

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRDES ZEOLİTLERİNİN HAMMADDESEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞİŞİK
SEKTÖRLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Öykü BİLGİN

Ekim, 2009

İZMİR

**GÖRDES ZEOLİTLERİNİN HAMMADDESEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞİŞİK
SEKTÖRLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı

Öykü BİLGİN

Ekim, 2009

İZMİR


DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU


ÖYKÜ BİLGİN, tarafından PROF. DR. UĞUR KÖKTÜRK yönetiminde hazırlanan “GÖRDES ZEOLİTLERİNİN HAMMADDESEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞİŞİK SEKTÖRLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

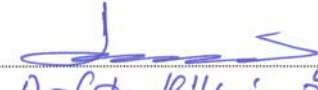

Prof. Dr. Uğur KÖKTÜRK

Danışman


Prof. Dr. E. İlhan CÖCEN
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Osman CANSIZ
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Dilek ARAS
Jüri Üyesi


Prof. Dr. Hilmiye ÖZDAĞ
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

- Doktora tezimin başından sonuna kadar güvenini ve desteğini esirgemeyen Doktora Tez Danışmanım Prof. Dr. Uğur KÖKTÜRK'e ,
- Doktora tezime katkıları olan tez üyelerim, Prof. Dr. İlknur CÖCEN'e , Prof. Dr. Osman CANDAN'a, Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ'a ve Prof. Dr. Dilek ANAÇ'a,
- Çok değerli katkılarıyla yardımını esirgemeyen Prof. Dr. Ali AKAR'a ve Dr. Ece KILINÇ AKSAY'a,
- Değerli önerileri için Doç. Dr. Mehmet TANRIVERDİ'ye,
- GPS kullanımı için Prof. Dr. Turgay ONARGAN ve Dr. Kerim KÜÇÜK'e,
- Makalemin yayınlanması için yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Turan BATAR'a, Dr. Sezai ŞEN'e, Dr. Kerim KÜÇÜK'e ve Dr. Çağatay PAMUKÇU'ya,
- Kimyasal analizlerdeki yardımları için, Kimya teknisyenleri; Fatih TURAN , Mehmet Emin SOLAK ve Necmettin AYÇELİK'e,
- İnce kesit mikroskop görüntüleri için, DEÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Doç. Dr. Ersin KORALAY'a,
- KDK deneylerindeki yardımlarıyla ve bilgileriyle destek veren Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü/ Prof. Dr. Ünal ALTINBAŞ, Araş. Gör. Fulsen ÖZEN, Araş. Gör. Dr. Ali Rıza ONGUN, Araş. Gör. Bihter ÇOLAK'a,
- Adsorpsiyon deneyleri için, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği Prof. Dr. Devrim BALKÖSE ve Dr. Özlem DUVARCI, Dr. Nesrin TATLIDİL'e,
- Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Prof. Dr. Aytaç GÜMÜŞKESEN'e,
- Altınyâğ Fabrikası Tintometre Kullanımı ve okunması için Ramazan ABAY'a,
- X-Ray çekimleri için Uzman Dr. Hatice YILMAZ'a,
- Nötralizasyon yağ tedariki için Tariş Pamuk Yağı Entegre Tesisi'ne,
- Numunelerin temini için, Enli Madencilik, İncal Mineral ve Rota Madencilik şirketlerine,

Maddi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olan annem **Sonat BİLGİN'e** ve bana güvenenlere çok teşekkür ederim.

GÖRDES ZEOLİTLERİNİN HAMMADESEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞİŞİK SEKTÖRLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu tez çalışmasında, Manisa-Gördes yöresinden alınan 4 farklı sahaya ait zeolit numunelerinin hammaddesel özelliklerinin ve kullanım alanlarının belirlenmesine yönelik deneyler yapılmıştır. İlk olarak zeolit numunelerinin bulunduğu sahaya gidilerek numuneler 50-100 kg alınıp, CPS ile numune koordinatları belirlenmiştir. Numuneler, kırma ve öğütmelerden sonra elek analizlerine tabi tutularak, kırma ve öğütme tane boyutları tespit edilmiştir. Elek analizleri; 9,51 ; 4,75 ; 3,35 ; 2 ; 1 ; 0,85 ; 0,5 ; 0,4 ; 0,3 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,075 mm' deki elek açıklıklarında yapılmıştır. Numuneler 15, 30, 45, 60 ve 75 dakika zamanlarda bilyalı seramik değirmende öğütülmüştür. 100 µ'un altına indirilen numunelerin kimyasal analizleri tespit edilmiştir. Kimyasal analizler ise besleme malı başta olmak üzere 4,75 ; 3,35 ; 2 ; 1 ; 0,85 ; 0,5 ; 0,4 ; 0,3 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,075 mm' deki elek açıklıklarında % SiO₂ , Al₂O₃ , Fe₂O₃ , CaO , MgO , Na₂O , K₂O ve kızdırma kaybı olarak belirlenmiştir. Hammaddelerin tane iriliğine göre mineral % içerik ve % dağılım tabloları ile grafikleri çizilmiş ve yorumlanmıştır. Numunelerin X-Ray ve mikroskop analizleri yapılmış ve yapısında bulunan mineraller tespit edilmiştir. Daha sonra zeolitlerin kation değiştirme kapasiteleri(KDK) ve değişebilir kationları(DK) belirlenmiştir. Zeolitlerin adsorpsiyon kapasitelerinin yüksek olması ve yapısal özelliklerinin uygunluğu göz önüne alınarak yağ adsorpsiyonunda kullanım alanı yaratılabilirliğinin araştırılması için yapılan deneyler, nötr ayçiçeği yağı üzerinde 100 µ'un altındaki 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 gram zeolit numunelerinde uygulanmıştır. Daha sonra 5M asitle muamele edilmiş ve asitle muamele edilmemiş 100 µ'un altındaki zeolit numunelerinde BET yönteminde N₂ gazı kullanılarak adsorpsiyonu incelenmiştir. Tüm deneyler, 4 farklı zeolit sahasına ait olan A, B, C ve D olarak adlandırılan zeolit numuneleri üzerinde yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Gördes, Zeolit, Hoylandit, Klinoptilolit

INVESTIGATION OF THE RAW MATERIAL PROPERTIES OF GORDES ZEOLITE ORES AND SEARCHING THEIR USEABILITY IN DIFFERENT SECTORS

ABSTRACT

In this thesis, experiments which aimed to determine the raw material features and the field of use of the samples from four different field that were chosen from Manisa-Gördes area were carried out. First of all, 50-100kg samples were taken by visiting the zeolite field and the sample coordinates were determined by a GPS. Samples were subjected to the sieve analyses after crushing and grinding processes and crushing and grinding grain sizes were recorded. The sieve analyses were carried out with sieve apertures of, 9.51, 4.75, 3.35, 2, 1, 0.85, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1 and 0.075mm. Samples were grinded for 15, 30, 45, 60 and 75 minutes in a ball mill. Chemical analyses were carried out for the samples which have a grain size less than 100 μ . As for the chemical analyses, %SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O and ignition loss were determined, for all the samples but especially for the feed, in sieve apertures of 4,75 ; 3,35 ; 2 ; 1 ; 0,85 ; 0,5 ; 0,4 ; 0,3 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,075 mm. Mineral content% and dispersion% tables and graphics according to raw material grain coarseness are drawn and interpreted. X-Ray and microscope analyses are carried out and minerals contained are determined. Then the Cation Exchange Capacity and the exchangeable cations of the zeolites. By taking the high adsorption capacity and the convenience of the structural features of the zeolites into the account, the experiments that aimed to research to create a field of use in oil adsorption were carried out in the neutral sunflower oil with the 1, 1.5, 2, 2.5gr zeolite samples that have grain size less then 100 μ . Then the adsorption of the both zeolite samples that have grain size less then 100 μ , which were processed with 5M acid and not, was observed with the BET method by using N₂ gas. All experiments were conducted on zeolite samples A, B, C and D taken from 4 different zeolite areas.

Key Words: Gordes, Zeolite, Heulandites, Clinoptilolite

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
BÖLÜM BİR- GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - ZEOLİT MİNERALLERİNİN YAPISI ve ÖZELLİKLERİ. 2	
2.1 Zeolitlerin Genel Tanımı.....	2
2.2 Ticari Doğal Zeolitler.....	4
2.2.1 Klinoptilolit.....	4
2.2.2 Hoylandit.....	6
2.2.3 Şabazit.....	6
2.2.4 Analsim.....	7
2.2.5 Fillipsit.....	8
2.2.6 Natrolit.....	8
2.2.7 Erionit.....	9
2.2.8 Mordenit.....	10
2.3 Zeolitlerin Yapısal Özellikleri.....	11
2.3.1 Adsorpsiyon/Desorpsiyon Özelliği.....	11
2.3.1.1 Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler.....	13
2.3.2 İyon Değişirme Özelliği.....	14
2.3.2.1 Topraklarda İyon Değişimi.....	17
2.3.2.2 İyon Değişim Uygulamaları.....	18
2.3.3 Katalizör Özelliği.....	19
2.3.3.1 Zeolitlerin Katalitik Uygulamaları.....	20
2.3.4 Moleküler Elek Özelliği.....	22
2.3.4.1 Moleküler Elek Uygulamaları.....	23

**BÖLÜM ÜÇ - ZEOLİTLERİN ÖZELLİKLERİNE GÖRE
KULLANILDIĞI SEKTÖRLER 25**

3.1 Zeolitlerin Özelliklerine Göre Kullanıldığı Sektörler	25
3.1.1 Çevre Kirliliği Kontrolünde	26
3.1.1.1 Sanayi Atık Sularından Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg gibi Ağır Metallerin Uzaklaştırılmasında	27
3.1.1.2 Şehir Atık Sularından ve İçme Sularından Toksik Etkiye Sahip Amonyumun(NH_4^+) Uzaklaştırılmasında	28
3.1.1.3 Su Sertliğinin Düşürülmesi, pH, İletkenlik Düzenleyici ve İçme Suyu Kalitesinin Yükseltilmesinde	28
3.1.1.4 Baca Gazlarının Temizlenmesinde	29
3.1.1.5 Petrol Sızıntılarının Temizlenmesinde Kullanımları	29
3.1.1.6 Hava Kirliliğine Yol Açan SO_2 , CO, CO_2 , H_2S , NH_3 ve NO_x gibi Gazların Tutulması	30
3.1.1.7 Çöp Depolama Alanları	30
3.1.1.8 Metalurji Uygulamaları	31
3.1.1.9 Kapalı Mekanlarda Kötü Kokuların Giderilmesinde	31
3.1.1.10 Nükleer Atıklardaki Cs, Sr ve Rb gibi Radyoaktif Maddelerin Uzaklaştırılması	32
3.1.2 Enerji Sektöründe	32
3.1.2.1 Doğal Gazların Saflaştırılmasında ve Kurutulmasında	33
3.1.2.2 Isı Depolayıcısı Olarak	33
3.1.2.3 Oksijen Üretiminde	33
3.1.2.4 Kömür Gazlaştırılma İşleminde	34
3.1.2.5 CH_4/N_2 ve N_2/H_2 gibi Endüstriyel Gaz Karışımlarının Ayırımında	34
3.1.2.6 Petrol Rafinasyonu	34
3.1.2.7 Güneş Enerjisi Depolama Sistemlerinde Kullanımları	35
3.1.3 Tarım ve Hayvancılık Sektöründe	36
3.1.3.1 Gübre Katkı Maddesi Olarak	37

3.1.3.2 Tarım Topraklarındaki Fazla Suların Alınarak Toprağın Islah Edilmesinde, Toprağın Tarıma Hazırlanmasında	38
3.1.3.3 Bitki Besin Maddelerinin Yıkanmasını Engeller	38
3.1.3.4 Tarım Topraklarının pH Dengesinin Sağlanmasında, Toprak Düzenleyici	40
3.1.3.5 Tarım İlaçları için Taşıyıcı Madde Olarak	40
3.1.3.6 Hububat Ambarlarında Nem ve Haşare Kontrolü	40
3.1.3.7 Bitki Yetiştirme Ortamında Besleyici İyonların Bitkiye Aktarılması Beslenme Zincirlerinde Pb, Cd, Zn, Cu gibi İstenmeyen Ağır Metal Katyonların Tutulması	41
3.1.3.8 Hayvan Yemi Katkı Maddesi Olarak	42
3.1.3.9 Balık Üretim Çiftliklerinde Havuzların Temizlenerek Yeterli Oksijen Sağlanmasında	43
3.1.3.10 Hayvan Ağıklarındaki Kötü Kokuların Giderilmesinde	44
3.1.3.11 Kedi Toprağı Olarak	45
3.1.3.12 Kemik Sağlığının İyileştirilmesi, Yumurta ve Kemik Gelişimini Olumlu Etkiler	46
3.1.3.13 Et Kemik Unu	46
3.1.4 Diğer Kullanım Alanları	47
3.1.4.1 Kağıt Üretiminde Dolgu Maddesi Olarak	48
3.1.4.2 Madencilikte Uranyum Yataklarının Araştırılmasında	48
3.1.4.3 İnşaat Sektöründe Hafif Yapı Elemanı ve Çimento Katkısı	48
3.1.4.4 Çim Saha Uygulamaları	49
3.1.4.5 Akvaryumda Amonyak ve Hidrojen sülfid Azaltması	51
3.1.4.6 Su Kültürü Uygulamaları	51
3.1.4.7 Toz Deterjan Uygulamaları	52
3.1.4.8 Doğal Zeolitlerin Karayollarında Buz/Kar Çözücü Olarak Kullanımı	53
3.1.4.9 Tıp Sektöründe	54

**BÖLÜM DÖRT- MANİSA-GÖRDES ZEOLİT OLUŞUMLARI ve
ZEOLİT MADENCİLİĞİ 55**

4.1 Manisa-Gördes Yöresinin Jeolojisi	55
4.2 Havzanın Yapısı	56
4.3 Havzanın Höylandit-Klinoptilolit Mineralojisi	58
4.4 Türkiye’deki Zeolit Oluşumları ve Rezerv Potansiyeli	59
4.5 Gördes Havzasının Zeolitleşmesi	61
4.6 Türkiye’de Zeolit Madenciliği	62
4.6.1 Zeolit İşletme Yöntemi	62
4.6.2 Zeolit Hazırlama ve Zenginleştirme Yöntemi	63
4.7 Doğal Zeolitin Ekonomisi	65

BÖLÜM BEŞ - DENEYSEL ÇALIŞMALAR..... 66

5.1 Hammadde Tanımı	66
5.2 Alınan Numunelerin Ölçülen Yer Koordinatları	67
5.3 Numunelerin X-Ray Grafikleri	70
5.4 Numunelerin Mikroskopik İncelenmesi	73
5.4.1 Zeolit Numunelerinin(parça ve taneli) Mikroskopik İncelenmesi	76
5.4.2 İnce Kesit Üzerindeki İncelemeler	87
5.5 Kırma ve Elek Analizleri	89
5.6 Elek-Kimyasal Analiz Sonuçları	102
5.7 Hammaddenin Tane İrilğine Göre Mineral %İçerikleri ve Dağılımları	104
5.8 Öğütme ve Elek Analizleri	135
5.9 Katyon Değişim Kapasitesinin ve Değişebilir Katyonların Belirlenmesi	149
5.9.1 Katyon Değişim Kapasitesi(KDK)	149
5.9.2 Değişebilir Katyonların Belirlenmesi(DK)	151
5.10 Yağ Ağartma Deneyi	153
5.11 N ₂ Adsorpsiyonu Yöntemi ile Yüzey Alanının Belirlenmesi	156
5.12 Numunelerin(A,B,C,D) ufalama sonuçlarının irdelenmesi	157

5.12.1 Numunelerin(A,B,C,D) birincil kırma sonuçlarının irdelenmesi.....	157
5.12.2 Numunelerin(A,B,C,D) ikincil kırma sonuçlarının irdelenmesi	158
5.12.3 Numunelerin(A,B,C,D) optimum öğütme süresi(45dak.) sonuçlarının İrdelenmesi	159
5.12.4 Numunelerin ufalama sonuçlarının irdelenmesi	160
BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	165
KAYNAKLAR	173

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Doğal zeolitler dünyanın birçok yerinde kaya formunda mineraller şeklinde bulunur ve Türkiye de oldukça geniş rezervlerle önemli bir konuma sahiptir. Türkiye'nin mevcut zeolit yatakları Ankara (Polatlı, Nallıhan, Beypazarı), Kütahya-Saphane, Manisa-Gördes, İzmir-Urla, Balıkesir-Bigadiç ve Kapadokya Bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgelerde; zeolitlerin analizi, klinoptilolit, hoylandit türleri başta olmak üzere şabazit, erionit türleri de önemli bir yer tutmaktadır (Anonim, 2001a; Kocakuşak ve ark., 2001).

Manisa-Gördes zeolitleri yüksek ısı kararlılıkta potasyum, kalsiyum klinoptilolit yapısında olup, $1,98-2,18 \text{ g/cm}^3$ arasında özgül ağırlığa sahiptir. Yığın yoğunluğu ise tane iriliğine göre $0,693-1,22 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmektedir. Gördes zeolitlerinin özgül yüzey alanı $40,80 \text{ m}^2/\text{g}$ 'dir.

Gördes zeolitleri $50-90 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta gözenek suyunu, $90-320^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında bağlı suyunu, $360-770 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kristal suyunu bırakmakta ve yapısı $839 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de bozulmaya başlamaktadır. Termal dayanım ise $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar devam etmektedir. Gördes zeolitleri yüksek ısı kararlılıktadır ve doğal birim hacim ağırlıkları $1,36 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

Kayaç halindeki Gördes zeolitlerinin ısı iletim katsayısı; $0,418-0,477 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ iken sınıflandırılmış tane boyutlarında $0,098-0,273 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ 'dir. Gördes zeolitleri, katkı maddeleri kullanıldığında, düşük sıcaklık ve basınçta geliştirilen kompozit malzemelerin ısı iletim katsayıları $0,204-0,255 \text{ W/m }^\circ\text{C}$ 'dir. Gördes zeolitlerinin su emme kapasitesi ise %15-30 arasında değişmektedir. Cıva ve vanadyum adsorpsiyon çalışmalarında, 1 g. zeolit $0,310 \text{ mg}$ vanadyumu ve $2,841 \text{ mg}$. civayı adsorbe etmektedir (Özaydın, S., 2005).

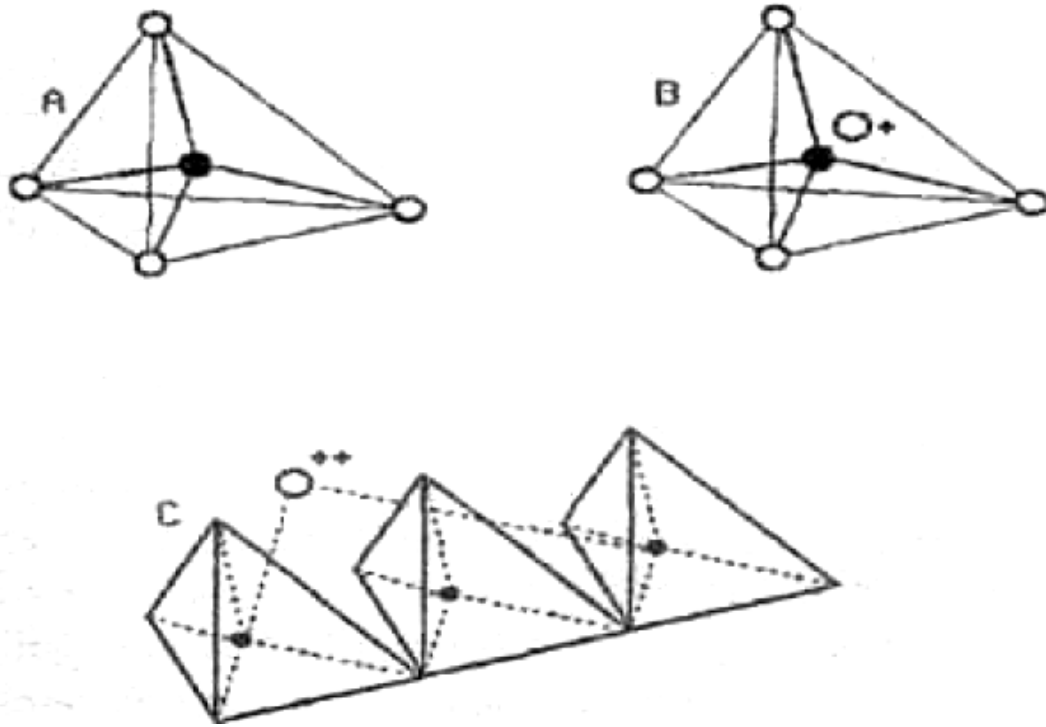
BÖLÜM İKİ

ZEOLİT MİNERALLERİNİN YAPISI ve ÖZELLİKLERİ

2.1 Zeolitlerin Genel Tanımı

Zeolitlerin genel kimyasal formülü: $M_x D_y [Al_{x+2y} Si_{n-(x+2y)} O_{2n}] \cdot mH_2O$ şeklindedir. Bu fomülde, M: Na, K veya diğer (+1) değerlikli katyonları, D: Mg, Ca, Si, Ba ve diğer (+2) değerlikli katyonları ifade eder (Gottardi, 1976). Zeolitin, kelime anlamı "Kaynayan Taş" olarak bilinir. Isıtıldığında patlayarak dağıldığı için, bu isim verilmiştir. İlk zeolit, 1756 yılında İsveçli mineralog Freiherr Axel Fredrick Cronstedt tarafından bulunmuştur. Zeolitler, milyonlarca yıl önce volkanik küllerin su ortamında değişime uğraması sonucunda alkali ve toprak alkalilerin hidrathlı doğal silikatlarından oluşan bir mineral grubudurlar. Feldspatların ve diğer aluminosilikatların zeolite dönüşmesine zeolitleşme denir. Bilinen 40'tan fazla doğal minerali vardır. Bunlardan en önemlileri klinoptilolit, höylandit şabazit, analsim, eriyonit, natrolit, fillipsit, mordenit'dir. Ayrıca 150'den fazla sentetik minerali de mevcuttur. Zeolit mineralleri, birbirine oksijen atomlarını paylaşarak bağlanan tetrahedral AlO_4 ve SiO_4 'in sınırsız uzayabilen üç boyutlu ağından oluşan aluminosilikat yapıdadırlar(Şekil 2.1). Yapıları bal peteği veya kafese benzer, ve değişebilir katyonlar ile su içerir. Üniteleri arasında yer alan mikro gözenekler, mikro pencerelerle birleşip bir, iki veya üç boyutlu boşluk sistemleri ve kanalları oluşturur. Boşluk miktarı toplam hacmin %20'si ile %50'si arasındadır. Tablo 2.1'de doğal zeolitlerin fiziksel özellikleri verilmektedir. Zeolit minerallerinin en önemli özelliği; bu boşluklara kolayca girebilen ve yer değiştirebilen sıvı ve gaz molekülleri ile toprak alkali iyonlardan ileri gelen "moleküler elek" olmasıdır. Zeolitlerin kullanım alanları da oldukça geniştir. Örneğin; iyon değiştirme, su ve gaz tutma gibi özelliklerinden dolayı ziraatte, balıkçılıkta, su, gaz ve radyoaktif artıkların temizlenmesinde, kurutmada, güneş enerjisi ve gaz depolanmasında, koku kontrolünde, yapı elemanı olarak, iyi kalite kağıt yapımında ve pek çok alanda

kullanılmaktadır. Klinoptilolit ise doğal zeolitlerden dünyada rezerv olarak en çok bulunan ve teknolojik özellikleri en iyi olanlardan biridir.



Şekil 2.1 Zeolitlerin kristal yapısı

Tablo 2.1 Doğal zeolitlerin fiziksel özellikleri(Doğan, 2003).

Zeolit	Gözenek Hacmi (%)	Isı dengesi	İyon değiştirme kapasitesi(meq/g)	Özgül ağırlığı (g/cm ³)
Analsim	18	yüksek	4,54	2,24-2,29
Şabazit	47	yüksek	3,84	2,05-2,10
Klinoptilolit	34	yüksek	2,16	2,15-2,25
Eriyonit	35	yüksek	3,12	2,02-2,08
Hoylandit	39	düşük	2,91	2,18-2,20
Mordenit	28	yüksek	4,29	2,12-2,15
Fillipsit	31	orta	3,31	2,15-2,20

Gördes klinoptilolitleri üretildikleri bölgeye bağlı olarak, yapısal özellikleri açısından farklılıklar gösterebilirler. Tablo 2.2 'de Gördes klinoptilolitlerini tanımlayıcı bazı yapısal özellikler verilmektedir.

Tablo 2.2 Gördes klinoptilolitinin tanımlayıcı bazı yapısal özellikleri(Esenli ve Uz,2004; Özyayın, 2005)

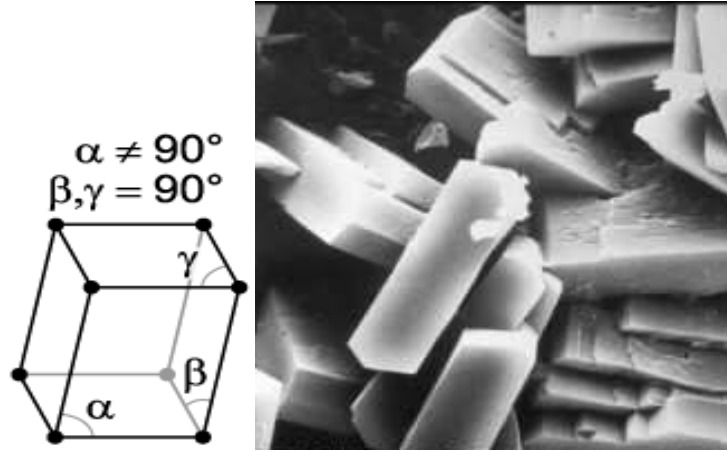
Kimyasal formülü	$(Na_{0,5}K_{2,5})(Ca_{1,0}Mg_{0,5})(Al_6Si_{30})O_{72}.24H_2O$
Hammaddenin mineralojik bileşimi	Klinoptilolit(%85-90) + Simektit(%5-6), Opal-CT(5-6)+Kuars (<3) (Kuvarsın %5-6 olduğu veya bileşimde bulunmadığı örnekler de bulunmaktadır).
Klinoptilolit tanımlaması	Potasyumca zengin, potasyum, kalsiyum klinoptilolit
Renk	Doğal kayaç; beyaz, bej, açık bej, badem yeşili
Sertlik (Mohs sertlik ölçüsüne göre)	3
Yığın yoğunluğu (tozdan < 15 mm'ye değişen tane iriliklerine bağlı olarak)	500-1200kg/cm ³
Hacimsel ağırlık (kuru)	1,4-1,7 g/cm ³
Hacimsel ağırlık (doygun)	1,8-2,0 g/cm ³
Özgül ağırlık	2,1 g/cm ³
Görünür porozite	35 %
Su adsorpsiyon kapasitesi	135 %
Asit, baz ortamına dayanıklılığı	(pH): 2-12
Beyaz indeksi	% (64,8- 71,7)
Yüzey alanı	40,79 m ² /g
Isıl kararlılığı	750 °C'ye kadar
Basınç dayanımı	10,10 MPa
Klinoptilolit kristal boyutu	5-15 µm
Ortalama gözenek yarıçapı	0,041 µm
Ağırlıkça su emme	%23
Amonyum (NH ₄) iyonu değişim kapasitesi	Aralık:(1,6-2,0)meq/g Ortalama:1,8 meq/g
CO ₂ adsorpsiyonu	94 mg CO ₂ /g
Klinoptilolit morfolojisi	Özşekilli levha prizma

2.2 Ticari Doğal Zeolitler

2.2.1 Klinoptilolit

$(Na,K)_6 (Al_6Si_{30}O_{72}).20H_2O$ kimyasal formülüne sahip olan klinoptilolit kristal sistemi monoklinik, silikatlar sınıfında, sertliği 3,5-4, özgül ağırlığı 2,2'dir . Camsı, inci gibi, saydam veya yarısaydamdır. Renksiz, beyaz, pembe, sarı, kırmızımsı renklerde olabilir. Isıya dayanıklıdır. Si/Al mol oranı 0,425/5,25'dir. Aside karşı dayanıklı (pH:1,5-11) bir zeolittir. Kristal boşluğu %39'dur. En önemli özellikleri kristallerinde kanal şeklindeki boşluklu yapılarıdır. Su, yağ ve gaz emme kapasitesi

oldukça yüksektir. Ayrıca, kristal örgüden kaynaklı olarak gerek kristal yüzeyinde gerekse de kanallarda negatif yük eksikliği vardır. Özellikle pozitif iyonları yer değiştirme yaparak tutma ve verme özelliğine sahiptir. Bu özelliğe katyon değişim kapasitesi (KDK) denir. Örneğin su ortamında erimiş metal iyonlarını, gazları, amonyum, potasyum ve kalsiyum gibi mineral maddeleri bünyesinde tutmakta yani kanallarında hapsetmektedir. Klinoptilolit, bu önemli özelliklerinden dolayı geniş kullanım alanı bulmuştur. Toprak düzenleyicisi ve gübre katkısı, yem katkı malzemesi, atık su arıtma, gaz arıtma, hayvan altlığı, koku giderici, çöp depolama sahaları, tarım ilaçları, plastik ve kağıtta dolgu malzemesi olarak ve inşaat sektörü gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Klinoptilolit Kristal Yapısı

Klinoptilolit, volkanik cam ve tüflerin sıcaklığın da etkisiyle kristal malzemelere dönüşmesi şeklinde oluşmaktadır. Volkanik kayalar içerisinde bazalt, riyolit ve andesit şeklinde, ayrıca derin denizlerde çökelti halinde borat mineralleri ile birlikte oluşmaktadır. Klinoptilolit, höylandite kristal yapı bakımından çok benzemektedir ve x ışını diyagramlarında dahi ayırt edilememektedir. Her iki zeolit minerali de tabakalı yapıda, tektosilikat alt sınıfında, her oksijen atomu silis veya alüminyum iyonlarıyla çevrilidir. Tabakalar 8-10 kenarlı açık halkalardan oluşmakta, tabakalar da istiflenerek kristal içerisinde kanal ve boşluklar oluşturmaktadır. Kanallar boyutlarına göre, bazı molekülleri geçirip, bazılarını da geçirmediğinden moleküler elek görevi görmektedirler. Klinoptilolitin höylandite göre farkı, silisce daha zengin ve ısıya karşı daha dayanıklı olmasıdır. Örneğin; höylandit, 230°C'de höylandit B

olarak adlandırılan başka bir faza geçmekte ve 350°C’ de tamamen amorflaşmaktadır. Klinoptilolit ise 700°C’ ye kadar kristal yapısını korumaktadır.

2.2.2 Hoylandit

$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülüne sahip olan höylandit, monoklinik, kristalleri ince veya kalın levha şeklinde, sertliği 4, özgül ağırlığı 2.2’ dir. Cam ve sedef parlaklığındadır. Makroskobik olarak renksiz, beyaz, gri, kahverengi veya kırmızı olup, ince kesitte daima renksizdir. Üfleçte köpürerek erir ve beyaz camımsı madde verir. Kapalı kapta tutulursa su verir. Bazalt, diyabaz, andezit, dasit gibi magmatik kayaların gaz boşluklarında bulunur. Volkanik camların otohidrotermal bozunma ürünü olarak, klinoptilolit (höylanditin silisce zengin türü) ile beraber bulunur. Yeni volkan taşlarının oyuk ve yarıklarında bulunur.



Şekil 2.3 Hoylandit Kristal Yapısı
(<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.2.3 Şabazit

$(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülüne sahip olan şabazit, hegzagonal, kristalleri kübe benzer romboeder şekillerde bulunur. Sertliği 4,5 özgül ağırlığı 2,1’dir. Cam parlaklığında saydam, yarısaydam, renksiz, beyaz ve kırmızımsı olur. HCl ile çözünür ve silis ayrılır. Bazaltların oyuk ve yarıklarında bulunur. Kapalı tüpte bırakıldığında su verir. Bünyesindeki boşluk hacmi % 47 ’dir. Şabazitin yapısı, 6’lı halkaların birbirlerine, eğik haldeki 4’lü halkalarla bağlanması şeklindedir.

Sedimanter türdeki yataklanmalarla ve cam içerikli tüflerin alterasyonu sonucunda oluşur.



Şekil 2.4 Şabazit Kristal Yapısı (<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.2.4 Analsim

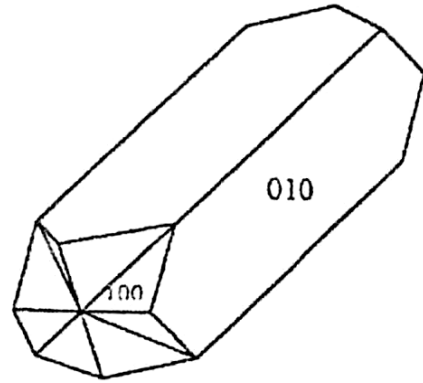
$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülünde, beyaz veya renksiz, camsı parlaklıkta ve sertliği 5-5,5 , özgül ağırlığı 2,27'dir. Magmatik kayalarda özşekilsiz taneler halinde bulunur. HCl asitinden etkilenir, ancak yüzeyinde boyanabilen silis jeli oluşmaz. Analsim, magmatik olarak silis eksikliği olan analsimit, teşenit, fonolit, trakiandezit gibi kayalarda özşekilli kristaller halinde veya bu kayalarda dağınık, özşekilsiz dolgu halinde bulunabilir. Ayrıca sedimanter kayalarda otijenik olarak oluşmakta ve montmorillent veya kuvars ile beraberdirler.



Şekil 2.5 Analsim kristal yapısı(<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.2.5 *Fillipsit*

($1/2\text{Ca,K,Na}$) $_5[\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{35}].10\text{H}_2\text{O}$ formülünde, monoklin holoedriktir. Monoklin parçalar, ikizlenerek rombik şekiller alırlar. Bu ikizler de birbirlerine girerek tetragonal simetrisi oluşur. Makroskobik ve mikroskobik olarak renksiz, kırıkları pürüzlü, yapısı gevrek, sertliği 4,5 özgül ağırlığı 2,2'dir. HCl asidinden etkilenir ve yüzeyinde anilin boyası ile boyanabilen bir silis jeli oluşur. Bazalt, tefrit, melilitit gibi volkanik kayaların boşluklarında kabazit, tomsonit, mezolit, natrolit, analsim gibi mineraller ile beraber hidrotermal oluşumlu olarak bulunur. Ayrıca derin deniz kil ve karbonatlı sedimanlarında otijenik olarak oluşabilir.



