddelerinin kullanımı borik asit artmasına yol açmıştır. A.B.D.'de kullanılmakla birlikte, son yıllarda çok fazla yaygınlaşmamıştır.

Bor bileşikleri plastiklerde yanmayı önleyici olarak giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan bor bileşiklerinin başında çinko borat, baryum metaborat, borfosfatlar ve amonyum fluoborat gelir (Tolun, 1981, Karayazıcı, 1980).

2.7.8 Tarım

Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı) kaba yoncalar, alfaalfalar, meyva ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır. Bu da, suda çok eriyebilen sodyum pentaborat ($\text{NaB}_5\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) veya disodyum oktaboratın ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$) mahsulün üzerine püskürtülmesi suretiyle uygulanmaktadır (DPT, 2001).

Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da kullanılan maddelerin bir kısmını teşkil etmektedir. Bu maddeler, cins ayırdetmeme özellikleri sebebiyle bütün bitki örtüsünün devamlı olarak yok edilmesinin gerekli olduğu durumlarda, kerestelerin depolandığı alanlarda, petrol rafinelerinde ve demiryolu hatlarında kullanılır (DPT, 1977).

2.7.9 Metalurji

A.B.D. Flinkote Company'nin aldığı bir patentte BOF yöntemi ile çelik üretiminde kireç ergimesinin çabuklaştırılması ve cüruf kontrolünde flor yerine bor kullanılmasının daha avantajlı olacağı tescil edilmiştir. Kanada, Batı Almanya, Japonya ve ülkemizde çelik üretiminde florit yerine kolemanit kullanılmaktadır.

Boratlar yüksek sıcaklıklarda düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, çapaksız bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle demir dışı metal sanayiinde koruyucu bir cüruf oluşturucu ve ergitmeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır.

Bor bileşikleri, elektrolit kaplama sanayiinde, elektrolit elde edilmesinde sarf edilmektedir. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlar ve fluoborik asitler ise; kalay kurşun, bakır, nikel gibi demir dışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır.

Alaşımelerde, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu konuda ferrobor oldukça önem kazanmıştır. Çelik üretiminde 50 ppm bor ilavesi çeliğin sertleştirilebilme niteliğini geliştirmektedir (Tolun, 1981, Karayazıcı, 1980, DPT, 1982).

2.7.10 Nükleer Uygulamalar

Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün alarm ile kapatılmasında (B_{10}) bor kullanılır.

Gündüz tarafından ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümünde yapılan bir araştırmada kolemanit ve barit karıştırılıp borlu bir frit hazırlanarak ince bir polimer tabakasıyla

beton agregasına katılmıştır. Bu şekilde betona katılan bor miktarı eskiden yapılanın 4 misli olmuş ve hızlı nötronların soğutulması 4 katına çıkarılmıştır (Gündüz, 1982).

Atom reaktörlerinde borlu çelikler, bor karbürler ve titanbor alaşımları kullanılır. Paslanmaz borlu çelik, nötron absorbanı olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir (Rosenfelder, 1978)

Ayrıca, nükleer atıkların depolanması için kolemanit kullanılmaktadır.

2.7.11 Enerji Depolama

Termal storage pillerindeki, Sodyum Sülfat ve su ile yaklaşık %3 ağırlıktaki boraks dehidratın kimyasal karışımı gündüzün güneş enerjisini depolayıp gece ısınma amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, binalarda tavan malzemesine konulduğu takdirde güneş ışınlarını emerek, evlerin ısınmasını sağlayabilmektedir.

Ayrıca, bor, demir ve nadir toprak elementleri kombinasyonu (METGLAS) % 70 enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu güçlü manyetik ürün; bilgisayar disk sürücülerini, otomobillerde direk akım-motorları ve ev eşyaları ile portatif güç aletlerinde kullanılmaktadır (DPT, 2001).

2.7.12 Otomobil Hava Yastıkları, Antifriz

Bor hava yastıklarının hemen şişmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Çarpma anında, elementel bor ile potasyum nitrat toz karışımı elektronik sensör ile harekete geçirilir. Sistemin harekete geçirilmesi ve hava yastıklarının harekete geçirilmesi için geçen toplam zaman 40 milisaniyedir. Ayrıca otomobillerde antifriz olarak ve hidrolik sistemlerde de kullanılmaktadır (Eti Maden, 2007).

2.7.13 Atık Temizleme

Sodyum borohidrat, atık sulardaki civa, kurşun, gümüş gibi ağır metallerin sulardan temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Eti Maden, 2007).

2.7.14 Borlu Katı Yakıtlar ve Hücre Yakıtları (Fuel Cells)

Son günlerde sodyum borohidritinin kullanıldığı, sodyum borohidrattan enerji üreten hücre yakıtıyla ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Sodyum borohidratın kimyasal bağlarında hidrojen mevcut olup, katalist hidrojeni açığa çıkarmakta veya elektrik üretmektedir. Bu üretim de temel prensip ise su ile boraksın reaksiyonudur. Bu reaksiyondan üretilen hidrojen direk içten yanmalı motorlara beslenebilir veya hücre yakıtlarında kullanılabilirler (DPT, 2001).

2.7.15 Füze ve Uçuş Yakıtları

Bor kimyasalları özellikle füze yakıtı olarak kullanılmaktadır. Sodyum tetraborat, özel uygulamalarda yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadırlar (DPT, 2001).

2.7.16 Sağlık

BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle; beyin kanserlerinin tedavisinde hasta hücrelerin seçilerek imha edilmesine yaraması ve sağlıklı hücrelere zararının minimum düzeyde olması nedeniyle tercih nedeni olabilmektedir.

İnsan vücudunda normalde bulunan bor, bazı ülkelerde tabletler şeklinde üretilmeye başlanmıştır (DPT, 2001).

2.7.17 Diğer Kullanım Alanları

Araçların soğutma sistemlerinde korozyonu önlemek üzere boraks, antifiriz karışımına katkı maddesi olarak da kullanılır.

Silisyum üretiminde bor triklorür, polimer sanayiinde, esterleme ve alkilleme işlemlerinde ve etil benzen üretiminde bor trifluorür katalizör olarak kullanılmaktadır.

Ahşap, malzeme prezervasyonu için sodyum oktaborat kullanılır. % 30'luk sodyum oktaborat çözeltisi ile muamele görmüş tahta malzeme yavaş yavaş kurutulursa bozunmadan ve küllenmeden uzun süre kullanılabilir.

Bor karbür ve bor nitür; döküm çeperlerinde yüksek sıcaklığa dayanıklı (refrakter) malzeme püskürtme memelerinde de aşınmaya dayanıklı (abrasif) malzeme olarak kullanılan önemli bileşiklerdir.

Tekstil sanayiinde, nişastalı yapıştırıcıların viskozitlerinin ayarlanmasında, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde, proteinlerin ayrıştırılmasında yardımcı madde boru ve tel çekmede akıcılığı sağlayıcı madde, dericilikte kireç çöktürücü madde olarak boraks kullanılmaktadır(DPT, 2001).

Borun ilerleyen senelerde önemli miktarlarda kullanılacağı bir sektörde çimento endüstrisidir. Farine bor eklenerek üretilen çimento klinkeri ve çimentonun önemli avantajları vardır. Borlu çimentonun özellikleri arasında klinkerin öğütülme enerjisinde % 50' ye varan bir azalma, basınç dayanımının artması ve klinkerin pişme sıcaklığının düşmesi sayılabilir (Harben ve Dickson, 1925). Yapılan bir araştırmada % 1 kolemanit katkısı ile klinker sıcaklığının 100 °C düşürülebildiği gözlenmiştir (Kayı, 1977)

Fiber Optik

Kozmetik

Kauçuk ve Plastik Sanayii

Fotoğrafçılık

Patlayıcı Maddeler (havai fişek vb.)

Hidrolik yağlar

Petrol Boyaları, yanmayan ve erimeyen boyalar, tekstil boyaları

Zımpara ve aşındırıcılar

Kompozit malzemeler

Manyetik cihazlar

İleri Teknoloji Araştırmaları (moleküler biyoloji vb.)

Mumyalama

Ve diğer birçok alanda kullanılmaktadır

Borun önümüzdeki yıllarda önemli miktarda kullanılabilceği bir üretim dalı da çimento sanayidir.

2.8 Emet Bor İşletme Müdürlüğü

2.8.1 Tarihi ve kuruluşu

Emet Bor İşletme Müdürlüğü, Kütahya ilinin Güneybatısındaki Emet ilçesinde kurulmuş olup, Kütahya ili merkezine 100 km. uzaklıktadır.

İşletmenin kuruluş gayesi ; ülkemizin yeraltı zenginlikleri içerisinde önemli bir yeri olan bor cevherini aramak, işletmek, zenginleştirmek ve gerektiğinde bunlardan kimyasal işlemlerle bor bileşiklerini üretmektir.

Türkiye'nin bor mineralleri rezervinin önemli bir bölümünü oluşturan Kütahya-Emet zuhuru 1956 yılında M.T.A. jeologu Dr. Gawlik tarafından bulunmuştur. 12.08.1958 tarihinde bölgedeki Bortuzu sahaları M.T.A. tarafından Etibank'a devredilmiştir.

Emet Bor İşletme Müdürlüğü; 1958 yılında Etibank Emet Kolemanit Maden İşletmesi Şantiye Şefliği olarak kurulmuş ve daha sonra geçici Müdürler Kurulunun 10.06.1961 tarih ve 1910/9 sayılı kararı ile Müessese haline getirilmesine karar verilmiş, Sanayi Bakanlığının 01.02.1962 tarihli onayını müteakip, Türkiye Ticaret Sicili Gazetesinin 24.02.1962 tarih ve 1500 sayılı nüshasında yayınlanarak Emet Kolemanit İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü haline gelmiştir.

1995 yılında Müesseseye;

-Antalya elektrometalurji San. İşl. Müdürlüğü-Antalya

-100.yıl Gümüş Madeni İşl. Müdürlüğü - Kütahya

-Keçiborlu Maden Müdürlüğü - Isparta

-Kuzeybatı Anadolu Krom Maden Müdürlüğü – Bursa, bağlanmıştır.

Ancak 04.02.1998 Tarih ve 23248 sayılı Resmi Gazetede Yayınlanan Bakanlar Kurulunun 26.01.1998 Tarih ve 98/10552 sayılı kararı ile devletin genel maden politikası içinde ülkenin her türlü maden ve endüstriyel hammadde kaynaklarını değerlendirmek ve ülke ekonomisine azami katkıyı sağlamak amacıyla

ETİ HOLDİNG A.Ş. ünvanlı iktisadi devlet teşekkülü ve bu teşekküle bağlı ETİ BOR A.Ş., ETİ ALÜMİNYUM A.Ş., ETİ KROM A.Ş., ETİ ELEKTROMETALURJİ A.Ş., ETİ GÜMÜŞ A.Ş., ETİ BAKIR A.Ş., ETİ PAZARLAMA VE DIŞ TİCARET A.Ş. şeklinde 7 adet bağlı ortaklık kurulmuştur.

ETİ BOR A.Ş. kapsamına giren İşletme, Emet Bor İşletme Müdürlüğü adını almıştır. Bağlı işletmeler de Emet İşletmesinden ayrılmıştır. Daha önce ETİ HOLDİNG A.Ş.'ye bağlı ETİ KROM A.Ş., ETİ ELEKTROMETALURJİ A.Ş., ETİ GÜMÜŞ A.Ş.ve ETİ BAKIR A.Ş. özelleştirme idaresine devredilmiştir.

İşletme, 08.4.1997 tarih ve 4778 sayılı Yönetim Kurulu Kararı ile 8 Trilyon TL. olan nominal sermayesi Eti Bor A.Ş. Genel Müdürlüğüne devredilmiştir.

İşletme Müdürlüğü, Bakanlar Kurulunun 09.01.2004 tarih ve 2004/6731 sayılı kararı ile 31.01.2004 tarihi itibariyle Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı Emet Bor İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmektedir.

M.T.A. tarafından Etibank'a devredilen sahalar; güneyde Hisarcık'a 4 km. mesafedeki Hamamköy ile kuzeyde Emet'e 4 km. mesafedeki Espey bölgesini içine almaktadır.

Espey bölgesinin 1 km. kuzeybatısında yer alan Killik mevkiinde 1957 yılında özel sektörcü madencilik faaliyetlerine başlanmış ve 1979 yılındaki devletleştirmeye kadar sürdürülmüştür. Espey Bölgesinde Etibank tarafından yapılan sondajlı aramalar sonucunda 1969 yılının Nisan ayında yeraltı üretim metodu ile madencilik faaliyetlerine başlanmıştır.

1979 yılında özel sektörden devir alınan Yeni Espey Ocağı ile birlikte kapalı işletme olarak sürdürülen üretim faaliyetleri 1990 yılında açık işletmeye dönüştürülmüştür.

1970 yılında hazırlanan proje ile Rudis (Yugoslavya) firmasına anahtar teslimi olarak verilen Hisarcık Konsantratör tesisinde 18.01.1973 tarihinde deneme çalışmalarına başlanılmıştır.

1987 yılına kadar roş olarak satılan Espey kolemanit cevheri 1987 yılından itibaren Hisarcık Konsantratörüne taşınarak zenginleştirilmiştir.1987 yılından itibaren Hisarcık'ta bulunan Mobil yıkama tesisi Espey'e taşınarak Espey tüvenan cevheri burada işlenmeye başlanmıştır. 1997 yılında yapımına başlanan, Espey konsantratör tesisi devreye alınarak Espey cevheri burada zenginleştirilerek satışa hazır hale getirilmektedir.

1997 Yılında yapımına başlanan ve 27/02/2004 tarihinde resmi açılışı yapılan Borik Asit Fabrikası yıllık 100.000 ton üretim kapasitesine sahiptir. Üretim için gerekli olan Sülfirik Asit Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları İşletme Müdürlüğünden temin edilmektedir. Üretilen Borik Asit % 90-95 'lik kısmı yurt dışına geri kalan kısmı yurt içi piyasalara satılmaktadır.

2.8.2 Emet Bor İşletme Müdürlüğünde Bulunan Üretim Tesisleri

Bu bölümde Emet Bor İşletme Müdürlüğünde bulunan üretim tesislerinden kısaca bahsedilecektir. Çalışmaya esas olacak olan Hisarcık Konsantratör Tesisi daha ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

2.8.2.1 Espey Açık Ocak Tesisi

Tüvenan cevher basamak üzerleri dekapaj işini yapan müteahhit tarafından temizlendikten sonra üretim faaliyetlerine başlanmaktadır. Tüvenan cevher üretimi Mayıs- Eylül ayları arasında yapılmaktadır.

Tüvenan cevher üretimi 0., 1., 2. ve 3. zonlarda yapılmaktadır.

Delme patlatma yöntemiyle gevşetilen cevherler, ekskavatörler aracılığıyla kamyonlara yüklenmektedir. Cevherler arsenikli ve normal cevher olmak üzere uygun yerlerde stoklanır.

2.8.2.2 Espey Konsantratör Tesisi

Espey konsantratörü kırma, yıkama, sınıflandırma ve triyaj yöntemleriyle çalışan fiziksel bir zenginleştirme tesisidir. Cevher aşağıdaki şekilde işlenerek zenginleştirilmektedir.

Stoklara alınmış tüvenan cevher, konsantratör silosuna beslenmektedir. Silo altındaki paletli besleyici aracılığıyla 75 mm açıklığa sahip kalibreli eleğe beslenen –500 mm boyutlu tüvenan cevher ikinci bir elemeden geçirilerek –75 mm ve +75 –500 mm boyutlarına ayrılmaktadır. +75 mm tane boyutuna sahip tüvenan cevher , çeneli kırıcıda –100 mm tane boyutuna kırılarak, bant konveyör ile tromel yıkayıcıya beslenmektedir. –75 mm boyutuna sahip tüvenan cevher bir bant vasıtası ile 25 mm aralıklı kalibreli eleğe beslenerek, +25- 75 mm ve –25 mm olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. –25 mm elek altı kil, atık stokuna çekilmektedir. 25-75 mm tüvenan cevher ise bir bant konveyör ile kütüklü yıkayıcıya beslenmektedir.

25- 75 m boyutuna sahip tüvenan cevher kütüklü yıkayıcıda yıkanmaktadır. Kütüklü yıkayıcıdan çıkan cevher, elek açıklığı 3 mm ve 25 mm olan çift katlı titreşimli elekte sınıflandırılarak, 0-3 mm, 3-25 mm , ve 25- 75 mm olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır.