Şekil 2.6 Fillipsit kristal yapısı (<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.2.6 *Natrolit*

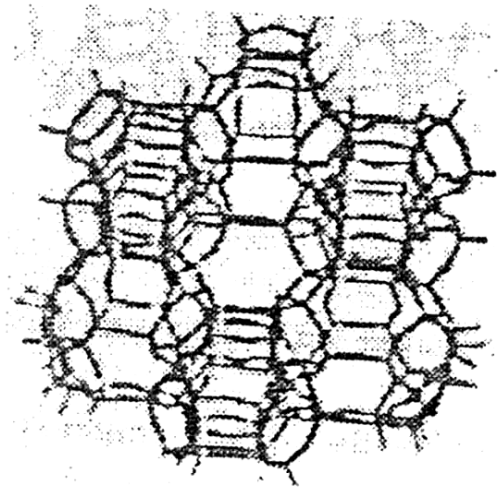
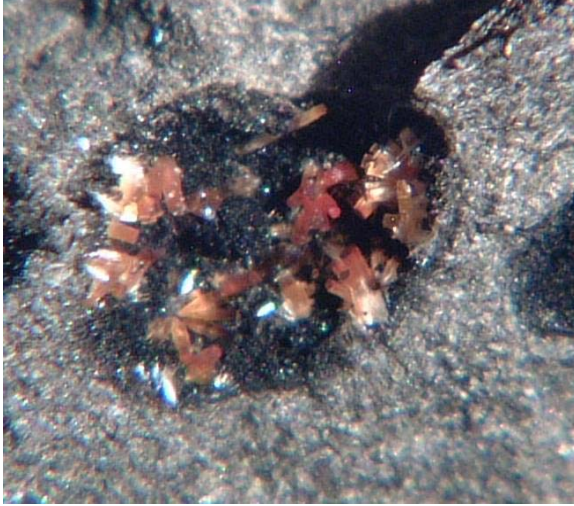
$\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}].2\text{H}_2\text{O}$ formülünde, rombik sistemde, kristalleri ince teller halindedir. İnce kesitte renksiz, kristalleri havada zamanla bulanık görümlü, sertliği 5-5,5 özgül ağırlığı 2,2-2,4'tür. HCl asitinden kolayca etkilenir ve yüzeyi anilin boyası ile boyanabilir. Hidrotermal oluşumlu, magmatik kayaların özellikle bazalt ve andezitlerin gaz boşluklarında, ender olarak çatlaklarında bulunur. Ayrıca fonolit ve siyenitik kayaların gnays ve amfibolitlerin çatlaklarında da oluşur. Skolezit, mezolit, stilbit, höylandit, analsim, lömontit ve kalsit gibi minerallerle beraberdirler.



Şekil 2.7 Natrolit Kristal Yapısı
(<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.2.7 Erionit

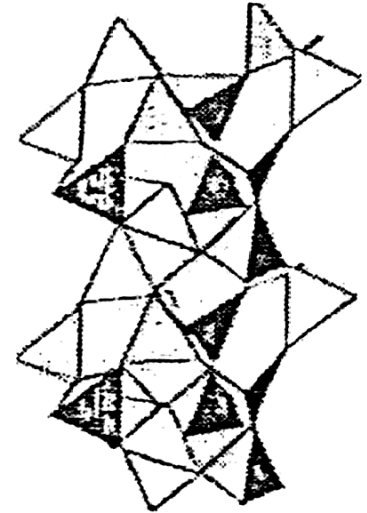
$(K_2,Na_2,Ca)MgAl_8Si_{28}O_{72} \cdot 28H_2O$ kimyasal formülünde, hegzagonal kristal sisteminde, silikatlar sınıfında camsı, renksiz veya beyaz, özgül ağırlığı 2, sertliği 4'tür. Yapısındaki boşluk hacmi %35'tir. Birlikte olduğu mineraller; opal, kalsit, höylandit, klinoptilolit, pirit, fillipsite, şabazit, analsim ve diğer zeolitlerdir. Sedimanter kayaçlarda oluşur. Eriyonit morfolojik olarak ince taneli iğnemsidir ve bu liflerin aynıları mezotelyomalı hastalardan alınan akciğer dokularında da görülmüştür. Erionit lifleri, Orta Anadolu'da yaygın olarak saptanmaktadır. Erionit liflerinin oldukça yoğun olarak bulunduğu Konya'ya bağlı 604 nüfuslu Karain köyünde 1970 ile 1981 yılları arasında 62 kişi, mezotelyoma nedeni ile hayatlarını kaybetmişlerdir(Bariş ve vd.,1987).



Şekil 2.8 Erionit Kristal Yapısı (<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.2.8 Mordenit

(Ca,Na₂,K₂)Al₂Si₁₀O₂₄.7H₂O kimyasal formülünde, renksiz, beyaz, sarı, pembe veya kırmızı renklere, camsı inci gibi, ortorombik sistemde, 4-5 sertliğinde, özgül ağırlığı 2,1'dir. Birlikte olduğu mineraller; kuvars, kalsit, şabazit, natrolit, höylendit, stilbit ve diğer zeolitlerdir. Besicilik alanında mordenit minerali kullanılmaktadır.



Şekil 2.9 Mordenit Kristal Yapısı (<http://web.clas.ufl.edu/users/neuhoff/zeopix.html>)

2.3 Zeolitlerin Yapısal Özellikleri

2.3.1 Adsorpsiyon/desorpsiyon Özelliği

Adsorpsiyon, akışkan fazda çözünmüş haldeki belirli bileşenlerin bir katı adsorbent yüzeyine tutunmasına dayanan ve faz yüzeyinde görülen yüze tutunma olayıdır. Adsorpsiyon işleminde adsorplanan türlere yani yüze tutunan maddelere adsorban denir. Yüzeyinde adsorpsiyon gerçekleşen madde ise adsorbenttir. Diğer bir anlamıyla tutan maddedir. Atıksulardan kirleticilerin uzaklaştırılmasında adsorpsiyon, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Özellikle ağır metal gideriminde yüksek verimli olması bakımından tercih edilir bir konumdadır. Adsorpsiyon, atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyinde tutundurulması işlemidir(Sarıkaya,Y., 1993).

Adsorpsiyon işleminin ilerleyişi, adsorban ve adsorbentin etkileşimine ve oluşturdukları sistemin özelliklerine bağlıdır. Farklı kimyasal yapıdaki maddeler farklı adsorpsiyon özellikleri gösterirler(Tien C., 1994). Adsorbentlerin özellikleri; zehirsiz olmalı, çevre için zararsız olmalı, ucuz ve kolay elde edilebilir olmalı, adsorbanlarla etkileşime girebilecek fonksiyonel gruplar buldurmalı, suda çözünmemeli, kolayca geri kazanılabilmeli, bilimsel olarak kullanılması kabul edilmiş olmalıdır. İyi bir adsorbentin temel özelliği birim kütle başına geniş yüzey alanına sahip olmasıdır.

Adsorbentler doğal adsorbentler (kitosan, zeolit, kil vs.) ve yapay adsorbentler (aktif karbon,silika jeller) olmak üzere iki çeşittir. Adsorpsiyon işleminde tüm dünyada atıksu arıtımında en yaygın olarak kullanılan adsorbent türü aktif karbondur. Fakat maliyetinin yüksekliği kullanımında kısıtlamalara sebep olmaktadır. Aktif karbon aynı zamanda inorganik maddelerin giderim performansını artırmak amacıyla kompleks yapıcı ajanlar da içermektedir. Bu durum maliyet bakımından uygun olmadığı için küçük ölçekli sanayilerde aktif karbon kullanımını sınırlar (Babel S.,2003). Belirtilen bu sorunlara bağlı olarak son yıllarda aktif karbon yerine alternatif olabilecek doğal, endüstriyel ve tarımsal atıklardan elde edilen adsorbentler

kullanılmaktadır. Bu adsorbentler düşük maliyetleri, artımda gösterdikleri verimleri ve yüksek metal bağlama kapasitesine sahip olmaları nedeniyle dikkat çekmektedirler. Ağır metal gideriminde üstün metal bağlama kapasiteli, doğal bir adsorbent olan kitosan da çok kullanılmaktadır. Kitosan, Asya ülkeleri olan Tayland, Japonya ve Çin'de karides, yengeç gibi bazı deniz ürünlerinin atıklarından elde edilmektedir. Bu tür atıklar bol miktarda bulunduğundan kitosan düşük maliyetlidir (Rorrer G.L.,and Way J.D.,2002).

Adsorpsiyon yöntemiyle atıksu arıtımında önemli yere sahip olan doğal adsorbentlerden bir diğeri de kildir. Zeolitlere benzer şekilde toprakta bulunan kil, önemli inorganik bileşiklerdendir. Sorpsiyonu, geniş yüzey alanlarından ve iyon değiştirme kapasitelerinden kaynaklanır. Kil mineralleri yapısındaki negatif yük sayesinde metal iyonlarını etkiler (Virta R,2002). Düşük maliyetleri ile adsorpsiyon işleminde dikkat çeken endüstriyel atıklar genellikle çeşitli sanayi dallarında yan ürün olarak oluşurlar. Hindistan'da atık çamur, lignin, demir(III) hidroksit gibi çeşitli endüstriyel atıkların, atıksulardan ağır metal giderimi için teknik uygunlukta olduğu gösterilmiştir (Aoki T., and Munemori M., 1982).

Zeolit de, kil ve kitosan gibi doğal bir adsorbenttir. Doğal adsorbentlerin özellikleri; kolay elde edilebilen maddelerdir, ön işlem gerektirmeyen ve üretimi kolaydır, maliyeti azdır bu yüzden daha çok tercih edilirler, çok fazla atık çıkarmazlar bu nedenle çevreye zararı azdır, dezavantajı ise her materyale uygulanamayışıdır. Ayrıca yüksek sıcaklık, zeolitlerin koordinasyon alanlarında, metal iyonlarının daha verimli tutulmasını sağlar. İngiltere, İran, İtalya, Meksika, Ürdün ve Yunanistan gibi bir çok ülkede geniş zeolit kaynakları vardır. Bu bölgelerde bulunan endüstrilerin ağır metallerle kirlenmiş atıksularını düşük maliyetli zeolit ile giderebilme olanakları vardır (Grant D.C.,vd. 1987)

Zeolitler, ayrıca kolaylıkla suyu adsorbe edebilmektedirler. Ayrıca kristal yapıları ve nem çekme özellikleri bozulmadan adsorpladıkları suyu tekrar geri verebilmektedirler(desorpsiyon). Bu özellikleri sebebi ile aktive edilmiş doğal zeolitler, desikant(nem çekici) olarak yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. Zeolitlerin

düşük bağıl nemlerde bile nem çekme özelliklerini yitirmemeleri, zeolitlerin önemli özelliğidir.

2.3.1.2 Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler

pH; adsorpsiyonu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Hidranyum ve hidroksil iyonları kuvvetle adsorbe olduklarından, diğer iyonların adsorpsiyonunda çözelti pH'ı etkilidir. Ayrıca asidik ve bazik bileşiklerin iyonizasyon derecesi de adsorpsiyonu etkiler.

Sıcaklık; adsorpsiyon işlemi genellikle ısı veren bir tepkime biçiminde gerçekleşir. Bu nedenle azalan sıcaklık ile adsorpsiyon büyüklüğü artar. Açığa çıkan ısının genellikle fiziksel adsorpsiyonda yoğunlaşma veya kristalizasyon ısıları mertebesinde, kimyasal adsorpsiyonda ise kimyasal reaksiyon ısıları mertebesinde olduğu bilinmektedir.

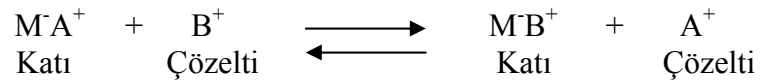
Yüzey alanı; adsorpsiyon bir yüzey işlemi olduğundan, adsorpsiyon büyüklüğü spesifik yüzey alanı ile orantılıdır. Adsorplayıcının partikül boyutunun küçük, yüzey alanının geniş ve gözenekli yapıda olması adsorpsiyonu artırır.

Çözünen maddenin cinsi ve özellikleri; çözünen maddenin çözünürlüğü, adsorpsiyon dengesi için kontrol edici bir faktördür. Genel olarak, çözünen maddenin adsorpsiyon hızı ile, sıvı fazdaki çözünürlüğü arasında ters bir ilişki vardır. Bu "Lundelius" kuralıdır. Çözünürlük arttıkça çözücü-çözünen bağı kuvvetlenir, adsorpsiyon derecesi azalır. Çoğu zaman, herhangi bir organik bileşiğin zincir uzunluğu arttıkça suda çözünürlüğü azalır. Çünkü, karbon sayısı arttıkça, bileşik hidrokarbona daha fazla benzer. Bu, çözünen cinsi ve adsorpsiyon arasındaki bağıntıyı belirten ikinci temel ifadedir. (Traube Kuralı). Hidrokarbon yapı ağır bastıkça da çözünenin hidrofob özelliği artar. Hidrofob maddeler tercihli olarak adsorplanır (www.1bilgi.com).

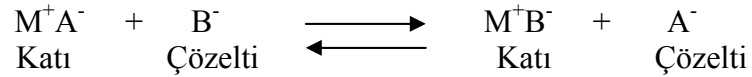
İyonlaşma arttıkça, adsorpsiyon azalır. Yüklü türler için adsorpsiyon minimum, nötral olanlar için maksimumdur(Akpınar, D., 1998).

2.3.2 İyon Değişirme Özelliği

Bir çözeltideki çözünmeyen katı fazı (iyon değiştirici) ve çözelti fazı arasında tersinir olarak meydana gelen iyon alış verişine İyon Değişirme denir. Örneğin; $M^+ A^-$ iyon değiştiricisinde M^+ , kristal yapıda sabit olan, çözünmeyen anyonu ve A^- ise değişebilen katyonu temsil etmektedir. Eğer $M^+ A^-$ iyon değiştiricisi içerisinde B^+ katyonları bulunan bir su çözeltisine konulursa aşağıdaki iyon değişirme reaksiyonu(katyon değişirme reaksiyonu) meydana gelir:



Eğer $M^+ A^-$ iyon değiştiricisi, içerisinde B^- anyonları bulunan su çözeltisine konulursa aşağıdaki anyon değişirme reaksiyonu meydana gelir:



İyon değişirme işleminde, katı fazdan çözeltiye, çözülden katı fazına geçen iyonların toplam değerlikleri birbirine eşittir ve her zaman için sistem elektriksel olarak nötrdür.

Zeolitlerin de kristal yapılarındaki katyonlar, tetrahedral yapılara zayıf bağlarla bağlanırlar ve sulu çözümlerdeki iyonlarla yer değiştirirler. İyon değişirmede, zeolitteki bir tek değerlikli atom, sulu çözeltideki bir tek değerlikli atomla değiştirilir veya zeolitteki çift değerlikli bir atom, sulu çözülden iki adet tek değerlikli atomla yer değiştirir. İyon değişirmenin miktarı ‘‘iyon değişirme kapasitesi’’ (İDK) ile ifade edilmektedir. İDK’nın ölçüsü gram veya 100 gram zeolit başına değiştirilebilen mol sayısıdır. Bazen mol sayısı yerine eşdeğer ağırlık da kullanılmaktadır.

İyon değişirme kapasiteleri, gram veya 100 gram başına mili-eşdeğer olarak ifade edilmektedir. Doğal zeolitlerden bazılarının iyon değişirme kapasiteleri Tablo 2.3’te verilmektedir.

Tablo 2.3 Bazı zeolitlerin iyon değiştirme kapasiteleri(İDK)
(<http://www.gsaresources.com/cationexchange.htm>).

Zeolit Adı	Formülü	İDK(meq/g)
Klinoptilolit	(Na,K,Ca) ₂₋₃ Al ₃ (Al,Si) ₂ Si ₁₃ O ₃₆ .12H ₂ O	2.16
Mordenit	(Na ₈)(Al ₈ Si ₄₀ O ₉₆).24H ₂ O	2.29
Erionit	(Na ₃ Ca ₃ K ₂)(Al ₉ Si ₂₇ O ₇₂).27H ₂ O	3.14
şabazit	(Na ₆ K ₆)(Al ₁₂ Si ₂₄ O ₇₂).40H ₂ O	3.7
Filipsit	(Na ₅ K ₆)(Al ₁₀ Si ₂₂ O ₆₄).20H ₂ O	3.87
Analsim	(Na ₁₆)(Al ₁₆ Si ₃₂ O ₉₆).16H ₂ O	4.54
Laumonit	(Ca ₄)(Al ₈ Si ₁₆ O ₄₈).16H ₂ O	4.25
Natrolit	(Na ₁₆)(Al ₁₆ Si ₂₄ O ₈₀).16H ₂ O	5.25
Faujasit	(Na ₅₈)(Al ₅₈ Si ₁₃₄ O ₃₈₄).240H ₂ O	3.39
Sentetik Zeolit A	(Na ₁₂)(Al ₁₂ Si ₁₂ O ₄₈).27H ₂ O	5.48
Sentetik Zeolit X	(Na ₈₆)(Al ₈₆ Si ₁₀₆ O ₃₈₄).264H ₂ O	4.73

İyon değiştirme kapasitelerine göre, değişik iyonlardan 1 gram zeolitın yüklenebileceği miktarlar tablo 2.3 'te gösterilmektedir. Örneğin; Tablo 2.4'e göre; İDK değeri 2.50 olan bir zeolitın, 1 gramına 0.259 gram Pb⁺² , 0.030 gram Mg⁺² yüklenecektir.

Tablo 2.4 İDK' ne göre değişik iyonların 1 gram zeolite yüklenebileceği miktarlar
(<http://www.gsaresources.com/cationexchange.htm>)

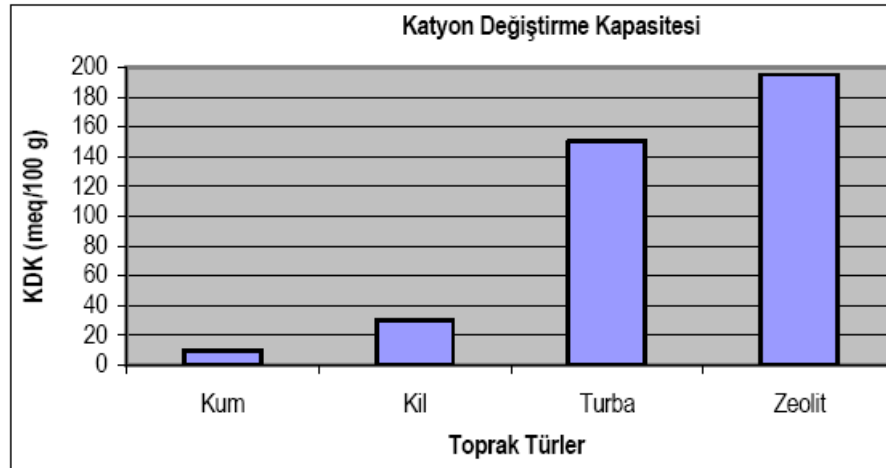
İyon Türü	Zeolitın İyon Değiştirme Kapasitesi, (meq/g)										
	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00
	Zeolitın İyon Değiştirme Kapasitesine göre Yükleneceği İyon Miktarı (g iyon/g zeolit)										
Na ⁺	0.034	0.040	0.046	0.052	0.057	0.063	0.069	0.075	0.080	0.086	0.092
K ⁺	0.057	0.068	0.078	0.088	0.098	0.108	0.117	0.127	0.136	0.147	0.156
Mg ⁺²	0.018	0.021	0.024	0.027	0.030	0.033	0.036	0.040	0.043	0.046	0.049
Ca ⁺²	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060	0.065	0.070	0.075	0.080
NH ₄ ⁺	0.028	0.033	0.037	0.042	0.047	0.051	0.056	0.061	0.065	0.070	0.075
Cs ⁺⁴	0.049	0.058	0.066	0.074	0.082	0.091	0.099	0.107	0.115	0.123	0.132
Cu ⁺²	0.048	0.056	0.064	0.071	0.079	0.087	0.095	0.103	0.111	0.119	0.127
Pb ⁺²	0.155	0.181	0.207	0.233	0.259	0.285	0.311	0.337	0.363	0.389	0.414

Zeolitler, yüksek katyon değiştirme kapasiteleri(şekil 2.10) ve bazı iyonları daha seçici olarak değiştirebilme özellikleri sebebiyle su arıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Aktive edilmiş zeolitlerin uygun koşullarda kullanımı ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar Tablo 2.5'te gösterilmektedir.

Tablo 2.5 Doğal zeolitler ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar

Rb ⁺	Li ⁺	K ⁺	Cs ⁺	NH ₄ ⁺
Na ⁺	Ag ⁺	Cd ⁺²	Pb ⁺²	Zn ⁺²
Ba ⁺²	Sr ⁺²	Cu ⁺²	Ca ⁺²	Hg ⁺²
Mg ⁺²	Fe ⁺³	Co ⁺³	Al ⁺³	Cr ⁺³

Zeolitler, modifiye edilerek kromun uzaklaştırılmasında da kullanılmaktadır. Örneğin; 105 ppm Cr⁺⁶ içeren suyun zeolit yatağı hacminin 442 katı kadar miktarından tek yatak uygulaması ile Cr⁺⁶ %97'nin üzerinde bir verimle uzaklaştırılmaktadır. Zeolitler bazı özel modifikasyonlarla hem anyon hem de katyon adsorplayacak hale getirilebilmektedir. Örneğin; zeolitlerde doğal olarak yer alan Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² iyonları hekza desil trimetil amonyum gibi büyük molekül ağırlıklı bir kuvaterner amonyum bileşiği ile değiştirilebilir. Böylece zeolitın yüzey yükü negatif iken, pozitif hale getirilerek organik karbon içeriği de %5'lere çıkarılmış olur. Yüzeydeki pozitif yük, kromat ve nitrat gibi anyonların zeolit tarafından adsorplanmasını sağlar. Organiklerce zengin ara tabaka klorlu solventler ve petrol ürünleri gibi polar olmayan kirleticilerin bu tabakada tutulmasına yol açar. Modifiye edilmiş zeolit, atık sulardan hem inorganik anyon ve katyonları, hem de polar olmayan organik kirlilikleri adsorplayabilir. Ucuz olmaları ve çeşitli kirleticileri adsorplayabilmeleri nedeniyle büyük molekül ağırlıklı kuvaterner amonyum bileşikleri ile modifiye edilmiş olan zeolitler, büyük miktarlarda adsorbana ihtiyaç duyulan durumlarda kullanılmaktadır. Yer altı sularının temizlenmesi, atık depolarından meydana gelebilecek sızıntıların temizlenmesi için atık depolama alanlarının altına serilmesi gibi uygulamalar örnek olarak verilebilir. Gördes klinoptilolitinin seçicilik sırası, Pb²⁺ ve NH₄⁺ iyonlarının beraber bulunması halinde Pb²⁺ > NH₄⁺ > Na⁺ olarak bulunmuştur(Öneren, Ç., 2004).



Şekil 2.10 Bazı toprak türlerine göre zeolitlerin kation değişirme kapasiteleri (Anonim, 2001c; Ayan, S., 2001).

2.3.2.1 Topraklarda İyon Değişimi

İyon değişimi, bitkilerin beslenmesi ve gereksinimleri olan besin maddelerinin tutulmasında rol oynayan toprağın önemli kimyasal olaylarından birisidir. İyon değişimi, toprakta eksi(negatif) elektriksel yüke sahip kolloidlerin, özellikle de killerin yüzeylerinde olur. Değişim tutucu(adsorptif) yüzeylerin doğrudan dokunumu ile olabildiği gibi, genellikle katı ve sıvı fazlar arasında görülür. İyonların artı yüzeylerinde tutulmalarında adsorpsiyon, katı yüzeylerdeki iyonların bırakılmalarına da desorpsiyon denir. İyonların bırakılmaları ve tutulmaları olaylarında özellikle kil mineralleri, seskioksitler, organik madde ve bazı bileşikler görev alırlar. Sıvı içerisinde çözünerek iyonlarına ayrılan bileşiklerin artı(pozitif) yüklü iyonlarına katyon, eksi(negatif) yüklü iyonlarına anyon denir. Toprak çözeltisindeki bitki besin maddeleri, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Na^+ vb.'dir. Toprak çözeltisinde Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, NO_3^- , HCO_3^- en fazla bulunan anyonlardır. Kuvvetli alkali topraklarda CO_3^{2-} iyonuna rastlanır. Toprak çözeltisinde azot, NH_4^+ ve NO_3^- iyonları olarak bulunur(Altınbaş,Ü., ve ark. 2004).

Toprakta katyon değişimi ise katyonların eksi elektriksel yüklü toprak öğeleri tarafından tutulmaları ve bırakılmalarına şeklinde olur. Değişimi yapan toprak öğelerine (kil ve humus) ya da katyon değiştirici denir. Toprakta tutulan katyonlar,

başka katyonlarla yer değiştirdiklerinde toprak çözeltilisine geçerler. Buradan yıkanarak uzaklaşabilirler ya da bitki kökleri tarafından alınabilirler. Bu sebeple katyon değişimi bitki beslenmesinde aktif rol oynar. Toprakta değişebilir katyonlar eşit şekilde tutulmazlar. Katyonların tutulması üzerine, ortamdaki nicelikleri, birleşme değerleri, hidrate (sulu) özellikleri ve iyonik yarıçapları etkilidir. Toprakta eşit nicelikte bulduklarında +3 değerli katyonlar, +2 değerlilerden +2 değerliler de +1 değerlilerden daha güçlü tutulurlar. Buna göre katyonların tutulmaları sırası $Fe^{3+} > Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > H^+ > K^+ > NH_4^+ > Na^+$ şeklindedir. Birleşme değeri +1 olan katyonların tutulma sırası ise $Cs > Rb > K > Na > Li$ olarak sıralanır(Altınbaş,Ü., ve ark. 2004). Toprakların sahip oldukları eksi yükleriyle tutabildikleri toplam katyon niceliğine katyon değişim kapasitesi(KDK) denir. Birimi, 100 g. toprakta miliekivalent (me/100gr toprak)'dır. Miliekivalent sözcüğü, bir mg. H, ya da bununla birleşebilen, yer değiştirebilen diğer iyonların niceliği ile tanımlanır. Topraklarda KDK ile pH arasında önemli bir ilişki vardır. pH arttıkça KDK artarken, düştükçe azalır. Düşük pH derecelerinde H^+ ve Al^{3+} iyonları toprak kolloidleri tarafından güçlü olarak tutulduklarından, yer değiştirmeye karşı direnç gösterirler. Bu nedenle asit özellikteki toprakların KDK'ları düşük olur. Toprak pH'ı yükseldiğinde toprak kolloidlerinde tutulan H^+ ve Al^{3+} iyonları kolaylıkla yer değiştirirler. Bunun sonucunda toprak kolloidlerinin katyon değişim alanı ve katyon değişim kapasiteleri artar. pH'nın katyon değişim kapasitesine etkisi sebebiyle KDK tayini 7 ve üzerindeki pH derecelerinde yapılır. Baz doyumluğu yüzdesi ile de toprak pH'sı arasında pozitif bir ilişki vardır. Genellikle baz doyumluğu yüksek olan toprakların pH'ları yüksektir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki toprakların baz doyumluğu yağışlı bölge topraklarından daha yüksektir. Düşük baz doyumluğuna sahip topraklarda bazların bir kısmı yağışlarla yıkandığından, ortamdaki H^+ niceliği artar. Bunun sonucunda da toprağın pH'ı düşer ve asit ortam oluşur. Baz doyumluğu toprak verimliliğinin göstergesidir(Altınbaş,Ü., ve ark. 2004).

2.3.2.2 İyon Değişim Uygulamaları

Zeolit A, B, X'in endüstriyel ve evsel atık suların yumuşatılmasında yüksek performansları nedeniyle permütit tipi organik reçineler yerine kullanılmaları bu

alandaki ilk uygulamalarıdır. Ancak organik reçinelerin rejenerasyon safhasında gösterdikleri teknik performans avantajı 1970'li yıllara kadar sentetik zeolit kullanımının sınırlı kalmasına neden olmuştur. 1970'lerin sonunda çevre kirlenme standartlarına getirilen yeni düzenlemeler, endüstrinin (atık proseslerinde) iyon değişim uygulamalarına olan ilgisini arttırmıştır. NH_4^+ seçiciliği, Cs^+ ve Sr^{++} uzaklaştırılması, Cs^+ ve Sr^{++} radyo izotoplarının uzaklaştırılması, deterjan katkı maddesi (Zeolit A, Zeolit X (ZB-100, ZB-300)), radyoaktif atık depolama, su kültürü (AW500), kidney diyaliz çözeltisinin rejenerasyonu, metal ayrımı ve kazanımı, NH_4 ve K^+ bitki besinlerinin yavaş bir hızla (düşük bir hızla) toprağa verilmesi gibi uygulamaları mevcuttur.

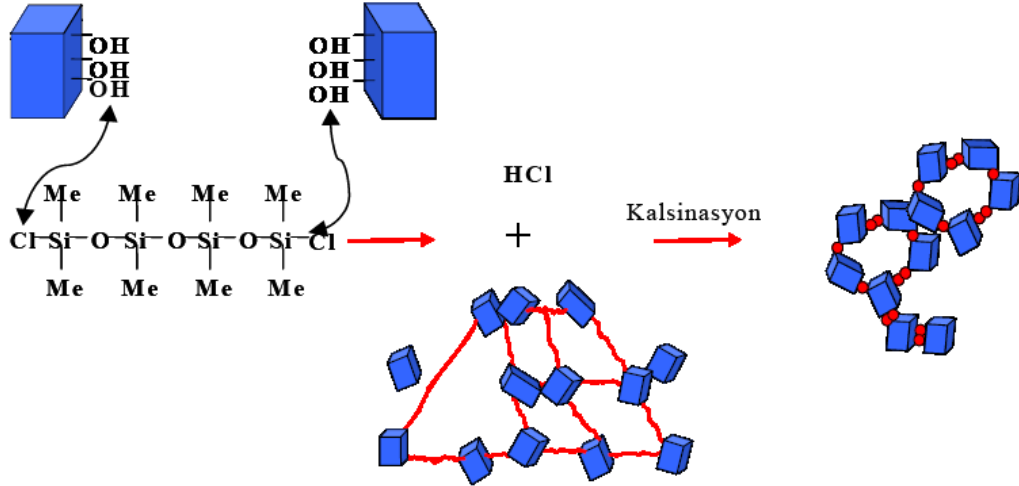
2.3.3 Katalizör Özelliği

Doğal zeolitler; ya oldukları gibi, ya da özellikleri geliştirilerek bazı kimyasal reaksiyonlarda katalizör olarak kullanılmaktadırlar. Zeolitler, diğer katalizör olarak kullanılan maddelere göre değişik özellikler göstermektedirler. Bu özelliklerden birisi, zeolitlerin kristal yapılarında bulunan Si ve Al dörtyüzlülerinin belirli ve tekrarlanabilir dizilişlerinin olmasıdır. Çoğu durumlarda katalitik etkinlik gösteren merkezler, yapılarındaki katyonların bulunduğu yerlerdir. Zeolitlerin katalizör olarak kullanılmasının sebepleri (Gürel, O., 1977);

- a) İyon değişim yoluyla özelliklerinin değiştirilebilir olması,
- b) Aktiflik, seçicilik, kararlılık vb. özelliklerini uzun süre koruyabilmeleri,
- c) Rejenerasyonlarının oldukça kolay ve tekrarlanabilir olması,
- d) Sıcaklık, basınç vb. dış etkilere karşı dayanıklı olmalarıdır.

Doğal zeolitlerin etkin pencere boyutlarının ve adsorplama kapasitelerinin daha küçük olması sebebiyle, katalizör olarak yapay zeolitlerle rekabet edememektedirler. Birçok doğal zeolitte safsızlık olarak bulunan demir katalitik tepkimelerde olumsuz etkiler yaratmakta ve bu durum doğal zeolitlerin katalizör olarak kullanılmalarını zorlaştırmaktadır. Ancak Macaristan'da % 65-70 oranında mordenit ve klinoptilolit içeren doğal zeolitten hazırlanan katalizör ksimer izomerleşmesinde

kullanılmaktadır. Burada demiroksit, kuvars ve amorf silisli bileşenler vb. safsızlıklar sakınca göstermemektedir(Yücel, H. ve Çulfaz, A., 1984).



Şekil 2.11 Çapraz bağlanmış koloidal zeolit katalizörlerin mekanizması (İlhan, Y., Erdem,Ş.A., Schüth, F., 2006).

Çapraz bağlanmış koloidal zeolit katalizör mekanizması (Şekil 2.11) ile zeolit sentez çözeltileri içinde bulunan zeolit taneciklerinin 1,7-dikloro-oktametil-tetrasiloksan yardımıyla çapraz bağlanması yoluyla çok geniş dış yüzey alanları ile mikro ve mezogözeneklere sahip kompozit katalizörler hazırlanmıştır. Çapraz bağlanmanın gerçekleştiği ve bu işlem sonucunda, zeolitin mikrogözenek yapısına ek olarak mezogözeneklerin oluştuğu, böylelikle taneciklerin aglomere olmaları ve dolayısıyla da dış yüzey alanı kaybı engellenebilmektedir. Bağlanmış örneklerdeki zeolit taneciklerinin tüm dış yüzey alanlarının kullanılabilir olması, bu örneklerin ϵ -kaprolaktam üretiminde gösterdikleri katalitik aktivitenin de beklendiği gibi artmasını sağlamıştır(İlhan, Y., vd. 2006).

2.3.3.1 Zeolitlerin Katalitik Uygulamaları

Katalitik reaksiyonlar, kristalin katalizörlerinin boşlukları içerisinde gerçekleşir. Bu nedenle katalizör olarak kullanılacak malzemenin gözenek boyutları mutlaka reaksiyona girecek malzemelerin içeri girebileceği boyutlarda olmalıdır. Doğal

zeolitlerin küçük gözenek boyu dağılımları ile katalitik reaksiyonlar için uygun olmamaları sentetik zeolit kullanımını gündeme getirmiştir.

Zeolitlerin hidrokarbon dönüşümleri içerisinde ilk kullanımı parçalama prosesinde ham materyalden sıvı fuel-oil üretiminde katalizör olarak zeolit X'in kullanımı ile başlar. Lewis merkezleri ile uygun hidroksil gruplarının karşılıklı etkileşimleri kriting proseslerinde çok değerli metallerin, özellikle toprak alkali metallerin varlığı hidroksil grup içindeki hidrojenin aktivitesini artırır. Çok değeri iyon varlığı ile arttırılmış katalitik aktivite, seçimlilik ve diğer amorf silis-alüminyum katalizörlere oranla yaklaşık %20 daha yüksek ürün verimi gibi nedenlerden dolayı zeolitlerin kullanımı katalitik parçalamada yeni bir dönemin açılmasını sağlamıştır. Hidrokarbon molekülleri ile zeolit katalizörler arasındaki çok yüksek hidrojen iyonu dağılımı yüksek değerli moleküller arası hidrojen transferi hızı gibi özellikler parçalama reaksiyonlarında zeolitlerin kullanım yaygınlığını arttıran faktörlerdir.

Gelişen yıllarda zeolitlerin katalitik parçalama işlemlerindeki kullanımları yeni materyal ve proses uygulamaları şeklinde devam etmiştir. Zeolit X'e oranla daha stabil ve aktif olan zeolit Y'nin zeolit X'in yerine almasıyla başlangıçtaki %5 ile %10 arasındaki zeolit katkı oranı giderek artarak %40'lara kadar yükselmiştir.

Tablo 2.6 Zeolitlerin katalizör olarak kullanıldığı alanlar

Hidrokarbon Dönüşümü	Seçimli Şekillenme
Alkilleme	Dehidratasyon
Krating	Metanolden Benzin Eldesi
Hidro krating	Organik Kataliz
İzomerleşme	İnorganik
Hidrojenasyon ve Dehidrojenasyon	H ₂ S Oksidasyonu
Hidroalkilleme	NO ₂ İndirgenmesi
Metanlaşma	CO Oksidasyonu H ₂ O - O ₂ + H ₂ Dönüşümü

Tablo 2.6'dan görüldüğü gibi bir diğer kullanım alanı da sulu parçalama ve parafin izomerasyonudur. Zeolit bünyesindeki kuvvetli adsorbatif kuvvetlerle ilişkili

olarak yüksek asit dayanımları ve seçicilikleri bu proseslerde zeolitlerin tercihini sağlayan faktörlerdir. Yüksek gözenek açıklığı ve hidrotermal modifikasyon ile elde edilen asidik yapı zeolit katalizörlerin kullanımını sağlar. Zeolit Y izomerizasyon reaksiyonlarında normal parafinin oktan sayısının yükseltilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Uzun ömür, sülfür etkisine karşı direnç ve non-korozif özellikler zeolit Y'yi diğer katalizörlerden ayıran faktörlerdir.