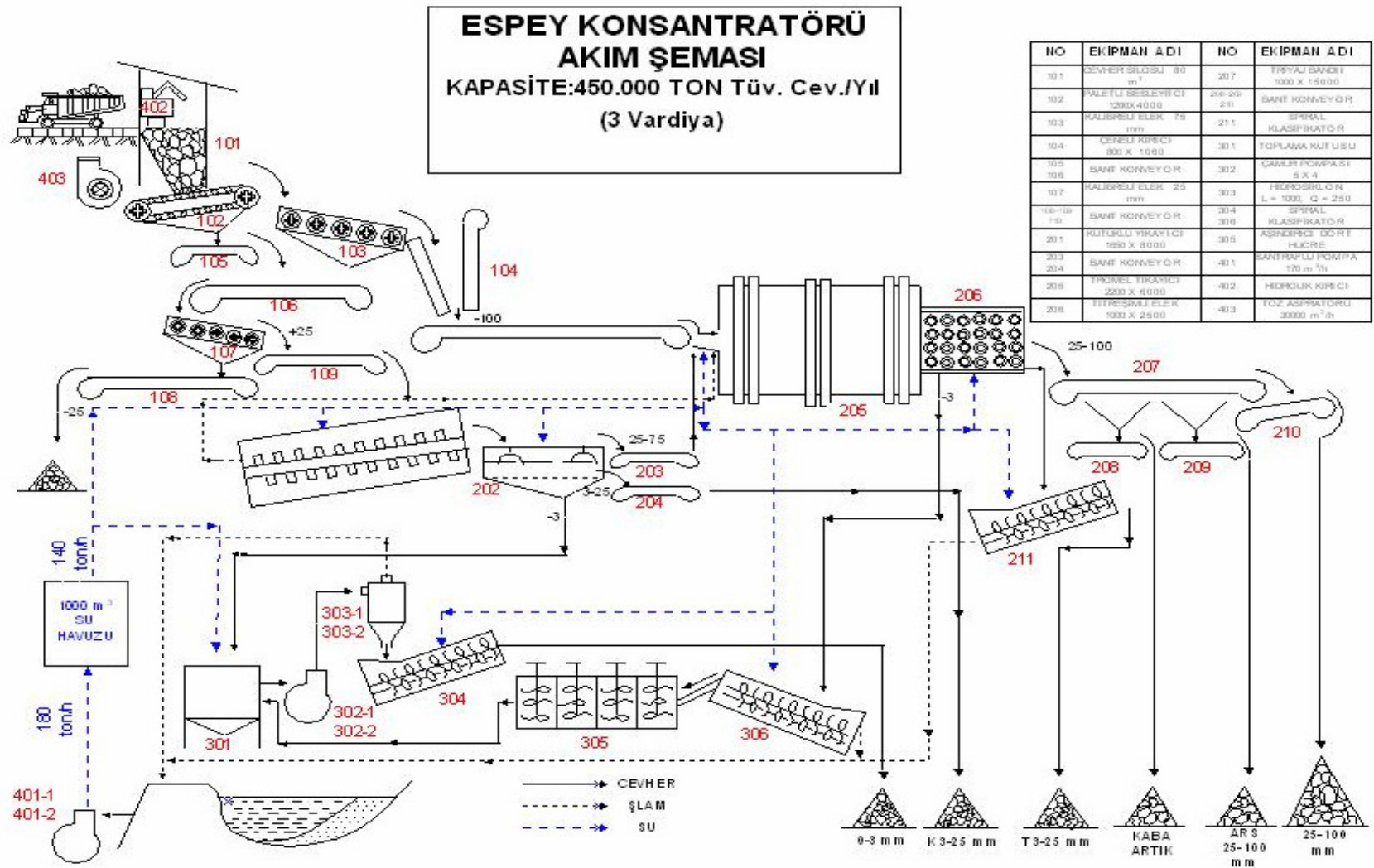
0-3 mm tane boyutlu kısım, 0-3 devresindeki birinci spiral klasifikatöre verilip, klasifikatörde tromel devresindeki 0-3 mm kısım ile birleşmektedir. 3-25 mm tane boyutlu kısım, bant ile 3-25 mm konsantre ürün olarak alınmaktadır. 25-75 mm tane boyutlu kısım ise bant konveyör ile tromel yıkayıcıya beslenmektedir.

Çeneli kırıcıdan gelen –100 mm boyutlu tüvenan cevher ile kütüklü yıkayıcıdan gelen 25-75 mm boyutuna sahip cevherler tromel yıkayıcıda yıkanmaktadır. Yıkanmış –100 mm boyutundaki cevher, tromel yıkayıcı önündeki elek açıklıkları 3 mm ve 25 mm olan çift katlı titreşimli elekte 0-3 mm, 3-25 mm, ve 25-100 mm olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

0-3 mm tane boyutuna sahip kısım 0-3 mm devresindeki birinci klasifikatöre gelmektedir. Kütüklü yıkayıcı devresinden gelen 0-3 mm kısım ile birleşerek birinci klasifikatörde şlamından arındırılmaktadır. Daha sonra aşındırıcı hücrelere gelen cevher biraz sulandırılarak, sertliği kile göre daha fazla olan cevherin kilinin aşındırılması sağlanmaktadır. Cevher buradan toplama kutusuna, daha sonra çamur

pompası aracılığıyla hidrosiklona verilmektedir. İkinci klasifakatörde şlamından ayrılan cevher 0-3 mm konsantre cevher olarak alınmaktadır. 3-25 mm tane boyutuna sahip kısım, 3-25 mm klasifakatörüne verilmektedir. Burada şlamından arındırılan cevher, 3-25 mm konsantre cevher olarak alınmaktadır. 25-100 mmlik kısım ise triyaj işleminin yapılabilmesi için bir bant konveyör ile triyaja gönderilmektedir.

25-100 mm tane boyutuna sahip yıkanmış cevher triyaj ünitesinde ayıklanarak son zenginleştirme işlemi yapılmaktadır. Cevher içindeki kil, kalker ve kalsit gibi gang mineralleri kaba atık olarak tanımlanmış olup, konsantre cevher içersinde bulunması istenilmeyen minerallerdir. Ayrıca bünyesinde arsenik bulunan cevherler, renk farkı nedeniyle kolemanit cevherinden kolaylıkla ayrılabilir.



Şekil 2.2 Espey Konsantratör Akım Şeması

2.8.2.3 Hisarcık Açık Ocak Tesisi

Tüvenan cevher basamak üzerleri dekapaj işini yapan müteahhit tarafından temizlendikten sonra üretim faaliyetlerine başlanmaktadır. Tüvenan cevher üretimi 0., 1., 2. ve 3. zonlarda yapılmaktadır.

Delme patlatma yöntemiyle gevşetilen cevherler, ekskavatörler aracılığıyla kamyonlara yüklenmektedir. Cevherler arsenikli ve normal cevher olmak üzere uygun yerlerde stoklanır.

2.8.2.4 Hisarcık Konsantratör Tesisi

Hisarcık konsantratör tesisi esas itibari ile kırma-yıkama-sınıflandırma ve triyaj yöntemleri ile çalışan fiziksel bir zenginleştirme tesisidir.

180 t/h teorik kapasiteli konsantratör tesisine açık ocaktan veya tüvenan cevher stoğundan ağır iş kamyonları ile yüklenen cevher, ızgara açıklığı 60*90 cm olan 90 m³ kapasiteli siloya beslenir. Tüvenan cevher silosuna dökülen cevher, 5°eğimli ve 180 t/h kapasiteli çelik paletli besleyici vasıtası ile kalibreli ızgaralı eleğe beslenir. 13°eğimli ve 180 t/h kapasiteli olan kalibreli eleğe dökülen tüvenan cevher eleme işlemine tabii tutulur. Elek açıklığı 75*75 mm olan bu ekipmandan eleme sonrası +75 mm ve -75 mm boyutlarında iki ürün elde edilir. Bunlardan +75 mm'lik ürün, 100 t/h kapasiteli çeneli ve merdaneli kırıcıda iki kademeli boyuta küçültülerek sırasıyla, -200 mm ve -100 mm'lik çıkış açıklığına indirgenir. En son -100mm'lik boyut grubuna indirilmiş olan cevher, bant konveyörler vasıtası ile yıkama ünitesine nakledilir. -75 mm'lik ürün ise bant konveyör vasıtası ile elek açıklığı 25 mm olan ikinci bir kalibreli eleğe beslenir. Kapasitesi 100 t/h olan 14°eğimli bu elekten -25 mm 'lik ince pasa ve +25 mm'lik ürün elde edilir.+25 mm boyut grubuna sahip cevher bant konveyör vasıtası ile yıkama ünitesine gönderilir

Merdaneli kırıcı çıkışlı ürün (-100 mm), 100 t/h kapasiteli ve 2° eğimli çift tüplü titreşimli yıkayıcı ile yıkanarak cevher içindeki kilin bünyeden arındırılması sağlanır. Ürün içerisinde ince taneler, yıkayıcı gövdesinde bulunan ve 8 mm çapındaki deliklerden geçmek suretiyle 5 m³ kapasiteli büyük toplama kutusuna aktarılır. İri

parçalarla yıkayıcıdan geçerek çift katlı titreşimli eleğe dökülür 2° eğimli ve 100 t/h saat kapasiteli çift katlı titreşimli elekten yıkama sonrası üç ürün elde edilir.

Birinci ürün 25-100mm boyut gurubuna sahip olup bant konveyörler ile seçme işlemi için triyaj ünitesine nakledilir . Triyaj ünitesinde cevher içermeyen parçalar seçilerek ayıklanan 25-100mm'lik iri ve zengin konsantre cevher stok sahasına nakledilerek satışa hazır hale getirilir.

3-25mm'lik boyut grubundaki ikinci ürün ise çift katlı titreşimli elekte yıkandıktan sonra hiçbir işleme girmeden bant konveyörler vasıtasıyla stok döküş yerine nakledilir .Bu ürün satış koşullarına uygun özellikleri taşıdığı için,satış yapıldığı zamanlarda müşteri firmalara nakledilir. Çift katlı titreşimli elekte elendikten sonra elde edilen son ürün 0-3mm boyut grubundaki cevherde çift tüplü titreşimli yıkayıcıda elde edilen - 8mm 'lik ürünün döküldüğü ,büyük toplama kutusuna, pülp halinde gönderilir.

Büyük toplama kutusundan çamur pompaları (8"*6" ve 5" * 4") vasıtasıyla büyük siklon (180m³/h) grubuna basılan bu üründen siklon üst akımı şlam içeriğinden dolayı atık barajına, alt akım ise klassifikatöre(15t/m³ eğim 20°) gönderilir. Klassifikatörde yine şlam içeren tanecikler atık barajına,daha yoğun ve zengin içerikli kısımlarda skraber'lara (kapasite:75t/h) giderler tamamı altı adet olan aşındırıcılarda kil,kalker,marn vb. gang mineralleriyle kolemanit cevherleri arasında sekiz köşeli selüllerde çarpma ve sürtünme etkisiyle tane,boyut ve yoğunluk farkı yaratılır. Böylece zenginleşmiş olan katı sıvı karışımı buradan kabartıcı (70t/saat) ünitesine gönderilir. Pervaneli kabartıcıda bünyedeki mevcut pülpün karıştırılmasın işlemi yapıldıktan sonra ürün,küçük toplama kutusunda (kapasite1,5m³) biriktirilir. İkinci grup çamur pompaları (8"*6" ve 5"*4") vasıtasıyla küçük siklon gurubuna (kapasite =70m³/h) basılan üründen siklon üst akımı, kapalı devre yaparak büyük toplama kutusunda birikir, daha zengin ve daha yoğun olan siklon alt akımında ikinci klassifikatöre(kapasite=10t/h) akar. Bu klassifikator de biriken pülp içindeki yoğunluğu ve tenor içeriği az tanecikler atığa, biraz zengin içerikleri olanlar kapalı devre yaparak pervaneli karıştırıcıya, şlamı olan konsantre de bant konveyör vasıtasıyla -3mm'lik ürün stokuna gönderilir.

107 kalibreli elek çıkışlı ürün(25 – 75 mm) bant konveyörler ile kütüklü yıkayıcıya (kapasite=100t/h,eğim=10°) akar. Kütüklü yıkayıcıda zenginleştirme işlemine tabi tutulan üründen şlam içerikli,az yoğun ve tönörce fakir kısımlar atık barajına ,daha iri, daha yoğun ve tenörce daha yoğun kısımlarda ,ikinci birçift katlı titreşimli eleğe (120t/h,eğim=2°) beslenir. Çift katlı titreşimli elekten,titreşim hareketi basınçlı suyun etkisi ile bıyuna sınıflandırma işlemi yaparak üç ürün elde edilir. Birinci ürün 25 – 75 mm boyut gurubunda olup seçme ünitesinde tiriyağ edilerek satış için stok sahasına gönderilir. 3 – 25 mm boyut gurubundaki ikinci ürün ise satış baz tenörüne sahip olmadığı için düşük tenörlü 3 – 25 mm ürün olarak adlandırılır ve ikinci bir yıkama operasyonuna tabi tutulmak üzere kendine ait stok yerine nakledilir. Son üründe 0 – 3 mm boyut gurubunda olup ekonomik değer taşımadığından artık barajına gönderilir. Ancak mevcut olan by – pass sistemi sayesinde zengin içerikli cevherlerle çalışıldığı zamanlarada –3 mm lik ürünlerde küçük toplama kutusuna gönderilerek kırıcı ünitesinden gelen –3mm cevherlerle birlikte zenginleştirilip 0 – 3 mm lik konsantre ürün elde edilmektedir.

- **Kırma ve Eleme İşlemi**

Hisarcık Açık işletmesinden elde edilen ortalama % 28,50 B₂O₃ tenörlü tuvönan cevherler , açık işletme yakınında bulunan Hisarcık konsantratöründe aşağıdaki şekilde işlenerek zenginleştirilir;

Açık işletmeden üretilen tuvönan cevherler ızgara açıklığı 600 mm. olan cevher silosuna boşaltılır.

Paletli besleyici ile kalibreli eleğe beslenen tuvönan cevher ön elemeye tabi tutularak - 600 mm. + 75 mm. ve - 75 mm. tane boyutlarına sınıflandırılır.

75 - 600 mm. boyutlu tuvönan cevher çeneli kırıcılarda -200 mm. boyutuna indirilerek ön triyaj işleminden geçirilir. Ön triyaj işlemi ile kaba kil ve gang minerallerinden kısmen temizlenir.

- 200 mm. boyutundaki tuvönan cevher merdaneli kırıcıda -100 mm. boyutuna kırılır ve tartılarak yıkama ve sınıflandırma bölümüne nakledilir.

75 mm. elek altı tuvönan cevher ise,kantarda tartılarak 25 mm. açıklığına sahip kalibreli elekte elenir. - 25 mm. elek altı olarak alınıp pasa tumbasına dökülür.

25-75 mm. tane boyutundaki elek üstü cevher yıkama ve sınıflandırma ünitesine sevk edilir.

- **Yıkama ve Sınıflandırma**

100 mm tane boyutundaki tuvönan cevher çift tüplü titreşimli elekte yıkanarak sınıflandırmak amacı ile üzerinde duş tertibatı olan çift katlı titreşimli eleğe beslenir.

Eleme sonucunda yıkanmış 25-100 mm.,3-25 mm. ve 0,2-3 mm. tane boyutlarında üç ürün elde edilir.

25-100 mm. boyutlu yıkanmış cevher bant konveyör ile triyaj ünitesine sevk edilir.

3-25 mm. boyutlu yıkanmış cevher minimum % 38 B₂O₃ tenörlü satılık konsantre ürün olarak tesis dışına alınır.

25-75 mm. tane boyutundaki cevher ise,kütüklü yıkayıcıda yıkanarak üzerinde duş tertibatı bulunan çift katlı titreşimli elekte elenir ve triyaj ünitesine sevk edilir.

Çift katlı titreşimli elekte elenerek 3-25 mm. tane boyutunda sınıflandırılan ve tesis dışına alınan ürünün tenörü % 20-38 B₂O₃ arasında ise, 3-25 mm. DT konsantre olarak ara ürün stoklarına tenörü % 38 B₂O₃'ün üzerinde ise,satılık 3-25 mm. stoklarına ve tenörü % 20 B₂O₃'ten az ise, - 25 mm. pasa stoklarına alınır.

Tenörü % 20-38 B₂O₃ arasındaki DT 3-25 mm cevherler yaz aylarında kurutularak, ikinci ve üçüncü kez yıkanır. Bunun sonucunda tenörü % 38 B₂O₃'ün üzerine çıkmış ise, satılık konsantre stoklarına; % 38 B₂O₃'ten düşük ise, miktarı ve kalitesi dikkate alınarak yine paçalamak üzere,satılık konsantre stoklarına yada tekrar DT 3-25 mm. kayıtlarına alınır. 1997 yılında DT. 3-25 mm. Cevherleri, eski atık barajı içerisindeki – 3 mm. Cevheri ve gerekli görüldüğü takdirde 25-100 cevheri de işleyebilecek fiziksel bir zenginleştirici olarak yapılan Ek tesis (100.000 ton/yıl cevher işleme kapasiteli) sayesinde II. Yıkama işlemleri mevcut fabrikada yapılmamaktadır. Ek tesis silo, besleyici, tromel yıkayıcı, çift katlı elek, çamur pompaları, siklonlar, aşındırma

hücreleri, klasifikatörler, kabartıcı, kontrol ünitesi , triyaj ünitesi ve muhtelif bantlara sahiptir.