Petrol sanayinde kullanılan diğer zeolitler mordenit ve ZSM-5'tir. ZSM-5 katalitik uygulamalarda en fazla ilgi çeken katalizördür. Aktiviteyi sağlayacak yeterlilikte ve hidrofobik yapının korunabileceği miktardaki silisyum içeriği ve 6 Å'lık gözenek ve boyutu reaksiyon esnasındaki yüksek stabilitesi ile bir çok katalitik dönüşüm reaksiyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Zeolitler;

- n-hegzan gibi organik safsızlıkların sudan uzaklaştırılması,
 - styrene üretimi için etil benzen sentezi,
 - izomerik saf xylene üretimi için C8 aromatiklerinin izomerasyonu,
 - katalitik dewaxing,
 - metanol'den benzin üretimi,
 - kömür veya sentetik, doğal gazdan sıvı yakıt üretimi
- gibi proseslerde kullanılmaktadırlar

2.3.4 Moleküler Elek Özelliği

Zeolit bir tectosilikattır ve diğer tekto-silikatlardan (feldspat, kuvarz) farklı olarak zeolitin iskeleti tamamen açıktır ve üç boyutlu sürekli bir tünel ve kafes sistemine sahiptir. Bu sistem, kendi açıklıklarından daha küçük olan moleküllerin geçişini sağlar ve bu yüzden zeolitler “moleküler elekler” adını almışlardır(Anonim,2001a).

Moleküler eleme, adsorplayıcı içerisindeki katyonların fiziksel özelliklerine ve elektriksel yük dağılımlarına bağlı seçimli adsorpsiyonu olarak tanımlanır. Üniform dağılıma sahip gözenekli yapı, bir karışım içerisinde sadece gözeneklerden geçebilecek büyüklükteki belirli moleküllerin adsorbe edilmesini sağlar. Gözenek

açıklığından daha büyük moleküller zeolit dışında kalır. Zeolitler, diğer moleküler elek özelliğine sahip mineraller(aktive karbon,silica jel vb.) ile karşılaştırıldıklarında geniş gözenek açıklığı dağılım aralığına sahip olmaları ve buna bağlı olarak daha fazla boyut için seçimli olmaları nedeniyle moleküller elemeye dayanan uygulamalar için daha avantajlıdır(Breck, D., 1974).

Moleküler eleme, zeolitin ısıtılmasından ve dehidratasyonundan etkilenir. Sıcaklık artışı kristal yapının bozulmasına ve artan sıcaklık ile orantılı olarak yapısal oksijen miktarındaki artış ile pencere genişlemesine neden olur. Dehidratasyon ise kation değiştirmesi ile zeolit yapı içerisindeki kation yerleşiminin değişimi ve bunu takiben elektrik yük dağılımının değişmesine yol açar. Dehidrate olmuş zeolitler, H₂O, CO₂, ve H₂S gibi polar molekülleri seçici olarak adsorbe eder.

2.3.4.1 Moleküler Elek Uygulamaları

Moleküler elek zeolitlerin ticari adsorbant uygulamalarına göre safsızlaştırma ve bulk ayırma olarak incelenebilir:

Safsızlaştırma uygulamaları;

- Kurutma: Doğal gaz (LNG içerikli), parçalanmış gaz (etilen tesisi), yalıtkan cam, soğutucu
- CO₂ uzaklaştırılması: Doğal gaz, kroyojenik hava ayırma tesisi
- Sülfür bileşiklerinin uzaklaştırılması: Doğal gaz ve sıvılaştırılmış petrol gazının temizlenmesi
- Kirlilik önleme: Hg NO₂, SO₄'ün uzaklaştırılması

Bulk Ayırma uygulamaları; Normal / izoparafın ayırma, xylene ayırma, olefin ayırma, havadan O₂ ayırma, şeker rafinasyonu'dur.

Zeolitlerin safsızlaştırma ve ayırma işlemlerinde seçimli adsorbant olarak tercih edilmeleri moleküler elek özelliklerinden ve diğer adsorbantlarda bulunmayan sürekli dipol moment ve kationlarla moleküller arasındaki özel etkileşimden kaynaklanmaktadır. Ayırma işlemleri genel olarak moleküler elek özelliklerine

dayanırken saflaştırma her iki özelliğın etkisi altındadır. Zeolit A, X, Y ve mordenit ticari adsorbantlar olarak kullanılan en yaygın zeolit türleridir. Zeolit A'nın gözenek boyutları içerdiği katyon türüne göre farklılık gösterir. Sodyum (Na) iyonlarının, kalsiyum (Ca) iyonları ile yer değiştirdiği Ca-Zeolit A'nın gözenek açıklıkları sodyumlu (Na) türüne oranla yaklaşık %30 daha büyüktür. Aradaki bu fark her iki türün farklı proseslerde uygulanmasını sağlar. Normal parafin molekülleri 3 Å yarıçapa sahip iken bağlı bulunduğu hidrokarbon zincir veya aromatik karbonlar için bu değer 5 Å civarındadır. Ca5A zeoliti doğal gazolin ve gazyağı gibi değişik hidrokarbonlarda normal parafin ayırımı ve elde edilmesi için oldukça uygundur. İzomerik parafin ve cyclic hidrokarbonlar gözenek dışında kalır. Moleküler elemeğe bir diğer örnekte 3 Å'lık gözenek açıklığı ile doymamış hidrokarbonların dehidratasyonunda etilen ve diğer molekülleri gözenekleri dışında tutan KA zeoliti için verilebilir.

BÖLÜM ÜÇ

ZEOLİTLERİN ÖZELLİKLERİNE GÖRE KULLANILDIĞI SEKTÖRLER

3.1 Zeolitlerin Özelliklerine Göre Kullanıldığı Sektörler

Zeolitlerin özelliklerine göre ve kullanıldığı sektöre göre tane boyutları değişmektedir. Zeolitler iyon değiştirici olarak kullanımı için 0,5-0,84 ; 0,4-0,6; 0,17-0,6 mm tane boyutlarında, adsorpsiyon amacıyla kullanımı için 0,50; 0,30; 0,17 ve 0,14 mm tane boyutlarına ihtiyaç vardır. Dolgu malzemesi olarak kullanılmaları için de mikronize boyutlar tercih edilmektedir. Diğer bir anlatımla tane iriliğine göre kullanıldığı sektörler tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Doğal zeolitlerin tane iriliklerine göre kullanıldığı sektörler (Özyayın, S., 2005).

Kullanıldığı Sektör	Mineral Saflığı	Tane İriliği(mm)
Tarımda Gübre Katkısı	%70-90 Klinoptilolit	1-3 0,8-2,8 1-4 0,8-3,8 0,5-1,5 0,8-2
Hayvan Beslemede Yem Katkısı	Minimum %85 Klinoptilolit	<1, < 0,8, < 0,5, < 0,1
İçme Suyu Arıtımında Filtre Malzemesi	Minimum %85 Klinoptilolit	0,5-1,5 0,8-2 1-3
Havuz Suyu Arıtımında Filtre Malzemesi	Minimum %85 Klinoptilolit	0,5-1,5 1-3 1-4 2-5
Ağıllarda ve Evcil Hayvan Yaşama Ortamlarında Amonyaka Bağlı Kokuların Giderilmesi	%75-85 Klinoptilolit	2,8-4,76 3-5 1-4
Diğer Uygulamalarda	%60-99 Klinoptilolit	Mikron Boyutlarındaki Özel Malzemelerden 9-15 Boyutlarına Kadar Değişen Tane İriliklerinde

Zeolitlerin özelliklerine göre kullanım alanları, çevre kirliliği kontrolü, enerji, tarım, hayvancılık, tıp ve diğer kullanım alanları ana başlıkları altında açıklanmıştır.

3.1.1 Çevre Kirliliği Kontrolünde

Tablo 3.2 Çevre kirliliği kontrolünde zeolitin özelliklerine göre kullanıldığı alanlar

Çevre kirliliği kontrolünde zeolit kullanımı	Özellikler			
	İyon değiştirme	Adsorpsiyon	Katalizör	Moleküler elek
0,5-1,5; 0,8-2; 1-3 mm				
Sanayi atık sularından Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg gibi ağır metallerin uzaklaştırılmasında	●	●		
Şehir atık suları ve içme sularından toksik etkiye sahip amonyum(NH ₄ ⁺) uzaklaştırılmasında	●			●
Su sertliğinin düşürülmesi, pH, iletkenlik düzenleyici ve içme suyu kalitesinin yükseltilmesi	●			
Baca gazlarının temizlenmesi	●	●		●
Petrol Sızıntılarının Temizlenmesi	●	●		●
Hava kirliliğine yol açan SO ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , NO _x gibi gazların tutulması	●	●	●	●
Çöp Deponi Alanları	●	●		●
Metalurji Uygulamaları	●			
Kapalı mekanlarda kötü kokuların giderilmesinde	●	●		●
Nükleer atıklardaki Cs, Sr, Rb gibi radyoaktif maddelerin uzaklaştırılması	●			

3.1.1.1 Sanayi Atık Sularından Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg gibi Ağır Metallerin Uzaklaştırılmasında

Endüstriyel atıksular içerdikleri ağır metal iyonları ile günümüzde en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Ağır metal kirliliği içeren atıksular, genellikle biyokimyasal oksijen değeri düşük ve asidik sulardır. Atıksuların alıcı ortama ulaşması sudaki yaşamı etkilemekte ve su kaynaklarının içme suyu amaçlı kullanılması durumunda ise pahalı arıtma tekniklerinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle ağır metal içeren endüstriyel atıksuların kanalizasyon sistemine deşarjı büyük önem taşımaktadır(Türkman, A., vd., 2001).

Metal son işlemleri, madencilik ve mineral işleme, kömür madenciliği ve petrol rafinerisi gibi çoğu endüstrilerin proses ve atıksuları, ağır metal içermektedir. Atık ve proses sularından değerli metalleri geri kazanma teknolojisi daha ekonomik üretim amacıyla son yıllarda yoğun olarak araştırılmakta ve geliştirilmektedir. İyon değıştirme, değıştiricinin metale karşı seçiciliğe sahip olması ve diğeri iyon konsantrasyonlarının düşük olması durumunda ekonomik bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Metalin geri kazanımının ekonomikliği yüksek seçicilikte özel reçinelerin kullanımı ile sağlanmaktadır. Ağır metalin geri kazanımının ekonomik olmadığı ve kimyasal özellikleri nedeniyle kolaylıkla ayrılamadığı atıksularda doğal zeolit gibi seçici katyon değıştiricilerin kullanılması uygun olmaktadır. Ouki yaptığı çalışmada klinoptilolit ve şabazit ile ağır metal gideriminde %99'a ulaşan arıtma verimleri elde etmiştir ve bu çalışmada zeolit türlerinin ağır metaller için seçicilik sıralamasını, Klinoptilolit için; Pb> Cu> Cd> Zn> Cr> Co> Ni ve Şabazit için; Pb> Cd> Zn> Co> Cu> Ni> Cr olarak vermiştir. (Ouki, 1999) Doğal zeolitler, sulardan iyon değıştirme ile katyonları uzaklaştırmaktadır. Klinoptilolit zeoliti Pb⁺², Zn⁺², Cd⁺², Ni⁺², Fe⁺² ve Mn⁺² gibi ağır metal iyonlarına karşı oldukça yüksek kapasitede seçiciliğe sahiptir. İyon değıştirici olarak kullanılabilen zeolit, sentetik iyon değıştiricilerle kıyaslandığında ekonomik bir doğal maddedir. Temelde zeolitler, ortaklanmış oksijen atomları ile birbirine bağlanmış tetrahedral moleküllerden oluşmuş doğal kristal aminosilikatlardır. Ayrıca doğal zeolitler, stronsiyum (Sr) ve sezyum (Cs) gibi istenmeyen ağır metallerin uzaklaştırılmasında

da iyon değiştirme özellikleri ile dikkat çekmişlerdir (Grant D.C. vd, 1987). Bu zellik de zeolitleri atıksu arıtımında tercih edilir duruma getirmektedir. Ayrıca zeolitlerin piyasa değeri oldukça dūřtr ve klinoptilolit kullanarak atıksulardan çeşitli ağır metaller uzaklaştırılmaktadır(Zamzow M. J., Eichbaum B.R., 1990). Idaho(USA)'da bir tesiste, günde 120 m³ Sr ve Cs içeren atık su, klinoptilolit yataklı kolonlardan geçirilerek, atık sudaki Sr ve Cs'in %99,5'ini tutulmaktadır(Ersoy, B.,2000).

3.1.1.2 Şehir Atık Sularından ve İçme Sularından Toksik Etkiye Sahip Amonyumun(NH₄⁺) Uzaklaştırılmasında

Kentsel atık suların arıtılmasına yönelik ilk tesis 1975 yılında Minnesota (ABD)'de kurulmuş ve halen işletilmekte olan, bu tesiste günde 2.400.000 litre atık su, içerisinde 0,3-0,84 mm boyutlu klinoptilolitlerin (toplam 90 ton) bulunduğu kolonlardan geçirilerek temizlenmektedir(Mumpton, 1978).

3.1.1.3 Su Sertlięinin Dūřrlmesi, pH, İletkenlik Düzenleyici ve İçme Suyu Kalitesinin Yükseltilmesinde

Suda sertlik meydana getiren Ca ve Mg iyonlarının uzaklaştırılması ile içme suyunun kalitesi yükseltilmektedir(Mumpton, 1978). Yer altı sularının özgül (spesifik) elektriksel iletkenliği bir cm³ suyun 25°C'de iletkenliği olarak tanımlanır ve sıcaklıkta her 1°C'lik artış elektriksel iletkenliği yaklaşık %2 artırır. Elektriksel iletkenlik suyun çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak artar(Samsunlu, A., 1999). Doğal kaynak sularında önemli parametrelerden biri olan sertlik, sularda büyük oranda su içinde çözünmüş (+2) değerlikli katyonların, yani Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺ içeriğinin bir sonucudur. Bu katyonlara karşı sertlikle ilgili HCO₃⁻, SO₄⁼, Cl⁻, SiO₃⁼ gibi anyonların bulunması da mümkündür. 0-75 mg/l CaCO₃ bulunan sular ‘‘yumuşak’’ ; 75-150 mg/l CaCO₃ bulunan sular orta derecede sert ve 150-300 mg/l CaCO₃ içeren sular sert, 300 mg/l CaCO₃ ‘ in üzeride ise ‘‘ok sert sular’’ olarak kabul edilmektedir. Ayrıca lkemizde en çok kullanılan sertlik derecelerinin mg CaCO₃/L cinsinden değerleri: Fransız sertlik derecesi (Fr SD): 10mg/L; Alman sertlik

derecesi:17.8 mg/L; ingiliz sertlik derecesi: 14.3 mg/L'dir. Sertlik parametresi, suyun evsel ve endüstriyel kullanım için uygunluğunun belirlenmesinde kullanılır. Sert sular sabunun köpürmesini engelleyen ve temizlik için çok sabun kullanımını gerektiren sular olarak tanımlanır. Bu sular sıcak halde nakledildikleri boruların iç çeperlerinde veya kazanların içinde çökelti teşkil ederek ısı transferini güçleştirir ve boru içi akımın hidrolik koşullarını kötüleştirir. Hidrosferde suların sertliği yerel olarak değişim gösterir. Kural olarak yüzeysel sular, yer altı sularından daha yumuşaktır. Genel olarak, suyun sertliği, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir(Samsunlu, A., 1999). pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir parametredir. pH su temininde kimyasal koagülasyon, su yumuşatma ve korozyonun önlenmesinde çok büyük önem taşımaktadır. pH ile asidite ve alkalinite arasında büyük bir ilişki bulunmaktadır. Doğal kaynak suyunda zeolit filtre kullanılarak, proses öncesi pH değeri 7.93'ten, 7.09'a düşürülerek, pH değerinde % 10.59 düşüş tespit edilmiştir. İletkenlikte %2.40 , sıcaklıkta % 3.70 düşüş belirlenmiştir. Zeolit filtreden geçirilmeden önce sertliği 6.2 Fr SD iken; on kez süzülduğünde son süzütünün sertliği ise 2.5 Fr SD olarak belirlenmiş yani sertlik değerinde % 59.67 düşüş sağlanmıştır. Zeolit filtre kullanılarak, suyun sertliği çok büyük oranda düşürülmektedir(Örgev, C., ve İnanç, İ., 2004).

3.1.1.4 Baca Gazlarının Temizlenmesinde

Kullanımları Petrol ve kömür yakan tesislerin bacalarından çıkan SO₂ ve diğer kirletici gazların (NO ve yanmamış hidrokarbonlar) zeolit adsorpsiyon kolonlarından geçirilerek arındırılması mümkündür. Bu amaçla yapılan çalışmalar mordenit / klinoptilolit yüksek CO₂ konsantrasyonlarında bile etkin bir SO₂ ayrımı sağlamaktadır.

3.1.1.5 Petrol Sızıntılarının Temizlenmesinde Kullanımları

Kirlilik kontrolü uygulamalarında yeni gelişen bu alanda, aktifleşmiş zeolit, genişletilmiş perlit, sodyum karbonat, tartalak asit ve % 20 metilsiloksan içeren bir bağlayıcıyla peletlenmiş halde kullanılmaktadır. Özgül Ağırlığı 0.5 gr/cm³ ve yağ

adsoplama kapasitesi 0.97 gr olan bu malzeme, 200 saatten fazla suda yüzebilme ve yüzeydeki petrolü adsorplamaktadır (Breck, 1974).

3.1.1.6 Hava Kirliliğine Yol Açan SO₂, CO, CO₂, H₂S, NH₃ ve NO_x gibi Gazların Tutulmasında

Statik şartlarda 1g. klinoptilolit tarafından adsorplanan SO₂ miktarı 200 mg. iken, dinamik şartlarda bu değer 40 mg. olur (Mumpton, 1978). Na formundaki klinoptilolit için CO₂ adsorpsiyon kapasitesi ise 125 mg/g olarak ifade edilir. Klinoptilolit üzerine gaz adsorpsiyonunda etkin olan parametreler, gaz moleküllerinin polar özelliği, elektronegatiflik değeri, molekül çapları, klinoptilolitteki katyon tipi, ortam sıcaklığı ve basıncıdır(Breck, 1974).

3.1.1.7 Çöp Depolama Alanları

Çöp depolama alanlarında geçirimsiz tabaka olarak kullanılacak malzemenin, kabul edilebilir hidrolik iletkenlik değerinin, $1 \cdot 10^{-9}$ m/s değerinden büyük olmaması gerekmektedir(Güney, Y. & Koyuncu, H., 2002).

Killer, düşük hidrolik iletkenlikleri ve yüksek adsorpsiyon kapasiteleri ile akla ilk gelen geçirimsiz tabaka malzemesidir. Ancak, killer sıcaklık ve su içeriği değişimlerinden oldukça fazla etkilenmekte; geçirimsiz malzemedede şişme ve büzülme çatlakları oluşmakta ve dolayısıyla mühendislik parametreleri de istenilen düzeyden uzaklaşmaktadır (Benson, C.H., & Othman, A.M., 1993).

Sonuç olarak kil çeşitlerinin arasından en düşük hidrolik iletkenliğe sahip olan bentonit ile kum karıştırılarak kullanılmıştır. Bu karışım istenilen sonucu vermiş; ayrıca sıcaklık ve su içeriği etkisinde çatlaklar gözlenmemiştir. Bununla beraber, kumların adsorpsiyon kapasitelerinin olmamasından dolayı zararlı atık adsorpsiyonu hedeflenen miktarların oldukça altında kalmıştır (Stewart, D.I, vd., 1999).

Alternatif olarak kullanılan bir diğerk malzeme ise geosentetik killerdir. Geosentetik killer, hem hidrolik iletkenlik hem de adsorpsiyon kapasitesi olarak beklenen düzeyde çalışmaktadırlar; fakat doğal bir malzeme olmadığından işleniş açısından pahalılık göstermekte ve bu yüzden tercih edilmemektedir(Kraus, J.F., vd., 1997). Bu malzemelere alternatif olarak bentonitle zenginleştirilmiş zeolit karışımları kullanılmış ve sonuç olarak Bentonit-Zeolit'in, Bentonit-Kum ve geosentetik killerden daha olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir(Kayabalı, K., 1997). Sonuç olarak, geçirimsiz tabaka uygulamalarında kum ve kil yerine adsorpsiyon kapasitesi yüksek olan zeolit, bentonitle kullanıldığında, Bentonit-zeolit karışımının kation değişim kapasitesi açısından bir üstünlük sağladığı yeterli hidrolik iletkenlik değerlerine ulaşıldığı ve herhangi bir büzülme çatlama da rastlanmadığı belirlenmiştir(Kaya, A., vd., 2006).

3.1.1.8 Metalurji Uygulamaları

Çevre sağlığı açısından tehlike oluşturan bazı ağır metal kationları içeren, madencilik ve metalurjik faaliyetlerden oluşan atık sular, doğal zeolitlerin kation değiştirme özelliklerinden faydalanılarak arıtılabilmektedir. Ayrıca, pirometalurji sanayinde CaCO₃ ve doğal zeolit karışımı, Cu-Pb alaşımlarının eritilmesinde ortaya çıkan zararlı dumanları % 90 oranında yok edilmektedir (www.dpt.gov.tr).

3.1.1.9 Kapalı Mekanlarda Kötü Kokuların Giderilmesinde

Zeolitlerin belirli gazları adsorplama özelliği, koku kontrol uygulamalarında kullanılmalarını sağlar. Halka açık tuvaletler, ahırlar, süt çiftlikleri ve evcil hayvan beslenen evlerde amonyak buharlarını gidermek üzere kullanılması mümkündür. Özellikle evcil hayvan beslenen evlerde, hayvanların kumuna karıştırılan zeolit, birincil koku kaynağı olan amonyağın ve amonyumun giderimini sağlar(Way,2000).

3.1.1.10 Nükleer Atıklardaki Cs, Sr ve Rb gibi Radyoaktif Maddelerin Uzaklaştırılması

Nükleer santral atıklarında buluna ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olan Sr^{90} , Cs^{137} , Co^{60} , Ca^{45} , Cr^{51} gibi izotoplar zeolitlerle tutulabilmektedir. Örneğin; klinoptilolit, mordenit ve şabazit birçok ülkede radyoaktif atıkların tutulmasında kullanılmaktadır. Bu şekilde atık sudan alınan radyoaktif atıklar, zeolit ile birlikte gömülerek zararsız hale getirilmektedir. Bu işlemlerde özellikle asitlere karşı dirançli olmaları nedeniyle klinoptilolit ve mordenit kullanılmaktadır (Zeoponix, 2001).

3.1.2 Enerji Sektöründe

Tablo 3.3 Enerji Sektöründe zeolitin özelliklerine göre kullanıldığı alanlar

Enerji sektöründe zeolit kullanımı	Özellikler			
	İyon değişirme	Adsorpsiyon	Katalizör	Moleküler elek
Doğal gazların saflaştırılmasında ve kurutulmasında	●	●		●
Isı depolayıcısı olarak		●		
Oksijen üretiminde	●	●	●	●
Kömür gazlaştırılma işleminde	●	●	●	●
CH_4/N_2 ve N_2/H_2 gibi endüstriyel gaz karışımlarının ayırımında	●	●		●
Petrol rafinasyonu	●		●	●
Güneş Enerjisi Depolama Sistemlerinde Kullanımları	●	●		

3.1.2.1 Doğal Gazların Saflaştırılmasında ve Kurutulmasında

Doğal gazlarla birlikte bulunan SO₂, CO₂ ve H₂O gazları klinoptilolit tarafından adsorplanarak, doğal gazlar saflaştırılabilir ve kurutulabilir(Torii, K., 1978). Asidik gazların kurutulması ve saflaştırılması doğal zeolitlerin kullanıldığı uygulamalardan biridir. Klinoptilolit-mordenitin asit ortamlardaki devamlı operasyonlarda gösterdikleri stabilite doğal gazdan su ve CO₂ ayırımında bu tür materyalin ekonomik kullanımı sağlamaktadır. Bu tür uygulama için ilk örnekler 1970-1972 yılları arasında Union Carbide Corp.'ın gerçekleştirdiği klinoptilolit türü (Aw-500) zeolitlerin çok düşük pH'larda (pH yaklaşık 2,5) klorinlerden su, stok-gaz emisyonlarından CO₂ ve reformer hidrojen akımlarından HCl'ün uzaklaştırılmasına yönelik kullanımlarıdır. Union Carbide benzer şekilde MRG Corp.'da doğal zeolitleri kullanarak doğal gazdan H₂O, CO₂, ve H₂S ayırımını % 25'e varan değerlerle elde etmeyi başarmıştır. Kent atık depolama alanlarından metan gazı üretiminde de uygulama alanı bulan bu proses de organik maddenin çürümesiyle oluşan % 50 metan, % 40 CO₂ içeren gaz, başlangıçta iki ön işleme nem, hidrojen sülfür ve diğer gazlardan temizlenmekte ve daha sonra kuru gaz, peletlenmiş zeolit adsorpsiyon kolonundan geçirilerek CO₂den temizlenmektedir(www.ekolojimagazin.com).

3.1.2.2 Isı Depolayıcısı Olarak

Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde ve Amerikadaki Texas Üniversitesinde yapılan çalışmalarda klinoptilolit güneş ışınlarındaki ısıyı adsorplama ve desorplama özelliğine sahip oldukları ve bu özelliği ile de klima ve su ısıtma işlemlerinde kullanılacağı tespit edilmiştir(Mumpton, 1978).

3.1.2.3 Oksijen Üretiminde

Klinoptilolit ile havadaki N₂, CO₂ ve SO₂ gibi gazlar tutularak havanın oksijence zengin hale gelmesi sağlanır. Barrey ve Hay tarafından yapılan çalışmada havadaki azot gazının %95 oranında adsorplanabildiği gösterilmiştir(Mumpton, 1978).

Yaşam için gerekli olan oksijenin azalmasına yüzyılımızın sorunlarından olan su ve hava kirliliği neden olmaktadır. Akarsu ve göllerdeki oksijen eksikliği, bu ortamlarda yaşayan balık ve bitkilerin yok olmasına neden olurken, kapalı bir mekandaki oksijen azlığı da insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu durumlarda, zeolitlerin azotu seçimli adsorplama özelliklerinden yararlanılarak bu ortamlara oksijence zenginleştirilmiş hava sağlanabilmektedir. Oksijen üretiminde, daha çok sentetik zeolitlerden yararlanılmakla birlikte, doğal zeolitlerden özellikle mordenit ve bazı klinoptilolitlerle şabazit de kullanılabilir görünmektedir (www.dpt.gov.tr).

3.1.2.4 Kömür Gazlaştırılma İşleminde

Ekonomik açıdan işletilmesi zor olan kömür yataklarında kömür, oksijenle yakılmak suretiyle gazlaştırılmaktadır. Bu gazlaştırma sırasında gaz halinde ortaya çıkan çeşitli ürünler (CO , H_2 , CH_4 , N_2) doğal gaz kaynağı ve endüstriyel yakıt üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Kömür gazlaştırma işlemi için saf oksijene ihtiyaç duyulur. Saf ksijen üretimi ise pahalı bir işlem olduğu için bunun yerine normal hava, doğal zeolitten geçirilerek, oksijence zengin hale getirilip, kullanılır(Mumpton, 1978). Enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması, kaliteli ve kolay işletilebilir rezervlerin azalması, çok derinde bulunan veya kükürtçe zengin kömür yataklarının işletilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu tür yataklarda, kömür yer altında yakılarak gazlaştırılır ve elektrik enerjisine çevrilir. Bu uygulamada zeolit kullanımı; kömürün yakılması için değişik saflıkta oksijen üretimi, yanma sırasında oluşan SO_2 , NO_2 ve hidrokarbonların adsorpsiyonu şeklinde olmaktadır. Ancak yaygın değildir (www.dpt.gov.tr).

3.1.2.5 CH_4/N_2 ve N_2/H_2 gibi Endüstriyel Gaz Karışımlarının Ayırımında

Klinoptilolitin kristal yapısındaki kanallarının etkin gözenek çapından büyük olan moleküller yapının dışında bırakılırken bu çaptan daha küçük boyutlu moleküller yapının içerisine difüzlenebilmekte ve böylece arklı moleküllere sahip moleküller birbirinden ayırt edilir. Klinoptilolitin farklı modifikasyonları ile CH_4/N_2 gazlarının

ayrılmasında etkinliğin arttırılacağını ve doğal klioptilolit ile %98 verimle H₂/N₂ ayırımının gerçekleşmektedir(Ersoy,B., 2000).

3.1.2.6 Petrol Rafinasyonu

Bu alanda genellikle, adsorpsiyon kapasiteleri ve etkin gözenekli çaplan doğal zeolitlere göre daha yüksek olan sentetik zeolitler kullanılmakla birlikte, petrol ve gaz içeren alanların aranması ve paleortam koşullarının belirlenmesinde önemli bilgiler veren doğal zeolitler bazı özel uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca doğal zeolitlerden petrol rafinasyonunda yararlanılabilecek nitelikte katalizörler üretilmiştir(www.dpt.gov.tr).

3.1.2.7 Güneş Enerjisi Depolama Sistemlerinde Kullanımları

Zeolitlerin sıcaklığa bağlı olarak su verip-alma özelliklerinden yararlanılarak, klinoptilolit ve şabazit üzerinde yapılan uygulamalarda, küçük yapıların ısıtılması ve klimatize edilmesi, diğer bir deyişle, zeolitlerin güneş enerjisinin transferinde ısı değiştirici olarak kullanılması mümkün görülmektedir (www.dpt.gov.tr).

Enerji yoğunlaştırma-buharlaştırma prosesine benzer şekilde stok edilir. Gaz katı tarafında adsorbe edildiğinde genellikle dışarıya doğru bir ısı çıkışı görülür. Ters proses ise ısı girişini gerektirir. Su-zeolit sisteminde zeolit malzeme, içinde tutuldukları kap boyunca güneş kolektöründen sağlanan sıcak hava ile kurutulur. Zeolit ısıtıldığında adsorbe ettiği suyu dışarıya verir. Bu işlem sonucunda hava su ile dolu konuma dönüşür. Uygun bir ısı değiştirici kullanılarak su buharı yoğunlaştırılır ve yoğunlaştırma ısı dışarıya verilir. Zeolit dehidrat edildiğinde ısı üretimi için potansiyel hale geçer. Havadaki su buharı zeolit tarafından adsorbe edilir ve adsorpsiyon ısı dışarıya verilir. Bu işlem sonucunda kuru-ılık hava elde edilir. Kurutma işleminde zeolit su buharını dışarıda bırakarak sürekli enerji stok etmesi, oda sıcaklığını düşürür. Bu proses ısı alımının olmadığı zamanlarda mümkün olan en yüksek sıcaklığın korunması için etkin bir izolasyonun gerektiği sistemlere oranla daha avantajlıdır (www.ekolojimagazin.com).

3.1.3 Tarım Sektörü

Tablo 3.4 Tarım sektöründe zeolit özelliklerine göre kullanıldığı alanlar

Tarım sektöründe zeolit kullanımı	Özellikler			
	İyon değiştirme	Adsorpsiyon	Katalizör	Moleküler elek
1-3; 0,8-2,8; 1-4; 0,8-3,8; 0,5-1,5; 0,8-2 mm veya <1, < 0,8, < 0,5, < 0,1 mm tane boyutlarında				
Gübre katkı maddesi olarak	●	●		
Tarım topraklarındaki fazla suların alınarak toprağın ıslah edilmesinde, toprağın tarıma hazırlanması	●	●		
Bitki besin maddelerinin yıkanmasını engelleme	●	●		
Tarım topraklarının pH dengesinin sağlanması ve toprak düzenleyici	●			
Tarım ilaçları için taşıyıcı madde olarak	●	●		
Hububat Ambarlarında Nem ve Haşare Kontrolü	●	●		
Gübrelerde depolama sırasında oluşan pışme ve sertleşmesinin önlenmesi	●	●		
Bitki yetiştirme ortamında besleyici iyonların bitkiye aktarılması. Beslenme zincirlerinde Pb, Cd, Zn, Cu gibi istenmeyen ağır metal katyonların tutulması	●			
Hayvan yemi katkı maddesi olarak		●		●
Balık üretim çiftliklerinde havuzların temizlenerek yeterli oksijen sağlanmasında	●			
Hayvan ağıllarındaki kötü kokuların giderilmesinde	●	●		
Kedi toprağı olarak	●	●		
Kemik sağlığının iyileştirilmesi, yumurta ve kemik gelişimini olumlu etkiler	●			
Et kemik unu		●		

3.1.3.1 Gübre Katkı Maddesi Olarak

Organik maddece yetersiz topraklarda, kompostlaştırılmış organik maddenin (ahır gübresi, tavuk dışkısı, çay kompostu vb.) toprağa karıştırılması aşamasında oluşabilecek topraklanmalara karşı zeolit uygulanabilmektedir. Yüksek nem ve koku içeren bu kompostlaştırılmış organik maddenin koku ve nemine karşı büyük oranda emme özelliği olan zeolit kullanılabilirliği bildirilmektedir. Böylece kompostların pazarlamasında olabilecek olumsuzluklar da giderilmiş olur (Ertiftik, 1998).

Zeolitin kompoze gübrelerde dolgu maddesi olarak kullanılmasıyla iki yönlü fayda sağladığı belirtilmektedir.

- Yavaş yavaşlı gübre olarak etkili olabilmesi,
- Ürenin bozulması ile oluşan amonyumu kanallarına alarak, amonyum ve nitratın toksik etkisini önleyebilmesidir (Mumpton, 1983).

Zeolitin belirtilen her iki özelliğinin tüplü kaplı fidan üretiminin yapıldığı şartlarda aşırı yağış ve fertigasyon yöntemiyle yapılan sürekli-yoğun besleme kaynaklanabilecek bazı sorunlara çözüm olabileceği düşünülmektedir. Yüksek su tutma özelliğine sahip yetiştirme ortamında biriken aşırı su (yağmur ve gübrelemenin fertigasyon yöntemiyle yapılıyor olması) nedeniyle fidan köklerindeki çürüme olasılığına karşı zeolitin su emme özelliği problemleri azaltabilir. Ayrıca, yoğun gübrelemeden kaynaklanabilecek zehir etkisini sözkonusu besin maddelerini adsorbe ederek engelleyebileceği anlaşılmaktadır(Ayan, S., 2001).

Tarımda azot kaynağı olarak kullanılan amonyumlu gübrelerden açığa çıkan amonyum miktarının kontrol edilmemesi bir kayıptır. İçerisine klinoptilolit katılan yetiştirme ortamında amonyum iyonlarının çoğunluğu klinoptilolit tarafından tutulur ve sonra yavaş yavaş ortama geri verilir. Azot layıpları veya bitki köklerinin ani azot artışı yüzünden zarar görmesi önlenir(Giffiths, 1987, Torii, 1978).

Bu olumlu etkiden dolayı gübre katkı maddesi olarak kullanılan klinoptilolitin, ürün verimini 1000m^2 ' de 1 ton arttırdığı ifade edilir (Torii, 1978).