Titreşimli eleklerde yapılan sınıflandırma ile elde edilen - 3 mm. boyutlu cevher % 15 katı içeren pulp halinde siklon,aşındırıcı hücreler, klasifikatör,pompa gibi makine ve ekipmanlardan oluşan ayrı bir üniteye zenginleştirilir.

- **0 - 3 mm. ince Konsantre Devresi**

% 25-30 katı içeren pulp, toplama kutularında toplanarak I. kademe çamur pompaları ile I. kademe siklonlara basılır. Siklon altları klasifikatöre beslenip siklon üstü olan şlam atık göletine verilir. Klasifikatörde şlamından arındırılmış % 60 katı içeren pulp aşındırıcı hücrelerde işleme tabi tutularak II. kademe çamur pompaları ile II. kademe siklonlara beslenir.

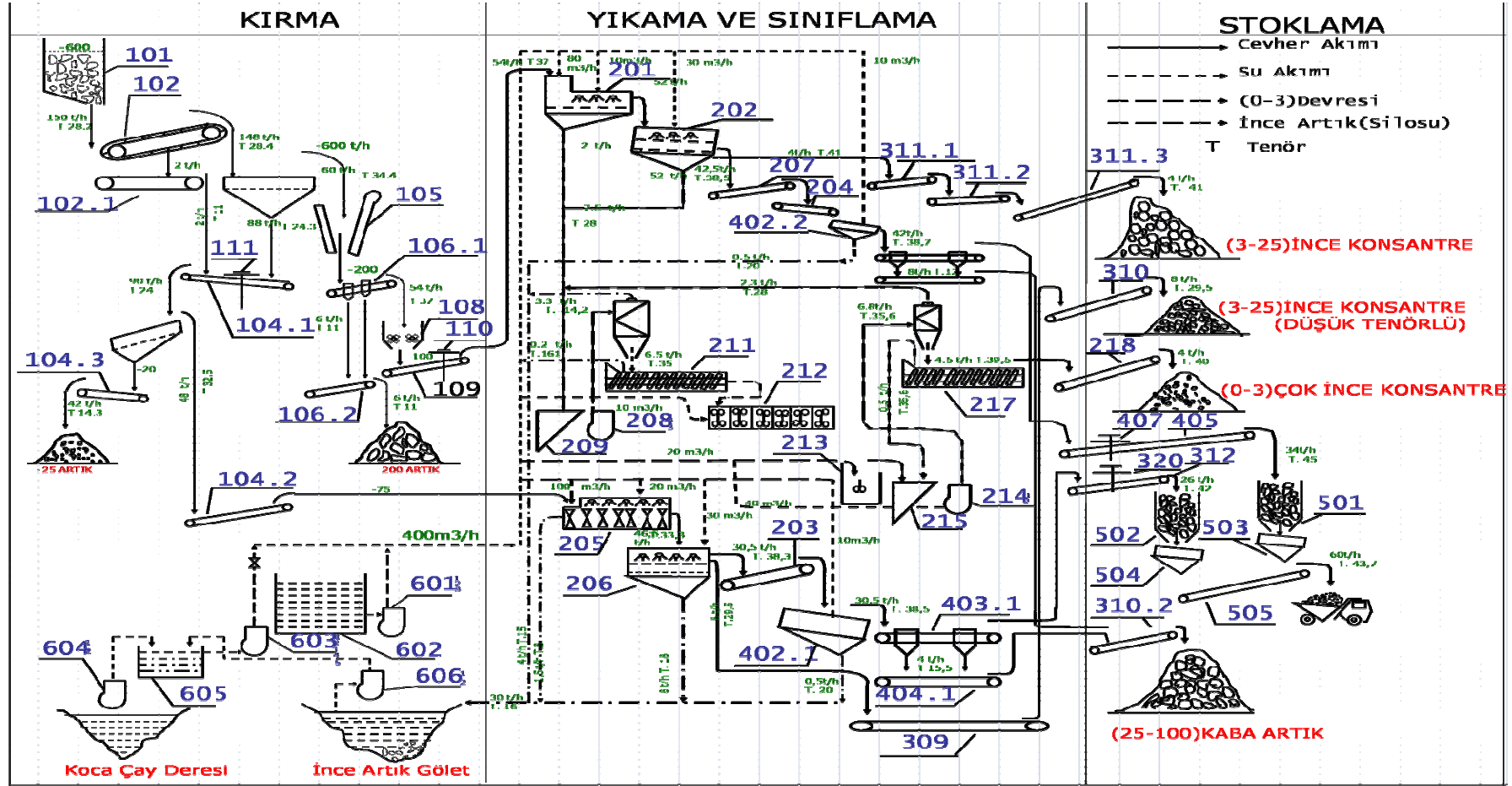
Siklon altı klasifikatöre, siklon üstü ise kapalı devre olarak çalıştırılıp prosese geri beslenir. Sınıflandırıcıda suyu süzülerek minimum % 36 B₂O₃ tenöründe elde edilen 0,2-3 mm. konsantre cevher tesis dışına alınır.

Toplama kutusu süzüntü suları ile klasifikatör taşıntı sularının oluşturduğu şlam I. kademe siklon üstü ile beraber tesisle 50 m. kot farkı bulunan atık göletine % 8-10 katı içeren pulp halinde serbest akış ile verilir.

- **Triyaj Ünitesi**

Yıkama ve sınıflandırma ünitesinden gelen 25-100 mm. ve 25-75 mm. tane aralıklarındaki yıkanmış cevherler ayrı ayrı bantlar üzerinde ayıklanarak aynı bant üzerinde birleştirilir ve 25-100 mm. boyutlu konsantre tartılarak tesis dışına alınır.

25-75 mm. cevher,gözle ve kimyasal analizle yapılan kontrolde istenen kaliteye ulaşamamış ise,ayrı bir bant ile tesis dışına çıkarılır ve ikinci kez yıkanarak satılık kaliteye yükseltilmek üzere ara stok yerine alınır.



Şekil 2.3 Hissarcık Konsantratör Tesisi Akım Şeması

Çizelge 2.9 Hisarcık Konsantratör Tesisi Proje Kodları

Proje No	İsmi	Kapasite
101	TÜVENAN SİLOSU	180 t / h
102	ÇELİK PALETLİ BESLEYİCİ	180 t / h
103	KALİBRELİ ELEK	180 t / h
104	BANT KONVEYÖR	100 t / h
105	ÇENELİ KIRICI	100 t / h
106	BANT KONVEYÖR	100 t / h
107	KALİBRELİ ELEK	100 t / h
108	MERDANELİ KIRICI	100 t / h
109	BANT KONVEYÖR	100 t / h
110	BANT KANTARI	140 t / h
111	BANT KANTARI	140 t / h
201	TİTREŞİMLİ YIKAYICI	100 t / h
202	ÇİFT KATLI ELEK	100 t / h
203	BANT KONVEYÖR	100 t / h
204	BANT KONVEYÖR	80 t / h
205	KÜTÜKLÜ YIKAYICI	100 t / h
206	ÇİFT KATLI ELEK	100 t / h
207	BANT KONVEYÖR	80 t / h
208	ÇAMUR POMPASI	50lt / sn
209	TOPLAMA KUTUSU	5 m3
210	SİKLON	180 m3 / h
211	KLASİFİKATÖR	15 t / h
212	AŞINDIRICI	70 t / h
213	PERVANELİ KARIŞTIRICI	70 t / h
214	ÇAMUR POMPASI	70 m3 / h
215	TOPLAMA KUTUSU	1,5 m3
216	SİKLON	70 m3 / h
217	KLASİFİKATÖR	10 t / h
218	BANT KONVEYÖR	50 t / h
309	BANT KONVEYÖR	50 t / h
310	BANT KONVEYÖR	50 t / h
311	BANT KONVEYÖR	50 t / h
312	BANT KONVEYÖR	50 t / h
320	BANT KANTARI	80 kg / h
402	IZGARA	800x2500 mm
403	BANT KONVEYÖR	100 t / h
404	BANT KONVEYÖR	100 t / h
405	BANT KONVEYÖR	100 t / h
407	BANT KANTARI	80 kg / h
501	KONSANTRE SİLOSU	160 m3
502	KONSANTRE SİLOSU	160 m3
503	TİTREŞİMLİ BESLEYİCİ	200 t / h
504	TİTREŞİMLİ BESLEYİCİ	200 t / h
505	YÜKLEME BANTI	200 t / h
601	SANTRİFÜJ POMPASI	200 m3 / h
602	SU HAVUZU	768 m3
603	SANTRİFÜJ POMPASI	150 m3 / h
604	DALGIÇ POMPA	65 lt / sn
605	SU HAVUZU	90 m3
606	DALGIÇ POMPA	65 lt / sn



Resim 2.1 Hisarcık Açık Ocağı



Resim 2.2 Hisarcık Konsantratör Tesisi

2.8.2.5 Borik Asit Fabrikası

Muhtelif ebatlı kolemanit konsantresi kırma ve öğütme işlemine tabi tutulur. Öğütülmüş kolemanit reaktör içinde sülfürikasit ile reaksiyona girer. Reaksiyon sonucu oluşan çözelti filtrelerde süzülür, kristalizatörlerde kristal hale getirilir. Elde edilen kristal Borikasit önce santrifüj ünitesinde, sonra kurutucularda kurutulur. Elde edilen Borikasit istenilen miktarlarda satışa sunulmak üzere ürün stok ambarlarında depolanır.

Borik Asit üretimi Reaksiyon, I.Filtrasyon, II. Filtrasyon, Cilalama Filtreleri, Kristalizasyon, Kurutma ve paketleme aşamaları sonucunda satışa hazır hale gelmektedir.

- **Reaksiyon;**

Reaksiyon ünitesinde altı adet reaktör tankı bulunmaktadır. Reaktörlerden ilk ikisi yedekli çalıştırılmakta ve içleri kauçuk ile kaplanmıştır. Bu iki reaktör tankı girişinde ana çözelti ve sülfürik asit karışımını sağlayan statik mikser mevcuttur. I. Reaktör tankında, çözelti ve sülfürik asit karışımı, öğütülmüş kolemanit ile reaksiyona girer. Reaktörler birinden diğerine taşacak şekilde dizayn edilmiştir. Kolemanit ve sülfürik asit arasındaki reaksiyon sülfürik asidin tamamına yakınının kullanımı ile ilk reaktörde meydana gelir, birinci aşamada reaksiyona girmeden kalan kolemanit ve sülfürik asit daha sonraki reaktörlerde reaksiyonu tamamlarlar. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler ısı kayıplarına önlemek için izole edilmiş ve dıştan ısıtma ile takviye edilmiştir. Reaktörlerde jips çamurunun her noktada aynı özellikli süspansiyon halinde bulunmasını sağlamak amacıyla karıştırıcılar kullanılmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı optimum 88 ° C olup reaksiyon süresi yaklaşık 4 saattir.

- **Filtrasyon;**

Reaksiyon ünitesi son reaktöründe reaksiyonu tamamlanan jips çamuru, belt filtrelerle beslenmeden önce flokulant ile karıştırılır. Filtrasyon iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci kademedede, iki adet belt filtre mevcuttur. Filtreler yedekli çalıştırılmaktadır. Birinci kademededen alınan kek, remix tankında sıcak ana çözelti ile karıştırılarak, ikinci kademe belt filtreye gönderilir. İkinci kademe filtrasyonda ters akımlı yıkama yapılır. İkinci kademe filtrasyondan alınan kek atık tankında toplanarak, atık barajına gönderilir.

İkinci kademe filtratı ise filtrat toplama tankında toplanarak pompa yardımıyla ana çözelti tanklarına gönderilir ve reaksiyon ünitesine geri döner.

Birinci kademe filtrasyon filtratı kuvvetli çözelti tankında toplanarak cila filtrelerine gönderilir. Cila filtrelerinde kuvvetli çözelti içerisindeki az miktardaki katı safsızlıklar filtrasyon verimi artırmak için eklenen perlit ile birlikte uzaklaştırılır. Temizlenen filtrat cilalanmış kuvvetli çözelti tanklarında toplanarak kristalizatör besleme tankına gönderilir.

- **Kristalizasyon;**

Borik asit kristalizasyonu için üç adet seri çalışan DTB (Draft-Tube-Baffle) tipi kristalizatör kullanılmaktadır. Kristallenme 88 0C deki çözelti, üç kademede 35 0C'ye düşürülerek gerçekleştirilir. Kristalizatörlerden çıkan buhar kondenselerde soğutma suyu ile yoğuşturularak elde edilen kondens suları bir tankta toplanır. Toplanan kondens suları soğutma suyu pompaları ile soğutma kulesine gönderilir.

Kristalizatörden alınan lapa bir hidrosiklondan geçirilir, kristal yıkama filtresi üzerinde ters akımlı olarak demineralize su ile yıkanarak suda çözünen safsızlıklar uzaklaştırılır ve böylece üründe istenilen sülfat aralığı sağlanır. Hidrosiklon üst akışı soğuk ana çözelti tankında toplanır.

Yıkanmış kristaller santrifüjlere beslenir ve kurutuculara beslenmeye hazır halde %7-8 nem içerikli kristal elde edilir.

- **Kurutma ve Paketleme;**

Oluşan Borik Asit kristallerini kurutmak amacıyla iki adet dikey tipli tepsili kurutucu kullanılmaktadır. Bu kurutucuların son iki gözünde ürün soğutularak max. %0,05 nem içeriğinde borik asit kristalleri elde edilir. Elde edilen borik asit kristalleri elevatör ve helezon yardımıyla ürün eleklerinde sınıflandırma yapılır. Kullanılan eleklerde iki kademeli eleme yapılır. İkinci elek altı, toz paketleme silosunda; birinci elek altı ise kristal paketleme silolarında depolanır. Silolarda toplanan ürün müşteri talebine göre 25 kg'lık, 50 kg'lık ve 1 tonluk big-bag torbalarda kristal borik asit, toz ise 1 tonluk big-bag torbalarda toz borik asit olarak paketlenir.

2.9 Kolemanit Minerali

2.9.1 Kolemanitin Kimyasal Bileşimi ve Özellikleri

Kolemanit, borlar İçinde en yaygın mineral olduğundan bazı bor yatakları genellikle ticari anlamda, kolemanit yatakları olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu mineral, çok küçük yıldız şeklindeki kristal kafeslerinden, 50 cm. çapındaki küresel ve şekilli nodüllere kadar değişen birçok formlarda ve sürekli tabakalar halinde bulunmaktadır, nodülleri oluşturan bireysel kristaller renksiz yada parlak, koyu mavi ve lacivert renktedir.

Kristal yapısı : Monoklinal sistemde kristalleşmiş kristaller halinde

Renk : Renksizden beyaza değişen renkler

Çizgi rengi : Beyaz

Özgül ağırlığı : 2,37 ton/m³

Sertliği : 4-4.5

Kristal yapısında : %50,9 B₂O₃ %27,2 CaO , %21,9H₂O bulunmaktadır.

Kimyasal formülü : 2CaO.3B₂O₃.5H₂O

Kolemanit, suda çok az HCl asitte kolay erir, ısıtıldığında da ise ufalanır(gevreklik). Değerli mineraller olarak gözlenen kolemanit genelde ışınsal, bazen de küresel (yumru) doku göstermekte olup, gang minerallerine nazaran daha iri boyuttadır.

Kolemanit, Kırka, Bigadiç ve Kestelek yataklarında üleksitin bozulmasından ve myolitin dehidrasyonundan da oluşmaktadır. (İnan vd, 1973; ve Özpeker, 1969). Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada A.B.D.'de bulunur (DPT, 2001).

2.9.2 Kolemanitin İşlenmesi; Ürünler ve Atıklar

Bir önceki bölümde (2.8.2.1-5) kolemanit mineralinin Emet Bor İşletme Müdürlüğü bünyesinde bulunan işletmelerde işlenme aşamaları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu bölümde kolemanit mineralinden elde edilen ürünler ve atıklar incelenmiştir.

2.9.2.1 Ürünler ve Ürünlerin Kullanıldığı Endüstriler

Çizelge 2.10'da ürünler ve kullanım alanları genel olarak verilmiştir.

Çizelge 2.10 Kolemanit Minerali, Ürünleri ve Kullanılan Endüstriler

Mineral	Ürünler	Kullanıldığı Endüstriler
Konsantre Kolemanit ($2CaO.3B_2O_3.5H_2O$)	Borik Asit ve Boroksit	Selüloz İzolasyon Tekstil - Fiberglas Borosilikat cam Ateşe dayanıklı maddeler Metalurji Sabun ve detarjan çeşitleri Kimyasal bileşikler Seramik - Emaye Kozmetik (Şampuan)

2.9.2.2 Atıklar

Çalışmaya esas olan Hisarcık Konsantratör Tesisinden elde edilen atıklar boyut aralıklarına göre isimlendirilmişlerdir. Bunlar; -25 mm kaba atık, 25-100 mm kaba atık ve -3 mm ince atık şeklindedir. Bunlardan -25 mm ve 25-100 mm kaba atıklar kil tumbalarında biriktirilirken, -3 mm ince atıklar atık barajında biriktirilmektedir.

Bu tez çalışmasına esas olacak -3 mm atıklar Hisarcık Konsantratör tesisinde eski ve yeni olmak üzere iki atık barajında toplanmaktadır.

- **Yeni (şuan kullanılan) Atık barajı**

Konsantratörün - 3 mm. atıkları 1/1 katı-sıvı oranına sahip pulp halinde yılda 120.000 ton olarak, 100.000 m² taban alanlı ve 1,5 milyon m³ kapasiteli atık göletine verilir. Tesisin su ihtiyacı 300 m³/saattir. Mevcut gölet 1984 yılında Etibank -DSİ işbirliği ile yapılmış olup, sızdırmazlık özellikleri taşımaktadır. Belirli dönemlerde işletmemiz imkanları ile seddesi yükseltmek suretiyle kapasitesi arttırılabilmektedir. Bu yönde

1997 yılı içerisinde toplam 120.000 m³ dolgu ve sıkıştırma işlemleri yapılarak Gölet seddesi yaklaşık 2,5 metre, 1998 yılında 110.000 m³ dolgu ve sıkıştırma ile 1 m., 1999 yılında 60.000 m³ dolgu ve sıkıştırma ile 2 m. yükseltilmiştir. Ayrıca atık göletinden pompa istasyonuna serbest akış ile su almaya devam edebilmek için gölet içinde köprü betonları atılıp gerekli boru tadilatları da yapılmıştır.

(250 metre) Gölete verilen su dinlendirilerek kapalı devre halinde tekrar tesise basılır. Şu anda sedde kotu 795 olup, 2008 yılına kadar, nihai kotuna kadar yükseltilmesi ile ise 2015 yılına kadar hizmet verebilecektir.

- **Eski Atık barajı**

1973 yılında devreye alınan Hisarcık Konsantratör Tesisi'nin atıkları bu tarihten itibaren bu atık barajına bırakılmaya başlanmış olup, 1985 yılına kadar yaklaşık olarak 12 yıl süre ile kullanılmıştır. Atık barajının gövde dolgusunu kireçtaşı ve kalın kil tabakası oluşturmaktadır. Barajın iç kısmı ise ince bir kil tabakası ile kaplanmıştır. Atık barajının yüzey alanı 92.750 m² olup, iç hacmi yaklaşık 1.500.000 m³'tür.

Barajda 12 yıllık çalışma süresi boyunca herhangi bir sızıntı meydana gelmemiş olup, kullanıma alındığı tarihten bugüne kadar da çevresel herhangi bir zarara sebep olmamıştır. Fakat Hisarcık Konsantratör Tesisi'nin mevcut haliyle üretim yapması durumunda ileride yeni atık barajına ihtiyaç olacaktır. Bu çalışma ile eski atık barajının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılmasına ve mevcut atık barajının kullanılmasına olanak sağlanacaktır.

2.10 Çimento

Çimento, başlıca silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksitleri ihtiva eden hammaddelerin teknolojik metodlarla sinterleşme derecesine kadar pişirilmesi ile elde edilen yarı mamül madde klinkerin, tek veya daha fazla cins katkı maddesiyle öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcıdır.

Portland çimentoların üretiminde, önce uygun miktarda kireç (CaO), silis (SiO₂), alüminyum oksit (Al₂O₃) ve demir oksit (Fe₂O₃) içeren hammaddeler belirli oranlarda

karıştırılarak fırınlarda 1450 °C – 1650 °C'ye kadar pişirilir. Fırından çıkan gri renkteki pürüzlü ve gözenekli yüzeye sahip 1-25 mm. Çapındaki malzemeye “klinker” denir.

Klinker soğutulur sonra öğütülür. Öğütme işlemi sırasında çimentonun priz sürelerini ayarlamak için klinkere çeşitli maddeler katılır (DPT, 2001).

2.10.1 Çimento Hammaddeleri

Çimento üretiminde esas olarak kalker, kil veya marn kullanılmaktadır. Bunun yanında hammadde karışımının demir oksit miktarı yetersiz olduğunda, bunu telafi etmek gayesi ile demir cevheri veya pirit külü de hammadde karışımının bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Aynı şekilde, silisyum dioksit miktarı yetersiz kaldığında bunu karşılamak amacı ile yüksek silisli kum hammadde karışımının bir bileşeni olarak kullanılmaktadır.

2.10.1.1 Kalker

Kalker çimentonun en önemli ve yüzde olarak en yüksek miktarda kullanılan hammaddesidir. Bilindiği gibi çimentoyu oluşturan ana bileşiklerin (klinker minarelerinin) hepsi CaO'li bileşiklerdir. Kalkerler genellikle yüksek miktarda kalsit (CaCO_3) ve çok az miktarda kuvars (SiO_2) minerallerini ihtiva ederler. Kalkerlerin sertliği 1,8-3,0 Mohs sertlik derecesi arasındadır. Yoğunlukları ise 2,6-2,8 g/cm^3 değerleri arasında değişir (Duda, 1976).

Bazı kalkerler kalsit yerine CaCO_3 'ün değişik kristal yapısındaki şekli olan aragonit mineralini ihtiva eder. Kalsit minerali hegzagonal kristal yapısındadır ve yoğunluğu 2,7 g/cm^3 dür. Aragonit minerali ise rombik kristal yapısındadır ve yoğunluğu 2,95 g/cm^3 dür (Duda, 1976).

2.10.1.2 Kil

Çimento hammaddelerinde ikinci önemli hammadde kildir. Killeri oluşturan ana bileşen sulu alüminyum silikat bileşikleridir. Killer; kaolin, montmorillonit ve illit gibi kil minerallerinin yanında önemli ölçüde demir oksit, demir sülfür, kum ve kalsit gibi kil dışı mineraller ve az miktarda organik madde içermektedirler. Demir killeri

renklendiren esas maddedir. Bunun yanında organik maddeler de killerin renklenmesine katkıda bulunurlar. Bu şekilde safsızlık içermeyen killerin rengi beyazdır. Killer esas olarak kütlece en çok SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ içeren maddelerdir. Bunlar az miktarda MgO, CaO, K₂O ve Na₂O içerirler (Taylor, 1992).

Killer genellikle bir veya birkaç kil mineralini birlikte içermektedirler. Kil minerallerinin yanında genellikle feldspat ve kuvars gibi minerallerde bulunmaktadır.

2.10.1.3 Marn

İçinde değişik oranlarda SiO₂, kil mineralleri ve demir oksit gibi safsızlıklar bulunan kireç taşına “marn” denir. Hem kalker hem kil bileşenlerini yan yana içermesi nedeniyle marn da çimento hammaddesi olarak kullanılmaktadır.

Jeolojik olarak tortul kayalar grubuna giren marn, kalsiyum karbonat ve klinkerin aynı zamanda sedimentasyonu ile oluşur. Marn kalkere nazaran daha yumuşaktır. Marnlar, kalker ve kil bileşenlerinin her ikisini de homojene olmuş bir şekilde ihtiva ettiğinden çimento için çok elverişli hammaddelerdir (Duda, 1976).

2.10.2 Çimentonun Üretimi

Çimentonun hammaddeleri genel olarak kalker marn ve killi kalkerler olarak üç grupta toplanır. Bu üç grubun kimyasal bileşimlerine bağlı olarak ikisinden alınan hammaddeler orantılanıp harmanlanırlar. Pişirme sıcaklığını düşürmek için karışımda alüminyum ve demir oksitlerin de bulunması gerekir. Kilin içinde yeterince bulunmuyorlarsa ayrıca katılırlar. “Farin” tabir edilen hammadde karışımı öğütüldükten sonra eğik bir döner fırında 1500 °C civarında sıcaklığa kadar pişirilir.

Fırının alt çıkış ucuna doğru hammadde tanelerinin yarı ergimiş halde birbirlerine yapışmaları sonucu klinker denilen yaklaşık 1 cm. çapında küresel tanecikler meydana gelir. Klinker soğutulduktan sonra az miktarda alçı taşıyla değirmende öğütülerek portland çimentosu elde edilmiş olur. Standart tanımlanmasına göre portland çimentosu, klinkere alçıdan başka bir madde katılmayan çimentodur. Ancak eski dönemlerden beri demir çelik sektörünün proses atığı yüksek fırın curufu, termik santrallerde kullanılan

taşkömürünün yanması sonucu oluşan uçucu veya tras gibi endüstriyel veya doğal mineral katkıları içeren çimentolar kullanılmaktadır.

Teknolojik ve ekonomik yararlarına ek olarak çevre ile doğal kaynaklarının korunmasına da yardımcı olan katkılı çimentolar gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Çimento yapımında hem doğal hem de endüstriyel ürünler kullanılabilir.

Kalkerli malzemeler; kireçtaşı, marn.

Killi malzemeler; içerisinde önemli miktarda silis bulunan kil, şeyl, şist, kum gibi malzemeler.

1 ton portland çimentosu üretebilmek için yaklaşık 1600 kg hammadde kullanılır. Bunun % 80'i kalkerli malzemedir geriye kalanında çoğu da killi malzemedir. Kalkerli malzemeler döner fırının içerisinde ağırlıklarının % 44'ünü oluşturan karbondioksiti kaybederler. $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ (900 °C). Killi malzemelerdeki suda sıcaklıkla kaybolur.

Döner fırının üst ucu düşük sıcaklığa sahiptir, hammaddeler burada konulur ve yatay fırının eğiminden ve dönmesinden dolayı yavaş yavaş aşağı uca doğru hareket ederler ve giderek daha yüksek sıcaklıkla karşılaşır. İki çeşit sistem vardır:

Yaş Sistem : Malzemeler su ile karıştırılarak çamur gibi bir hammadde karışımı kullanılır.

100 °C'de serbest su buharlaşır (fırının üst kısmında).

500 – 600 °C'de killi maddeler oksitlerle ayrışır.

600 – 700 °C'de $\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2$

900 °C'de $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$

900 – 1200 °C'de kireç, silis, alümin arasında reaksiyon başlar.

1280 °C den sonra çimento bileşenleri meydana gelir.

1350 – 1450 °C'de başlı başına değişik bir ürün olan klinker elde edilir.

Kuru Sistem : Killi ve kalkerli malzeme öğütülür ve kuru durumda bir hammadde karışımı kullanılır. Hammadde yaklaşık 800-900 °C’de ön ısıtıcılarda işlem görür daha sonra döner fırına girer. Yukarıda sözü edilen bazı olaylar hammadde döner fırına girmeden tamamlanmaktadır. Oksitler arası reaksiyonlar ve bileşenlerin yaş sistemde gibidir (Akçansa, 2003).

Meydana gelen 4 ana bileşen aşağıdaki gibidir.

Trikalsiyum Silikat (Alit) $3CaO.SiO_2$ C_3S

Dikalsiyum Silikat (Belit) $2CaO.SiO_2$ C_2S

Trikalsiyum Alüminat (Celit) $3CaO. Al_2O_3$ C_3A

Tetrakalsiyum Alüminoferrit (Felit) $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ C_4AF

Çizelge 2.11 Çimento Bileşenlerinin Özellikleri (Barandan, 1994)

Çimento Özellikleri	Bileşenlerin Özellikleri			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Reaksiyon Hızı	Orta	Yavaş	Hızlı	Orta
Hidrasyon Isısı	Orta	Az	Çok	Orta
Bağlayıcılık Değeri				
İlk Zamanlar	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Sonunda	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük

2.10.3 Çimento Sanayinde Kullanılan Katkı Maddeleri

2.10.3.1 Puzzolanik Maddeler

Kendi başlarına hidrolik bağlayıcı olmayan ancak ince olarak öğütüldüklerinde nemli ortamda normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı özellikte

bileşikler oluşturan doğal yada yapay maddelerdir. Çoğu puzzolanik maddeler volkanik kökenli olup, en çok bilineni tüflerdir. Puzzolan terimi, Napoli Körfezindeki Vezüv Dağı yakınındaki Pozzuoli'den kaynaklanmaktadır.

Puzzolanik maddelerin özelliği yüksek miktarda SiO_2 ve Al_2O_3 içermeleridir. Bu nedenle $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile tepkimeleri kolaydır. Bu yüzden bağlayıcı özellik gösterirler. Ülkemizde çimento sanayinde doğal puzzolanik katkı maddesi olarak tras ve bazik işlevli volkanik işlevlerin bir ürünü olarak oluşan doğal curuflar yaygın olarak kullanılmaktadır (DPT, 2001).

2.10.3.2 Uçucu Küller

Uçucu küller yada pulvarize yakıt külleri, özellikle elektrik üretim tesislerinin pulverize kömür ile işleyen fırınlarının toz tutma ünitelerinden sağlanan meteryallerdir. Küresel biçimde olup, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerirler. Puzzolanik maddeler gibi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile tepkimelerinde hidrolik bağlayıcı nitelik kazanırlar. Diğer taraftan yanmış karbon kalıntılarını da içermesi olasıdır. Buda çimentonun düşük direncine ve betonun dayanıklılığına olumsuz yönde etki yapar. Uçucu küllerin spesifik yüzeyi ne kadar büyükse reaktivitesi de o kadar yüksektir.

Pek çok uçucukül için bu değer 1000-4000 cm^2/g arasında değişmektedir. Kül partiküllerinin tane boyutu ise 0,5-200 mikron arasındadır. İri taneli uçucu küllerden istenen çimentoyu üretmek için jips ve portland çimentosu klinkeri ile öğütme yoluyla inceltmesi olasıdır. Külün kalitesine ve özelliklerine bağlı olarak çimentonun yapısında bir katkı maddesi olarak % 30 oranında uçucu kül bulunabilmektedir (Tokyay ve Erdoğan, 1998).

2.10.3.3 Sülfatlar

Jips yada jips anhidrit karışımını içeren değişik oranlardaki sülfat mineralleri son öğütme prosesinde portland çimentosu klinkerine katılabilmektedir. Sülfat üyelerinin eklenmesiyle çimentonun donma süresinin kontrolü daha kolay sağlanabilmektedir. Bu gibi meteryaller çimentonun öğütülmesi sırasında % 3-5 oranında katılabilmektedir.

Jips ve anhidrit evaporit mineralleri olup, jipsin kimyasal formülü $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, anhidritin ise CaSO_4 ' tır (DPT, 2001).

2.10.4 Başlıca Çimento Çeşitleri

Türk Standartlarında yer alan çimento çeşitlerine 1997 Avrupa standartlarında olduğu halde bizim standartlarımızda olmayan 6 adet yeni tip çimento standardı dahil edilerek çimentoların çeşitliliği arttırılmıştır. Yeni çimentolarla birlikte standartlarımızda yer alan başlıca çimento çeşitleri aşağıda kısaca anlatılmıştır.

2.10.4.1 Portland Çimento

Portland çimentoları, klinkerle az miktarda (yaklaşık %5) alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen katkısız çimentolardır. Bu çimentolar 28 günlük basınç dayanımlarına göre başlıca 3 tiptir. Bunlar ; PÇ 32.5, PÇ 42.5 ve PÇ 52.5'tur (TÇMB, 2007).

- **Portland Çimentosunun Oksit Kompozisyonu**

Öğütülmüş kalkerli ve killi malzemenin belirli oranlarda karışımının pişirilmesinden klinker elde edilir. Çevre sıcaklığına soğutulan klinkerin az miktarda alçı taşı ile öğütülmesinden çimento oluşur. Portland çimentosu yapısında yer alan oksitler, bunların sembolleri ve yaklaşık miktarları Çizelge2.12'de verilmiştir.

Çizelge 2.12 Portland Çimentosunu Oluşturan Oksitler ve Miktarları

Oksit	Çimento kimyasında sembolü	Miktarı %
CaO (kireç taşı)	C	60-67
SiO ₂ (silis)	S	17-25
Al ₂ O ₃ (alümina)	A	3-8
Fe ₂ O ₃ (demir oksit)	F	0.5-6
MgO (magnezit)	M	0.5-4
Na ₂ O+K ₂ O (alkaliler)	N+K	0.3-1.2
SO ₃ (kükürt anhidriti)	S*	1-3

Çizelge 2.12’de yer alan SO₃, çoğunlukla çimento üretimi esnasında klinkere eklenen alçıdan gelmektedir. Bunun dışındaki oksitler klinkeri oluşturan oksitlerdir. Görüldüğü gibi çimentonun büyük bir bölümü CaO, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃’ten oluşmaktadır. Bu dört oksit, çimentonun ana bileşenlerini oluşturan ana oksitlerdir.