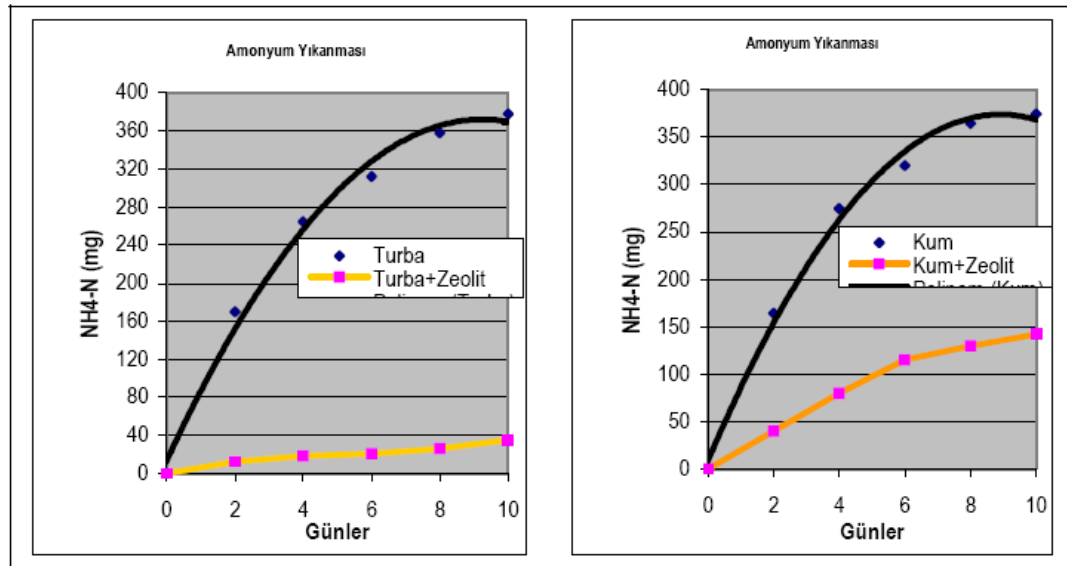
3.1.3.2 Tarım Topraklarındaki Fazla Suların Alınarak Toprağın Islah Edilmesinde, Toprağın Tarıma Hazırlanmasında

Zeolitler su adsorbe etmek ve absorbe ettikleri suyu geri vermek görevinde kullanılabilir.

Zeolitin su absorblama ve desorblama özelliği; yüksek eğimli, fakir-kumlu topraklarda ve kurak bölge ağaçlandırmalarında fidan performansına ve dikim başarısına etki yapmaktadır. Söz konusu sahalardaki tüplü fidan harçlarında veya dikim çukuru içerisine zeolitin belirli oranda karıştırılması nem absorblama / desorblama fonksiyonunu aktif hale getirebilir (Ayan, S., 2001).

3.1.3.3 Bitki Besin Maddelerinin Yıkınmasını Engeller

Zeolit kullanımı topraktan besin maddelerinin kaybını önleyerek söz konusu besin maddelerinin kontrollü olarak salınımı ile en etkin bir biçimde gübre kullanımını sağlamaktadır. Bu etki, kumlu topraklarda daha da belirgin hale gelmektedir. Klinoptilolitin yüksek bir amonyum absorpsiyon kapasitesine de sahip olduğu bilinmektedir (Altan vd., 1998; Köksaldı, 1999). Zeolit kullanımı ile değişik toprak tiplerinde yağmur suları veya sulama sularıyla yıkanarak uzaklaştırılan NH_4 iyonları, kaybedilmeden uzun süreler toprakta muhafaza edilmekte ve bitkilerin NH_4 'ü etkin bir şekilde kullanması sağlanabilmektedir. Ayrıca, zeolitlerin NH_4 iyonunu tutmaları ile toprak tamponlanmakta ve NH_4 fazlalığının yaratabileceği sakıncalar da önlenmektedir. Böylece aşırı gübre kullanımı önlenerek tasarruf sağlandığından çevre kirliliği açısından daha emniyetli bir çalışma gerçekleştirildiği gibi, gübrenin etkin kullanımı nedeni ile verim de artmaktadır (Kocakuşak vd., 2001). Diğer bir deyişle, gübre olarak toprağa verilen NH_4 'un suyla yıkanarak topraktan alınıp başka yerlere taşınması zeolit vasıtasıyla önlenerek toprakta kalması sağlanabilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 NH₄⁺ İyonlarının Yağmur ve Sulama Suları ile Yıkınması (Anonim, 2001c)

Japonya'da çiftçilerin azotlu gübrelere doğal zeolit ekleyerek azotun topraktan yıkınmasına engel olmaya çalıştıkları belirtilmektedir (Mumpton ve Ormsby, 1978).

Özet olarak, açık alan ve sera bitki yetiştiriciliğinde zeolit kullanılmasıyla;

- Besin maddeleri olan potasyum ve amonyumun kontrollü olarak ve yavaş yavaş toprağa salınır,
- Yanlış gübre kullanımından kaynaklanan NH₄ zehirlenmesi ve bitki yanmalarının önlenir,
- Yağış veya sulama rejimindeki yanlışlıklardan kaynaklanabilecek kök çürümelerine karşı nem içeriğinin kontrolünde kullanılır,
- Zeolit kullanımıyla, tarım bitkilerinde kalite ve verim artabilir,
- Fidan üretimi ve hızlı gelişen bitki türlerinde olası yoğun kültürel faaliyetlerinden pahalı bir girdi olan gübre kullanımında tasarruf sağlanabilir(Ayan, S., 2001).

3.1.3.4 Tarım Topraklarının pH Dengesinin Sağlanmasında, Toprak Düzenleyici

Klinoptilolit, toprağın pH'ını nötrleştirir ve tarıma elverişli hale getirir. Zeolitin bünyesindeki Na iyonları toprakta alkaliliğe neden olabileceği için asidik topraklarda pH'yı dengeleyici/yükseltici etki yaparak ıslah edici bir rol üstlenebilmektedir (Ersoy, B.,2000).

3.1.3.5 Tarım İlaçları İçin Taşıyıcı Madde Olarak

Yoshinaga ve arkadaşları(1973) klinoptilolitin, çeltik köklerinden patlamayı önlemek için kullanılan benzilfosforotat için mükemmel bir taşıyıcı olduğunu bulmuşlardır. Diğer bir deyişle; klinoptilolit, tarımsal mücadelede ilaç etkili maddesi taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır(Ersoy, B.,2000).

3.1.3.6 Hububat Ambarlarında Nem ve Haşare Kontrolü

Özel olarak hazırlanmış olan klinoptilolit ve diatome toprağı karışımları hububat ambarlarında nem ve haşare kontrolü amacı ile pazarlanmaktadır. Söz konusu ürün depolaması sırasında hububata karıştırılarak nem ve haşare kontrolü sağlanmaktadır. Hububatın içerdiği zeolit nem adsorplayarak gerek hububat taneciklerindeki gerekse hububatın içinde bulunduğu ortamdaki (silo, kamyon, vagon, değirmen, gemi ambarı gibi) nem kontrol etmektedir. Böylece haşare üremesine neden olan nem ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca; zeolitin nem çekme özelliği diatome toprağı ile birlikte çalışarak oluşan haşarenin ilaç kullanılmadan yok edilmesini de sağlamaktadır. Zira diatome toprağı jilet gibi keskin kenarları olan deniz kabuğuna benzer bir yapıya sahiptir. Hububat üzerinde veya içindeki haşare hareket ettiğinde diatome toprağının keskin kenarları haşarenin dış yüzeyindeki vaksımsı yumuşak koruyucu tabakayı keserek tahrip eder. Bu tabaka bir kez tahrip edildikten sonra, zeolitin nem çekme özelliğinin de katkısı ile haşare dehidrate edilerek öldürülür. Gerek zeolit gerekse diatome toprağı % 100 doğal ve insan sağlığına zararsız olduklarından herhangi bir tarım ilacı veya başka bir zararlı kimyasal madde kullanılmadan istenilen sonuçlar elde edilmiş olmaktadır. Ayrıca herhangi bir tarım ilacı kullanılmadığı için haşarenin

tarım ilacına bağıklık kazanması gibi bir husus da söz konusu değildir. Söz konusu ürün haşereleer yanında küf, mantar vb. oluşumları ve bunlardan kaynaklanan ve diğer kokuları da gidermektedir. Zeolit, yapısı nedeni ile kekleşmeyi de önlemekte, hububatın daha kolay akar hale gelmesini sağlamaktadır. Zeolit-diatome toprağı karışımı toz, hububat siloya yüklenirken hububata karıştırılmaktadır. Karıştırılan miktar hububatın içerdiği nem miktarına göre değişmekle birlikte alışılmış miktarlar bir ton hububata 2.5-3.5 kg zeolit-diatome toprağı karışımı katılmasıdır(karacamineral.blogcu.com).

3.1.3.7 Bitki Yetiştirme Ortamında Besleyici İyonların Bitkiye Aktarılması. Beslenme Zincirlerinde Pb, Cd, Zn, Cu gibi İstenmeyen Ağır Metal Katyonların Tutulması

Doğal zeolitler, sadece besleyici iyonların bitkiye aktarılmasında yararlı olmakla kalmayıp aynı zamanda, beslenme zincirinde arzu edilmeyen bazı ağır metallerin (katyonların) tuzaklanmasında kullanılabilir (Fugii, 1974).

3.1.3.8 Hayvan Yemi Katkı Maddesi Olarak

1965 yılından bu yana, özellikle Japonya'da klinoptilolit ve mordenit gibi zeolitlerin besicilik alanında kullanımı konusunda yapılan çalışmalar sonucunda, % 10'a kadar zeolit ilave edilmiş yemler ile beslenmesi tavuk, domuz ve geviş getiren hayvanların, normal yemlerle beslenenlere oranla sağlıkları bozulmaksızın ağırlıklarının arttığı belirlenmiştir (England, 1975; Torri, 1974). Bu alanda kullanılan zeolitlerin başlıcaları klinoptilolit ve mordenittir. Görevleri;

- Hayvanın sindirim sisteminde azot depolama görevi yapmakta, sindirilmiş besinlerin amonyumu yavaş bırakılmakta, hayvansal protein üretimi artmaktadır.
- Aflatoksin ve mikotoksinlerin toksik etkilerine azaltıcı etki yaratır.
- Hayvanların sindirim sistemi ile ilgili hastalıklar engellenir, ölüm ve hastalanma oranları azalır.
- Hayvanlarda protein gelişimi sırasında sindirim hızı düşer.
- Hayvanların büyüme hızları artar.
- Hayvanların yem-dışkı dönüşümü değerleri azalır.

- Hayvan başına düşen tıbbi giderler azalır.
- Hayvanlar üzerinde tıbbi açıdan zararlı bir etkisi yoktur(Ersoy.B.,2000).

Klinoptilolit, NH_4^+ seçiciliği özelliği ile hayvanların sindirim sisteminde, protein gelişimi sırasında bir depo görevi görür ve bu depodan hayvanın ihtiyacı kadar amonyumu yavaş yavaş geri vererek, hayvanın vücudunda daha etkin bir biçimde kullanılmasını sağlar. Böylece hayvanların sindirim sisteminin daha dengeli biçimde çalışmasını sağlar. Buna bağlı olarak hayvanların sindirim sistemi bozuklukları ile ilgili hastalıkları azaltır ve büyüme hızları ile ürün verimleri(et, süt, yumurta vb) artar(Ersoy.B.,2000).

Hayvan yeminde zeolit kullanımının avantajları şöyle sıralanabilir;
Ot, saman ,küspe ,yem gibi karışıma katılan % 5 toz halde zeolit;

- Hayvanın iştahını açar.
- Hayvanda %20 daha fazla kilo artışı sağlar.
- Antibiyotik etkisi yaparak hayvanların daha dinç olmasını sağlar. Antibiyotik etki zeolitin alkalitesinden tamponlama kapasitesinden, bakır, kurşun ve kadmiyum gibi bazı ağır metalleri absorblamasından (emmesinden) kaynaklanmaktadır.
- Yemden verimli yararlanır yani dışkıda hazmedilmemiş yem asgariye iner.
- Sindirimi kolaylaştırır, sindirim sistemi hastalıklarında(ishal,enteritin gibi) belirgin bir azalma olur.
- Akciğer hastalıklarında azalma sağlanır.
- Hayvan dışkıdaki kokuyu emerek daha temiz hava almasını sağlar.

Yapılan çalışmalarda 10 ve 184 günlük buzağılara yedirilen ot ve samana % 5 zeolit katılarak 180 gün beslendiklerinde, zeolitli yemle beslenen buzağuların zeolitsiz yem yiyenlere kıyasla ortalama olarak % 20 daha fazla kilo aldıkları belirlenmiştir. İştahları açıldığından buzağular daha fazla yem tüketmişler ve alınan her kilo başına yem masrafı, zeolit kullanımında daha düşük olmuştur. Zeolitle beslenen hayvanlarının dışkısında daha az hazmedilmemiş yem olduğu gözlenmiştir. Ayrıca zeolitle beslenen hayvanlarının genel sağlık durumunun diğerlerinden

belirgin bir biçimde daha iyi olduğu ve etlerinin daha lezzetli olduğu tespit edilmiştir(karacamineral.blogcu.com).

3.1.3.9 Balık Üretim Çiftliklerinde Havuzların Temizlenerek Yeterli Oksijen Sağlanmasında

Balık üretim göletlerinde beslenmekte olan balıkların normal biyolojik aktivitesi sonucu ortamda, suyu kirleten ve ortamın oksijen miktarını dolaylı olarak azaltan amonyum iyonları oluşur. Oksijence fakir ve amonyum konsantrasyonu yüksek olan böyle bir ortamda balıkların solungaç dokuları zarar görür, değişik solungaç hastalıklarına yakalanır ve büyüme hızları azalır. Dolayısıyla ortamdaki amonyum miktarının maksimum birkaç ppm olması istenir. Bu sebeple balık üretim göletlerindeki sular, klinoptilolit kolonlarından geçirilerek, içerisindeki amonyum iyonları tutulabilmektedir. Ayrıca canlı balık taşımacılığında, ortamdaki yüksek amonyum konsantrasyonu nedeniyle balıkların beyin hücreleri doğrudan etkilenmekte ve ölüm oranları yükselmektedir. Bu sebeple canlı balık nakliyatı işleminde de klinoptilolit kullanılarak amonyum miktarı azaltılabilmektedir(Mumpton, 1978).

3.1.3.10 Hayvan Ağıllarındaki Kötü Kokuların Giderilmesinde

Özellikle atların, kümes hayvanlarının ve domuz çiftliklerindeki hayvanların dışkılarından çevreye NH_3 (amonyak) gazından kaynaklanan kötü koku yayılır. Klinoptilolit, bu NH_3 gazını adsorplamasıyla, kötü koku giderilerek, hayvanların daha rahat bir ortamda yaşamaları sağlanır ve gelişmeleri, ürün verimleri artar. Klinoptilolit, dışkıları adsorbe ederek, kuru,temiz ve az kokulu yaşam ortamı sağlar. Koku giderimi ve nem içeriğini denetler. İtalya’da bu amaçla, kümes hayvanlarının yemlerinde 200-300 ton klinoptilolit kullanılır (Torii, K., 1978).

Doğal zeolitler % 100 doğal olduğundan, zehirli ve zararlı kimyasallar içermediğinden hayvan ağıllarında nem ve koku giderilmesi amacıyla başarı ile ve emniyetle kullanılmaktadır. Doğal zeolitler, büyük ve küçük baş hayvanların

bulunduğu ortamlardaki idrar ve dışkıdan kaynaklanan amonyak kokusunu yok etmektedir. Böylece gerek hayvanlar gerekse bakıcıları için daha emniyetli ve sağlıklı ortamlar yaratılabilmektedir. Zeolit gözenekli yapısı nedeni ile hayvanlardan kaynaklanan amonyak ve diğer kokuları, kireç gibi başka kimyasallara gerek kalmadan, absorblar (emer) ve tutar. Böylece ortamda uçucu haşerelerin üremesi önlediği gibi, azot gibi önemli bir besin maddesi içeren amonyağın havaya karışması engellenmiş olur. Ayrıca amonyak içeren hava solunduğunda gerek hayvanların gerekse insanların solunum sistemlerine zarar vermektedir. Özellikle genç hayvanlarda sıklıkla rastlanan zatürreenin ana nedeni ortamdaki amonyaktır. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda amonyak içeren havanın hayvanlarca uzun süre solunması sonucu hayvanlarda ağırlık kaybı olduğu ve beslenmelerinin azaldığı pek çok çalışma tarafından ortaya konulmuştur. Zeolitlerin hayvan yataklarında kullanılmaları ile nem absorblanarak, (emilerek) ahırın daha temiz olması sağlanmakta ve haşere oluşumu önlenmekte veya azaltılmaktadır. Kireç kullanımında olduğunun aksine zeolit kullanımı tırnaklı hayvanların tırnaklarında kurumalara, çatlamaya ve yanmaya neden olmamaktadır. Granül halindeki zeolit kireç kullanımının aksine tozlanmamaktadır. Ayrıca kireçten daha etkili olduğundan daha az miktarlarda kullanılmaktadır. Hayvan yataklarının kuru tutulması yeni doğmuş yavrular için önemlidir. Zeolit hayvan yatağındaki nemi tuttuğundan ve yatağın havalanmasının devamını sağladığından, hayvan gübresi toplanıp hayvan gübresi yığımına ilave edildiğinde, kompostlaşmayı da hızlandırabilir. Zeolit granüllerinin gücü bu uygulamada önem arz etmektedir. Granüller hayvanlar ve bakıcılar üzerinde dolaştıklarında bile kırılmayarak, iyi bir taşıyıcı ortam sağlamaktadır (www.karacamineral.blogcu.com).

Örneğin; etlik piliç yetiştiriciliğinde alternatif üretim teknikleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmasına karşın ortaya çıkan bazı dezavantajlar ve kafeste broiler yetiştiriciliğinde karşılaşılan bir takım sorunlar üretimin % 85-90'lık kısmı yerde altlık üzerinde yapıldığını göstermektedir (Sarıca ve Çam, 1998; Sarıca ve ark., 1996). Altlık olarak bölgelere göre farklı materyaller kullanılmaktadır. (Sarıca ve Çam, 1998). Karkas kusurları, yaşama gücünde düşme, altlık nemi nedeniyle mikroorganizma gelişiminde artış, kümeslerde gaz ve toz oluşumunun artması gibi

özelliklerde altlık çeşitleri, farklı etkiler oluşturmaktadır (Moore ve ark., 1996; Sarıca ve Çam, 1998).

3.1.3.11 Kedi Toprağı Olarak

Evcil hayvan beslemelerinde kedi , köpek gibi hayvanların çevreye yaydıkları istenmeyen kokuların absorplanması için hayvan yataklarına zeolit karıştırılarak istenmeyen kokuların çevreye yayılması önlenir. Sağlıklı bir hayvan bakımı ve çevre temin edilmiş olur.

3.1.3.12 Kemik Sağlığının İyileştirilmesi, Yumurta ve Kemik Gelişimini Olumlu Etkileri

Zeolitin tavuk ve benzeri hayvan yemlerinde %5 oranında tane veya toz kullanımı ile;

- Yemden yararlanma etkililiğinde artış (ağırlık başına daha az yem kullanımı),
- Ölüm oranında azalma,
- Yemdeki besleyici maddelerin vücutta kullanımında artış,
- Yumurtlama miktarında % 3-7 artış,
- Vücut ağırlığında artış,
- Yumurta kabuğu dayanımında % 60-80 artış,
- Yeni doğan civcivlerin büyüme hızında artış görülmektedir.

Zeolitin yumurta kabuğu oluşumu ve kemik gelişimi üzerine olan olumlu etkisi, yapısındaki alüminyum ve silisyum iyonlarının kan plazmasındaki fosfor iyonları ile çözünmez alüminyum silikat bileşikleri oluşturarak fosforun yararlanılabilirliğini azaltma şeklindedir. Böylece plazma kalsiyumunun emilimi ve kemiklerden kalsiyum mobilizasyonu hızlanarak kabuk kalitesi iyileşmektedir (Elliot ve Edwards,1991; Rabon ve ark.,1995). Ancak bu mekanizma tavukların tükettiği yemin kalsiyum ve fosfor düzeyi ile doğrudan ilgilidir. Nitekim fosfor düzeyi yetersiz yemlere zeolit ilavesinde fosfor emiliminin yetersizliğindeki artışa bağlı olarak yem tüketimi, yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve kabuk kalitesinde önemli

düşüşler gözlenmiştir (Miles ve ark.,1983; Fethiere ve ark.,1990). Zeolitin kabuk kalitesi üzerine olan olumlu etkisinin optimum veya daha düşük düzeyde kalsiyum içeren yemlerle beslenen tavuklarda daha belirgin olduğu da bildirilmektedir (Miles ve ark.,1983; Elliot ve Edwards,1991).

Karma yeme % 0, 2 ve 4 oranında doğal zeolitin ilave edildiği bir başka çalışmada, % 2 zeolitin yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yem tüketimi ve yemden yararlanmayı olumlu yönde etkilemediği ancak, ilave düzeyi % 4'e çıkarıldığında kontrol grubuna göre tavuk başına günlük yem tüketiminin 4.08 g, yumurta veriminin de % 4.22 oranında arttığı bildirilmektedir (Yalçın ve ark.,1987; Bozkurt M., ve ark., 2001).

3.1.3.13 Et Kemik Unu

Kanatlılar için et ve kemik unu protein bakımından zengin bir üründür. Klinoptilolit yağ emme, koku giderici ve kanatlılarda sindirim sistemini düzenleyici olarak et ve kemik unu imalatında vazgeçilmez bir üründür.

3.1.4 Diğer Kullanım Alanları

Tablo 3.5 Diğer sektörlerde zeolitin özelliklerine göre kullanıldığı alanlar

Diğer sektörlerde zeolit kullanımı	Özellikler			
	İyon değiştirme	Adsorpsiyon	Katalizör	Moleküler elek
Mikron boyutlarındaki özel malzemelerden 9-15 mm boyutlarına kadar değişen tane iriliklerinde				
Kağıt üretiminde dolgu maddesi olarak		●		
Madencilikte uranyum yataklarının araştırılmasında	●	●		
İnşaat sektöründe hafif yapı elemanı ve çimento katkısı olarak	●	●		
Çim saha uygulamaları	●	●		
Akvaryumda amonyak ve hidrojen sülfid seviyelerini azaltır	●			
Su Kültürü Uygulamaları	●			
Toz Deterjan uygulamaları	●			
Doğal zeolitlerin karayollarında buz/kar çözücü olarak kullanımı		●		
Tıp sektörü	●	●	●	

3.1.4.1 Kağıt Üretiminde Dolgu Maddesi Olarak

Yüksek parlaklık ve beyazlığa sahip zeolitler, adsorbatif yapı ve bağlayıcı özellikleri yapısal özellikleri ve kaolin, bentonit gibi bulking reaktiflerin aşırı pahalılığı nedeniyle kağıt endüstrisinde gittikçe artan miktarlarda dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadırlar.

Bir doğal zeolit türü olan klinoptilolit katkılı kağıt, normal kil katkılı kağıtlara göre daha tok olup, kolay kesilebilmekte ve mürekkebi daha az dağıtmaktadır. Klinoptilolit 10 mikrona kadar öğütüldüğünde, aşındırma endeksi %3'den az, parlaklığı 80 civarında bir malzeme özelliği kazanır. %28 zeolit tozu katılmış bir karışımdan klasik kağıda göre çok daha hafif kağıt üretimi mümkündür. Klinoptilolit dolgu maddesi olarak kullanıldığında kağıtlar daha yoğun (normal kağıt: 0,68 g/cm³, klinoptilolitli kağıt 0,72 g/cm³), daha opak ve daha kolay kesilebilir olmaktadır. Klinoptilolit katkılı organik boyalarla renkli plastiklerin ve duvar kağıtlarının üretiminde kullanılacak ısıya, ışığa ve aside karşı dirençli renklendirici kompozitler elde edilebilmektedir(Mumpton, 1978).

3.1.4.2 Madencilikte Uranyum Yataklarının Araştırılması

Japonya'da yürütülen çalışmalarda bir bölgedeki zeolitli tüflerin varlığı orada hem bazı cevher yataklarının oluşumuna işaret etmekte ve hem de özellikle kalın örtü tabakası bulunan yerlerde maden arama yönteminin seçimine yardımcı olmaktadır(Mumpton, 1978). Volkanik malzemenin hidrolizi sonucu oluşan zeolitler cevher yataklarının oluşumlarının açıklanması yanında, aramalarında da kullanılabilir. Japonya'da tüflü kumtaşılarındaki uranyum cevherleşmesinin klinoptilolit-hölanditli seviyelere bağımlı olduğu belirlenmiştir(www.dpt.gov.tr).

3.1.4.3 İnşaat Sektöründe Hafif Yapı Elemanı ve Çimento Katkısı

Klinoptilolit, yüksek sıcaklıklarda (1150-1250°C) 5 dakika kalsine edilerek, hacminin 4-6 katı arttırılabilir. Çimento karışımına %10-20 zeolit(doğal veya sentetik) katıldığında, betonun sertleşmesi sırasında açığa çıkan CaO miktarını

düşürerek fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmektedir. Zeolitik tüflerin puzolanik aktiviteleri yüksektir. Kolay öğütülürler. Zeolitik tüfler kaliteli bir puzolandır. %24, %28, %32 katkılı çimentolar zeolit tuf katkılı çimento, portland çimentosuna göre sülfatlı ortamda harcın dayanıklılığını artırmaktadır (Okucu,A., 1998).

Pozzolan çimento ve beton endüstrisinde; zeolitik tuf yatakları birçok ülkede puzolanik hammadde olarak kullanılmaktadır. Zeolitik puzolanlar, son beton ürünün daima olarak yeraltı su korozyonuna maruz kalacağı hidrolik çimentolarda önemli uygulamalar bulmaktadır. Zeolitlerin su altyapılarda kullanılacak puzolan çimento üretiminde kullanılması, yüksek silis içermeleri nedeniyle betonun katılaşma sürecinde açığa çıkan kirecin nötrleşmesini sağlayabilmelerindedir (www.dpt.gov.tr).

3.1.4.4 Çim Saha Uygulamaları

Zeolitler yeni çim sahalar oluşturulurken veya mevcut çim sahaların ıslahında başarı ile kullanılmaktadır. Çim sahalar oluşturulurken toprağın havalandırılması aşamasında çimin köklerinin bulunacağı derinliğe maksimum miktarda zeolit karıştırılır. Mevcut çim sahalarda ise daha ince tanecikli zeolit yüzeyden uygulanır. Uygulanan bu zeolit çimlerin köklerinde biriktikçe toprağa ilave edilen besi maddelerinin daha etken kullanımını sağlamaya başlar. Topraktaki azot ve potasyumun suyla yıkanarak uzaklaştırılması azalır ve topraktaki suyun çimin kök bölgesinde birikmesi ve besi maddelerinin kontrollü salınımı sağlanır. Zeolit kullanılarak ve kullanılmadan hazırlanan çim sahalarda yapılan incelemelerde, zeolit içeren sahalarda çimin köklerinin 7-14 cm derinlikte, çok kuvvetli ve pek çok besleme kökü içerecek şekilde geliştiği; buna karşılık zeolit içermeyen sahalardaki çimlerin köklerinin 1.5-5 cm derinlikte, oldukça zayıf ve yetersiz sayıda besleme kökü içerecek şekilde geliştiği belirlenmiştir. Zeolit kullanımı özellikle eğimli yamaçların çimlendirilmesinde daha da yararlı olmaktadır. Zeolitin kullanılmadığı durumlarda ise, kullanılan gübre, sulama ve yağmur sularıyla yıkanarak yamacın yüksek bölümlerinden alçak bölümlerine taşınabilmektedir. Bunun sonucu olarak yamacın yüksek bölümleri kötü bir biçimde çimlenmiş gözükürken alçak bölümleri

daha yeşil ve sağlıklı çimlerle kaplanmış bir görüntü vermektedir. Kötü toprak yapısı, toprağın zamanla sıkışması, toprakta yeterli havalanma ve buharlaşma olmaması, toprağın istenildiği gibi su tutmaması gibi nedenler başarılı bir çimlendirme yapamamanın başlıca nedenleridir. Çim sahalardan giderek artan üstün özellikler beklendiğinden, çimlendirilecek toprağın uygun hale getirilmesi de giderek önem kazanmaktadır. Yapılması gereken, toprağın fiziksel özelliklerini değiştirerek, çimin suya ve besin maddelerine daha iyi ve düzenli ulaşımını ve toprağın daha iyi ve sürekli havalanmasını sağlayarak, çimin daha güçlü ve sağlıklı kökler oluşturarak daha iyi görünümlü hale getirilmesidir. Bu hususların dengeli bir biçimde gerçekleştirilmesi ile çimlerin bakım onarım ve buna bağlı olarak işçilik ve madde kullanım maliyetleri düşürülebilecektir. Bu durumda daha az su ve gübreye ihtiyaç duyulacaktır.

Çim sahalarda zeolit kullanımının avantajları:

- Uygulaması kolaydır ,Çimler için gerekli suyun daha uzun süre toprakta kalmasını sağlar.
- Toprakta bozulmadan kalır (uzun süreli dengeli).
- Toprağın katyon değiştirme kabiliyetini artırır .
- Tarım ilacı kullanım miktarını azaltır .
- Sodyum içeriği düşüktür. İnsanlar ve diğer canlılar için zehirli değildir.
- Toprağın su ve hava geçirgenliğini artırır , fiziksel özelliklerini iyileştirir .
- Toprağın işlenmesinde kullanılan metalik aletlere kum gibi zarar vermez.
- Çim köklerinin oluşumunu hızlandırır ve iyileştirir .
- Çim yoğunluğu ve gücü arttığından oynanan topun çim üzerinde iz bırakmasını önler .
- Gübrenin ve besin maddelerinin suyla yıkanıp uzaklaşmasını azaltır.
- % 100 doğal olduğundan çevre açısından emniyetlidir.
- Gübre ve besin maddelerinin su ile yıkanarak yer altı sularına karışmasını azaltır.
- Gübre kullanımını azaltarak da çevre dostudur.
- Kontrollü salınımla potasyum ve amonyum kullanım verimini artırır.
- Aşırı çim ekilmesinde bile çok iyi çalışır.
- Aşırı gübre kullanımı gibi nedenle çimlerin yanmasını önler.

-Bu güne kadarki uygulamaları ile golf, futbol vb spor sahalarında, park ve bahçelerde kendini isbatlamıştır(karacamineral.zeolitblogcu.com).

3.1.4.5 Akvaryumda Amonyak ve Hidrojen Sülfid Azaltması

Zeolitler akvaryumdaki amonyak ve hidrojen sülfid seviyelerini azaltır, bu sayede balık büyüme oranlarında ve populasyon yoğunluğunda artış sağlanır. Ayrıca çevresel gerekliliklere uyum sağlamak amacıyla atık sulardaki yüksek bir amonyak seçiciliği özelliği sayesinde amonyak seviyesini de azaltır. İyon değişim filtresi olarak kullanıldığında, zeolit su kültürü sistemlerindeki döner taze su içeriğindeki amonyağı %97 oranında azaltır. Zeolitlerin kimyasal olarak amonyağı azaltma yetenekleri doğal zeolitteki amonyağın emilmesi ve bu sayede sulu solüsyondaki $\text{NH}_4\text{-NH}_3$ dengesinin değişmesi ve NH_3 toksiklik potansiyelinin azalması sayesinde oluşmaktadır. 3 mikrona kadar filtrasyon sağlar. Sert suyu seven balıklardaki dezavantajı ise suyu yumuşatmasıdır. Zeolitlerin nitrojen çekme özelliği, bu madenin su sistem havalandırmasında oksijen yönünden zengin hava üretmesini sağlar. Filtre olmadan da akvaryum yüzeyine yayılan zeolit amonyağın azaltılmasında etkili olur. Zeolit, canlı balıkların nakliyesi sırasında oluşan amonyağı azaltarak litre başına daha fazla balık taşınabilmesini sağlar. Gereken doğal zeolit miktarı su PH'ına, su ısısına, su hacmine, balık türüne, balık populasyon yoğunluğuna, su kalitesine ve zeolit yatağından akan su oranına bağlıdır. Akvaryum ya da havuzun berraklığını kaybettiğinde cazibesi de yok olur. Bu sorunun nedenleri; pH yüksek, toplam alkalinite yüksek, stabilizatör yüksek, klor seviyesi düşük, kalsiyum sertliği yüksek, toplam çözünmüş maddeler yüksek, fazla metaller (renkli su), yosun, filtrenin temizlenme, bakım veya servis ihtiyacı, fazla mikroskopik yabancı maddeler olabilir. Bu sorunların ortadan kalkması için zeolit(klinoptilolit) filtreler kullanılabilir.

3.1.4.6 Su Kültürü Uygulamaları

Göl ve göletlerde biyolojik artıkların neden olduğu kirliliğin temizlenmesinde, doğal zeolitler, özellikle klinoptilolit etkin olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, doğal zeolitlerden, canlı balık taşımacılığı ve su kültür ortamlarında ihtiyaç duyulan

oksijence zengin hava akımını ve su içerisindeki amonyum iyon konsantrasyonunun kontrolü temininde de yararlanılmaktadır (www.dpt.gov.tr).

3.1.4.7 Toz Deterjan Uygulamaları

Deterjanlarda ilk zamanlarda kullanılan yapı maddeleri fosfatlardı. Günümüzde ise fosfatların yerine yapı maddesi olarak zeolitler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde toz deterjanları oluşturan bir takım yardımcı maddeler vardır. Bu yardımcı maddelerin kolayca depolanabilmesi, deterjanın kullanımından sonra tüketici üzerinde bir yan etki oluşturmaması ve çevreye zararlı olmaması arzu edilir. Yapı maddeleri de deterjanlara katılan maddelerdendir. Deterjanların temizlik gücünü artırmak için de kullanılırlar. Fosfatlar, sudaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarını tutarak suyu yumuşatır ve lekeleri çıkartırlar. Böylece kullandıkları toz deterjanların temizleme gücünü daha da artırır. Ayrıca fosfatlar, toz deterjanların tozlarının daha dayanıklı olmasını ve serbestçe yıkama suyunda dolaşmasını sağlarlar. Toz deterjanlarda fosfatlar kullanılmaz veya gerekli orandan az miktarda kullanılırsa elde edilen verimde de belli oranda düşme olduğu görülür. Bu durumda ticari değeri düşük olan bir ürün elde edilir. Fosfatların yerine kullanılacak maddelerin tespiti yapılırken, yapılan testlerde yalnız verim ve fiyat gibi koşullar değil, sosyolojik ve insan sağlığı için güvenli olup olmadığı da dikkate alınmıştır. Fosfatların yerine sitratlar, poliakrilitler maleikasit ve nitrotriasetat (NTA) yapılarının kullanılması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Üzerinde çalışma yapılan bu maddelerin toz deterjanlarda kullanılmasının pek çok zararı olduğu görülmüştür. Bunların pek çoğu zayıf biyolojik parçalanabilirliğe sahiptir. Doğal zeolitlerin deterjanlarda kullanımı incelendiğinde; doğal zeolitlerle yapılan yıkama işlemlerinde parçacık boyutu, iyon değişim kapasitesi ve iyon değişim kinetiği yanında doğal zeolitin saflığının da önemlidir. Doğal zeolitte bulunan yabancı mineraller yıkama işlemine olumsuz yönde etki ederler. Doğal zeolitler, alındıkları yataklara bağlı olarak farklı özellikler gösterebilir. Suda çözünmeyen ürünlerin parçacık boyutu, kumaşın gözenek boyutundan daha küçük olmalıdır. Doğal zeolitler, farklı parçacık boyutlarına sahiptir. Deterjan üretiminde kullanılacak olan doğal zeolitlerin öğütme ve ayırma işlemleri yardımıyla saflaştırılması gerekir. Öğütme ve ayırma işlemleri sonunda,

elde edilen doğal zeolitlerin parçacık boyutu, sentetik zeolitlerden farklı olmaktadır. Doğal zeolitlerin çoğu düzensiz parçacık şekline sahiptir. Bütün bu doğal zeolitlerin parçacık boyutunda, öğütmeden sonra hemen hemen bir parça farklılıklar oluşur. Kumaşın gözenek boyutu ile ürünün parçacık boyutunun uygun oranda olduğu durumda, bütün parçacık şekillerine bakılmaksızın, Avrupa yıkama koşulları altında ürün test edildiği zaman, kumaş üzerinde tortu gözlenmez. Doğal zeolit ürünler deterjan formülasyonunda kullanıldığı zaman köşeleri küt ve dik açılı olan sentetik zeolitlere göre makine parçacıklarını daha az aşındırdıkları görülmüştür.