Ana bileşenlerin yapısı ve özelliklerine geçmeden önce, çimentoda az miktarda bulunan ve bundan dolayı "minör oksitler" olarak adlandırılan oksitlere değinmekte yarar var.

MgO: Hammaddede bulunan MgO ’nin bir bölümü pişirme esnasında diğer oksitler ile birleşir. Fakat, sistemde serbest kalan MgO’nin, serbest CaO gibi, su ile reaksiyonu sonucunda hacim genişmesi meydana gelmektedir. Çimentodaki MgO, döner fırında aşırı sıcaklığa maruz kalmasından dolayı, hidratasyonu oldukça yavaştır. Çimento hamuru sertleşmesinden sonra oluşan bu reaksiyon hacim genişmesi ve çatlaklara yol açabilmektedir. Bu nedenle standartlar çimentonun MgO içeriğini sınırlamaktadır.

Na₂O+K₂O: Alkali oksitlerin, betonda kullanılan bazı reaktif agregalar ile genleşme yaratan reaksiyona girebildikleri bilinmektedir (alkali-agrega reaksiyonu). Bu reaksiyon yıllar sonra oluşabilir ve betonun çatlayıp kırılmasına neden olur. Bundan dolayı reaktif agrega ile kullanılan çimentonun alkali içeriğinin düşük olması önerilir.

Bunun dışında alkalilerin çimentonun erken dayanımında olumlu, ileri yaşlardaki dayanımında olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir.

SO₃: Priz ayarlama amacıyla klinkere eklenen alçıtaşından kaynaklanmaktadır. Optimum miktarı klinkerin C3A içeriğine bağlıdır. Çimentoda, SO₃ gereğinden az bulunursa ani priz oluşabilir. Gereğinden fazla bulunursa sertleşmiş hamurda hacim genleşmesi ve çatlaklara yol açar.

Çimento ile ilgili vurgulanması gereken diğer bir önemli konuda klinkerdeki camsı madde oranıdır. Klinkerin üretimi esnasında döner fırındaki malzemenin ~%20–30'u sıvı hale gelir. Soğuma esnasında bu malzeme çoğunlukla kristalleşir. Fakat bir bölümü hızlı bir şekilde soğuduğundan cama dönüşür. Klinkerin soğutma hızı çimento özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Klinkerdeki camsı fazın kristal fazları olumlu yönde etkilediğinden, klinker yapısında bir miktar camsı fazın bulunması tercih edilir.

Yavaş soğuma sonucunda, daha fazla β -C2S oluştuğu, camsı faz oluşumunun C3A ve C4AF bileşenlerini daha fazla etkilediği, ayrıca alkaliler ve MgO gibi bazı minör bileşenlerin camsı fazda toplandığı bilinmektedir. Ancak camsı fazın artması ile klinkerin öğütülebilirliğinin ve C3S içeriğinin azalacağı unutulmamalıdır.

- **Portlant Çimentosu Ana Bileşenleri:**

Ham karışımında bulunan oksitler, pişirme esnasında birbirine bağlanır ve klinkerin yapısını oluşturan ana bileşenler oluşur. Çizelge 1.10'da verilen dört ana bileşen, çimentonun %90'nından fazlasını oluşturur.

Çizelge 2.13 Çimentonun Ana Bileşenleri

Ana bileşen	Sembolü
Tri kalsiyum silikat($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C3S
Di kalsiyum silikat($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C2S
Tri kalsiyum alüminat($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	C3A
Tetra kalsiyum alümina ferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	C4AF

Her ana bileşen, hidratasyon esnasında, su ile ayrı ayrı reaksiyona girer. Ana bileşenlerin reaksiyon hızı, açığa çıkardığı ısı ve reaksiyon sonucunda oluşturduğu ürünün, çimento hamurunun bağlayıcı özeliğine katkısı farklıdır. Bu özellikler göreceli olarak Çizelge 2.14 'de kıyaslanmıştır.

Çizelge 2.14 Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri

Özellik	C3S	C2S	C3A	C4AF
Reaksiyon hızı	Orta	Yavaş	Hızlı	Orta
Hidratasyon ısı	Orta	Az	Çok yüksek	Orta
Dayanıma katkısı				
İlk günlerde	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
İleri yaşlarda	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük

Çimentonun hidratasyonunu açıklayan kimyasal reaksiyonla, genelde ana bileşenlerin ayrı ayrı hidrate oldukları varsayımı ile incelenir. Hidratasyon esnasında bileşenlerin

karşılıklı etkileşimi olduğundan, bu varsayım tam olarak geçerli değildir. Buna rağmen kolaylık bakımından bu tür bir inceleme tercih edilmektedir.

2.10.4.2 Portland Curufllu Çimento

Portland Curufllu Çimentoları, klinkerle curuf ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentolardır. Bu çimentolar ihtiva ettikleri katkı (curuf) miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %6 - 20 arasında curuf ihtiva edenler A sınıfı, Kütlece %21 - 35 arasında curuf ihtiva edenler B sınıfıdır. Portland Curufllu Çimentolar 28 günlük basınç dayanımlarına göre PCC 32.5, PCC 32.5R, PCC 42.5, PCC 42.5R, PCC 52.5, PCC 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (TÇMB, 2007).

2.10.4.3 Portland Silika Füme Çimento

Portland Silika Füme Çimento, klinkerle kütlece en fazla %10 oranında silika füme ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir. Tek bir sınıfı vardır. Portland Silika Füme Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre PSFÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.4 Katkılı Çimento

Katkılı Çimento, klinkerle en fazla %19 oranında puzolanik maddenin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Katkılı Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre KÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.5 Traslı Çimento

Traslı Çimento, klinkerle %20-40 arasında trasın ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Traslı Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre TÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.6 Uçucu Küllü Çimento

Uçucu Küllü Çimento, klinkerle kütlece %10-30 arasında uçucu küllün az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Uçucu Küllü Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre UKÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.7 Portland Kalkerli Çimento

Portland Kalkerli Çimento, klinkerle kalkerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İhtiva ettikleri kalker miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %6-20 arasında kalker ihtiva edenler A sınıfı, Kütlece %21-35 arasında kalker ihtiva edenler B sınıfıdır. Portland Kalkerli Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre PLÇ 32.5, PLÇ 32.5R, PLÇ 42.5, PLÇ 42.5R, PLÇ 52.5, PLÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (TÇMB, 2007).

2.10.4.8 Portland Kompoze Çimento

Portland Kompoze Çimento, klinkerle puzolonik veya hidrolik maddelerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İhtiva ettikleri toplam katkı maddesinin miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %6-20 arasında kalker ihtiva edenler A sınıfı, Kütlece %21-35 arasında kalker ihtiva edenler B sınıfıdır. Portland Kompoze Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre PKÇ 32.5, PKÇ 32.5R, PKÇ 42.5, PKÇ 42.5R, PKÇ 52.5, PKÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (TÇMB, 2007).

2.10.4.9 Cürüflu Çimento

Cürüflu Çimento, klinkerle kütlece %20-80 arasında cürufun ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Katkılı Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre CÇ 32.5 ve CÇ 42.5 olmak üzere iki tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.10 Puzolanik Çimento

Puzolanik Çimento, klinkerle puzolonik maddelerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İhtiva ettikleri toplam katkı maddesinin miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %11-35 arasında puzolanik madde ihtiva edenler A sınıfı, Kütlece %36-55 arasında puzolanik madde ihtiva edenler B sınıfıdır. Puzolanik Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre PZÇ 32.5, PZÇ 32.5R, PZÇ 42.5, PZÇ 42.5R, PZÇ 52.5, PZÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (TÇMB, 2007).

2.10.4.11 Kompoze Çimento

Kompoze Çimento, klinkerle curuf ve puzolonik maddelerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İhtiva ettikleri toplam katkı maddesinin miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece toplam katkı miktarı %36-60 arasında olanlar A sınıfı, Kütlece toplam katkı miktarı %61-80 arasında olanlar B sınıfıdır. Kompoze Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre KZÇ 32.5, KZÇ 32.5R, KZÇ 42.5, KZÇ 42.5R, KZÇ 52.5, KZÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (TÇMB, 2007).

2.10.4.12 Beyaz Çimento

Dekoratif amaçlı çimentodur. Renk verici oksitler içermeyen ya da çok az oranda içeren hammaddeler kullanılarak üretilen katkısız çimentodur. Dekoratif amaçlı olmasına rağmen basınç dayanımları, Türk standartlarında Portland Çimentosunun basınç dayanımları ile aynı değerlerle sınırlandırılmıştır. Beyazlık derecesine göre BPC 70 ve BPC 85 olmak üzere iki sınıftır. Beyaz Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre BPC 32.5 ve BPC 42.5 olmak üzere iki sınıftır (TÇMB, 2007).

2.10.4.13 Erken Dayanımı Yüksek Çimento

Erken Dayanımı Yüksek Çimento özel olarak üretilmiş klinker ile az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen erken dayanımı yüksek olan bir çimentodur.

Erken Dayanımı Yüksek Çimento tek bir sınıftır. Erken Dayanımı Yüksek Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre EYÇ 52.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.14 Sülfatlara Dayanıklı Çimento

Sülfatlara Dayanıklı Çimento C3A miktarı en fazla %5 olan ve C4AF + 2C3A miktarı en fazla %25 olan klinkerle az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Sülfatlara Dayanıklı Çimentonun tek bir sınıfı mevcuttur. Sülfatlara Dayanıklı Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre SDÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.15 Süper Sülfat Çimentosu

Süper Sülfatlı Çimento, kütlece en az %65 oranında yüksek fırın cürufu ile kalsiyum sülfat ve az miktarda portland çimento klinkeri veya portland çimentosunun birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Bu çimento tek bir sınıftır. Bu Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre SSÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

2.10.4.16 Harç Çimentosu

Harç Çimentosu en fazla %60 oranında puzolanik madde içeren çimentodur. Tek bir sınıftır. Bu Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre HÇ 16 olmak üzere tek tiptir (TÇMB, 2007).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada; PÇ 42,5R çimentosuna Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık Konsantratör tesisi eski atık barajı şlam atığı ilave edilerek çimentonun özelliklerindeki değişimler incelenecektir.

3.2 Yöntem

Bu çalışmada, PÇ 42,5R çimentosuna ağırlıkça % 1, 3, 5 ve 10 oranında Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık Konsantratör Tesisi eski atık barajından alınan kolemanit atığı ilave edilerek kompoze PÇ 42,5R çimentolar hazırlanmıştır. Bu çimentolar ile elde edilen reçeteler çizelge 3.1 de, kullanılan konsantratör atığına ait kimyasal ve fiziksel veriler sırasıyla çizelge 3.2’de ve 3.3’de verilmiştir. Deneyler ilgili TS-EN standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Üretilmiş olan kompoze PÇ 42,5R çimentolarına; kimyasal analiz, elek analizi, yoğunluk tayini, blaine tayini, % H₂O miktarı, genleşme, piriz süresi, eğme mukavemeti ve basma mukavemeti gibi deneyler yapılmıştır. Ayrıca, taramalı elektron mikroskopunda (SEM) mikro yapı fotoğrafları çekilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneylerde Kullanılan Reçete (% Agr.)

Reçete No	Klinker miktarı %	Alçı Taşı miktarı %	Atık Katkısı %
Reçete 1	95	5	0
Reçete 2	94	5	1
Reçete 3	92	5	3
Reçete 4	90	5	5
Reçete 5	85	5	10

3.2.1 Numune Alma İşlemi

Çakma kuyu yöntemiyle numune alınması çalışması için Emet Bor İşletme Müdürlüğü imkanları ile 2001 yılında daha öncede Emet Bor İşletme Müdürlüğü teknik elemanları tarafından atık barajının değerlendirilmesi çalışmasında kullanılan bir düzenek kurulmuştur.

Üç ayaklı ve her bir ayağı 6 m uzunluğundaki kuleden oluşan düzenek, ayakları birbirinden eşit uzaklıkta olacak şekilde, yani kulenin tabanı eşkenar üçgen oluşturacak biçimde monte edilmiştir. Kuyuda ilerlemeyi sağlamak üzere 75 kg ağırlığında şahmerdan kullanılmış ve kulenin üst tarafına şahmerdanın rahat hareket edebilmesi için bir makara takılmıştır. Çakma işlemi için kullanılan şahmerdanın aşağı-yukarı doğru hareketi bir halat vasıtasıyla sağlanmıştır. Numune almak için ise ucu sivriltilmiş bir keçir kullanılmıştır. Numune alma işlemine ait düzenek ve numune alma işlemi Resim 3.1 de gösterilmiştir. Atık barajının genel görünümü ise Resim 3.2’de verilmiştir.

Bu düzenek ile açılan kuyular bütün barajı temsil edecek şekilde seçilmiştir. Numune alma işlemi % 75-85 karot randımanı ile gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.1 Numune Alma Düzeneği



Resim 3.2 Hisarcık Konsantratör Tesisi Eski Atık Barajı Genel Görünüşü

Konsantratör tesisinden atılan atığın pulp halinde olmasından dolayı atık barajı üç lokasyona ayrılmıştır. Birinci lokasyon atık barajının atığın bırakıldığı kısma en uzak, tane boyutu olarak da diğer lokasyonlara göre daha ince boyutta ve $\%B_2O_3$ miktarı bakımından son derece fakir olan kısmı olarak alınmıştır. Bu kısımda bir adet kuyu açılmasına karar verilmiştir.

İkinci lokasyon barajın orta bölgesinde yer almaktadır. Üçüncü lokasyon ise atığın baraja bırakıldığı noktaya en yakın bölgedir ve tane boyu ile $\%B_2O_3$ tenöründeki artışla diğer lokasyonlardan ayrılmaktadır. Üç lokasyonda da birer adet olmak üzere baraj yüzeyinde üç adet kuyu yeri tespit edilmiştir.

Her bir kuyudan numuneler alınıp harmanlanarak barajın tümünü temsil eden homojen bir atık elde edilmiştir. Daha sonra numune konileme dörtleme yöntemiyle azaltılarak Çizelge 3.2 ve 3.3’de gösterilen kimyasal ve fiziksel analizler elde edilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneyde kullanılan Hisarcık Kolemanit Atığı (Atık Barajı Numunesi)
Kimyasal analizi

Kimyasal Analiz (%)	Sonuçlar
B ₂ O ₃	18,75
SiO ₂	20,59
Fe ₂ O ₃	0,95
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	2,40
CaO	17,42
MgO	5,76
SrO	5,25
Fe	0,66
As (ppm)	1550
SO ₄	0,22
Yoğunluk	2,35 gr/cm ³

Hisarcık Eski Atık Barajı'nda yapılan numune alma çalışmalarında belirtilen üç adet kuyudan numune alınmıştır.

Çizelge 3.3 Deneyde kullanılan Hisarcık Kolemanit Atığı (Atık Barajı Numunesi)
Elek analizi

Elek Analizi (mm)	Sonuçlar (%)
+3,15	5,03
-3,15+2	7,16
-2+1	16,06
-1+0,5	19,29
-0,5+0,250	23,46
-0,25+0,125	19,34
-0,125+0,063	7,56
-0,063	2,10

3.3 Verilerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık tesislerinden alınan atıklar öncelikle 105°C de 24 saat kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Hisarcık Konsantratör Kolemanit atığı, Göltaş Çimento Fabrikasından alınan klinker ve Denizli-Kaklık mevkiindeki maden ocağından alınan alçı taşı ile çizelge 3.1'e göre reçeteler hazırlamıştır. Reçetelere göre tartımlar yapılmış ve değirmende %19 u 40 µm olacak şekilde ayrı ayrı öğütülmüştür. Öğütmeler ortalama 50 şer dakika sürmüştür. Hazırlanan reçetelere bulgular kısmında anlatılan analizler tek tek uygulanmıştır.

3.4 Bulgular

3.4.1 Kimyasal Analizler

3.4.1.1 XRF Analizi

Amaç, elimizdeki bir malzemenin kimyasal açıdan içinde neler bulundurduğunu öğrenerek o malzemeye nasıl davranmamız gerektiğini öğrenmektir.

XRF analizi yapmak için perl yapmak gereklidir. Perl yapmak için toz numune gereklidir. Hammadde havanda ezildikten sonra 200 µm'lık elekten elenir. Kızdırma kaybının bulunması için 1 gr numune tartılır ve metal kroze konur. (kroze+numune=30,1306gr) 1050°C'de 10dk kızdırılır. Kızdırıldıktan sonra tekrar tartımı alınır. (kroze+numune=29,9867gr)

Ör: K.K için ilk tartım 30,1306

Kızdırılmış tartım -29,9867

%14,39 KK

Perl yapmak için alınması gereken numune miktarı $\frac{120}{100 - KK}$ dir.

Ör: alınması gereken miktar $= \frac{120}{100 - 14,39} = 1,4017$ gr alınmalıdır.

Platin krozeye 4,8178gr Fluore-X tozu konur.(Fluore-X'in bileşimi %66 lityum tetroborat + %34 lityum metaborat'tır.) Üzerine KK' dan bulunan alınması gereken miktar (1,4017gr) konur ve iyice karıştırılır. Oluşan cam fazın kroze yapışmasını önlemek için kroze içine 1–2 damla LiBr damlatılır. Kroze 1050 °C'lik fırına konur ve 10 dk. bekletilir. Sonrasında çalkalanıp 5 dk. daha fırında eritilir. Toplam 15dk sonunda kroze içindeki eriyik faz kupelin içine dökülür ve soğuması için beklenir. Oluşan perl soğuduktan sonra XRF cihazına yerleştirilir ve 2 dk. cihaz okuma yapar. Sonucu bilgisayar ekranında gösterir ve çıktı olarak verir.

Kimyasal analizlerin sonuçlarına göre çimentodaki atık miktarı arttıkça SiO₂, MgO ve A.Z. miktarında artış; Al₂O₃, CaO, SO₃ ve Fe₂O₃ azalış gözlenmiştir. Son olarak Na₂O ve K₂O da ise değişme yok denecek kadar az olmuştur. Reçetelere ait kimyasal analiz sonuçları çizelge 3.4’de sunulmuştur.

Çizelge 3.4 Karışıma Ait Kimyasal Analizler

No	Klinker %	Alçı Taşı %	Atık %	T.SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	K ₂ O %	Na ₂ O %	A.Z %
1	95	5	0	18,65	4,45	3,46	64,69	1,52	2,88	0,88	0,59	3,43
2	94	5	1	18,74	6,37	4,36	64,70	1,72	2,87	0,88	0,58	3,62
3	92	5	3	18,77	5,41	5,27	61,36	1,74	2,85	0,86	0,56	4,19
4	90	5	5	18,26	6,22	3,31	64,70	1,94	2,77	0,84	0,71	4,78
5	85	5	10	19,98	4,85	5,07	62,03	2,25	2,66	0,80	0,68	6,20
6	100	0	0	21,88	4,81	2,75	64,24	1,56	0,65	0,82	0,57	0,20
7	0	0	100	20,59	0,56	0,95	17,42	5,76	0,27	0,10	0,21	28,85
8	0	100	0	5,48	0,90	0,34	31,79	0,04	35,48	0,13	0,12	22,27

3.4.2 Fiziksel Analizler

3.4.2.1 Elek Analizi

Amaç, bu deneyde yapılmak istenen tane boyutunun uygunluğunun kontrolüdür.

40, 90 ve 200 µm inceliklere bakılır. Analiz için 10gr numune tartılır. Öncelikle 40 µm ‘lik eleğe numune konur ve 3 dk alpine elekte eleme işlemi yapılır. Eleme bittikten sonra elek üstünde kalan miktar tartılır. Sonra 90 µm ‘lik elek ile 2 dk eleme işlemi yapılır. Son olarak 200 µm ‘lik elek ile elde eleme işlemi yapılır. Reçetelere ait elek analizi sonuçları Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Reçetelere Ait Elek Analizi Sonuçları

Numune Adı	Elek Analizi		
	40 µm	90µm	200 µm
Reçete 1	17,70	3,40	0,2
Reçete 2	18,00	3,30	0,2
Reçete 3	17,70	3,20	0,1
Reçete 4	18,10	2,20	0,2
Reçete 5	18,00	3,40	0,2
Klinker	11,70	0	0
Atık	11,90	0	0
Alçı Taşı	10,2	0	0

Bu çalışmada endüstriyel boyuta uygun sonuçlar elde edebilmek için tane boyut dağılımı fabrika standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

3.4.2.2 Genleşme Tayini ve % H₂O

Amaç, bu deney ile de daha sonradan betonda oluşacak genleşmenin miktarının tespitidir.

Su ve çimento kullanılır. Çimento ve su oranını tespit etmek için harç haline getirilir ve kıvam tespiti yapılır. Kıvamı sonda ile ölçülür. Sondanın 5-7 mm arasında battığı nokta uygundur. Bu değeri veren su miktarı %H₂O u verir.

Şatölye genleşme kalıbına hazırlanan hamurdan konur. 20 °C su içerisindeki kalıpla beraber konur ve 1 gün bekletilir. Çıkarıldıktan sonra iki ucu arasındaki mesafe ölçülür.

Ör: a = 6mm ilk sudan çıkarıldıktan sonraki ölçüm

Kaynatma kabına konur ve 3–4 saat kaynatılır. Hemen çıkarılıp ölçüm yapılır.

Ör: b = 7 mm kaynatma sonrası

Oda ortamında 20 °C'ye gelene kadar bekletilir ve tekrar ölçümü alınır.

Ör: c = 8 mm son ölçüm

Genleşme tespiti = $c - a$

$$= 8 - 6 = 2 \text{ mm'dir}$$

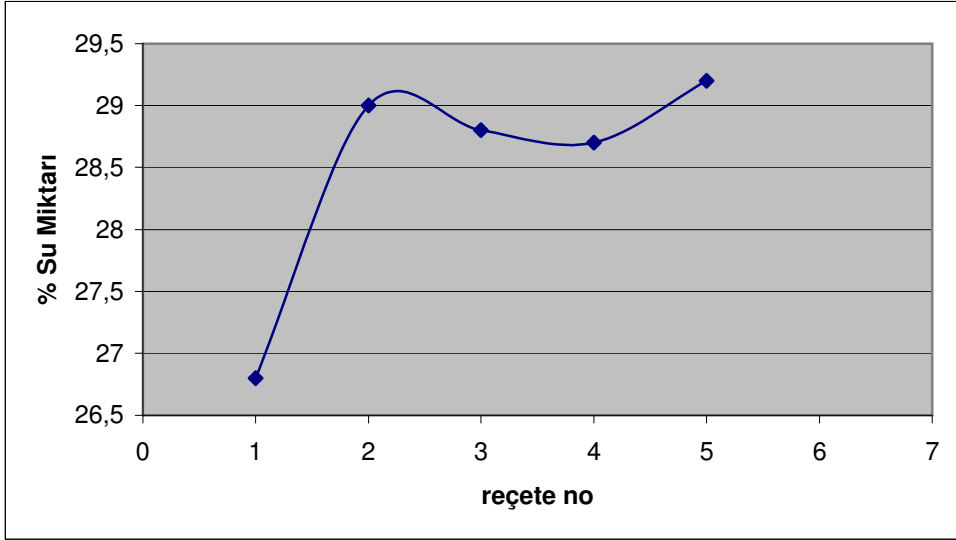
İstenilen ölçülerde dökülse bile her zaman betonda 2 mm genleşme vardır.

Çizelge 3.6 da yapılan deneyler sonucu reçetelere ait % H₂O ve genleşme verileri verilmiştir.

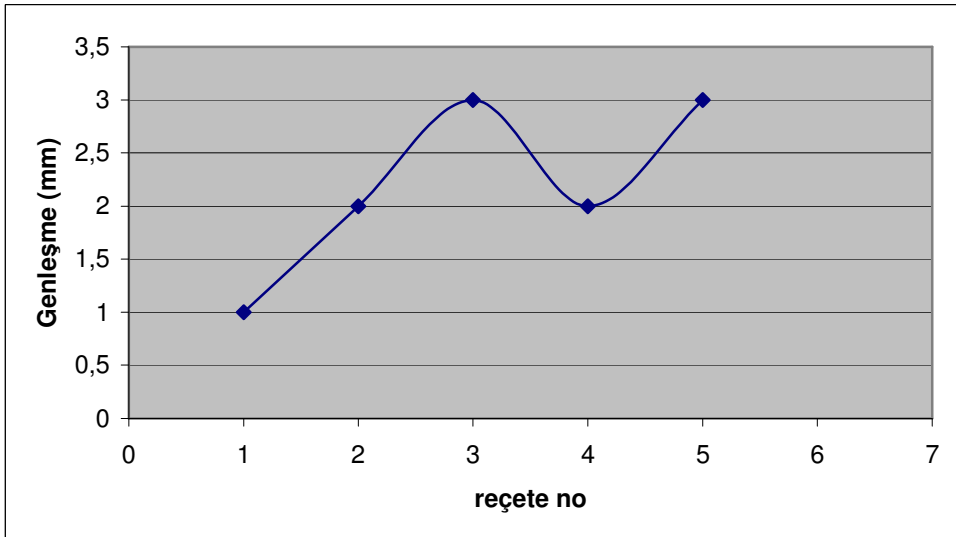
Çizelge 3.6 Reçetelere ait % Su ve Genleşme Değerleri

Numune Adı	Elek Analizi			Yoğunluk gr/cm ³	H ₂ O %	Genleşme mm
	40 µm	90µm	200 µm			
Reçete 1	17,70	3,40	0,2	3,05	26,8	1
Reçete 2	18,00	3,30	0,2	3,04	29,0	2
Reçete 3	17,70	3,20	0,1	3,04	28,8	3
Reçete 4	18,10	2,20	0,2	2,94	28,7	2
Reçete 5	18,00	3,40	0,2	2,93	29,2	3
Klinker	11,70	0	0	3,06	-----	-----
Atık	11,90	0	0	2,73	-----	-----
Alçı Taşı	10,2	0	0	2,33	-----	-----

Çizelge 3.6 da görülen verilere ait % Su ve Genleşme grafikleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 %Su Miktarının Çimentodaki Atık Miktarına Göre Tayini



Şekil 3.2 Çimentodaki Atığın Etkisi ile Betondaki Genleşmeler

Genleşme daha sonra çimentodan beton üretildiğinde betonun kullanım esnasında boyutlarında ki değişimi kontrol edebilmek için yapılmaktadır. Bu çalışmada da genleşmelerde bir miktar farklılıklar gözlenmiştir. Bu deney ile ilgili veriler çizelge 3.7 de sunulmuştur.

3.4.2.3 Özgül Yüzey (Blaine) Ölçümü

Amaç, Blaine tayini ile çimentonun hava geçirgenliğinin ne kadar olduğu öğrenilir. Bunun öğrenilmesinin nedeni ise daha sonra o çimento ile yapılacak betonun suyu geçirip geçirmeyeceğinin öğrenilmesidir.

50 ml lik balon jøjeye otomatik büretten ~20 ml gazyağı doldurulur. Üzerine 20 gr numune tartılır ve çalkalanarak iyice karışması sağlanır. Balon jöje 50 ml çizgisine kadar gazyağı ile doldurulur ve otomatik büret üzerinde yazan miktar okunur (ml).

Yandaki formüle göre hesaplama yapılır. Yoğunluk : $\frac{20}{50 - ml}$

Blaine Tayini; Blaine cihazında ölçüm yapılabilmesi için gerekli miktarda numune alınması gerekir. Bu alınması gereken miktar özgül ağırlık belirlendikten sonra şu formüle göre hesaplanır.

Alınması gereken numune miktarı (gr) = $\text{özgül ağırlık} \times 05 \times 66,70$

Cihazın kabına alınması gereken miktar konur ve kapağı kapatıldıktan sonra ölçüm yapmak üzere cihaza yerleştirilir ve ~90 sn içinde ölçüm yapılır. Sonuç ekrandan okunur.

Ör: özgül ağırlık $3,09 \text{ gr/cm}^3$ ise

Alınması gereken miktar(gr) = $3,09 \times 05 \times 66,70$

=103,05 gr olmalıdır.

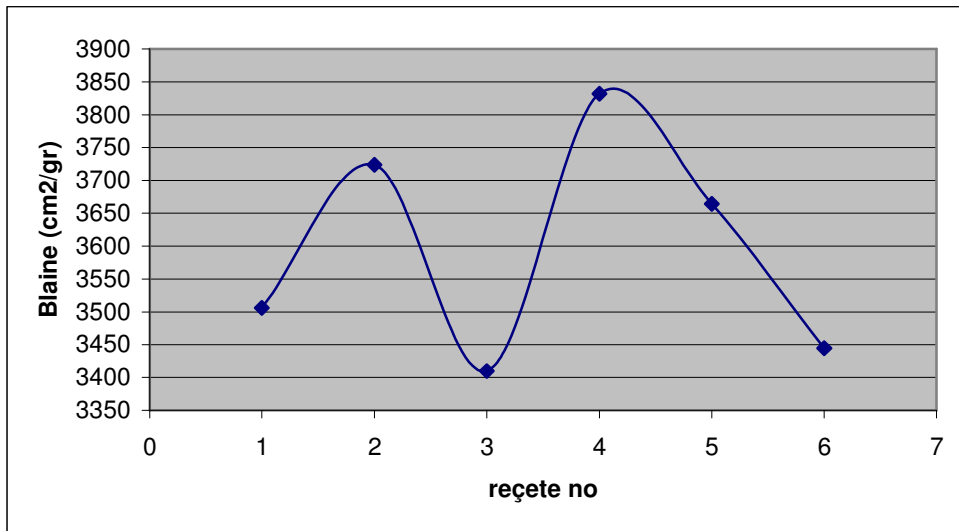
Ölçüm yapıldıktan sonra okunan değer $3785 \text{ cm}^2/\text{gr}$ dır.

Çizelge 3.7'de yapılan deneyler sonucunda reçetelere ait blaine değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7 Reçetelere ait Blaine Değerleri

Numune Adı	Elek Analizi			Yoğunluk gr/cm ³	Blaine cm ² /gr
	40 µm	90µm	200 µm		
Reçete 1	17,70	3,40	0,2	3,05	3506
Reçete 2	18,00	3,30	0,2	3,04	3724
Reçete 3	17,70	3,20	0,1	3,04	3410
Reçete 4	18,10	2,20	0,2	2,94	3832
Reçete 5	18,00	3,40	0,2	2,93	3664
Klinker	11,70	0	0	3,06	3445
Atık	11,90	0	0	2,73	-----
Alçı Taşı	10,2	0	0	2,33	-----

Çizelge 3.7’de yapılan deneyler sonucunda elde edilmiş blaine değerlerine ait veriler gösterilmiştir. Bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Çimentodaki Atığın Yüzey Alanına Etkisi

3.4.2.4 Vikat Deneyi

Amaç, vikat testi ile beton ne kadar sürede donmaya başlayıp donmasının ne zaman son bulacağını anlaşılmıştır. Bunun öğrenilmek istenmesinin nedeni ise şekillendirme esnasında yeterli zamanın ayarlanmasıdır.

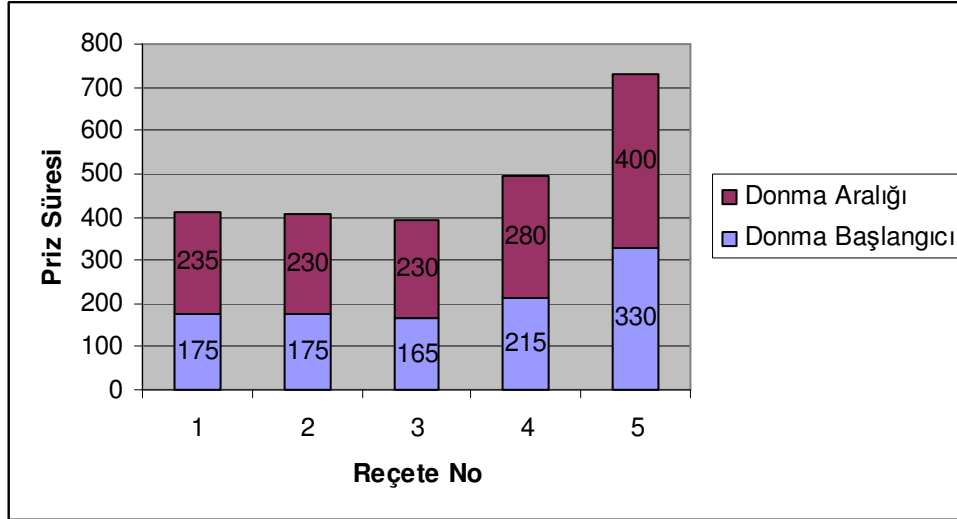
Bu deney üretilen çimentonun priz başlangıç ve bitiş sürelerini tespit etmek için yapılır. 450gr çimento 100ml su ile karıştırıcıda karıştırılır. Kıvam tayini için, hazırlanan vikat halkasına yerleştirilir. Daha sonrasında vikatın sondası serbest bırakılır ve sonda pastaya batırılır. İdeal kıvamda sonda pastaya 5-7mm batmalıdır.

Hazırlanan ve kıvamına bakılan pasta vikat cihazına konur ve cihaz çalıştırılır. Vikat halkasının içindeki pastaya 5 dk aralıklarla cihaz otomatik olarak iğnesini batırır ve aynı anda grafiğe aktarır. Priz başlama süresi mevcut grafikteki çizgi boyunun kısaldığı anda başlamaktadır ve priz sonu ise çizginin sabit boya kavuştuğu anda gerçekleştirilir.