3.1.4.8 Doğal Zeolitlerin Karayollarında Buz/Kar Çözücü Olarak Kullanımı

Zeolitlerin buz/kar çözücü olarak kullanılmasında tek bir kullanım reçetesi vermek mümkün değildir. İklim şartlarına bağlı olarak tuz/kum oranı gibi tuz/zeolit oranları da değişmektedir. Zeolitin SiO /Al O oranı, nem içeriği, modifiye formu, ıslanma ısısı yanında kullanılan tuzun özelliği de çok önemli parametrelerdir. Zeolitin ıslanma ısısı da buzun daha hızlı erimesinde önemli rol oynar. Zeolit kullanarak -30 °C civarında işleyen ve yaklaşık bir ay etkisini sürdürebilen buz/kar çözücüsü yapmak mümkündür. Zeolitle birlikte tuzun kullanımında, buzun çözülmesi ile oluşan tuzlu suyun pH'ı zeolitin ampoterik etkisi nedeniyle 7 civarındadır. Böylece tuzlu suyun korozyon etkisi azaltılmış olur. (Zeolit+ tuz) karışımı, (tuz+kum) karışımı gibi kamyon üzerinden insan gücü ve kürekle yola serpilebilir. Bu serpme işlemi fazla zaman aldığından ve istenilen hızda olmadığından verimliden olmaz. Serpme işleminin tuz sericileri ile yapılması hem düzgün serpme hem de karışımdan istenen verimin alınmasını sağlar. Yokuşlarda, zincir takmadan çıkılması mümkün olmayan yollarda trafik güvenliği açısından Tuz+Zeolit+Kum (veya agrega) karışımı daha uygun olabilir. Kamyon üzerinden insan gücü ve kürekle yola serpilebilir. Bu serpme işlemi fazla zaman aldığından ve istenilen hızda olmadığından verimliden olmaz. Serpme işleminin tuz sericileri ile yapılması hem düzgün serpme hem de karışımdan istenen verimin alınmasını sağlar. Yokuşlarda, zincir takmadan çıkılması mümkün olmayan yollarda trafik güvenliği açısından Tuz+Zeolit+Kum (veya agrega) karışımı daha uygun olabilir(Yörükoğulları, E.,2005).

3.1.4.9 Tıp Sektöründe

Tıp alanında doğal hücrenel savunma(yapılarına iyon değişimi ile Ag yerleştirildiğinde antibakteriyel madde),

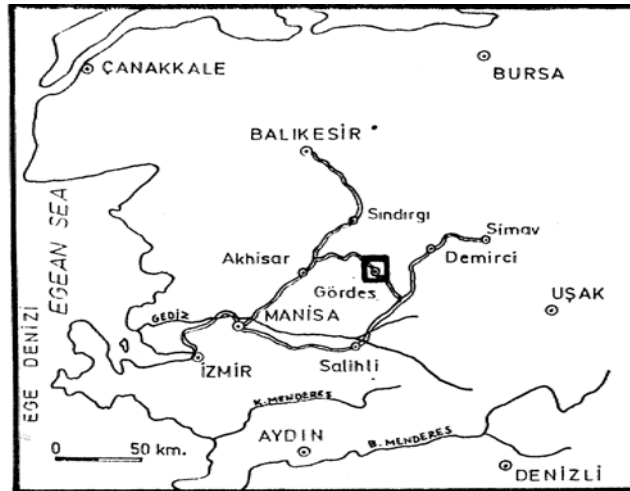
- Diyaliz sıvılarının rejenerasyonunda,
- Florid içerikli diş pastasında parlaticı madde,
- Doğal zeolitte kanser riskini azaltma özelliği,
- Güçlü bir antioksidan işlevi,
- Ağır metallerin sistemden çıkarılmasına yardımcı,
- Diyarenin meydana gelmesini azaltıcı(Liu B, Yan F, Kong J, Deng J. Anal., 1999).
- Sindirim yolunda besin maddesinin emilimini geliştirici,
- Sindirimsel pH'yi dengeler ve böylece asit geriakışını azaltıcı,
- Geniş spektrumlu anti-viral ajan olarak kullanılırlar.
- Bazı zeolit türleri enzimler ve medyatörleri koimmobilize ederek biyolojik sensör hazırlayabilirler(Dyer A, Morgan S, Wells P, Williams CJ.,2000).
- Klinoptilolit ile muamele edilen değişik tümörlerde bazı iyileşmeler görülmüştür(Keeting PE, Oursler MJ, Wiegand KE, Boude SK, Spelsberg TC, Riggs BL., 1992).
- Silisyumun kemik kalsifikasyonunda fizyolojik etkisi olduğu ileri sürülmektedir Zeolitlerde bol miktarda bulunan Si kemik sağlığının iyileştirilmesinde kullanılabilir. (Rodriguez-Fuentes G, Barrios MA, Iraizoz A, Perdomo I, Cedre B., 1997).
- Karaciğer hastalıklarının tedavisinde kullanılır (Chuikova R, Vozhakou SV., 2005).
- Ağızdan alındığında mukozadan emilmez. Mide ve oniki parmak bağırsağındaki 1.5 ve 8.1 gibi çok farklı pH değerlerinde bile ağır metalleri absorbe edebilir ve dışkı ile gastrointestinal sistemden uzaklaştırır. pH 1.5' da demir ve civayı absorbe eder, pH 8.1'de ise kurşun, civa, amonyum ve demir absorbe edilir (Karadağ D., vd., 2006).

BÖLÜM DÖRT

MANİSA-GÖRDES ZEOLİT OLUŞUMLARI ve ZEOLİT MADENCİLİĞİ

4.1 Manisa-Gördes Yöresinin Jeolojisi

Manisa-Gördes çevresindeki niyosen istif içerisindeki tüflerin yaklaşık 2/3 sinde zeolit minerali oluşumu gözlenir. Bu tüflerin % 80'i hoylandit ve klinoptilolitten oluşmaktadır. Bu tüfler, Gördes ilçe merkezinin (şekil 4.1) yakın çevresinde yer alır ve litostratigrafik olarak 2 seviye halinde konumludurlar. Bunlara göre, Menderes Masifinin kristalen kayaları ve İzmir-Ankara Zonuna ait kaya birimleri üzerine uyumsuz olarak gelen, 1000 m' ye ulaşan kalınlıktaki Miyosen çökel istifi, altta bir aluviyal seri (alt kaba ve ince taneli birimler; bloктаşı-çakıllaşı kumtaşı ve bunlar üzerinde kumtaşı-çakıl kumtaşı-yerel çamurtaşı ve şeyl) ile üstte bir volkanoklastik gölsel seriden ibarettir. Bu üst seri içerisinde ise altta ve en üstte (sırasıyla en fazla 80 ve 70 m kalınlıklarda) iki tuf seviyesi ile aralarında kumlu, killi, karbonatlı, tüflü ve bunların karışık tiplerinden oluşan ardalanmalı bir birim yer alır. İki tuf seviyesi de riyoit-riyodasit karakterli, alt tüfler ise camsı-kristal-kısmen litik geçişli kuzeyden, güneye lapilli-kül-toz tuf dizilimidir.



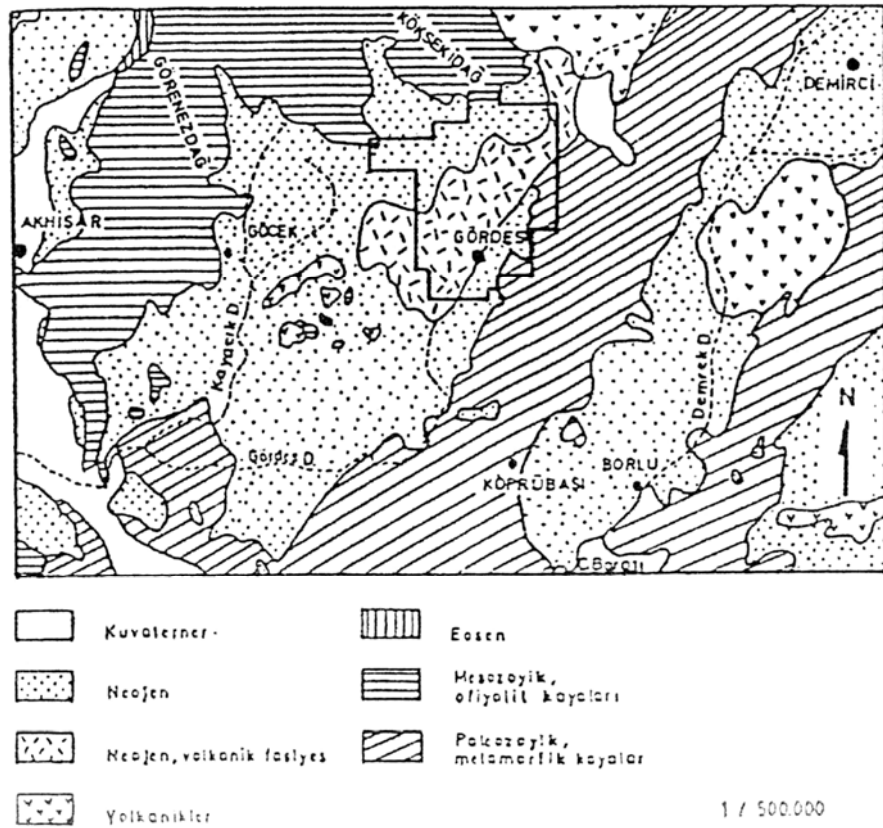
Şekil 4.1 Manisa-Gördes yöresi

Üst tüfler ise camsı-kristal, kül-toz tüflerdir. Fenokristaller kuvars, plajiolklaz (albit-oligoklaz) sanidin ve düşük oranlardaki biotittir. Tüflerin saha genelindeki otijen mineralleri ise zeolitler (başlıca hoylandit-klinoptilolitler, yerel olarak analsim ve nadiren flipsit), silis mineralleri (opal-CT ve kuvars), kil mineralleri (smektitler ve 10 Å killeri; illitseladonit), K-feldspat ve karbonat mineralleri (kalsit, nadiren, dolomit'dir. Volkanoklastik serinin zeolitik diyajenezi sonucu yaygın bir zeolitleşme meydana gelmiş ve özellikle hoylandit-klinoptilolit tip grup mineraller başlıca tüfler içerisinde ve onların cam parçaları, boşlukları, pumis lifleri ve tüm bağlayıcı malzemesinde gelişmişlerdir. Grup mineral tipleri alt tüflerde büyük oranda klinoptilolit, üst tüflerde ise tümüyle hoylandit-2 tipindedirler (Esenli, 1992; Esenli, ve Özpeker, 1993).

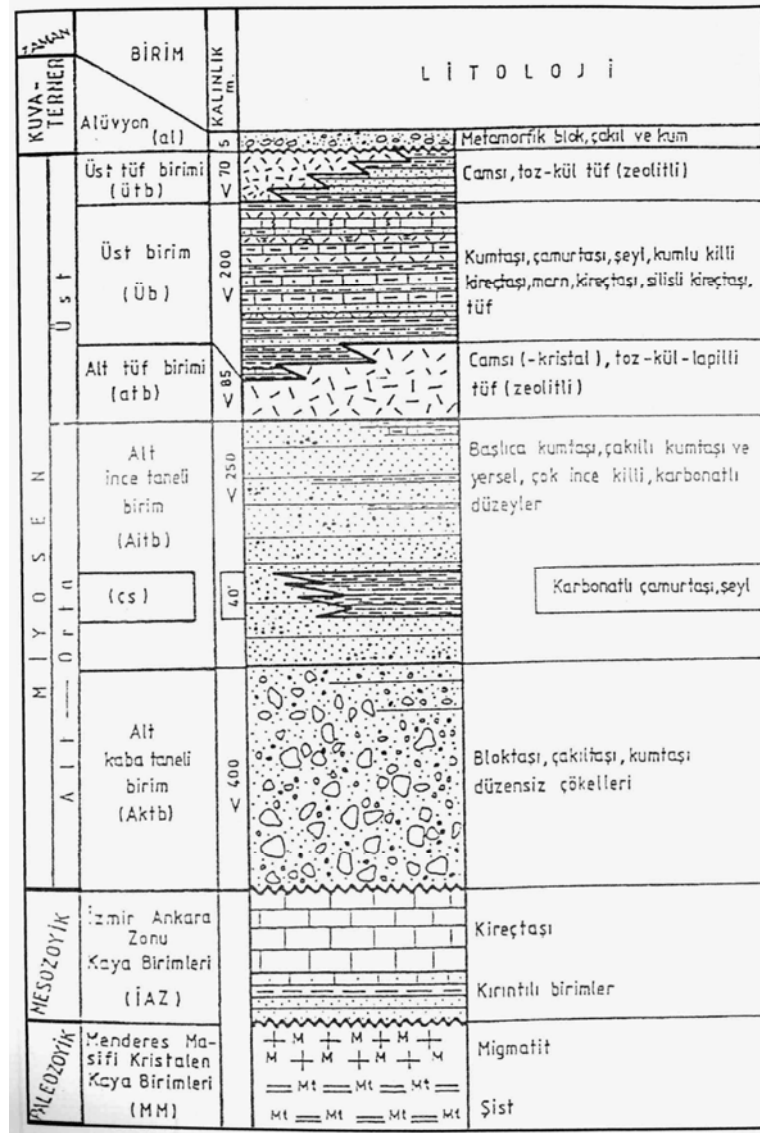
4.2 Havzanın Yapısı

Gördes neojen havzası, 700 km² genişliktedir ve Esenli,(1992)'nin çalışma alanı 150 km² olan havzanın doğu ve kuzeydoğu kesimleridir. Neojen çökeller doğuda Menderes masifinin kristallenen kayaları , kuzey ve kuzeybatıda ise İzmir-Ankara zonunun ofiyolit topluluğuna ait Mesozoyik yaşlı birimleri üzerine olumsuz olarak gelmektedir (Şekil 4.2). Havza başlıca akarsu ve göl ortamlarına ait, klastik ve volkano klastik oluşumları içeren maksimum 1000 m. kalınlıktaki istif ile temsil edilebilir. 1000 m. kalınlıktaki bu istif litostigrafik olarak beş birime ayrılmıştır (Şekil 4.3). Bunlar alttan üste doğru alt kaba taneli birim, alt ince taneli birim, alt tuf birimi, üst birim ve üst tuf birimidir. Miyosen başlangıcından itibaren temel kayaların oldukça iri parçaları çökme hızı ve temel topografyaya bağlı olarak alüvyal yelpazesi şeklinde masif eteklere yerleşmiştir. Daha sonra kuzey ve doğudan, güney ve batıya doğru enerjideki azalmayla ilgili olarak, nispeten durgunlaşmış akarsu ortamında daha ince boyutlu, az çakıllı ve bloksuz elemanlar çökelmiştir. Böylece altta blok taşı- çakıltaşı -kumtaşı ve üstte doğru dereceli geçişle kumtaşı egemen litolojili flüviyatif birimler meydana gelmiştir. Flüviyatif serinin çökeli mi tamamlanmadan bölgenin kuzey-kuzeybatısında yerel olarak göl ortamına geçilmiş ve başlıca çamurtaşı-şeyl litolojili ince bir düzey taneli birimler içerisinde yerleşmiştir. Dar ve sığ olan bu göl, tekrar akarsu koşullarına geçiş göstermiş ve

miyosen sonlarına doğru görsel ortam, ana neojen gölünü meydana getirecek süre ve yayılım koşullarında oluşmuştur. Alt tanelerin çökeline son evresinde kuzey-kuzeydoğudaki bir volkanik merkezden kaynaklanan toz, kül ve küçük boyutlu piroklastlar havadan taşınma yoluyla çökelmiş ve klastik sedimanlar ile yersel olarak karışmıştır. Bölgedeki ilk volkanik ürün olan bu tüflerin çökeline takiben tüm kesimlerde volkanoklastik kökenli ve ardalanmalı bir görsel seri çökeli devam etmiştir. Alt ve üst seviyelerinde yerel olarak değişen ancak belirgin kalınlıklarda çalkantılı ortam ürünlerini de içeren bu volkanoklastik istif neticesinde başlıca tuf, çamurtaşı, şeyl, killi-kumlu kireçtaşı ve bunların karbonatlı, silisli türleri meydana gelmiştir. Göl sedimanları içerisinde aralıklı ve kısa süreli ürünler veren volkanik kaynak görsel çökellerin en üstünde, daha yoğun ve devamlı bir besleme ile toz ve kül boyutlu bileşenlerden oluşan bir tuf seviyesini oluşturmuştur. Stratigrafik olarak farklı iki tuf birimi de camsı, camsı-kristal tipte ve riyolit- riyodasit bileşimlidirler. Havzanın tüm görsel çökelleri hem aşınmadan dolayı kalınlık değişimleri gösterirler ve kendi içinde yanal geçişlidirler(Esenli,1992).



Şekil 4.2 Gördes çevresinin bölgesel jeolojisi(Esenli,1992)



Şekil 4.3 Gördes Çevresindeki kaya birimlerinin genel stratigrafik dikme kesiti (Esenli, 1992)

4.3 Havzanın Höylandit-Klinoptilolit Mineralojisi

Bölgede saptanan mineraller, höylandit ve klinoptilolit türündedir ve bunların farklılığı alt ve üst tuf birimleri bazında belirgin olarak saptanmıştır. Alt tuf biriminin fazla düzenli yığılımlar şeklinde olmayan, genellikle 5 mikronun üzerinde uzun boyutlu ve monoklinik levha görünümü klinoptilolitlerinde Si/Al oranları 4.61-5.43 arasında ve $(Na+K)/(Mg+Ca)$ oranları da 0.96-2.99 arasındadır. Alt ve üst tuf biriminin her ikisindeki höylandit ve klinoptilolit mineralleri sodyumca

fakirdir.bunun yanında alt tuf birimindeki klinoptilolitler potasyumca daha zengindir. Üst tuf birimindeki höylandit ve az miktarda klinoptilolitlerde ise Si/Al oranı 4.22-4.57 arasında iken, (Na+K)/(Mg+Ca) oranları 0.28-0.42 arasında olup, üst tuf birimi zeolit minerallerinin kalsiyumca daha zengin olduğunu göstermektedir.

4.4 Türkiye'deki Zeolit Oluşumları ve Rezerv Potansiyeli

Türkiye'de zeolitlenmeye ana malzeme olabilecek kaya grupları çok geniş alanlarda Batı Anadolu ve İç Anadolu'da yüzeydedirler. Ancak belirli bir sahada zeolit potansiyelinin ortaya çıkarılması arazi çalışmalarının ötesinde detaylı laboratuvar çalışmalarını gerektirmektedir. Genellikle zeolitlenme geçirmiş kayada homojen bir zeolit varlığı olmamakta, aynı kayanın zeolitli, az zeolitli, yüksek zeolitli zonlarını ayırt etmek detaylı ve yüksek maliyetli çalışmayı gerektirmektedir. Dolayısıyla rezerv tespiti de oldukça zorlaşmaktadır. Buna karşın Türkiye'de zeolit açısından iyi çalışılmış, yanal ve dikey ölçekte tüm değişimleri bilinen piroklastik dikkate alınsa dahi ülkemizin zeolit zengini ve bir rezerv sorunundan bahsedilemeyeceği anlaşılır. Aynı zamanda bu yüksek rezervli zeolitli kayaların içerisindeki zeolit oranının kalitesi de oldukça yüksektir. Dünyada en çok aranan zeolit minerali olan klinoptilolit, bugün zeolit madenciliği yapılan Gördes(Manisa) ve Bigadiç(Balıkesir) bölgelerindeki piroklastiklerde % 80 oranında bulunmaktadır(Esenli, 2002). Türkiye zeolit oluşumları ana kayalarının oluşum ve yaş özelliklerine göre sınıflandığı zaman üç grup oluşum ortaya çıkmaktadır:

-Üst Kretase yaşlı, denizaltı volkaniklerine bağlı olanlar; Şile, Bilecik-Söğüt, Göynük-Mudurnu Bölgelerindeki oluşumlar. Ana kaya genellikle andezitlerdir. Çoğunlukla homojen zeolitlenme gösterirler. Zeolit mineralleri genelde mordenit ve klinoptilolittir. Kaya içerisindeki zeolit oranı orta düzeydedir. Zeolit kristallerinde kristalinite düşüktür.

-Eosen-oligosen yaşlı, denizel-karasal geçişli volkaniklere bağlı olanlar; Gelibolu-Keşan-Uzunköprü arası, Karamürsel-Yalova-Çınarcık arası oluşumlar. Ana kaya genellikle dasit ve andezittir. Zeolitlenme dikey yönde değişkendir. Zeolit mineralleri genelde klinoptilolit, analsim ve mordenittir. Klinoptilolitlerde kristalinite düşük, diğerlerinde yüksektir.

-Miyosen-Pliyosen yaşı karasal volkaniklere bağlı olanlar; Diğer bölge oluşumları. Ana kaya genellikle riyolit, riyodasit ve dasitlerdir. Zeolitleşme çoğu oluşum için yanal değişim gösterir. Bazı oluşumlarda yanal ve düşey değişimlidir. Zeolit mineralleri genelde klinoptilolittir, analsim, fillipsit, şabazit, mordenit, eriyonit'dir. Klinoptilolit oluşumlarında kristalinite yüksektir. Klinoptilolitler genelde kalsiyum ve potasyumca zengin, sodyumca fakirdirler. Hoylandit-klinoptilolit grubun her iki ucunda da olabilirler ve ısıl kararlılıkları da değişkendir(Esenli,2002).

Tablo 4.1 Türkiye'deki zeolit oluşumları

Bölge	Zeolit Minerali
Uzunköprü güney ve batısı (Edirne)	klinoptilolit
Keşan kuzeyi (Edirne)	klinoptilolit
Keşan güneybatısı (Edirne)	mordenit, analsim, klinoptilolit
Gelibolu kuzeybatısı (Çanakkale)	klinoptilolit
Şile-Ağva arası (İstanbul)	mordenit
Karamürsel-Yalova arası (Yalova)	klinoptilolit
Çınarcık güneyi (Yalova)	klinoptilolit, mordenit
Mustafakemalpaşa (Bursa)	klinoptilolit
Sultançayırı (Balıkesir)	klinoptilolit
Bigadiç (Balıkesir)	klinoptilolit, analsim
Gördes (Manisa)	klinoptilolit, analsim
Foça (İzmir)	klinoptilolit
Çeşme (İzmir)	klinoptilolit
Urla (İzmir)	klinoptilolit, analsim
Sandıklı (Afyon)	şabazit, fillipsit
Şaphane (Kütahya)	klinoptilolit
Gediz (Kütahya)	klinoptilolit
Emet (Kütahya)	klinoptilolit, analsim
Kırka (Eskişehir)	klinoptilolit, fillipsit
Söğütyolu (Bilecik)	klinoptilolit
Bahçecik –Gölpazarı (Kocaeli-Bilecik)	analsim
Göynük (Bolu)	klinoptilolit, analsim, mordenit
Göynük-Mudurnu arası (Bolu)	klinoptilolit
Polatlı-Mülk-Oğlakçı (Ankara)	analsim
Nallıhan-Çayırhan (Ankara)	analsim
Beypazarı (Ankara)	analsim, klinoptilolit, vairakit şabazit
Kalecik-Hasayaz-ÇandırŞabanözü(Ankara - Çankırı)	analsim
Uğurludağ (Çorum)	klinoptilolit
Yıldızeli (Sivas)	klinoptilolit, mordenit
Ürgüp (Nevşehir)	analsim, klinoptilolit, şabazit, eriyonit, mordenit

Türkiye’de yaklaşık olarak 50 milyar ton zeolit rezervi olduğu tahmin edilmektedir(DPT, 2001). Tablo 4.1’de Türkiyedeki zeolit oluşumları gösterilmektedir. Tablo 4.2’ de ise Gördes(Manisa) yöresindeki mevcut doğal zeolit potansiyeli belirtilmektedir.

Tablo 4.2 Gördes(Manisa)’ deki doğal zeolit rezerv potansiyeli(Esenli, 2002; Özyayın, 2005).

Bölge	Rezerv ve kalite verileri
Gördes(Manisa), Gördes çevresi ve kuzeyi, Kıranköy-Oğulduruk-Kuşlukköy arası ve Gördes güneyi, Kalabak-Kayacık arası ve çevreleri, Gölyar mevkii.	Zeolit oranı, mineral fasiyeslerine bağlı olarak %0-100 arası değişen, ancak yüzeylemelerin 2/3 oranında %80 zeolitli-örtülü olmayan 1.1 milyar ton rezervdir. Örtülü rezerv ise 10 milyar tonun üzerindedir. Ayrıca “Üst Birim” in tuf ve tüfitlerinde yüksek hoylanditli düşük (nadir seviyeler) analimsiz 200 milyon ton üzeri görünür+muhtemel rezerv mevcuttur. Başlıca mineraller; klinoptilolit ve analimsiz’dir.

4.5 Gördes Havzasının Zeolitleşmesi

Gördes yakın çevresindeki Neojen havzanın asitik tüflerinde hoylandit - klinoptilolit türü zeolit minerallerinin yüksek miktarda bulunduğu zonlar, bu tip kayalardaki zeolitli diyajenetik alterasyonu temsil eden özelliktedir. Ayrıca belirgin bir alterasyona uğramamış zonlarında bulunuyor olması, buna ait örneklerinde taze kaya grubu içerisinde değerlendirilebilmektedirler. Havzanın tüflerinde birincil bileşenler benzerdir. Zeolitleşme tümüyle camsal parçalarda ve bağlayıcı malzemede gelişmiştir. Fenokristallerin taze ve altere kaya gruplarındaki oranlara benzerdir ve belirgin herhangi bir alterasyona uğramamışlardır. Zeolitli diyajenetik alterasyonda meydana gelebilecek kimyasal değişimler hem birincil malzemenin bileşimine hem de bu malzemenin (çoğu kez volkanik camdır) çözünmesi ve zeolit kristalleşmesi arasındaki sürede, bulunduğu ortamın kimyasına bağlı olacaktır. Ortam kimyasını ve farklılaşmasını hem denetleyerek hem de bundan etkilenecek şekilde, pH, tuzluluk, alkalinite gibi parametrelerde birinci derecede rol oynayacaklardır. Gördes'teki asitik tüflerin zeolitleşmesinde belirgin olan özellik Si, Ca, Na ve K' un yüksek derecede mobil, Mg' un, hatta Al' un da özellikle hoylanditli alterasyonda mobil olduklarıdır.

Si' un az veya çok kaybı bu tip aberasyonlarda ortaktır. Ancak birincil kaya bileşimi veya diğer ifadeyle birincil cam bileşimi Si' daki değişimi etkileyecektir. Dolayısıyla riyolit - riyodasit tip kayalardan itibaren gelişen höylandit - klinoptilolit türü zeolitleşme latit - andezit benzeri tiptekilerden gelişene göre daha fazla Si kaybı ile neticelenecektir. Gördes höylandit – klinoptilolitlerinin birim hücre bileşimlerinden yüksek Si içerdikleri hatta höylanditlerde bile $Si/Al=4$ sınırının üzerinde değerlere sahip oldukları belirlenmiştir. (Esenli., F, 1993).

4.6 Türkiye’de Zeolit Madenciliği

4.6.1 Zeolit işletme yöntemi

Türkiye’de işletilen zeolit madenlerinin tümü açık işletme tipindedir. Cevher ocaktan delme-patlatma veya ekskavatörle kazılarak çıkarılmaktadır. Daha sonra üstü örtülü bant konveyörlerle veya kamyonlarla taşınarak kırma-öğütme tesisine götürülmektedir. Zeolitin nem tutma kabiliyetinin çok yüksek olması nedeniyle, ocaktan çıkarılan cevherin en kısa sürede üstü kapalı tesise gönderilmesi ya da kazıldığı yerde üzerinin kapatılarak muhafaza edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, yağmur ve kar gibi hava koşulları nedeniyle zeolitler yoğun nem tutmakta ve kırma-eleme tesislerinde problem yaratmaktadır. Bu yüzden, zeolit madenciliği genellikle yaz aylarında yapılmakta, kış aylarında ise yazın stoklanan cevher işlenmektedir. Şekil 4.4’te Gördes’de bulunan bir zeolit ocağında kazılmış ürünün nem tutmaması için branda ile kapatılarak muhafaza edilmesi gösterilmiştir.



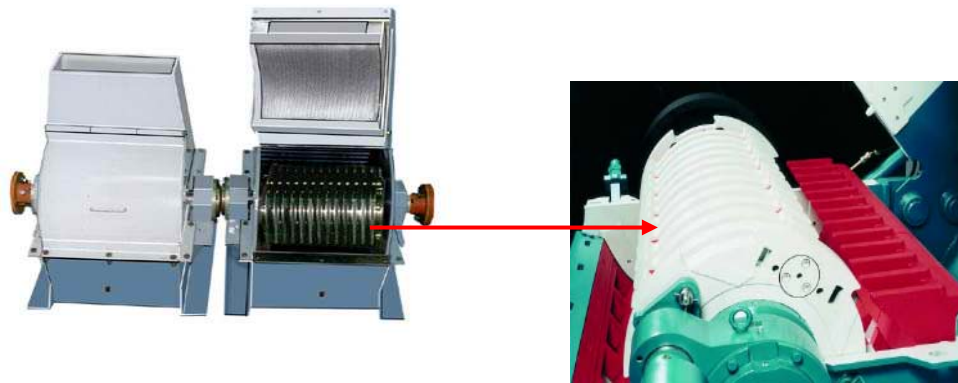
Şekil 4.4 Zeolit madenciliğinde kazılmış ürünün açık ocakta branda ile muhafazası

4.6.2 Zeolit hazırlama ve zenginleştirme yöntemi

Kırma-eleme tesisine getirilen kuru cevher, bant konveyörlerle çekiçli kırıcıya beslenir. Çok iri boyutlu taneler (+30 cm) ihtiva etmesi durumunda ise önce bir çeneli kırıcıdan geçirilmektedir. Cevherin kolay ufalanabilir (tozlaşabilir) olması nedeniyle çekiçli kırıcılar birkaç mikron düzeyinde ürün verebilmektedir. Çekiçli kırıcıdan çıkan ürün önce 5 mm'lik titreşimli bir eleğe beslenmekte ve elek üstü diğer iri cevherlerle karıştırılarak tekrar kırıcıya verilmektedir. Bazı işletmelerde çekiçli kırıcı ürünü çok ince boyutlu malzeme havalı separatörlerle de alınabilmektedir. 5 mm'lik eleğin altına geçen ürün ise önce 1 mm'lik bir döner elekten elenmekte ve elek üstü (-5+1 mm) iri boyutlu ürün olarak satışa sunulmaktadır. 1 mm'nin altına geçen ürün ise talebe göre 0.5 veya 0.2 mm'lik döner elekten elenerek mikron boyutlu ürünler elde edilmektedir. Zeolit madenciliğinde tercih edilen bir döner elek Şekil 4.5'de, çekiçli kırıcı ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Zeolit mineralinin elenmesinde kullanılan bir döner (silindirik) elek

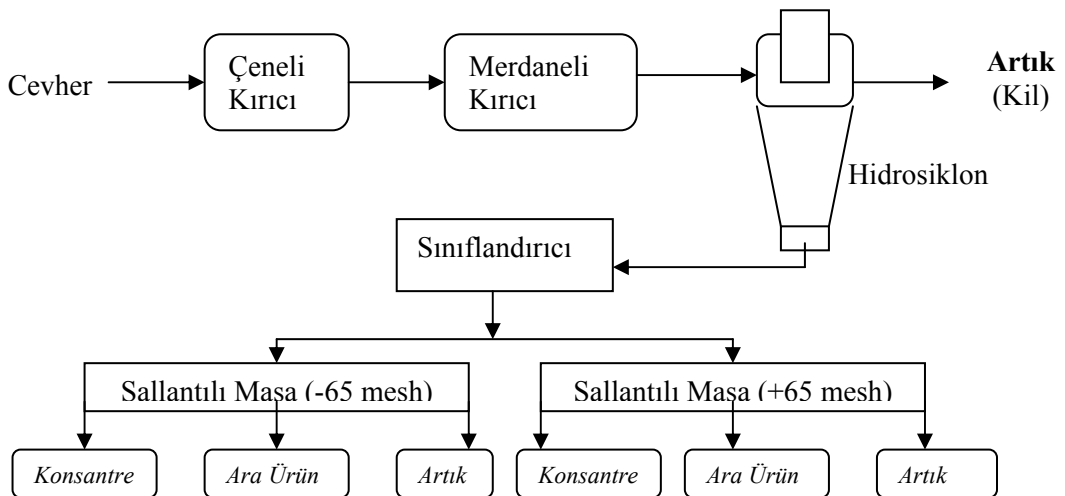


Şekil 4.6 Zeolit madenciliğinde kullanılan bir çekiçli kırıcı ve kırıcının iç yapısı

Kuru eleme işlemi prosesin en zor kademesi olup, cevherin bundan önceki aşamalarda minimum düzeyde nem tutması sağlanmalıdır. Aksi takdirde, nemli bir zeolitin çok ince boyutlarda elenmesi neredeyse imkansızdır. Eleme işlemlerinde çok fazla toz meydana gelmesi nedeniyle üstü kapalı eleklerin tercih edilmesi gerekmektedir. Daha sonra farklı boyutlardaki cevher torbalama ünitesine girmekte ve 25 kg'lık paketler halinde satışa sunulmaktadır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi, zeolit madenciliğinde herhangi bir ön zenginleştirme işlemine ihtiyaç duyulmadan, yalnızca kırma ve eleme işlemi ile satılabilir ürün elde etmek mümkündür. Ancak burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, cevherin mümkün olduğunca nemden uzak tutulması veya ön bir kurutmanın yapılmasıdır.