Çizelge 3.8 Reçetelere ait Priz Süreleri

Numune Adı	Elek Analizi			Priz Süresi (dk)	
	40 µm	90µm	200 µm	Başlangıç	Sonu
Reçete 1	17,70	3,40	0,2	175	235
Reçete 2	18,00	3,30	0,2	175	230
Reçete 3	17,70	3,20	0,1	165	230
Reçete 4	18,10	2,20	0,2	215	280
Reçete 5	18,00	3,40	0,2	330	400
Klinker	11,70	0	0	---	---
Atık	11,90	0	0	---	---
Alçı Taşı	10,2	0	0	---	---

Yapılan Vikat deneyleri sonucunda elde edilen reçetelere ait veriler Çizelge 3.8’de verilmiştir. Çizelge 3.8’deki değerlere göre donma aralığı ve donma süresini gösteren grafik ise Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Atığın Etkisi ile Donma Sürelerindeki Değişim

Bu deneyin yapılmasının sebebi harç haline getirilmiş betonun donmadan işlenmesi için yeterli sürenin ayarlanmasıdır. Bizim çalışmamızda da %1 ve 3 de donma süresi çalışma için yeterli olmuştur. Bu süre %5 de biraz artmıştır. Son olarak %10 da ise oldukça geç başlamış ve geç son bulmuştur.

3.4.3 Basınç Mukavemeti Deneyleri

Amaç, mukavemet testleri ile betonun dayanımının ne kadar olduğunu öğrenip insan sağlığına zarar vermeyecek kadar sağlam çimento üretimini sağlamaktır.

450 gr çimento, 1350 gr kum (norm kumu) ve 225gr su tartılır. Harç, sıcaklığı 20 °C bir odada hazırlanır. Çimento, su, kalıplar ve karıştırıcıda aynı sıcaklıkta olmalıdır. Deney yapılan oda %50–60 rutubette olmalıdır.

Harcın karıştırılması:

Karıştırma kabına 225gr su konur. Üzerine 450gr çimento ilave edilir. Karıştırıcı düşük hızda 30 sn çalıştırılır.

30 sn sonunda 1350gr standart kum, karıştırma devam ederken otomatik olarak karışıma ilave edilir. Kumun karıştırılması 1dk sürer.

1 dakika sonunda karıştırıcı yüksek hıza ayar edilerek 30 sn daha karıştırılır. Bu 90sn'lik çalışmadan sonra karıştırıcı durdurulur.

Karıştırıcı durduktan sonra 15sn içinde karışma kabının civarına yapışmış harç kazınarak harç kabına alınır. 75sn beklenir. Bu süre sonunda karıştırıcı yüksek hızda 1dk daha çalıştırılır.

Toplam 4 dakika sonunda harç kalıplara dökülmek üzere hazır hale gelir.

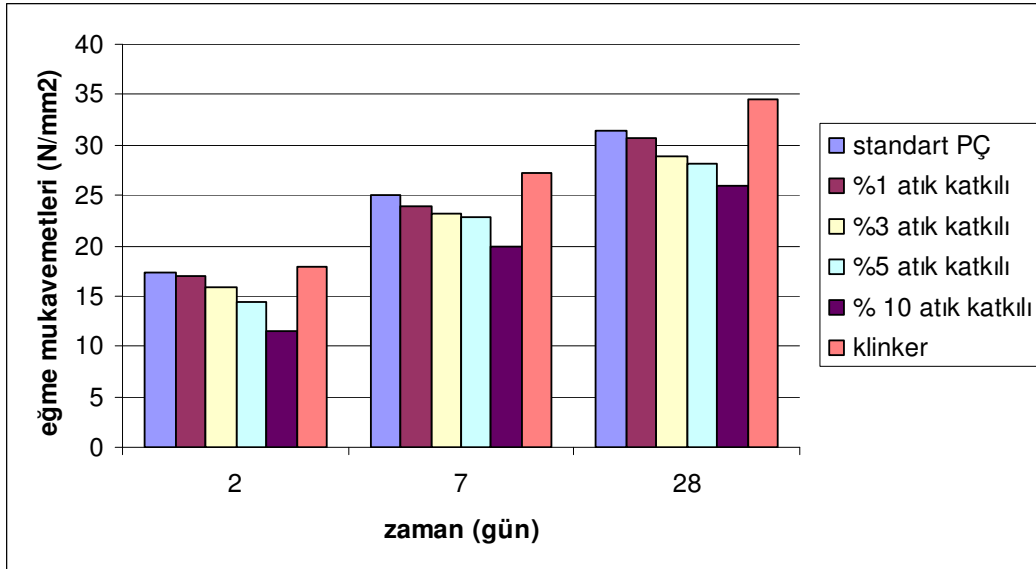
Hazırlanan harç kalıpların içine %70 oranında konur. Kalıp şoklama cihazına konur. 60 kez yukarı çıkıp aşağı serbest düşme hareketi yapar. Daha sonra kalan malzemede konup tekrar şoklama yapılır. 60 kez daha yukarı çıkıp aşağı serbest düşme hareketi yapar. Hazırlanan numune kalıpla birlikte kür (rutubet) dolabına konur ve 24 saat bekletilir.

3.4.3.1 Eğme Mukavemeti Deneyi

Her kalıptan 3 numune çıkar ve 2, 7, 28 günlük eğme mukavemetlerine bakılmak üzere havuzlarda bekletilir. Günü gelen numune mukavemet cihazında kırılır. Bu deneyse çalışmalardaki reçetelere ait veriler çizelge 3.9'da sunulmuştur. Şekil 3.5'de Hisarcık Kolemanit atığının etkisi ile eğme dayanımındaki değişimler görülmektedir.

Çizelge 3.9 Reçetelere ait Eğme Dayanımları

No	Elek Analizi			Yoğunlu k gr/cm ³	Eğme Mukavemeti (N/ mm ²)		
	40μ	90μ	200μ		2G	7G	28G
1	17,70	3,40	0,2	3,05	17,4375	24,9375	31,375
2	18,00	3,30	0,2	3,04	16,9375	23,9375	30,625
3	17,70	3,20	0,1	3,04	15,9375	23,25	28,875
4	18,10	2,20	0,2	2,94	14,5	22,8125	28,062
5	18,00	3,40	0,2	2,93	11,5625	20	26
6	11,70	0	0	3,06	17,9375	27,125	34,5
7	11,90	0	0	2,73	---	---	---
8	11,2	0	0	2,33	---	---	---



Şekil 3.5 Atığın Etkisi ile Betonların Eğme Dayanımındaki Değişimler

3.4.3.2 Basma Mukavemeti Deneyi

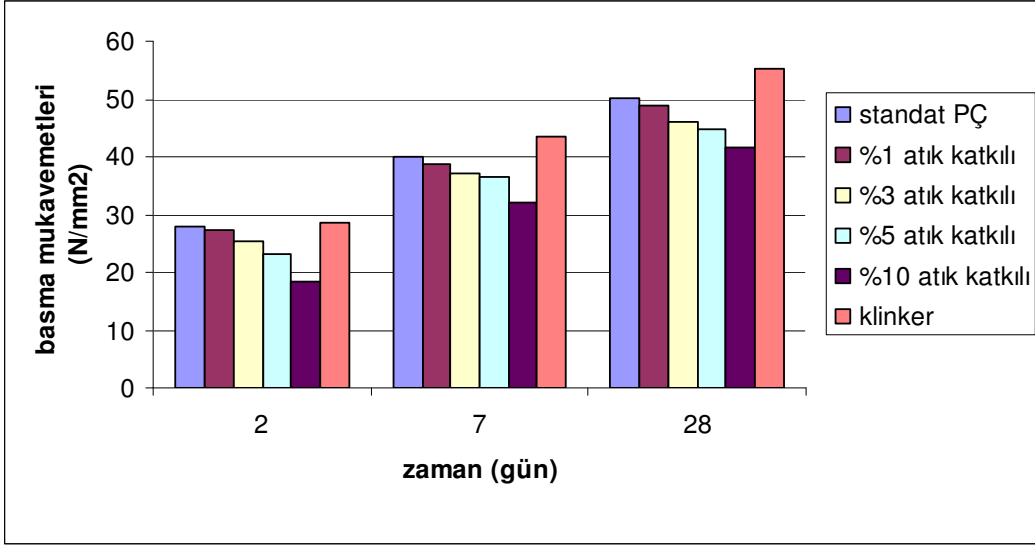
Eğme cihazında test edilen numuneler basma cihazında da test edilir ve sonuçlar numune kayıt defterine kayıt edilir.

Eğme Mukavemeti deneyinde olduğu gibi yine her kalıptan 3 numune çıkar ve 2, 7, 28 günlük basma mukavemetlerine bakılmak üzere havuzlarda bekletilir. Günü gelen numune mukavemet cihazında kırılır. Bu deneysel çalışmadaki reçetelere ait veriler çizelge 3.10 da sunulmuştur. Basma dayanımlarına ait grafikler ise Şekil 3.6'da görülmektedir.

Eğme ve basma mukavemetleri katkı oranı arttıkça azalmıştır (TSE EN 197).

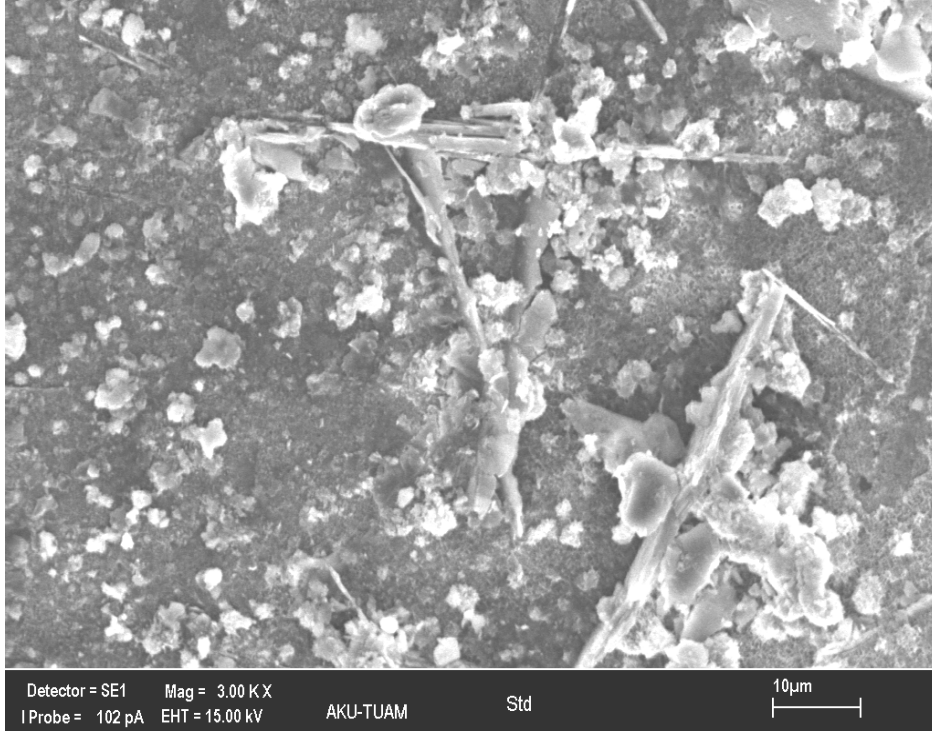
Çizelge 3.10 Reçetelere ait Basma Dayanımları

No	Elek Analizi			Yoğunluk gr/cm ³	Basma Mukavemeti (N/ mm ²)		
	40µ	90µ	200µ		2G	7G	28G
1	17,70	3,40	0,2	3,05	27,875	39,875	50,1875
2	18,00	3,30	0,2	3,04	27,1875	38,750	49,000
3	17,70	3,20	0,1	3,04	25,4062	37,1875	46,1875
4	18,10	2,20	0,2	2,94	23,2500	36,5000	44,875
5	18,00	3,40	0,2	2,93	18,5000	32,000	41,5625
6	11,70	0	0	3,06	28,6875	43,3750	55,1875
7	11,90	0	0	2,73	---	---	---
8	11,2	0	0	2,33	---	---	---



Şekil 3.6 Atığın Etkisi ile Betonların Basma Dayanımındaki Değişimler

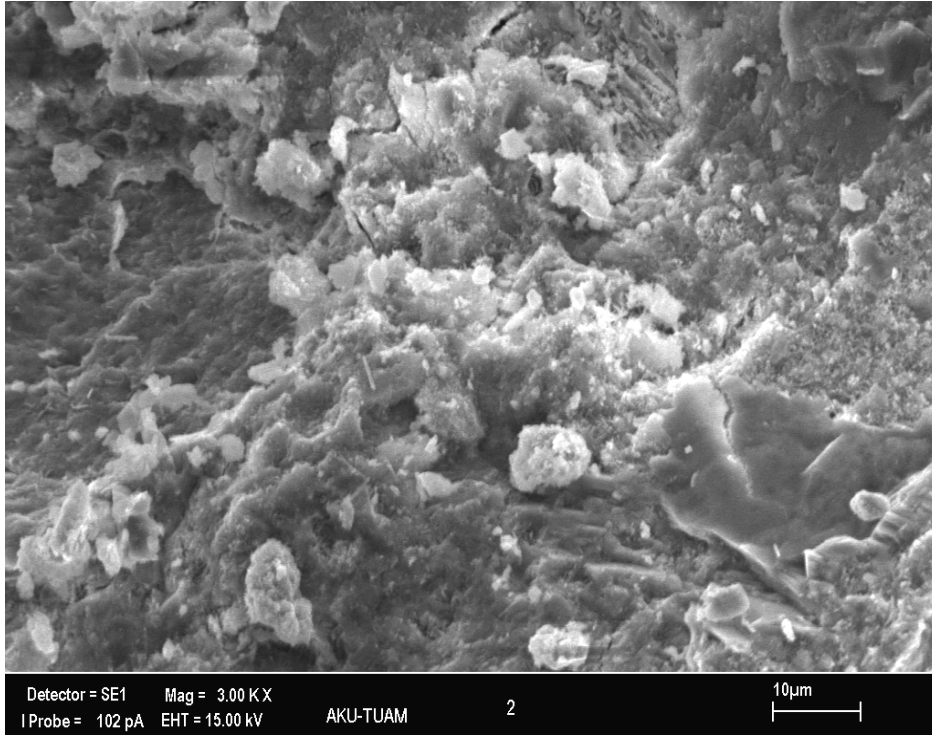
3.4.4 Tarayıcı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi



Resim 3.3 Standart Numune SEM (3000X)

Resim 3.3 3000x büyütme ile katkısız standart PÇ 42,5R çimentosu ile üretilmiş betondan alınmıştır.

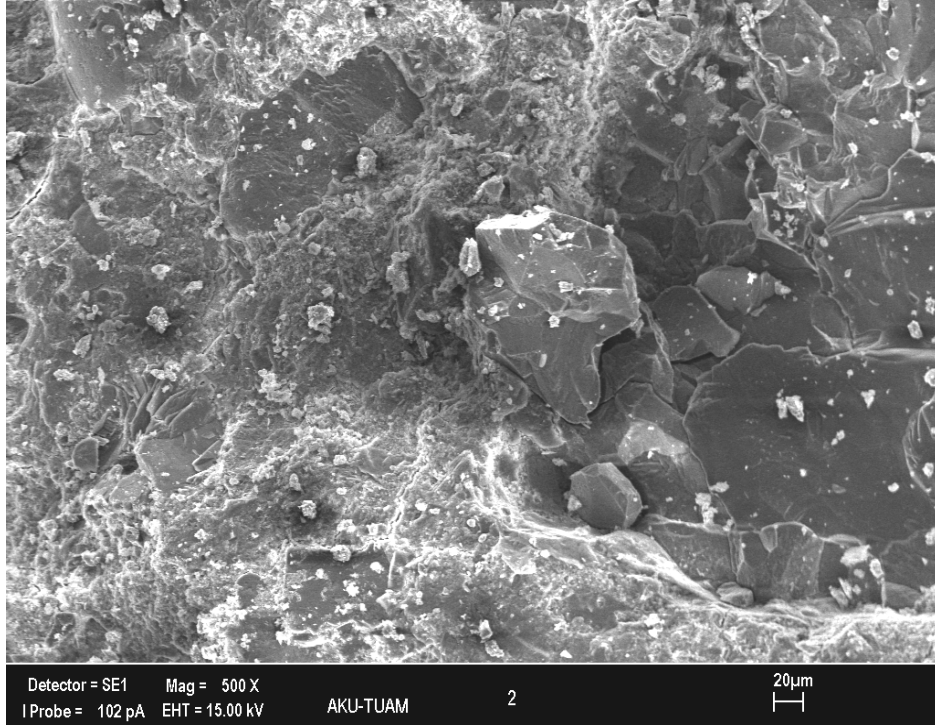
Fotoğrafta görülen keskin yapılar silikatları ifade etmektedir. Bu fotoğraftan da anlaşıldığı üzere çimentoda silikatların oluşumu gerçekleşmiştir. Görüntülere göre bu çimento kullanıma uygun bir çimentodur.



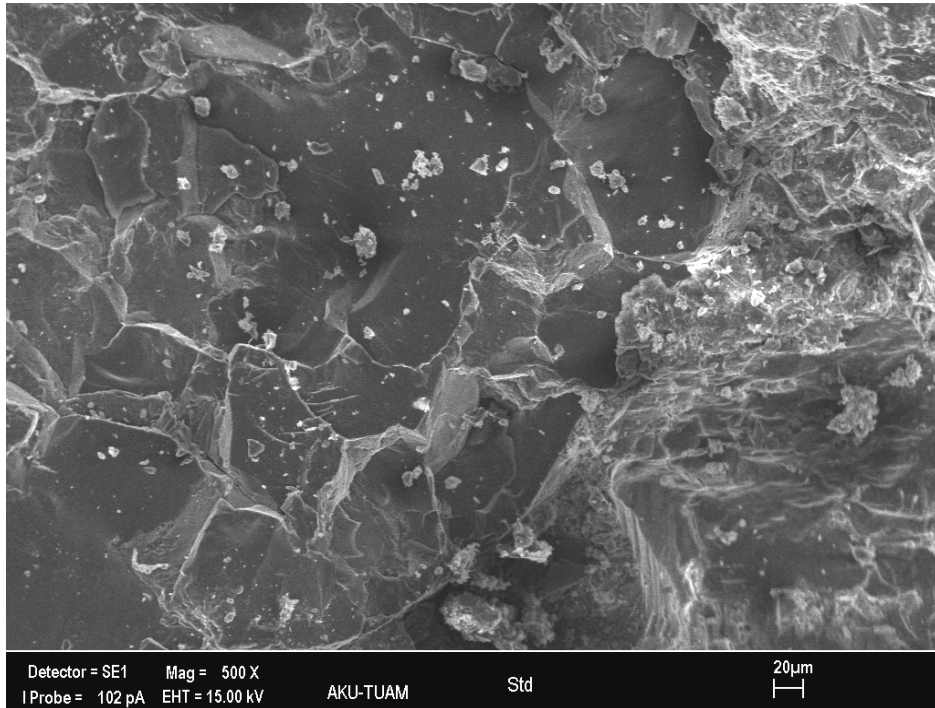
Resim 3.4 % 10 Atık Katkılı Numune SEM (3000X)

Resim 3.4’de 3000x büyütme ile % 10 atık katkı çimentoyla üretilmiş olan beton numunesi görülmektedir. Görüntüdeki keskin köşeli yapılar agregaları göstermektedir.

Resim 3.5’de 500x büyütme ile % 10 atık katkı PÇ 42,5R çimentosu ile üretilmiş beton numuneleri gözlemlenmektedir. Görüntünün düz yüzeyli yapı agregayı ifade etmektedir.



Resim 3.5 % 10 Atık Katkılı Numune SEM (500X)



Resim 3.6 Standart Numune SEM (500X)

Resim 3.6'da standart PÇ 42,5R çimentosundan üretilmiş betondan 500x büyütme ile alınmış SEM görülmektedir. Fotoğrafın sol yanındaki yapı agrega, sağındaki yapı ise çimentodur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık Tesislerinde üretilen kolemanit cevherinin zenginleştirilmesi sonucunda değişik tenörlerde ve boyutlarda azımsanmayacak miktarda tesis atıkları ortaya çıkmaktadır. Kütahya Hisarcık yöresinde bulunan konsantratör tesisinde işlenen tüvenan kolemanit cevherinin yaklaşık % 20'lik kısmı atık olarak kalmaktadır. Bu atıkların çevreye birçok zararları olabileceği gibi Eti Maden İşletmelerine de ek maliyetler getirdiği görülmektedir.

Bu atıkların uygun yöntemlerle çimento ve çeşitli sektörlerde değerlendirilmesiyle; atıkların stoklanmasından oluşan sorunlar ve stoklama maliyetleri azalacak, çevreyi kirleten unsurlar en aza indirgenecek ve ülke ekonomisine kazanç sağlanacaktır.

Bu yönde yaptığımız çalışmamızdaki sonuçlara göre katkı oranındaki artışla yoğunlukta azalma gözlenmiştir. Genel olarak katkılarla birlikte su emmelerde yükselme görülmüştür. %10 luk katkıda su emme en üst seviyeye ulaşmıştır.

Piriz başlangıçları ve piriz sonlarında %1 de değişme olmamış, %3 de azalmış, %5 ve 10 luk katkıda ise aşırı bir artış gözlenmiştir.

2, 7, 28 günlük basma mukavemeti ve eğme dayanımları deneylerinin sonuçlarında da görüldüğü gibi katkı oranı artışıyla mukavemet değerleri o derece düşmüştür.

Sonuç olarak yapılan katkı ile birlikte çimento özelliklerinde düşüş gözlenmiştir ancak standartların üzerinde bulunduğu ve maliyeti düşürdüğü için üretiminde bir problem görülmemiştir.

KAYNAKLAR

- Acarkan, N., 2002. Bor Ürün Çeşitleri ve Kullanım Alanları, I. Uluslararası Bor Sempozyumu, 3-4 Ekim, Kütahya.
- Ademdir, O., 2001. Borat Yataklarının Değerlendirilmesi, İTÜ Maden Fakültesi, Türkiye Borat Yatakları Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- Anonymous 1982. Dünyada ve Türkiye’de Metal ve Mineral Kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeler. M.T.A Enstitüsü Yayınları, No:187, Ankara.
- Aytekin, Y. ve Polat, M., 2001. Bor Madenciliğinin Türkiye İçin Önemi, Etibank Bülteni, s.96-97, Ankara
- Bayrak, T., 2001. Developing A Dynamic Deformation Model for Landslides, Berlin, Germany.
- Baysal, O., 1973. New Hydrous Magnesium-Borate Minerals in Turkey; Kurnakovite, İnderite, İnderborite: Bull. Mm. Res. Expl. Inst. Turkey 80, 93-103.
- Baysal, O., 1976. Türkiye bor tuzlan; Hacettepe Üniv. Fen ve Müh, Bil, Derg., 6, 207.226.
- Bentli, İ., vd., 2002. Bor Atıkları ve Değerlendirme Stratejileri, I. Uluslararası Bor Sempozyumu, 3-4 Ekim, Kütahya.
- Braitech, O., 1959. Über p-veatchlt, Eine Neue Veatehitevarietat aus den Zechsteinsalz: Beitrage zue Mineralogie Und Pétrographie, 6, 352-356.
- Brown, W.W, ve Jones, K.D., 1971, Borate Deposits of Turkey in Geology and History of Turkey: The Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, Campbell, A.S. (ed.)

Bugge, Jens A,W,, 1951, Minerals From the Skarn Iron are Deposits at Arendal, Norway, Cahnlte from Klodeberg mine: K. Norske Vldenak. Splskab. Porh., 24, 79-81

Çinkı, M., 2001. Ulusal Maden Varlığımız ve Bor Gerçeği, Ankara Ticaret Odası, Ankara.

Donan, D.J. ve Lower, L.D., 1978. Boron Compounds, Kirk and Othmer, Enc. Chem. Eng., 3rd Ed., 80-92, John Wiley and Sons, New York.

DPT, 1971. III. Beş Yıllık Kalkınma Planı

DPT, 1977. IV. Beş Yıllık Kalkınma Planı Çalışmaları, Metal Dışı Madenler Özel İhtisas Komisyonu Raporu.

DPT, 1982. V. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Endüstriyel Hammaddeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Bor Tuzları.

DPT, 1995. VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Raporu, Bor Mineralleri.

D.P.T., 2001. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Bor Tuzları, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Cilt II s. 65.

DPT, 2005. 2414-ÖİK 474, Kimya Sanayi Hammaddeleri, Türkiye

Duda, H.W., 1976. Cement Dada Book, Bauverlag Cmbh, Berlin, Germany.

Duman, İ., 2003. Bor Madenleri ve Stratejik Bor Ürünleri, Bilim ve Ütopya Dergisi, Aralık sayısı, s.18-21.

- Embrey, P.G., 1960, Cahnite from Capo dl Bove, Rome : Min, Mag., 32, 866-668
- Emir, B., Tolun, R., 1979. Tinkal Konsantresinden Borik Asit ve Sodyum Sülfat Üretimi, TÜBİTAK, MAE, Kimya Bölümü Yayını, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 1995. Türkiye’de Üretilen Çimentolar, Özellikleri ve Kullanımları, Çimento Sempozyumu, TMMOB İnşaat ve Kimya Mühendisleri Odası, s.67-80, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 1995. Beton Oluşturan Malzemeler-Çimentolar, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.
- Erdoğan S.T., Erdoğan Y.T., 1999. Portlant Çimentosunun Joseph Aspdin Tarafından İcadı ve Çimento Üretiminde Aspdin Ailesinin Rolü.
- Eti Maden, 2007. Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Emet Bor İşletme Müdürlüğü
- Gündüz, G., 1982. Colemanite-Barite Frit and Polymer İmpregnated Concrete as Shielding Materials, Nuclear Engineering and Design, North-Holland Publishing, 72:439-447.
- Gürbüz, G., 1999. Beton Teknolojisinde Kimyasal ve Mineral katkıları, Nuh Dünyası, Temmuz-Ağustos sayısı: 20-38.
- Helvacı, G., 1974, Contribution to Discussion of a Paper by Inan, K, Dunham, A.C. and Esaon, J. : Trans, Inst. Min, Metall, (Section B), 83, B. 88.
- Helvacı, C., 1977. Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Borate Deposits and Associated Rocks at the Emet Valley, Turkey: F3i. D. Thesis, Universty of Nottingham.

- Helvacı, C., 1978, A Review of the Mineralogy of the Turkish Borate Deposits: Mercian Geol., 6, 257-270.
- Helvacı, C., 1994. The Boron İsoptpe Systematics of the Emet Borate Deposits, Turkey. NATO Project No: CRG 920103.
- Helvacı, C., Orti, F. and Veigas, J. G., 1995. Colemanite and Ulexite Formations of the Neogene Bigadiç and Emet Borate Deposits (West Anatolia): New Sedimentologic and Diagenetic Observations, Turkey. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, 9-14 October, 1995, Turkey, Book of Abstracts, p. 24-25.
- Helvacı, C., 2001. TürkiyeBorat Yatakları Jeolojik Konumu, Minerolojisi ve Depolama Ortamları, Türkiye Borat Yatakları, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.
- Helvacı, C., 2004. The Boron İsoptpe Geochemistry, Kırka Borat.
- Helvacı, C., 2004. Türkiye Borat Yatakları; Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası, BAÜ Fen Bil. Enst. Derg.
- Helvacı, C. ve Alaca, O., 1984. Bigadiç borat yataklarının jeolojisi ve mineralojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Şubat 1984, Sayfa 110-111, Ankara.
- Helvacı., ve Firman, R.J., 1976. Geological Setting and Mineralogy of Emet Borate Deposits, Turkey: Trans. Inst., Mining Metal (Section B), 85, B, 142-152.
- Helvacı, C.ve Firman, R.J., 1977, Emet Borat Yataklarının Jeolojik Konumu ve Mineralojisi: Jeo, Müh, Derg., 2, 17-28.
- İnan, K., 1972. New Borate District, Eskişehir-Kırka Province, Turkey: Trans. Inst. Mining and Metall.

- İnan, K., 1973. The mineralogy and geochemistry of the Kırka borate deposit, Turkey, Ph. D. Thesis, University of Manchester, England, 147 p.
- İnan, K., 1983. New Borat District, Eskişehir-Kırka Province, Turkey: Trans. Inst. Mining and Metal., 81, B, 163-165.
- Karayazıcı, F., ve Nal, N., 1980. Bor ve Bor Bileşikleri, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. Kimya Sektör Araştırması.
- Kavas,T., vd., 1999. Seydişehir Kırmızı Çamur ve Kırka Bor Atıklarının Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanımı, I. Batı Hammadde Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 216-225, İzmir.
- Kayı, F., 1977. Bor Bileşikleri Kullanarak Klinker Oluşumu Sıcaklığının Düşürülmesi, ODTÜ, MSC., Ankara.
- Kula, İ., 2000. Bor Endüstri Atıklarının Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Meixner, H., 1952. Über Ein Wahrscheinlich Neues Bor Mineral aus Kleinasien. Der Karinthin, 15 Ap.
- Moseman, R.F., 1994. Chemical Disposition of Boron in Animals and Humans. Environ. Health Perspect. 102, pp. 113–117.
- M.T.A., 2003. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr>
- Orti, F., Helvacı, C., Rosell, L., & Gündoğan, İ., 1998. Sulphate-Borate Relations in an Evaporitic Acustrine Environment: the Sultançayırı Gypsum (Miocene, western Anatolia). Sedimentology, vol.45, p.697-710.

- Oruç vd., 2004. Türkiye’de Bor Atıklarının Sektörel Bazda Değerlendirilmesi, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül s.385-392, Eskişehir.
- Özpeker, I., 1969. Batı Anadolu Borat Yataklarının Mukayeseli ve Jenetik Etüdü, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Univ., 116s..
- Ramyar, K., 2004. Portlant çimentosunun kompozisyonu ve hidratasyonu, İzmir.
- Rosenfelder W.J., 1978. The Industrial Uses of Boron Chemicals, Chemistry and Industry, 413-416.
- Sipahi, F., Turunç, N., 2000. Türkiye’deki Çimento Fabrikalarında Kullanılan Hammaddelerin Özellikleri, Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, 28: 15-26.
- Sunder, M.S., 1980. Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) Borat yataklarının Jeokimyası, Jeo. Müh. Kongre Bülteni, Sayı 2, Ankara, S. 19-34.Sunder, 1980.21.
- Taylor, H.F., 1992. Chemistry of Cement and Concrete. Imperial Universty of London, Firs and Second Addition, U.K.
- Tokyay, M., Erdoğan, K., 1998. Uçucu Küllerin Karakterizasyonu, TÇMB Ar-Ge Çalışması, Ankara.
- Tolun, R., 1981. Anorganik Bor Bileşikleri Üretim Teknolojisi, TÜBİTAK-MAE, Kimya Bölümü Yayını, 34-48, Ankara.
- Tonak, T., Sarıkaya, Y., 1999. Bor Minerallerinin Çimento Üretiminde Kullanılması, Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, 19, 17-32.
- TS EN 197-1, Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar, Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Mart 2002.

Yörük, Ö., 2001. Katkılı ve Katkısız Çimentoların Beton Durabilitesine Etkisi, İ.T.Ü., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Watanabe, T., 1964. Geochemical Cycle and Concentration of Boron In The Earth's crust: V.I. Verdenkii Inst. Geochim and Aral. chem. U.S.S.R, 2, 167-177.

Woods, 1994. Ten Reasons Why TQM Doesn't Always Work, 6-7, Mc Graw-Hill, New York.

İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- | | |
|--|------|
| 1- http://www.akcansa.com.tr | 2007 |
| 2- http://www.tcma.org.tr | 2007 |
| 3- http://www.etimaden.gov.tr | 2007 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selçuk YILDIZ
Doğum Yeri : Polatlı
Doğum Tarihi : 07.06.1979
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Mezun Olduğu Okullar;
Lise : 1993-1996 Polatlı Lisesi
Lisans : 1997-2002 Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik
Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : 2005-2008 Afyon Kocatepe Üniversitesi
Çalıştı Kurum ve Yıl;
PORTSAN A.Ş. 2002-2003
Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü
Emet Bor İşletme Müdürlüğü 2003-....
Yayımları ve Diğer;
Milli Prodüktivite Merkezi, 20 Aralık 2005 Stratejik İnsan Kaynakları Yönetimi
Eğitimi. / 14 Kasım 2006 İşletmelerde Verimlilik Karlılık ve Maliyet Analizi Eğitimi,
Ankara.
T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, ÇASGEM, 21-22 Mayıs 2007 İş Sağlığı ve
Güvenliği Eğitimi. / 13-16 Şubat 2007 İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi, Ankara.
Çukurova Üniversitesi 8-9 Mart 2007 Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği
Sempozyumu, Adana.
Maden Mühendisleri Odası 6-8 Haziran 2007 20. Uluslararası Madencilik Kongresi ve
Sergisi, Ankara.
DEÜ VE Maden Mühendisleri Odası 13-14 Mayıs 2004 5. Uluslararası Endüstriyel
Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
2-4 Kasım 2006 III. Uluslararası Bor Sempozyumu Delegatesi, Ankara.- 2006 WIN
Davetlisi, İstanbul.- Yenerer Kaynak A.Ş. Aşınmaya Dayanıklı Plakalar ve Kaynak
Malzemeleri Eğitimi, Kuşadası.
Kütahya Valiliği Tarafından Düzenlenen İlk Yardım Sertifikası.