Her ne kadar Türkiye'de yüksek kalitesi nedeniyle zeolit mineraline zenginleştirme işlemi uygulanmasa da bazı ülkelerde zeolitler zenginleştirilmektedir. Düşük oranda zeolit minerali içeren cevherler genellikle gravite yöntemleri ile konsantre edilmektedir. Arizona'da düşük kaliteli zeolitlerin iyileştirilmesi için uygulanan bir zenginleştirme yöntemi Şekil 4.7'de verilmiştir. Bu yöntemde düşük tenörlü zeolit önce bir hidrosiklondan geçirilmekte ve içeriğindeki killer uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra sallantılı masa ile zeolite göre daha ağır olan emprüteler (demiroksit, kuvars, feldispat vb.) artık olarak atılmata ve temiz bir zeolit minerali elde edilmektedir. Elde edilen ürün elenmekte ve daha sonra kurutulularak satışa sunulmaktadır. Yaş olarak yapılan zenginleştirme işlemlerinde kurutma ek bir maliyet teşkil etmektedir.



Şekil 4.7 Düşük tenörlü zeolit mineralinin yaş olarak zenginleştirilmesi

4.7 Doğal Zeolitın Ekonomisi

Üretilen ürünler, genellikle tarımda gübre katkısı ve toprak düzenleyici, hayvan beslemede yem katkısı, içme atık suların temizlenmesinde filtre malzemesi, hayvanların yaşadıkları ortamda altlık olarak değerlendirilmekte ve ticari kodlu ürünler olup, yurt içinde temsilciler ve yurtdışında dağıtıcı veya aracı firmalar vasıtasıyla pazarlanmaktadır. A.B.D., bazı A.B. ülkeleri ve İsrail'e ticari kodlu klinoptilolit ürünlerinin ihracatı yapılmaktadır. Zeolit fiyatları irdelendiğinde, ürün kalitesine bağlı olarak, yurt içinde 60-100 TL/ton, 60-120 USD/ton (İzmir liman teslimi, FOB fiyatı) şeklinde bir fiyat değişimi olduğu görülmektedir (Kırveli, 2005; Özaydın, 2005).

Doğal zeolit talebi, üretim seviyelerine yakın şekilde seyretmektedir. Bina malzemesi, kesme taş ve puzzolan alanlardaki tüketim yılda 2,5 milyon ton'dur. Hayvan yemi, koku kontrolü ve toprak düzenleyici olarak kullanımı 1,0 milyon ton/yıl'dır. Katyon değişimi, adsorpsiyon uygulamaları 300 000 ton/yıl'dır. Dünya'da doğal zeolit talebi yıllık olarak %1 artış göstermektedir. En büyük tüketim portland çimentosunun yerine kullanılan zeolitik puzzolan tüketimidir. Daha yüksek saflıktaki malzeme; su arıtımı ve diğer çevre temizliği uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlileri; klinoptilolit, mordenit, şabazit, eriyonit ve fillipsittir. 2001 yılında dünyadaki toplam zeolit üretimi yaklaşık 3,8 milyon tondur ve bunun %80'i klinoptilolittir. USGS yayınlarına göre; Çin ve Küba yıllık dünya zeolit üretiminin %80'ini karşılamaktadır. Ürünlerin büyük bir kısmı düşük tenörde pozzolonik uygulama içindir. Diğer önemli üretici ülkeler; Almanya, Japonya ve Kuzey Kore'dir. Fiyatlarla ilgili ticari verileri almak oldukça zordur. Örneğin; tarımsal uygulamalar için zeolit satışı tane iriliğine bağlı olarak 30-120 USD/ton, evcil hayvan altlığı, balık tankları ortamı ve koku giderici uygulamalar için 400-4500 USD/ton civarındadır. Deterjan kalitesindeki zeolit 400-600 USD/ton iken, katalist kalitesinde olanlar 45,000 USD/ton fiyatlarında pazarlanmaktadır (Roskill,2003; Özaydın, 2005).

BÖLÜM BEŞ

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Hammadde Tanımı:

Bu tezin konusu olan deneysel çalışmalar, halen Manisa-Gördes yöresinde üretim faaliyetleri sürdüren İncal, Enli, Rota ve Güneşli firmalarından temin edilen ve A,B,C ve D olarak isimlendirilen zeolit numuneleri üzerinde olmuştur. Araştırmada 4 farklı sahaya ait olan bu numuneler; sırasıyla A numunesi(incal), B numunesi(enli), C numunesi(rota) ve D numunesi(güneşli) olarak adlandırılmış olup, her sahadan yöntemine uygun olarak yaklaşık 50-100 kg'lık temsili numuneler alınarak, Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümüne getirilmiştir. Belirtilen cevher örneklerine ait besleme malı kimyasal analizleri ise tablo 5.1'de sunulmuştur.

Tablo 5.1 A,B,C ve D numunelerine ait kimyasal analizler

Numune Adı	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Kızdırma Kaybı (%)
A	73,11	10,49	1,41	1,61	0,82	0,63	1,15	10,52
B	72,97	9,92	1,76	1,59	0,88	0,46	2,62	9,54
C	74,26	8,78	0,92	2,62	0,69	0,22	1,90	10,36
D	77,42	9,30	0,96	0,48	0,11	0,66	3,66	7,29

Tablo 5.1 incelendiğinde görüldüğü gibi SiO₂ % oranları 72,97 ile 77,42 değerlerinde değişirken, diğer elementlerin % oranları yaklaşık değerlerde bulunmuştur. Ancak, D numunesinin yapısındaki karbonat oranlarının düşük değerlerde oluşu, diğer numunelerin kızdırma kaybına nazaran %7,29 gibi daha düşük bir kızdırma kaybına neden olmaktadır. Ancak D numunesinin SiO₂ oranının yüksekliği olası bir ufalanma özelliği yaratabilir. D tipi zeolit numunesinin göreceli olarak %3,66 K₂O değeri ile yüksek bir K₂O değerine sahip oluşu tarım sektörü için daha tercih edilir bir zeolit tipi olduğuna işaret etmektedir.

5.2 Alınan numunelerin ölçülen yer koordinatları:

Yukarıda A,B,C,D olarak tanımlanan temsili numuneleri meydana getiren yerlerin yer koordinatları tek tek aşağıda sunulan tablo 5.2-5.5’de gösterilmiştir. Bu amaçla, Manisa-Gördes yöresinin farklı dört sahasından alınan numune noktalarının yer koordinatları GPS ile 100-150 m uzaklıktan belirlenmiş olup numunelere ilişkin orijinal numunelerin makroskopik boyuttaki görüntüleri de şekil 5.1-5.4 arasında gösterilmiştir.

- **A numunesinin yer koordinatları**

İncal mineral sahasından alınan numunenin ve İzmir-Bornova’ya uzaklığı yaklaşık 167 km olup, Manisa ilini geçtikten sonra Gördes’e giderken Softalar Mevkii’nde bulunmaktadır. Bu numunenin alındığı sahanın yer koordinatları tablo 5.2’ de gösterilmektedir.

Tablo 5.2 A numune alınan sahanın(incal) koordinatları

Nokta Adı	Y	X	Yükselme(Z)(m)
1	607435	4314628	767
2	607075	4314461	761
3	607130	4314365	753
4	607320	4314245	709
5	607421	4314240	748



Şekil 5.1 A numunesi (incal)

- **B numunesinin yer koordinatları**

B numunesinin alındığı Enli Madencilik sahası İzmir-Bornova'ya yaklaşık 173 km olup, bu saha Gördes'ten Demirci'ye giderken Bodamas mevkiindedir. Bu numunenin alındığı sahanın yer koordinatları tablo 5.3' te gösterilmektedir.

Tablo 5.3 B numune alınan sahanın(enli) koordinatları

Nokta Adı	Y	X	Yükselme(Z)(m)
1	614540	4312963	510
2	614529	4312878	508
3	614527	4312875	508
4	614526	4312872	507
5	614525	4312868	506
6	614522	4312866	506
7	614532	4312876	503
8	614536	4312883	503
9	614542	4312922	499
10	614541	4312919	500
11	614544	4312921	495



Şekil 5.2 B numunesi (enli)

- **C numunesinin yer koordinatları**

C numunesinin alındığı Rota Madencilik sahası İzmir-Bornova'ya yaklaşık 170 km uzaklıkta olup, bu saha Salihli yolu üzerinde Aşağı Gördes mevkiinde yer almaktadır. Bu numunenin alındığı sahanın yer koordinatları tablo 5.4'te gösterilmektedir.

Tablo 5.4 C numune alınan sahanın(rota) koordinatları

Nokta Adı	Y	X	Yükselme(Z)(m)
1	611221	4305335	462
2	611226	4305357	461
3	611233	4305377	461
4	611245	4305396	461
5	611260	4305415	461
6	611276	4305433	461
7	611293	4305449	461
8	611310	4305463	461
9	611339	4305481	462
10	611370	4305532	463



Şekil 5.3 C numunesi (rota)

- **D numunesinin yer koordinatları**

D numunesinin alındığı saha Manisa ili Demirci ilçesi Alağaç köyü Güneşli mevkiinde olup, dördüncü numunenin alındığı sahanın yer koordinatları Tablo 5.5'te verilmektedir.

Tablo 5.5 D numune alınan sahanın(Güneşli) koordinatları

Nokta Adı	Y	X
1	54000	3.927
2	54085	4.060



Şekil 5.4 D numunesi (güneşli)

5.3 Numunelerin X-Ray Grafikleri

Manisa-gördes yöresine ait, dört ayrı sahaya ait zeolit numuneleri öncelikle **X-ray** difraktometre çalışmalarına tabi tutulmuşlardır. **X-ray** difraktometre çekimleri ile gerçekleştirilen difraksiyon dağılımının sürekli spektrum üzerindeki piklerden hangi $2\theta'$ lara karşılık geldiği belirlenmektedir. **Bragg** kırınım koşulunu ($n\lambda=2d\sin\theta$) sağlayan her $2\theta'$ 'ya karşılık gelen (hkl) düzlemleri arasındaki d_{hkl} uzaklıkları ve yansıma şiddetleri kataloglardan tespit edilmektedir. Piklerin ait olduğu fazların

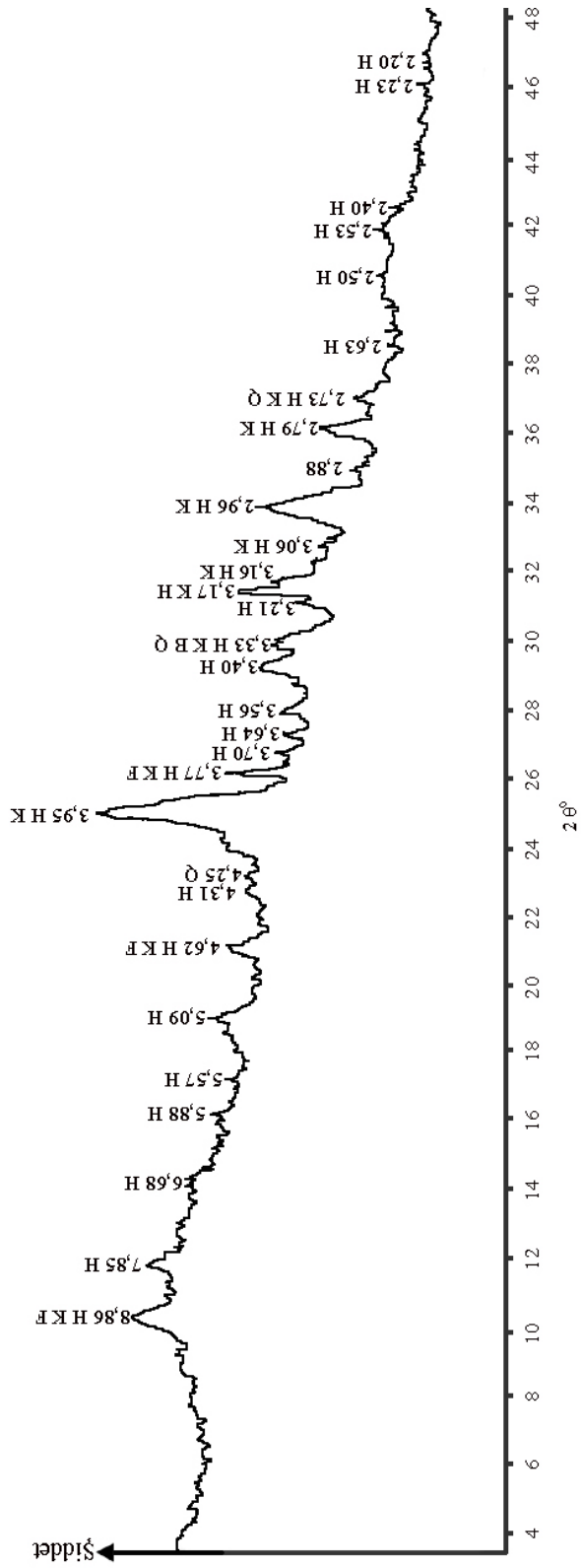
belirlenmesi için American Society for Testing Material (ASTM) tarafından oluşturulan difraksiyon indeksleri kullanılmaktadır. Standart olan bu kartlar örneklerdeki kristalli yapıya sahip fazların belirlenmesinde kullanılmaktadır. **X-Ray** analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünde yapılmıştır.

ÖLÇÜM :	SPEKTROMETRE
TÜP	: Cu
KV	: 32
mA	: 22
KRİSTAL	: -
DEDEKTÖR	: GM
SİLİT	: -
FİLTRE	: Ni
Cps DEĞERİ	: 1.10^3
TİME CONTANT	: 2
TARAMA HIZI	: 2°/ Dak.
KART HIZI	: 20 mm/ Dak.

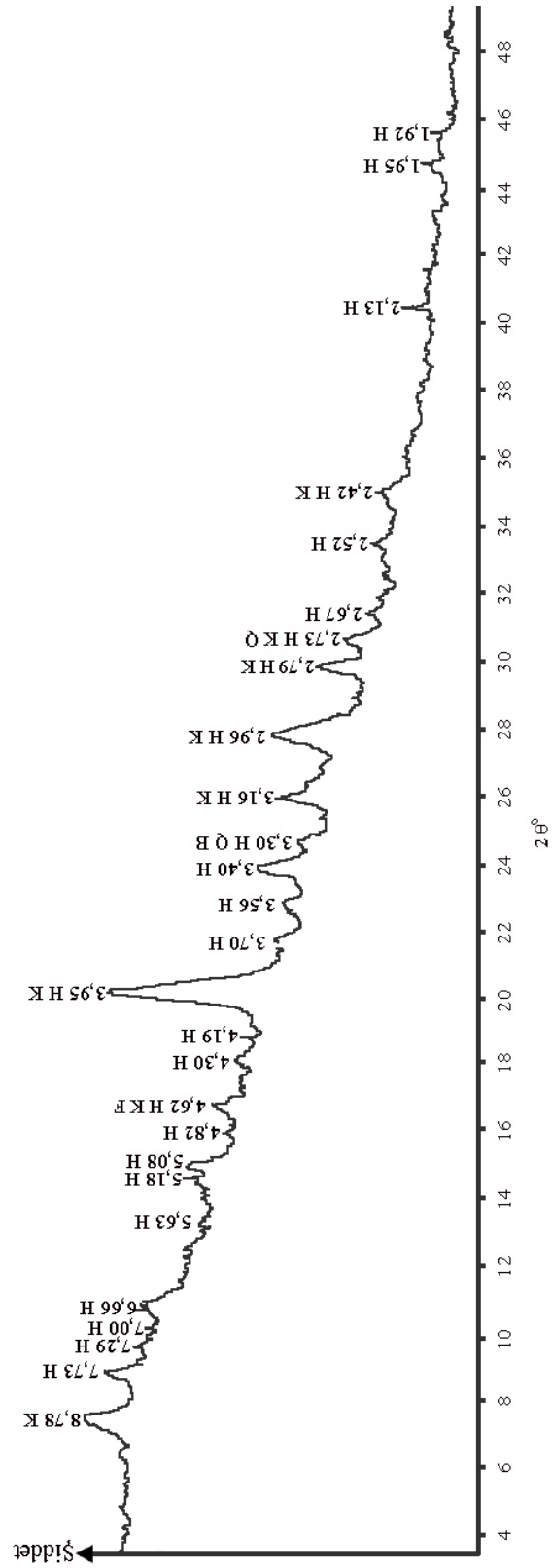
Tablo 5.6 A,B,C ve D numunelerinin X-Ray analizi ile tespit edilen mineral yapısı

Numune Adı	Difraksiyon
A Numunesi (İncal)	Höylandit, Klinoptilolit
B Numunesi (Enli)	Höylandit, Klinoptilolit
C Numunesi (Rota)	Höylandit, Klinoptilolit
D Numunesi (Zeolit)	Şabazit

Yukarıdaki koşullara göre belirlenen **X-ray** çalışmalarında; ilk üç numune aynı özelliklere sahip olup, yapılarında Höylandit ve Klinoptilolit birlikte bulunmaktadır(tablo 5.6). Ancak üç numunede de Höylandit özelliği , klinoptilolite göre daha yüksektir. Ayrıca A, B, ve C numunelerinde kuvars, feldspat ve biotit mineralleri de bulunmuştur. D numunesinin ise zeolit minerallerinden şabazit olduğu Şekil (5.5-5.8) ' de sunulan **X-ray** grafiklerinden anlaşılmaktadır.

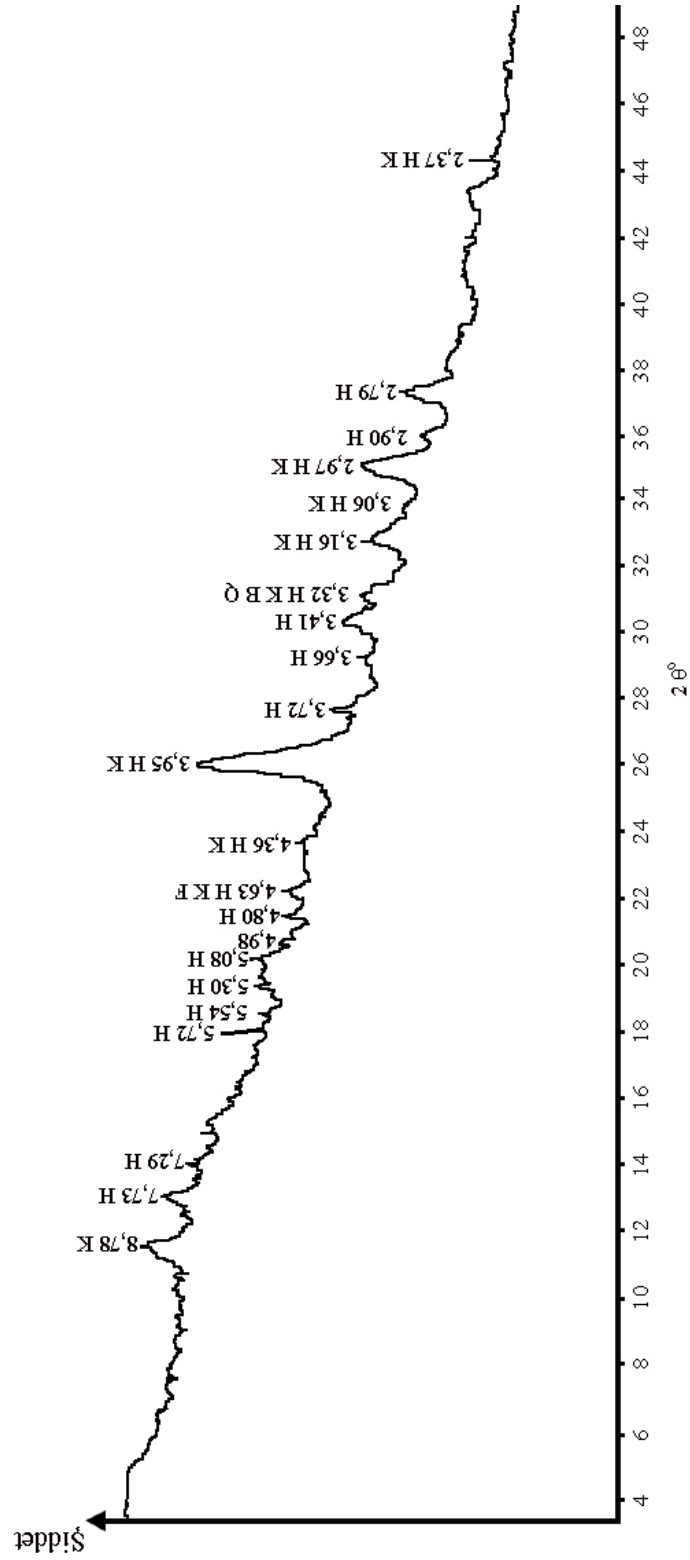


Şekil 5.5 A numunesinin difraksiyon diyagramı
(K: Klinoptilolit, H: Heulandite, Q: Kuvars, B: Biotit, F: Feldspat)



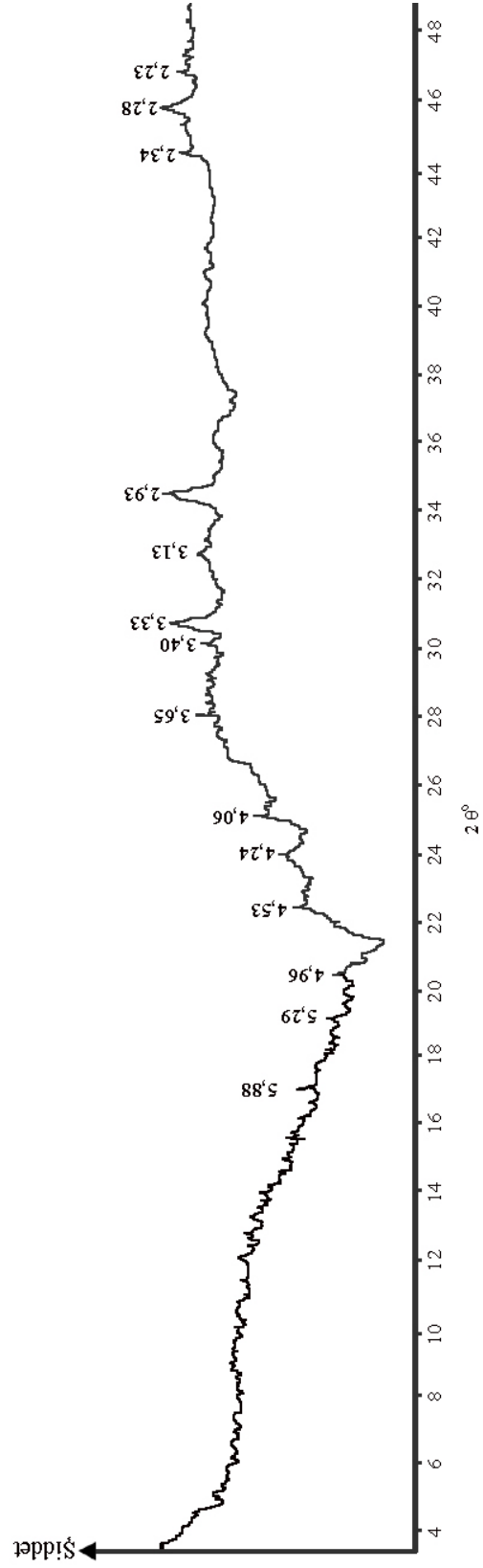
Şekil 5.6 B numunesinin difraksiyon diyagramı

(K: Klinoptilolit, H: Heulandite, Q: Kuvars, B: Biotit, F: Feldspat)



Şekil 5.7 C numunesinin Difraksiyon Diyagramı

(K: Klinoptilolit, H: Heulandite, Q: Kuvars, B: Biotit, F: Feldspat)



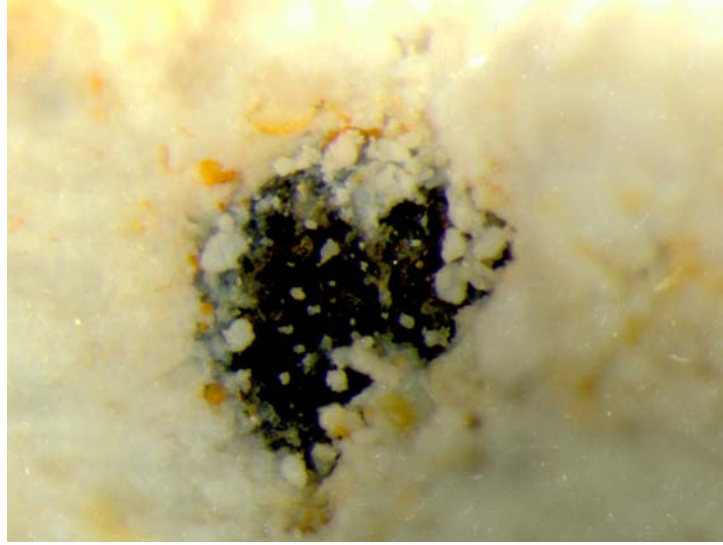
Şekil 5.8 D numunesinin difraksiyon diyagramı

5.4 Numunelerin Mikroskopik İncelenmesi

5.4.1 Zeolit numunelerinin(parça ve taneli) mikroskopik incelenmesi

Deneylere esas teşkil eden zeolit numunelerinin(parça ve taneli) Benü Madencilik A.Ş'ye ait Olympus SZx16 tipi binoküler mikroskopta inceleme bulguları aşağıda verilmiştir:

A numunesine ait mikroskop görüntüleri Şekil (5.9-5.13)'te görüntülenmektedir.



Şekil 5.9 A parça numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

A parça numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.9): Esas zemin beyaz(temiz zeolit mineralinden oluşmakta olup, kısmen şekil 5.9 A-R01'de görüldüğü gibi biyotit(mika) ve demiroksitlerle kirlenmeler mevcuttur(5x).



Şekil 5.10 A numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

A numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.10): Zeolit içerisine yaklaşık $959,99\mu\text{m}$ - $589,74\mu\text{m}$ boyutlarında demiroksit introvizyonlarıdır yani girişleridir(5x). Zeolit kullanımında demirin istenip istenmemesine bağlı olarak + veya - işlem görür. Ancak çok kaliteli zeolit üretimlerinde bu boyutların altında yıkama veya asitle temizleme işlemleri yapılabilir(şekil 5.10).



Şekil 5.11 A numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

A numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.11): Yaklaşık $0,99 \times 1,52$ mm boyutunda kırılmış zeolit numunesinin mikroskop altındaki görünümünde temiz zeolit taneleri %95 üstünde görüntülenmiştir (2,5x). Ancak taneler görüldüğü üzere $200\mu\text{m}$ boyutlarında biotit tanecikleri kenetli olarak gözlenmiştir ve görüntülenmiştir(şekil 5.11).



Şekil 5.12 A numunesinin -1,5 mm tane boyutundaki binoküler mikroskopik görünümü

A numunesinin -1,5 mm tane boyutundaki binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.12): A numunesinin 1x1,5 mm boyut altında kırılmış taneli malzemesinin bate yapılarak mikroskop altında incelenmesine serbest zeolit taneleri yanında ağırlıksal olarak yaklaşık %20'sinin R04(1,5x) görüntüsünde de görüldüğü gibi demiroksit mineral sıvamaları (sarımttrak, kırmızımtrak) ile kısmen serbest ve çoğunluğu noktasal kenetli biotit tanecikleri görülmüştür. Bu olgu zeolitin kirlendiğini göstermektedir. Kullanım alanlarının talebine göre bu tip zeolit daha kaliteli bir ürün olarak istenirse 1 mm veya 0,5 mm altına selektif kırılarak yoğunluğa göre zenginleştirme ile daha temiz ürünlere dönüştürülebilir. Bu zenginleştirme işleminde ortaya çıkacak artık ve orta ürünler ise yine tüketim alanına göre örneğin toprak ıslahında kullanılabilir(şekil 5.12).



Şekil 5.13 A numunesinin -1,5 mm tane boyutundaki binoküler mikroskopik görünümü

A numunesinin -1,5 mm tane boyutundaki binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.13): Anılan A numunesi bate yapıldığında zeolite karşın daha yoğunluğu fazla olan kuvars ve demir oksitler ve diğer biotitle kenetli tanecikler yoğunlaşmış, bunlar arasında temiz işlem görüldüğünde örneğin yüzeysel atraksiyonla daha temiz kristal kuvarslar elde edilebileceği görülmüş ve de görüntülenmiştir(1,25x). Anılan kristal kuvarsların şekil RO5'ten de izlendiği üzere 433-373 μ boyutlarında olduğu digital kamera ile ölçülmüştür. Şayet anılan bu A numunesi 400 μ altına selektif ve koruyucu olarak ufalandığında örneğin kuru veya yaş yoğunluğa göre bir zenginleştirmeye tabi tutulduğunda arkasından manyetik

zenginleştirme ile işleme tabi tutulduğunda temiz kristal kuvarsların elde edilebileceği gözlenmektedir. Elde edilebilecek kuvarsların cam veya seramik sektöründe kullanım alanı mümkündür(şekil 5.13)B numunesine ait mikroskop görüntüleri şekil(5.14-5.16)'da görüntülenmektedir.



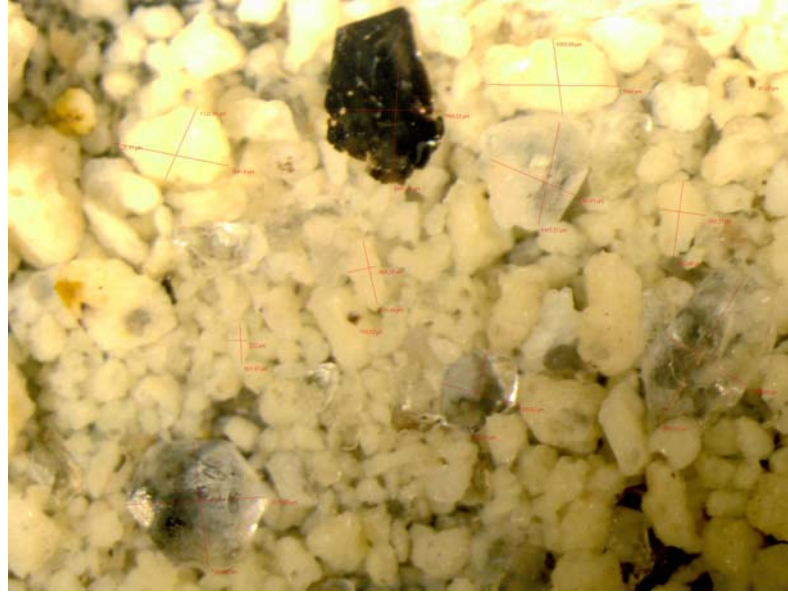
Şekil 5.14 B numunesinin 8,2 mm'in altında binoküler mikroskopik görünümü

B numunesinin 8,2 mm'in altında binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.14): B numunesinin kırılmış tanelerinin mikroskop altındaki incelemesinde tanelerin yaklaşık 8,2 mm'in altında 8,2x4 mm'in altında olduğu ölçülmüştür(1,25x). Temiz zeolit tanecikleri yanında noktasal olarak biotit ve kuvars tarafından kenetli olduğu görülmektedir(şekil 5.14).



Şekil 5.15 B numunesinin 8,2 mm'in altında binoküler mikroskopik görünümü

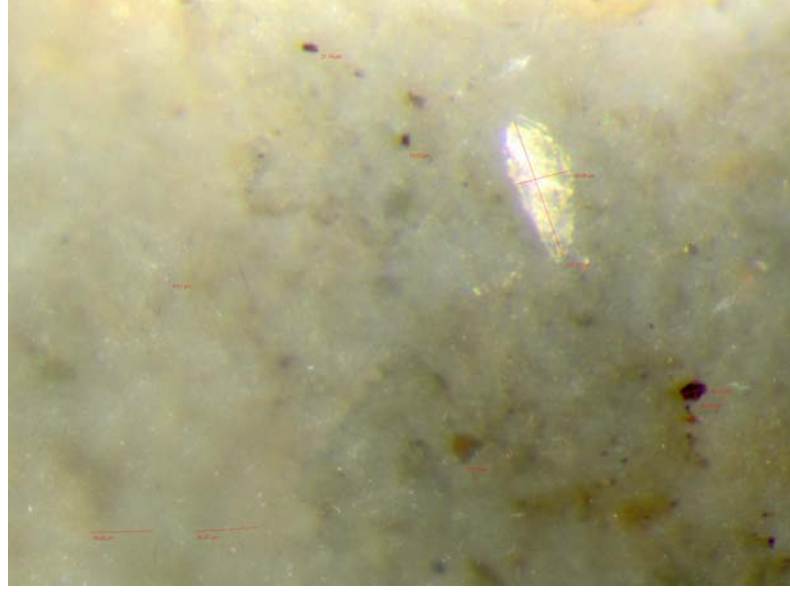
B numunesinin 8,2 mm'in altında binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.15): B numunesi zeolitleri bu iri tanede kısmen kenetli taneler içermektedir. B-R07'de görüldüğü gibi 5,9x1,1 mm boyutlu bir zeolit içerisinde 1,1x0,7 boyutlarında ve daha ince boyutlarda biotit tanelerinin kenetli olduğu görüntülenmiştir. Bu biotit kenetlenmeleri kalınlığı 115 μ m, uzunluğu 880 μ m boyutlarına kadar varmaktadır. Ancak anılan numune 1 mm'in altı veya 500 μ 'un altına öğütüldüğünde önemli bir serbest taneler sağlanabileceği ve yoğunluğa göre kuru ve yaş sistemde gerekirse manyetik seperasyon kombinasyonlu bir zenginleştirme ile çok daha kaliteli nitelikli zeolitlerin eldesi mümkün olacaktır(şekil 5.15).



Şekil 5.16 B numunesinin 1 mm'in altında binoküler mikroskopik görünümü

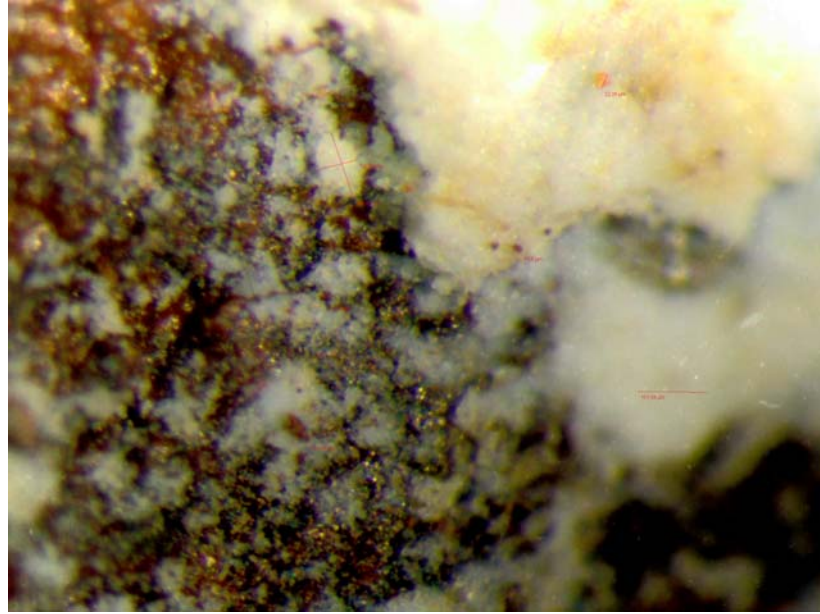
B numunesinin 1 mm'in altında binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.16): Anılan zeolit daha ince boyutlara örneğin 1mm altına selektif ufalandığında daha temiz ve serbest zeolit tanecikleri elde edilebileceği gibi temiz, şeffaf kristal kuvarslar serbestleşmektedir. Buradan kuru ve yaş ortamda yoğunluğa göre zenginleştirme gerekirse yüksek alan şiddetli manyetik seperasyon uygulandığında temiz ve kaliteli zeolit eldesi sağlanırken yan ürün olarak da şeffaf temiz kuvars kristalleri kazanmak mümkündür. Bu kuvarsların seramik ve cam sektöründe tercih edilmesi büyük bir olanak sağlayabilecektir(şekil 5.16).

C numunesine ait mikroskop görüntüleri şekil(5.17- 5.23)'de gösterilmektedir.



Şekil 5.17 C numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.17): Ana kütle mikro boyutta kompakt temiz zeolit kütesinden oluşmuş olup, içeriğinde R09'da da görüldüğü gibi 223 μm uzunluğunda, 90 μm eninde mika, muskovit ve de 24x44 μm 'den 20 μ boyutlarına kadar biotit(siyah renk, kahverengi) görülmüş(11,5x). ve görüntülenmiştir(şekil 5.17).



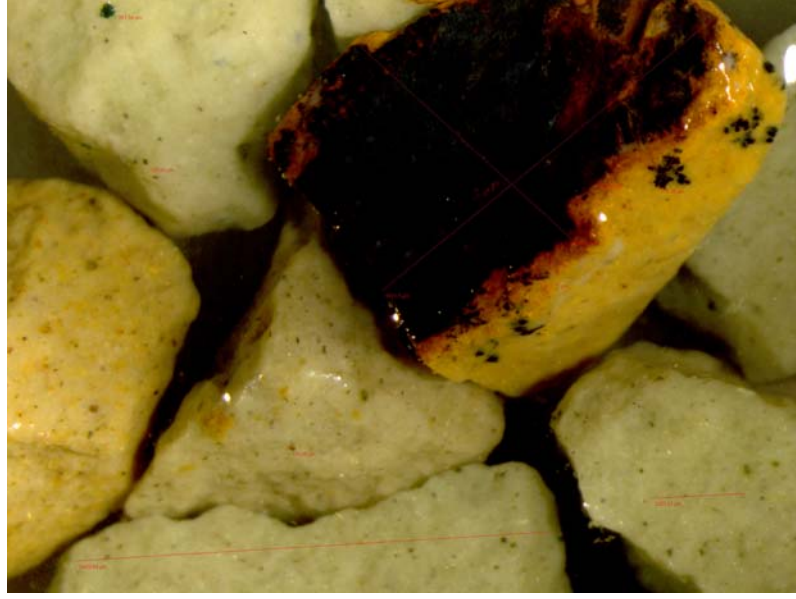
Şekil 5.18 C numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.18): Zeolit bloklara çatlak zonlarında demir oksit mineralleri introvizyonlarıyla (girişim) sıvımalı yüzey kirlenmesi görüldüğü gibi görüntülenmiş, ölçülmüştür. Bu nedenle blok kontakt yüzeylerini elde edecek boyutlara kadar uygulanacak bir kaba kırma ve akabinden tromel(silindirik) değirmenlerde veya log yıkayıcılarda bu yüzeylerin aşındırma yıkama ile veya kuru ortamda havalı uzaklaştırma ile temizlenmesi mümkündür. Bu kirlenmelerin yanında gösterilen içsel empürite mineral(mikalar, demiroksitler) daha düşük miktarlarda görülmüştür(şekil 5.18).



Şekil 5.19 C numunesinin 9mm boyuttaki binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin 9mm boyuttaki binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.19):Yaklaşık 9 mm boyutuna kırılmış cevherin içsel ve yüzeysel kirlenmesi görüntülenmiştir(0,8x0,8). Kaba cevherin bu tane iriliklerinden de görüldüğü gibi yüzeysel kirlenmelerini kuru ve yaş ortamda aşındırma temizleme ile gidermek olasıdır. Ancak tüketim alanının talebine uygun olarak, yüksek kaliteli zeolit eldesi için daha ince boyutlara kadar ufalama yaparak ve hammaddeyi oluşturan zeolit ve gang minerallerinin yapısal özelliklerine dayalı veya uygun zenginleştirme yöntemlerini uygulayarak(yoğunluğa göre- manyetik seperasyon, hatta flotasyon) nitelikli zeolit nihai ürünleri elde etmek yapısal oluşumlara göre mümkündür(şekil 5.19).



Şekil 5.20 C numunesinin 10 mm altında binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin 10 mm altında binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.20): Yaklaşık 10 mm(1cm) altına kırılmış cevherin görüldüğü gibi, yüzeysel sıvımalı kirlenmesiyle içsel noktasal kirlenmesi gösterilmiştir. Noktasal kirlenmeler 100 μ 'un altına kadar sürmektedir. Yüzeysel kirlenmelerin derinliği yaklaşık 400-500 μ m boyutlarındadır. Önceden belirtildiği üzere, yüzeysel kirlenmelerin attraction scruble ile 500 μ aşındırma yapılarak temiz yüzeyler elde edilebileceği mikroskop çalışmalarında içsel kirlenme için de saptanmıştır(şekil 5.20).



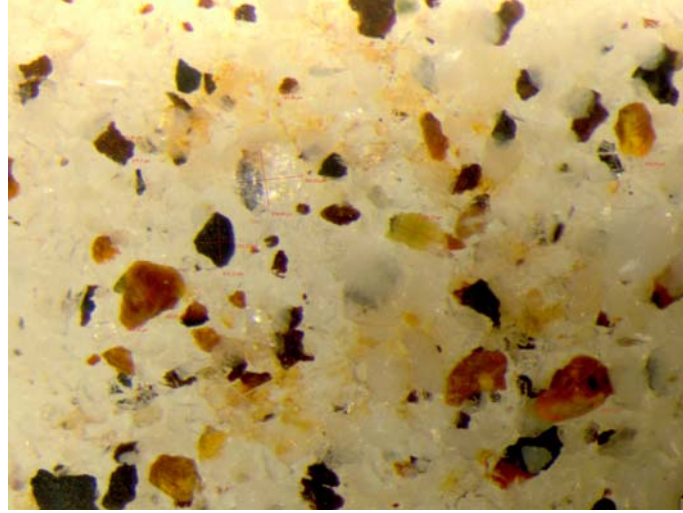
Şekil 5.21 C numunesinin 3,5 mm altında binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin 3,5 mm altında binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.21): Resimde de görüldüğü uzunlamasına 3,5 mm, enlemesine 1,8 mm boyutuna kırılmış zeolitin halen yüzeysel kirlenmeleri sürmektedir. Noktasal içsel kirlenme daha küçük miktarlarda görülmektedir. Bu da bize yüzeysel temizlenmenin gerektiğinde tüketim talebine göre bu boyut ve daha ince boyutlara kadar yapılması gerekliliği olgusu mikroskopik çalışmalarla saptanmıştır(şekil 5.21).



Şekil 5.22 C numunesinin 3,5x1,8 mm boyutunda binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin 3,5x1,8 mm boyutunda binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.22): 3,5x1,8 mm boyutuna kırılmış C numunesinin bate yapılarak ağır mineralleri kirletici ağır mineral konsantrasyonu mikroskop altında gözlenip, görüntülenmiştir. Bu görüntü ham cevherin gerektiğinde bu boyuta veya daha ince boyutlara kadar selektif kırılıp yoğunluğa göre yaş veya kuru ortamda zenginleştirildiğinde ağırlıksal olarak %10-15'lik bir kısmının atılarak, zeolit konsantresinin kalitelileştirilebileceği görüşüne varılmıştır. Çıkacak bu atığın ise, orta ürün(ara ürün) olarak sektörün diğer bir alanında da kullanılabileceği düşünülebilir ve araştırılabilir(şekil 5.22).



Şekil 5.23 C numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

C numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.23): Yukarıda anılan boyuttaki C numunesi ileri boyutta ezmeli bate yapıldığında serbest konuma gelen kirletici ağır mineraller ile (demir oksitler, zeolit dışındaki silikatlar) kenetli taneler açığa çıkmıştır. Bu da 500-600 μ hatta 1 mm ltına koruyucu öğütüldüğü zaman yoğunluğa göre bir zenginleştirme ile bu minerallerin uzaklaştırılabileceği görüşüne varmak mümkündür(şekil 5.23).

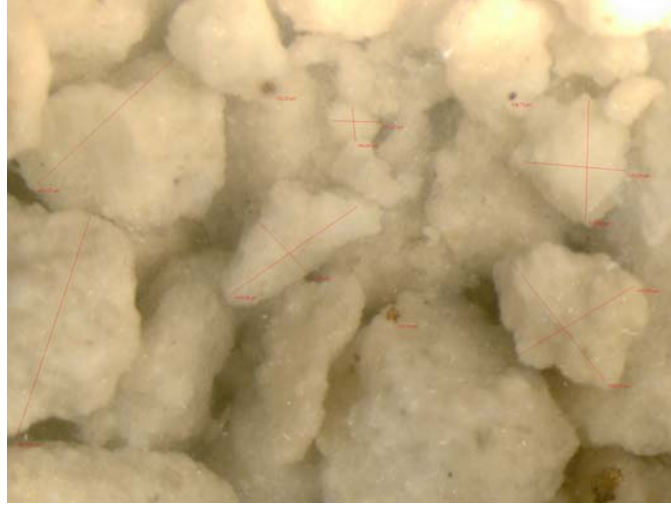
D numunesine ait mikroskop görüntüleri ise şekil(5.24-5.26)'da incelenmektedir.



Şekil 5.24 D numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

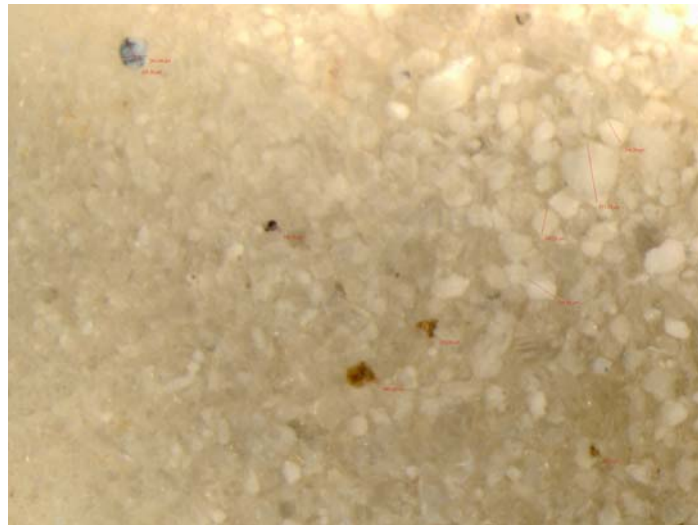
D numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.24): D numunesinin yüzeysel sıvımalı kirlenmesi görülmemiş, içsel olarak saçınımlı veya noktasal

demiroksit minerallerince kirlenmiştir. Daha ince boyutlara selektif kırılıp veya genelinde ufalandığında bu kirletici minerallerin seçilecek kuru veya yaş ortamda uzaklaştırılması oranı düşünülüp, ilerideki araştırmalarda saptanması önerilir(şekil 5.24).



Şekil 5.25 D numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

D numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.25): Bu D numunesinin noktasal kirlenmeleri 100-150 μm taneciklerle olduğu görülmektedir. Zeolit mineralinin oldukça temiz olduğu gözlenmektedir. Ancak çok kaliteli bir üretim 150 μ altına bir point indirilmesi ile kirletici minerallerin serbest konuma getirilmesi mümkün olabilir ve kuru veya yaş ortamda yapılacak bir zenginleştirme ile çok nitelikli bir zeolit konsantresi üretmek mümkündür(şekil 5.25).

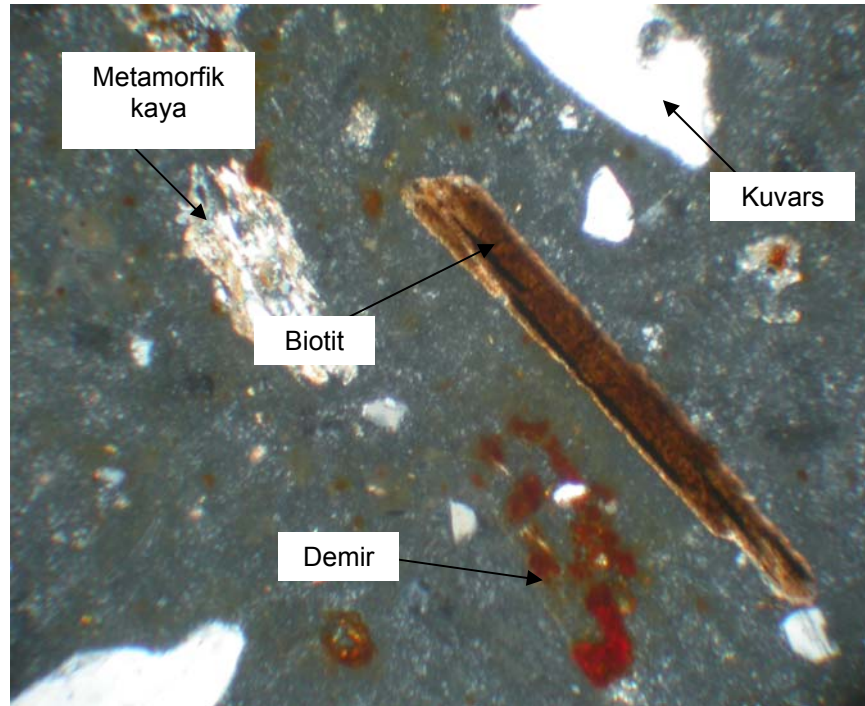


Şekil 5.26 D numunesinin binoküler mikroskopik görünümü

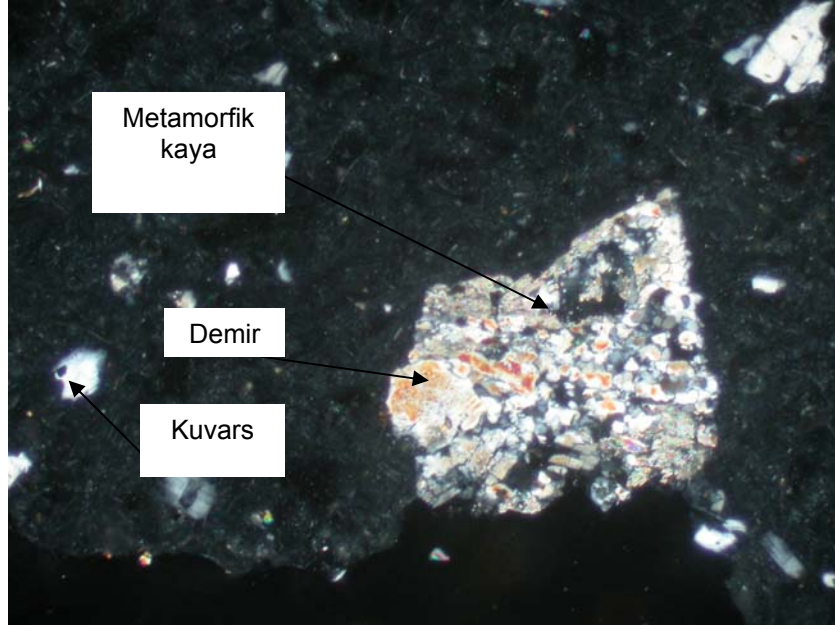
D numunesinin binoküler mikroskopik görünümü(şekil 5.26): Ezmeli batede serbest konuma gelen temiz zeolitler görüldüğü gibi serbest kirleticiler de görüntülenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi bu kirleticilerin, 150-200 μ altında serbest konuma geldiği saptanmıştır. Serbest temiz zeolit tanecikleri 600 μ 'dan 300 μ 'a ve daha ince boyutlara kadar geniş bir spektrumda büyük oranda serbestleştiği yapılan mikroskopik inceleme ve digital ortamda kanıtlanmıştır. Bu boyutlara kadar öğütülüp, kuru ve yaş ortamda zenginleştirilerek nitelikli bir zeolit konsantresi üretimi gerçekleşmiş olacaktır(şekil 5.26).

5.4.2 İnce kesit üzerindeki mikroskopik incelemeler

Numunelerden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan mikroskopik incelemeler sonucunda elde edilen görüntüleri şekil 5.27 – 5.30' da gösterilmiştir. Bu görüntülere göre A numunesinin Şekil 5.27'den görüldüğü üzere; biyotit, metamorfik kaya kırıntıları, demir, kuvars, plajioklas(feldspat) iz mineralleri içerdiği saptanmıştır.

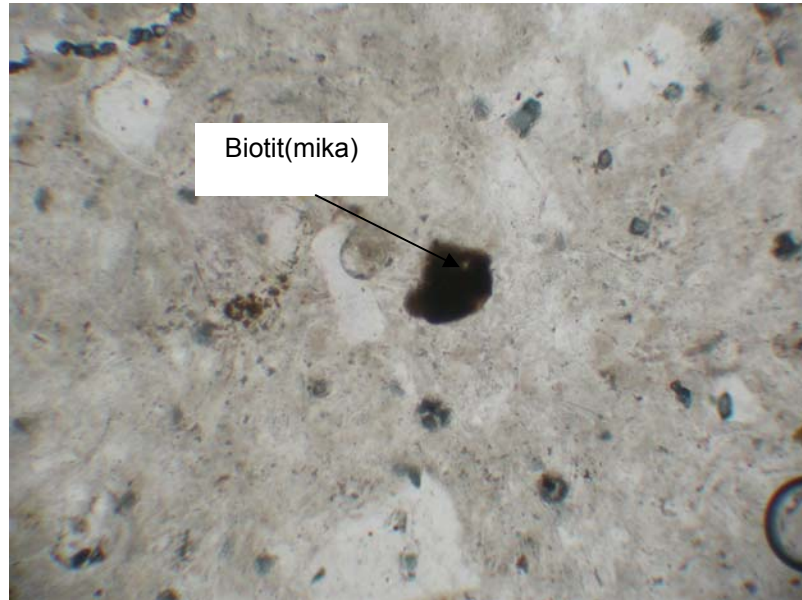


Şekil 5.27 A incekesit numunesine ait mikroskop görüntüsü



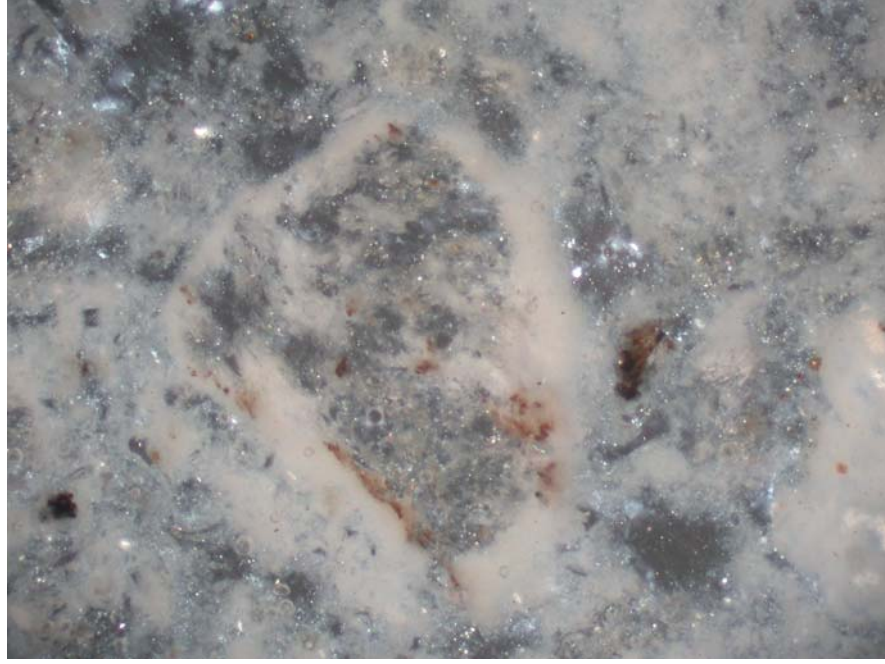
Şekil 5.28 B incekesit numunesine ait mikroskop görüntüsü

Şekil 5.28'den görüldüğü üzere B numunesinde; metamorfik kaya kırıntıları, kuvars, biotit, plajiolklas(feldspat), demir iz minerallerine rastlanmıştır.



Şekil 5.29 C incekesit numunesine ait mikroskop görüntüsü

Şekil 5.29'dan görüldüğü üzere C numunesinde camsı doku bol çatlaklı ve biotit(mika), klorit, demir, metamorfik kaya kırıntıları iz mineraller olarak bulunmaktadır.



Şekil 5.30 D incekesit numunesine ait mikroskop görüntüsü

Şekil 5.30'dan görüldüğü üzere D numunesinde volkanik kaya parçasına rastlanmıştır.

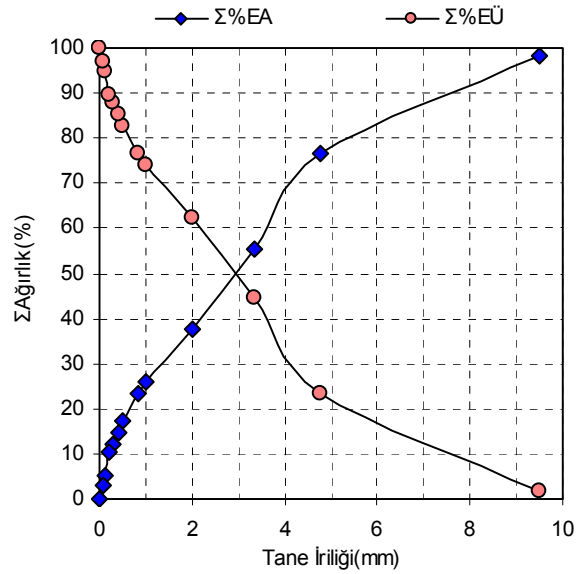
5.5 Kırma ve Elek Analizleri

Dört ayrı sahadan alınmış olan zeolit numuneleri, öncelikle çeneli kırıcıda kırma işleminden ve ardından da eleme testlerinden geçirilmiştir. Zeolit numuneleri ayrı ayrı (A,B,C,D) çeneli kırıcıda -10 mm tane boyutunun altına kırılmıştır. Kırılmış olan numuneden bir temsili olarak elek analizi için numune alınmıştır. Elek analiz sonuçları ve grafikleri tablo 5.7-5.10 ve şekil 5.31-5.34'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 ve Şekil 5.31 incelendiğinde , malzemenin % 98,06'sının 9,51 mm altına , yaklaşık % 26'sının 1 mm altına ve yaklaşık % 5'inin 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 3 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.7 A numunesinin birincil çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣEA (%)	$\Sigma E\ddot{U}$ (%)
+9,51	1,94	-	1,94
-9,51+4,75	21,35	98,06	23,29
-4,75+3,35	21,49	76,71	44,78
-3,35+2	17,44	55,22	62,22
-2,0+1,0	11,99	37,78	74,21
-1+0,85	2,55	25,79	76,76
-0,85+0,5	5,78	23,24	82,54
-0,5+0,4	2,66	17,46	85,20
-0,4+0,3	2,50	14,80	87,70
-0,3+0,2	2,07	12,30	89,77
-0,2+0,1	5,00	10,23	94,77
-0,1+0,075	2,07	5,23	96,84
-0,075	3,16	3,16	-
Toplam	100		

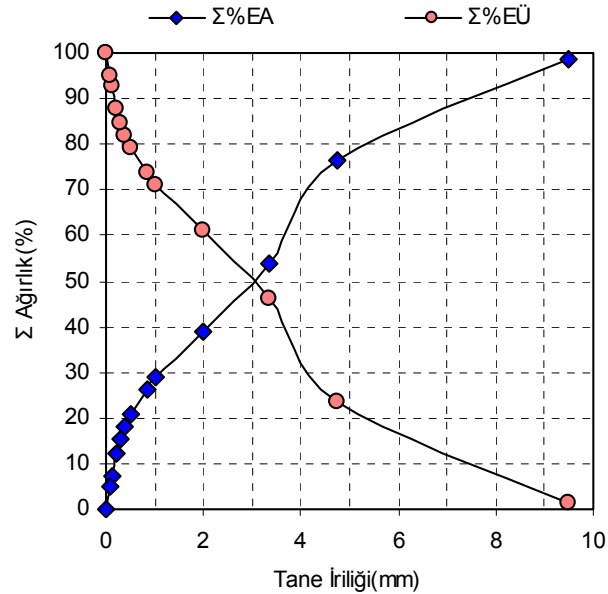


Şekil 5.31 A numunesinin birincil çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

B numune birinci çeneli kırıcı hammaddenin elek analiz sonuçlarının gösterildiği Tablo 5.8 ve Şekil 5.32 incelendiğinde , malzemenin % 98,82'sinin 9,51 mm altına , yaklaşık % 29'unun 1 mm altına ve yaklaşık % 7'sinin 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 3 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.8 B numunesinin birincil çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣElek Altı (%)	ΣElek Üstü (%)
+9,51	1,18	-	1,18
-9,51+4,75	22,54	98,82	23,72
-4,75+3,35	22,24	76,28	45,96
-3,35+2	15,28	54,04	61,24
-2,0+1,0	9,90	38,76	71,14
-1+0,85	2,67	28,86	73,81
-0,85+0,5	5,48	26,19	79,29
-0,5+0,4	2,76	20,71	82,05
-0,4+0,3	2,65	17,95	84,70
-0,3+0,2	3,23	15,30	87,93
-0,2+0,1	4,82	12,07	92,75
-0,1+0,075	2,33	7,25	95,08
-0,075	4,92	4,92	-
Toplam	100		

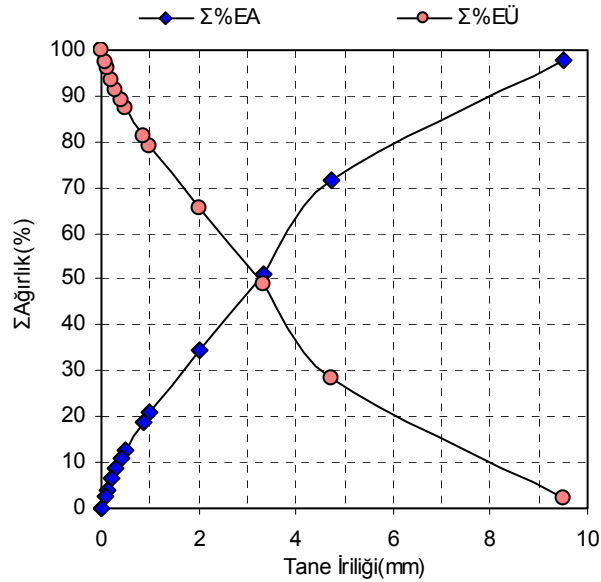


Şekil 5.32 B numunesinin birincil çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

C numune birinci çeneli kırıcı hammadde elek analiz sonuçlarının gösterildiği Tablo 5.9 ve Şekil 5.33 incelendiğinde , malzemenin yaklaşık % 98'inin 9,51 mm altına, yaklaşık % 21'inin 1 mm altına ve yaklaşık % 4'ünün 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 3.30 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.9 C numunesinin birincil çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣElek Altı (%)	ΣElek Üstü (%)
+9,51	2,28	-	2,28
-9,51+4,75	26,11	97,72	28,39
-4,75+3,35	20,42	71,61	48,81
-3,35+2	16,66	51,19	65,47
-2,0+1,0	13,39	34,53	78,86
-1+0,85	2,48	21,14	81,34
-0,85+0,5	5,84	18,66	87,18
-0,5+0,4	1,88	12,82	89,06
-0,4+0,3	2,00	10,94	91,06
-0,3+0,2	2,53	8,94	93,59
-0,2+0,1	2,54	6,41	96,13
-0,1+0,075	1,40	3,87	97,53
-0,075	2,47	2,47	-
Toplam	100		

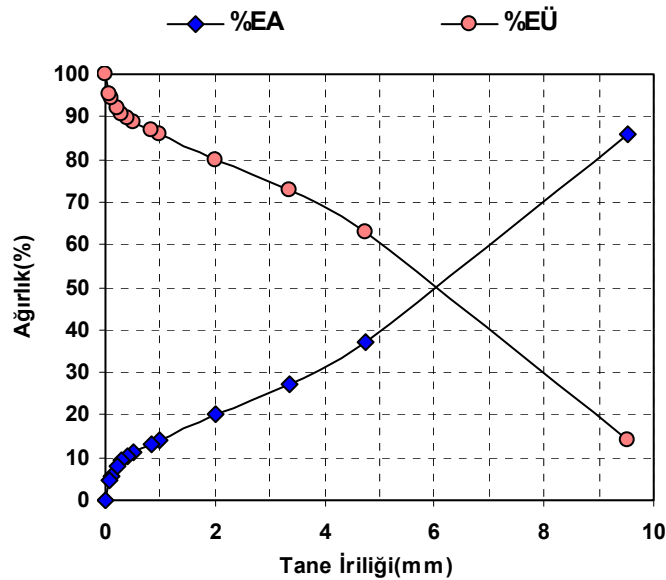


Şekil 5.33 C numunesinin birinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

D numune(güneşli) birinci çeneli kırıcı hammadde elek analiz sonuçlarının gösterildiği Tablo 5.10 ve Şekil 5.34 incelendiğinde , malzemenin yaklaşık % 86'sının 9,51 mm altına , yaklaşık % 14 'ünün 1 mm altına ve yaklaşık % 5'inin 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 6 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.10 D numunesinin birincil çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣElek Altı (%)	ΣElek Üstü (%)
+9,51	13,87	-	13,87
-9,51+4,75	48,97	86,13	62,84
-4,75+3,35	9,75	37,16	72,59
-3,35+2	7,35	27,41	79,94
-2,0+1,0	5,81	20,06	85,75
-1+0,85	1,01	14,25	86,76
-0,85+0,5	1,91	13,24	88,67
-0,5+0,4	0,94	11,33	89,61
-0,4+0,3	1,09	10,39	90,70
-0,3+0,2	1,39	9,30	92,09
-0,2+0,1	2,48	7,91	94,57
-0,1+0,075	0,56	5,43	95,13
-0,075	4,87	4,87	-
Toplam	100		



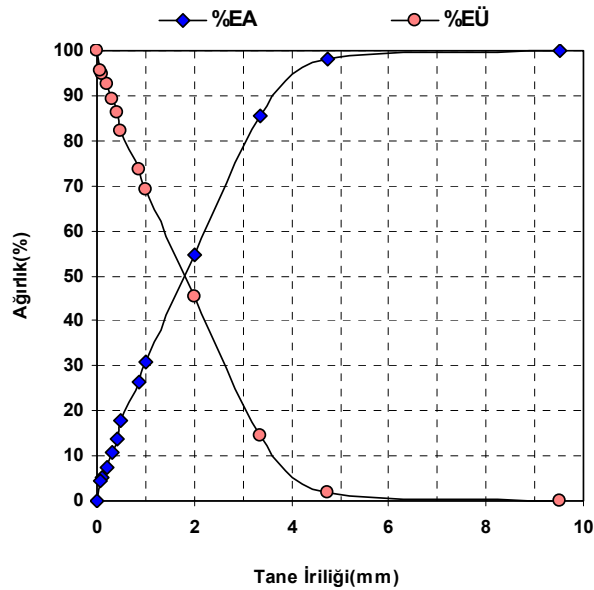
Şekil 5.34 D numunesinin birinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

-10 mm boyuta indirilmiş olan zeolit numuneleri ikinci kademe kırma için çeneli kırıcıdan geçirilerek, tane boyutu 5mm altına getirilmiş ve elek analizine tabi tutulmuştur. Sonuçlar Tablo 5.11 - 5.14 ve Şekil 5.35-5.38'de gösterilmektedir.

A numune(incal) hammadde elek analiz sonuçlarının verildiği Tablo 5.11 ve Şekil 5.35 incelendiğinde , malzemenin yaklaşık % 98'inin 4,75 mm altına , yaklaşık %30' unun 1 mm altına ve yaklaşık % 7'sinin 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 1.70 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.11 A numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣElek Altı (%)	ΣElek Üstü (%)
4,75	1,80	-	1,80
-4,75+3,35	12,54	98,20	14,34
-3,35+2	31,03	85,66	45,37
-2,0+1,0	23,67	54,63	69,04
-1+0,85	4,51	30,96	73,55
-0,85+0,5	8,78	26,45	82,33
-0,5+0,4	3,84	17,67	86,17
-0,4+0,3	3,17	13,83	89,34
-0,3+0,2	3,16	10,66	92,50
-0,2+0,1	2,11	7,50	94,61
-0,1+0,075	0,75	5,39	95,36
-0,075	4,64	4,64	-
Toplam	100		

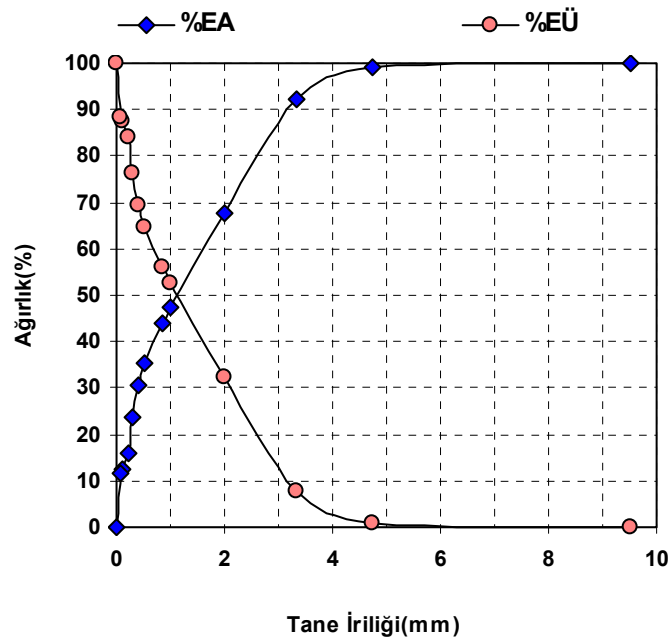


Şekil 5.35 A numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

B numune(enli) elek analiz sonuçlarının verildiği tablo 5.12 ve şekil 5.36 incelendiğinde , malzemenin yaklaşık % 99'unun 4,75 mm altına , yaklaşık % 48 'inin 1 mm altına ve yaklaşık % 12'sinin 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 1 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.12 B numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	Σ Elek Altı (%)	Σ Elek Üstü (%)
4,75	0,72	-	0,72
-4,75+3,35	6,86	99,28	7,58
-3,35+2	24,63	92,42	32,21
-2,0+1,0	20,18	67,79	52,39
-1+0,85	3,83	47,61	56,22
-0,85+0,5	8,50	43,78	64,72
-0,5+0,4	4,79	35,28	69,51
-0,4+0,3	6,62	30,49	76,13
-0,3+0,2	8,07	23,87	84,20
-0,2+0,1	3,42	15,80	87,62
-0,1+0,075	0,60	12,38	88,22
-0,075	11,78	11,78	-
Toplam	100		

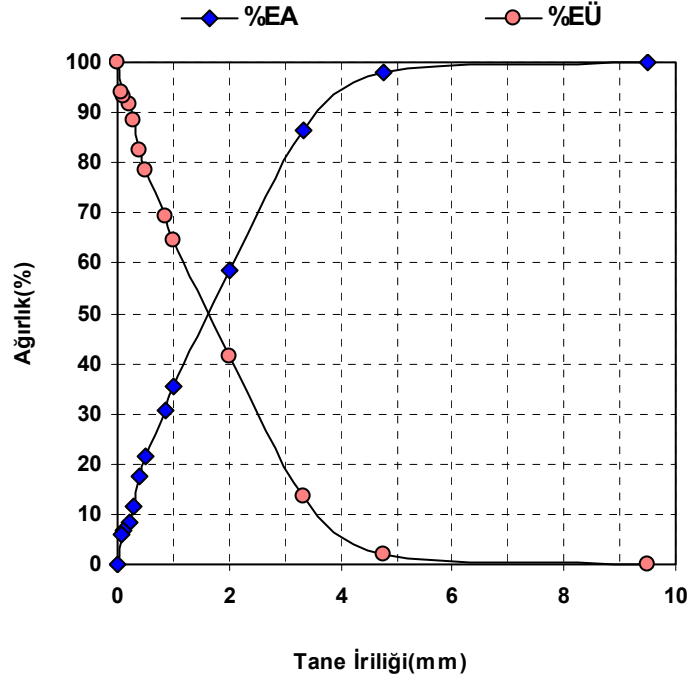


Şekil 5.36 B numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

C numune(rota) elek analiz sonuçlarının verildiği tablo 5.13 ve şekil 5.37 incelendiğinde , malzemenin yaklaşık % 98'inin 4,75 mm altına yaklaşık % 36 'sının 1 mm altına ve yaklaşık % 7'sinin 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 1.60 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.13 C numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣElek Altı (%)	ΣElek Üstü (%)
4,75	2,02	-	2,02
-4,75+3,35	11,64	97,98	13,66
-3,35+2	27,67	86,34	41,33
-2,0+1,0	23,09	58,67	64,42
-1+0,85	4,81	35,58	69,23
-0,85+0,5	9,11	30,77	78,34
-0,5+0,4	3,96	21,66	82,30
-0,4+0,3	5,98	17,70	88,28
-0,3+0,2	3,25	11,72	91,53
-0,2+0,1	1,54	8,47	93,07
-0,1+0,075	1,04	6,93	94,11
-0,075	5,89	5,89	-
Toplam	100		

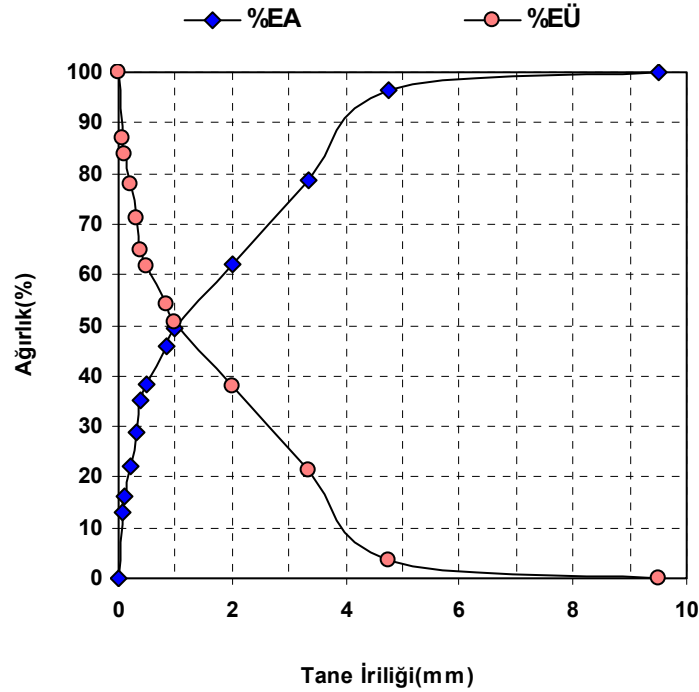


Şekil 5.37 C numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

D numune (güneşli) elek analiz sonuçlarının verildiği tablo 5.14 ve şekil 5.38 incelendiğinde , malzemenin yaklaşık % 96' sının 4,75 mm altına , yaklaşık % 49'unun 1 mm altına ve yaklaşık % 16'sının 0,1 mm altına geçtiği ve ortalama tane boyutunun ise 1 mm olduğu görülmektedir.

Tablo 5.14 D numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (%)	ΣElek Altı (%)	ΣElek Üstü (%)
4,75	3,55	-	3,55
-4,75+3,35	17,63	96,45	21,18
-3,35+2	16,71	78,82	37,89
-2,0+1,0	12,88	62,11	50,77
-1+0,85	3,31	49,23	54,08
-0,85+0,5	7,51	45,92	61,59
-0,5+0,4	3,41	38,41	65,00
-0,4+0,3	6,04	35,00	71,04
-0,3+0,2	6,90	28,96	77,94
-0,2+0,1	5,91	22,06	83,85
-0,1+0,075	2,97	16,15	86,82
-0,075	13,18	13,18	-
Toplam	100		



Şekil 5.38 D numunesinin ikinci çeneli kırıcı çıkış ürününün ağırlıksal dağılımı grafiği

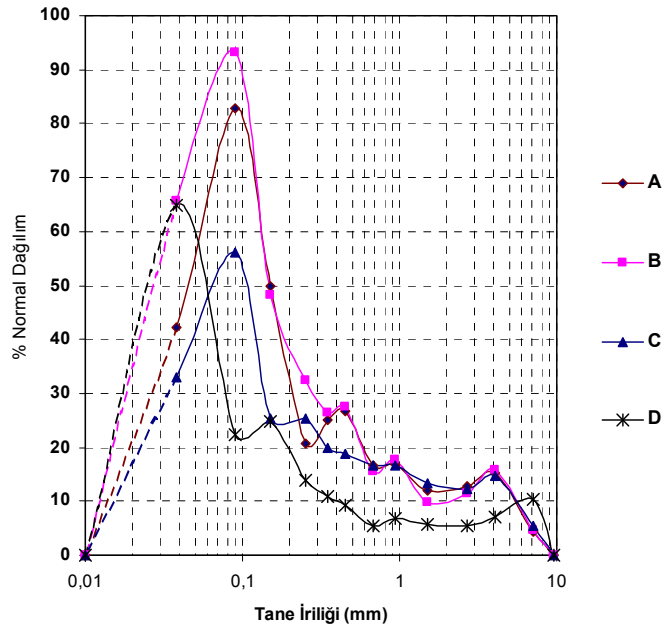
A numunesinin birinci çeneli kırıcı çıkış ürünü elek analizleri olan Tablo 5.7 ve Şekil 5.31 incelendiğinde , iri taneden ince taneye doğru bir düşüş gözlenmektedir. Bu ise çeneli kırıcının fazla öğütmeden iri boyutta belirli amaçlarda kullanımına uygun bir boyut dağılımı sağlamaktadır. Diğer bir tanımlamayla koruyucu bir kırma işlemi görmüştür. B numunesinde de aynı şekilde cevherin yapısal özelliği çeneli kırıcıda koruyucu bir kırma imkanı sağlamıştır. İri boyuttan ince boyuta doğru ağırlıksal oran azalmaktadır. %1-2 ağırlık farklılığı ile B numunesi, A numunesi gibi koruyucu kırma özelliği göstermektedir. Tablo 5.9 incelendiğinde görüleceği gibi, C numunesi de A ve B numuneleri gibi çeneli kırıcıda koruyucu bir kırılma özelliği göstererek iri taneden ince taneye doğru azalan bir oranda tane dağılımı göstermiştir. Tablo 5.10 incelendiğinde, 4.75 mm üstündeki cevherin sertliği ve tanelerin hammaddeyi oluşturan minerallerin kontakt zonlarında mukavemetinin yüksek oluşu iri boyutta kırılmasını ince ve yumuşak yapılı ancak oransal olarak düşük değerlerde olan tanelerin ise ince boyutlarda düşük dağılım oranları göstermesine dayanmaktadır. Nitekim D numunesinde (-0.5+0.4) ve (-0.1+0.075) mm'ler arası boyutlardaki kayaç minerallerinin düşük miktarlarda ağırlık oranlarında bulunması boyut dağılımında düşük değerler yaratmıştır. Özet olarak; çeneli kırıcıda kırılan A, B, C ve D numuneleri benzer oluşumları nedeniyle benzer özellikler göstermiş ve kırıcının değişmeyen ayarlarında birbirine benzer yapıda bir öğütme olanağı yaratmıştır.

İkinci kademe kırma olarak öngörülen -5 mm çıkış açıklığına ayarlanmış çeneli kırıcıda araştırmaya esas tutulan, A,B,C ve D numuneleri teker teker verilerek kırılmış, çıkan ürün tablolarında belirtilen standart serideki eleklerde elek analizine tabi tutulup, değerleri verilen tablolarında sayısal olarak gösterilmiştir. Bu değerlere dayanarak, elekaltı ve eleküstü eğrileri de şekil 5.35 - 5.38' de sunulmuştur. Gerek tablodaki sayısal değerlerden, gerekse bunların eğrisel sunumlarından anılan hammaddelerin benzer özellikleri bu aşamada da koruyucu bir kırılma olanağını yaratmış, bu özellik ileride hammaddelerin kullanım alanlarına uygun üretimler sağlayabilecektir.

Tablo 5.15 ve bundan türetilmiş şekil 5.39’ da A, B, C ve D numunelerinin hangi elek açıklığında yığılma gösterdiğini anlamak için malzemenin -10 mm tane boyutu altına kırılması sonucunda farklı boyutlardaki elek boyutlarında yapılan elek analiz sonuçlarına dayanılarak oluşturulan birinci kırma normal dağılım verileri gösterilmiştir:

Tablo 5.15 Birinci kırma normal dağılım tablosu

Tane iriliği (mm)	A numunesi	B numunesi	C numunesi	D numunesi
	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd
+9,51	0	0	0	0
-9,51+4,75	4,49	4,74	5,49	10,29
-4,75+3,35	15,35	15,89	14,59	6,96
-3,35+2	12,92	11,32	12,34	5,44
-2,0+1,0	11,99	9,90	13,39	5,81
-1+0,85	17,00	17,80	16,53	6,73
-0,85+0,5	16,51	15,66	16,69	5,46
-0,5+0,4	26,60	27,60	18,80	9,40
-0,4+0,3	25,00	26,50	20,00	10,90
-0,3+0,2	20,70	32,30	25,30	13,90
-0,2+0,1	50,00	48,20	25,40	24,80
-0,1+0,075	82,80	93,20	56,00	22,40
-0,075	42,13	65,60	32,93	64,93
Toplam				

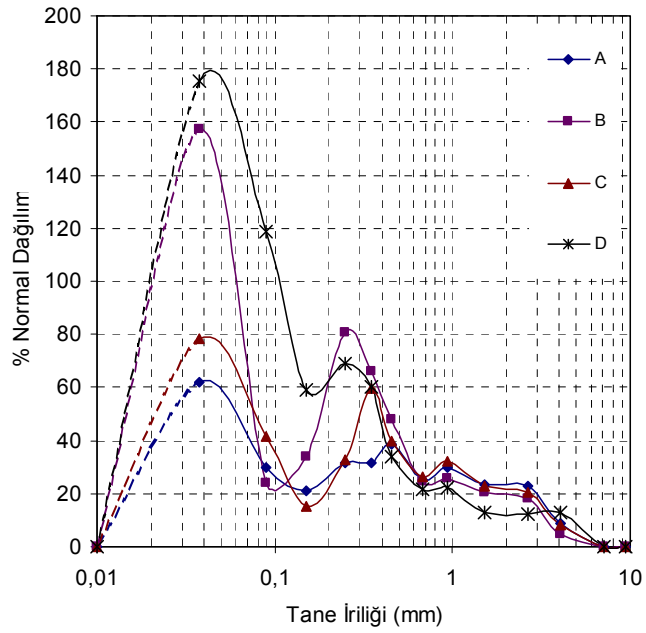


Şekil 5.39 A, B, C ve D numunelerinin birinci kırma normal dağılım eğrileri

Tablo 5.16 ve bundan türetilmiş şekil 5.40'da ise A, B, C ve D numunelerinin hangi elek açıklığında yığılma gösterdiğini anlamak amacıyla, -5 mm tane boyutu altına indirilmesi sonucunda farklı boyutlardaki eleklerle yapılan elek analiz sonuçlarına dayanılarak oluşturulan birinci kırma normal dağılım verileri gösterilmiştir:

Tablo 5.16 İkinci kırma normal dağılım tablosu

Tane iriliği (mm)	A numunesi	B numunesi	C numunesi	D numunesi
	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd
+4,75	0,00	0,00	0,00	0,00
-4,75+3,35	8,96	4,90	8,31	12,59
-3,35+2	22,99	18,24	20,50	12,38
-2,0+1,0	23,67	20,18	23,09	12,88
-1+0,85	30,07	25,53	32,07	22,07
-0,85+0,5	25,09	24,29	26,03	21,46
-0,5+0,4	38,40	47,90	39,60	34,10
-0,4+0,3	31,70	66,20	59,80	60,40
-0,3+0,2	31,60	80,70	32,50	69,00
-0,2+0,1	21,10	34,20	15,40	59,10
-0,1+0,075	30,00	24,00	41,60	118,80
-0,075	61,87	157,07	78,53	175,73
Toplam				



Şekil 5.40 A, B, C ve D numunelerinin ikinci kırma normal dağılım eğrileri

A,B,C numunelerinin birinci çeneli kırıcı çıkışının hesaplanan normal dağılım değerlerine dayanılarak çizilen tablo 5.15 ve bundan türetilmiş olan şekil 5.39'daki normal dağılım eğrisinden anlaşılacağı üzere; en yüksek dağılım oranı birinci derecede $-0.1+0.075$ mm aralığında, en büyük dağılım oranının ince tanelerde olduğu, bu bize mm başına düşen ağırlıksal değerlerin en fazlasının bu aralıkta görüldüğünü göstermektedir. D numunesinde ise bu oranın -0.075 mm aralığında en yüksek olduğu görülmektedir.

A,B,C ve D numunelerinin ikinci çeneli kırıcı çıkışına göre hesaplanan normal dağılım değerlerinden çizilen tablo 5.16 ve bundan türetilmiş olan şekil 5.40' daki normal dağılım eğrisinden anlaşılacağı üzere; en yüksek dağılım oranının -0.075 mm aralığında, en büyük dağılım oranının ince tanelerde olduğunu , buradan da mm başına düşen ağırlıksal değerlerin en fazlasının bu tane boyutunda görüldüğü anlaşılmaktadır.

A, B, C ve D örneklerinden temsili olarak alınan 100μ 'un altına indirilmiş numunenin kimyasal analizleri tespit edilmiştir. Kimyasal analizler ise besleme malı başta olmak üzere $4,75 ; 3,35 ; 2 ; 1 ; 0,85 ; 0,5 ; 0,4 ; 0,3 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,075$ mm tane aralıklarında SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O ve kızdırma kayıpları; % olarak hesaplanmıştır(tablo 5.17-5.20).

Besleme malı kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde;

A numunesinin; % 73,11 SiO_2 , % 10,49 Al_2O_3 , % 1,41 Fe_2O_3 , % 1,61 CaO , % 0,82 MgO , % 0,63 Na_2O , % 1,15 K_2O , % 10,52 kızdırma kaybı(tablo 5.17).

B numunesinin; % 72,97 SiO_2 , % 9,92 Al_2O_3 , % 1,76 Fe_2O_3 , % 1,59 CaO , % 0,88 MgO , % 0,46 Na_2O , % 2,62 K_2O , % 9,54 kızdırma kaybı(tablo 5.18).

C numunesinin; % 74,26 SiO_2 , % 8,78 Al_2O_3 , % 0,92 Fe_2O_3 , % 2,62 CaO , % 0,69 MgO , % 0,22 Na_2O , % 1,90 K_2O , % 10,36 kızdırma kaybı(tablo 5.19).

D numunesinin; % 77,42 SiO_2 , % 9,30 Al_2O_3 , % 0,96 Fe_2O_3 , % 0,48 CaO , % 0,11 MgO , % 0,66 Na_2O , % 3,66 K_2O , % 7,29 kızdırma kaybı(tablo 5.20) belirlenmiştir.

4.6 Elek-Kimyasal Analiz Sonuçları

Tablo 5.17-5.20'de besleme malı ve elek analiz sonuçlarına göre kimyasal analizleri yapılarak elek-kimyasal analiz verileri elde edilmiştir.

Tablo 5.17 A numune(incal) kimyasal analiz sonuçları

Tane İriliği (mm)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Kızdırma Kaybı (%)
Besleme Malı	73,11	10,49	1,41	1,61	0,82	0,63	1,15	10,52
+4,75	73,94	10,93	0,70	1,48	0,67	0,67	1,38	9,98
-4,75+3,35	73,49	10,25	1,60	1,63	0,80	0,63	1,19	10,21
-3,35+2	73,31	10,62	0,89	1,62	0,76	0,67	1,38	10,58
-2,0+1,0	73,23	10,9	0,97	1,57	0,78	0,67	1,28	10,41
-1+0,85	73,82	10,54	0,97	1,51	0,71	0,68	1,37	10,16
-0,85+0,5	73,88	10,65	0,94	1,47	0,72	0,68	1,34	10,08
-0,5+0,4	73,45	10,69	1,01	1,54	0,78	0,68	1,30	10,41
-0,4+0,3	73,5	10,78	0,99	1,51	0,77	0,64	1,28	10,37
-0,3+0,2	72,98	10,7	1,49	1,50	0,81	0,49	0,97	10,7
-0,2+0,1	73	10,52	1,10	1,58	0,81	0,53	1,24	10,5
-0,1+0,075	72,9	10,16	1,40	1,59	0,82	0,49	1,22	10,73
-0,075	72,95	10,12	1,70	1,61	0,91	0,45	0,95	10,64

Tablo 5.18 B numune(enli) kimyasal analiz sonuçları

Tane İriliği (mm)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Kızdırma Kaybı (%)
Besleme Malı	72,97	9,92	1,76	1,59	0,88	0,46	2,62	9,54
+4,75	72,19	9,60	2,19	1,76	0,96	0,46	2,56	10,16
-4,75+3,35	72,61	9,92	2,04	1,69	0,92	0,46	2,63	9,6
-3,35+2	71,86	10,02	2,04	1,71	1,01	0,44	2,70	10,04
-2,0+1,0	71,95	10,44	2,06	1,74	0,94	0,46	2,62	9,66
-1+0,85	72,11	10,07	2,15	1,71	0,90	0,50	2,67	9,73
-0,85+0,5	72,1	10,49	2,17	1,73	0,91	0,53	2,65	9,2
-0,5+0,4	72,97	10,18	2,15	1,65	0,92	0,50	2,45	9,01
-0,4+0,3	72,76	10,13	1,96	1,75	0,90	0,52	2,67	9,17
-0,3+0,2	72,92	9,87	1,92	1,82	0,94	0,45	2,66	9,26
-0,2+0,1	72,79	9,81	1,70	1,81	0,94	0,39	2,61	9,76
-0,1+0,075	71,51	10,39	1,96	1,95	0,94	0,38	2,45	10,3
-0,075	71,56	10,23	1,86	1,94	1,03	0,36	2,57	10,2

Tablo 5.19 C numune(rota) kimyasal analiz sonuçları

Tane İriliği (mm)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Kızdırma Kaybı (%)
Besleme Malı	74,26	8,78	0,92	2,62	0,69	0,22	1,90	10,36
+4,75	74,74	8,72	0,82	2,73	0,67	0,22	1,86	10,04
-4,75+3,35	74,3	9,03	0,87	2,59	0,67	0,23	1,90	10,16
-3,35+2	73,72	9,43	0,92	2,66	0,76	0,21	1,89	10,21
-2,0+1,0	73,2	9,31	0,92	2,84	0,67	0,22	1,93	10,68
-1+0,85	73,16	9,65	1,01	2,67	0,78	0,22	2,03	10,24
-0,85+0,5	73,32	9,27	1,03	2,56	0,74	0,22	1,96	10,7
-0,5+0,4	73,17	9,40	0,89	2,63	0,68	0,22	1,94	10,9
-0,4+0,3	74,26	8,38	0,94	2,61	0,72	0,26	1,86	10,79
-0,3+0,2	73,49	9,18	0,96	2,77	0,70	0,24	1,95	10,5
-0,2+0,1	73,33	9,34	1,01	2,86	0,79	0,22	1,97	10,3
-0,1+0,075	73,54	9,18	0,99	2,89	0,73	0,25	1,92	10,29
-0,075	73,65	9,09	1,06	2,89	0,71	0,26	2,04	10,15

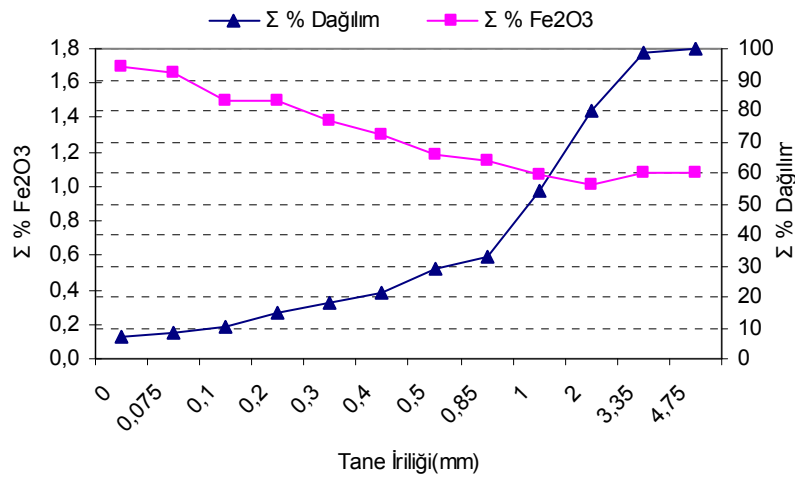
Tablo 5.20 D numune(güneşli) kimyasal analiz sonuçları

Tane İriliği (mm)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Kızdırma Kaybı (%)
Besleme Malı	77,42	9,30	0,96	0,48	0,11	0,66	3,66	7,29
+4,75	77,09	9,21	1,06	0,45	0,13	0,69	4,00	7,24
-4,75+3,35	77,19	9,26	0,89	0,51	0,13	0,70	3,70	7,48
-3,35+2	77,66	8,85	0,78	0,46	0,12	0,62	3,89	7,46
-2,0+1,0	77,75	8,94	0,92	0,40	0,12	0,65	3,87	7,15
-1+0,85	77,52	9,35	1,08	0,42	0,12	0,68	3,86	6,8
-0,85+0,5	78,19	8,53	0,89	0,39	0,11	0,69	3,88	7,1
-0,5+0,4	78,07	8,85	1,06	0,41	0,09	0,68	3,82	6,78
-0,4+0,3	79,01	8,44	1,03	0,50	0,10	0,71	3,58	6,39
-0,3+0,2	78,12	9,30	0,87	0,46	0,08	0,78	3,86	6,41
-0,2+0,1	77,96	9,26	1,15	0,38	0,10	0,80	4,16	5,97
-0,1+0,075	78,5	8,66	0,89	0,48	0,09	0,77	3,96	6,41
-0,075	78,21	9,03	0,85	0,49	0,10	0,67	3,98	6,53

5.7 Hammaddenin Tane İriliğine Göre Mineral %İçerikleri ve Dağılımları

Tablo 5.21 A numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı

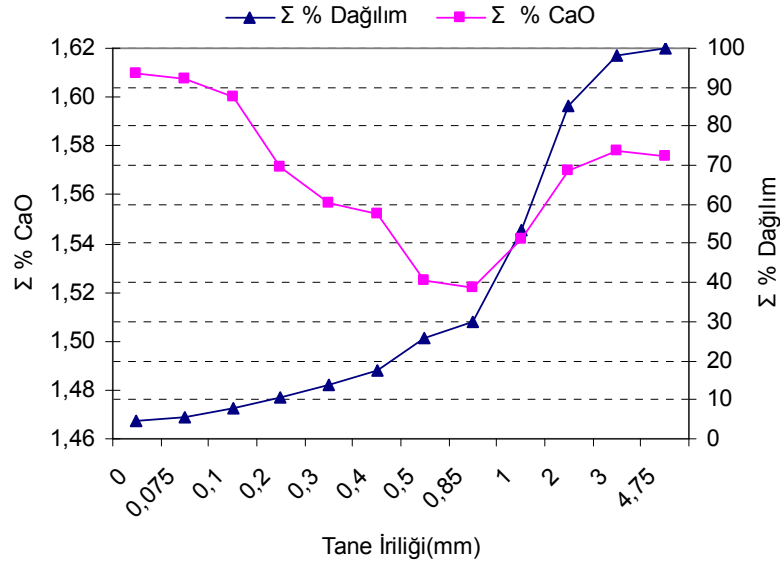
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Fe ₂ O ₃	Dağılım %Fe ₂ O ₃	Σ EA	
					%Fe ₂ O ₃	%Dağılım
+4,75	1,80	-	0,70	1,16	1,08	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	1,60	18,66	1,08	98,84
-3,35+2	31,03	85,66	0,89	25,73	1,01	80,18
-2,0+1,0	23,67	54,63	0,97	21,36	1,07	54,45
-1+0,85	4,51	30,96	0,97	4,04	1,15	33,09
-0,85+0,5	8,78	26,45	0,94	7,68	1,18	29,05
-0,5+0,4	3,84	17,67	1,01	3,61	1,30	21,37
-0,4+0,3	3,17	13,83	0,99	2,91	1,38	17,76
-0,3+0,2	3,16	10,66	1,49	4,39	1,50	14,85
-0,2+0,1	2,11	7,50	1,10	2,14	1,50	10,46
-0,1+0,075	0,75	5,39	1,40	0,99	1,66	8,32
-0,075	4,64	4,64	1,70	7,33	1,70	7,33
Toplam	100,00		1,08	100,00		



Şekil 5.41 A numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılım grafikleri

Tablo 5.22 A numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı

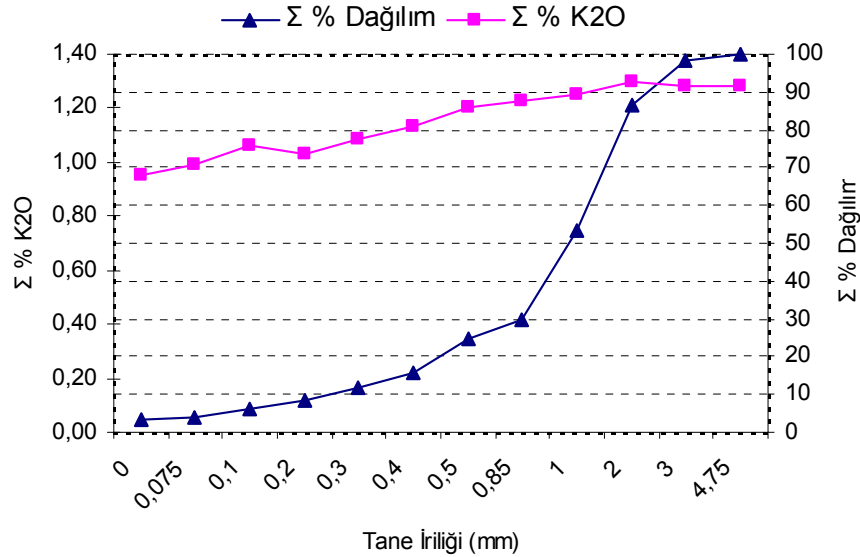
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% CaO	Dağılım %CaO	Σ EA	
					%CaO	%Dağılım
+4,75	1,80	-	1,48	1,69	1,58	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	1,63	12,95	1,58	98,31
-3,35+2	31,03	85,66	1,62	31,90	1,57	85,36
-2,0+1,0	23,67	54,63	1,57	23,56	1,54	53,46
-1+0,85	4,51	30,96	1,51	4,31	1,52	29,90
-0,85+0,5	8,78	26,45	1,47	8,18	1,52	25,59
-0,5+0,4	3,84	17,67	1,54	3,75	1,55	17,41
-0,4+0,3	3,17	13,83	1,51	3,03	1,56	13,66
-0,3+0,2	3,16	10,66	1,50	3,02	1,57	10,63
-0,2+0,1	2,11	7,50	1,58	2,11	1,60	7,61
-0,1+0,075	0,75	5,39	1,59	0,76	1,61	5,50
-0,075	4,64	4,64	1,61	4,74	1,61	4,74
Toplam	100,00		1,58	100,00		



Şekil 5.42 A numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılım grafikleri

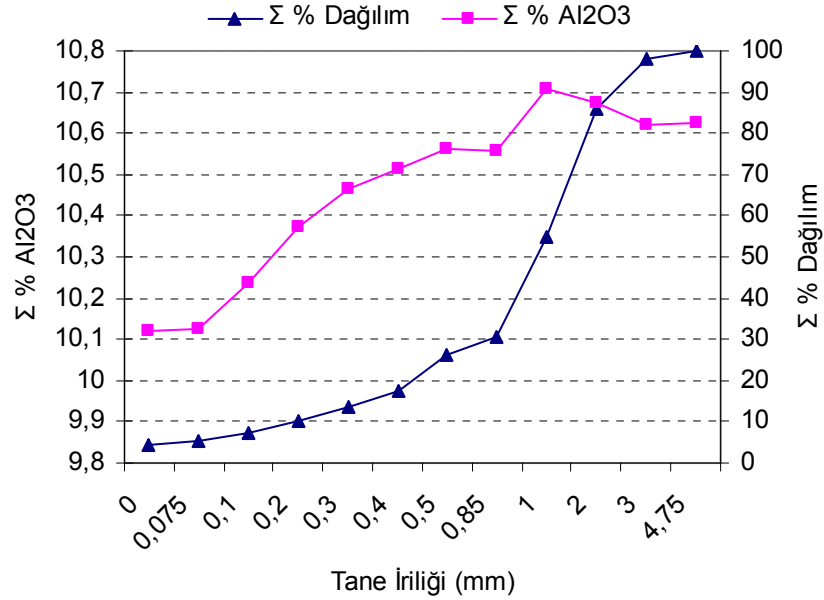
Tablo 5.23 A numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% K ₂ O	Dağılım %K ₂ O	Σ EA	
					%K ₂ O	%Dağılım
+4,75	1,80	-	1,38	1,94	1,28	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	1,19	11,60	1,28	98,06
-3,35+2	31,03	85,66	1,38	33,28	1,29	86,46
-2,0+1,0	23,67	54,63	1,28	23,60	1,25	53,18
-1+0,85	4,51	30,96	1,37	4,81	1,23	29,58
-0,85+0,5	8,78	26,45	1,34	9,15	1,20	24,77
-0,5+0,4	3,84	17,67	1,30	3,88	1,13	15,62
-0,4+0,3	3,17	13,83	1,28	3,16	1,09	11,74
-0,3+0,2	3,16	10,66	0,97	2,39	1,03	8,58
-0,2+0,1	2,11	7,50	1,24	2,03	1,06	6,19
-0,1+0,075	0,75	5,39	1,22	0,71	0,99	4,16
-0,075	4,64	4,64	0,95	3,45	0,95	3,45
Toplam	100,00		1,28	100,00		

Şekil 5.43 A numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılım grafikleri

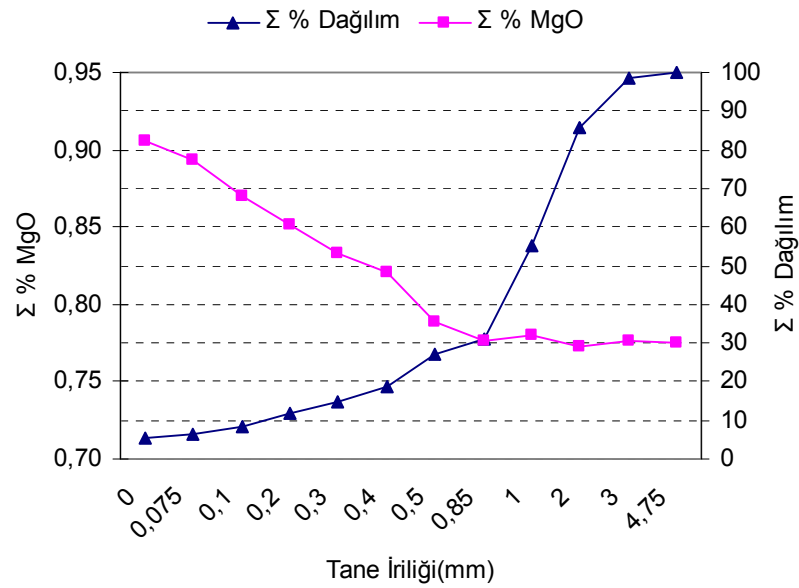
Tablo 5.24 A numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Al ₂ O ₃	Dağılım %Al ₂ O ₃	Σ EA	
					%Al ₂ O ₃	%Dağılım
+4,75	1,80	-	10,93	1,85	10,63	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	10,25	12,09	10,62	98,15
-3,35+2	31,03	85,66	10,62	31,01	10,68	86,06
-2,0+1,0	23,67	54,63	10,9	24,28	10,71	55,05
-1+0,85	4,51	30,96	10,54	4,47	10,56	30,77
-0,85+0,5	8,78	26,45	10,65	8,80	10,56	26,30
-0,5+0,4	3,84	17,67	10,69	3,86	10,52	17,50
-0,4+0,3	3,17	13,83	10,78	3,22	10,47	13,64
-0,3+0,2	3,16	10,66	10,7	3,19	10,38	10,42
-0,2+0,1	2,11	7,50	10,52	2,09	10,24	7,23
-0,1+0,075	0,75	5,39	10,16	0,72	10,13	5,14
-0,075	4,64	4,64	10,12	4,42	10,12	4,42
Toplam	100,00		10,63	100,00		

Şekil 5.44 A numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılım grafikleri

Tablo 5.25 A numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı

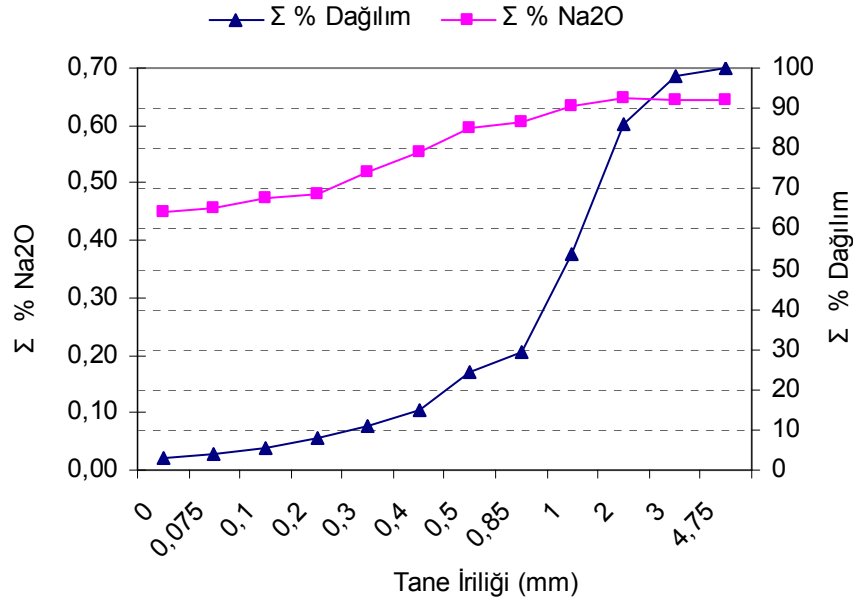
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% MgO	Dağılım % MgO	Σ EA	
					%MgO	%Dağılım
+4,75	1,80	-	0,67	1,57	0,77	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	0,80	12,95	0,78	98,43
-3,35+2	31,03	85,66	0,76	30,50	0,77	85,48
-2,0+1,0	23,67	54,63	0,78	23,94	0,78	54,98
-1+0,85	4,51	30,96	0,71	4,13	0,78	31,04
-0,85+0,5	8,78	26,45	0,72	8,18	0,79	26,91
-0,5+0,4	3,84	17,67	0,78	3,85	0,82	18,73
-0,4+0,3	3,17	13,83	0,77	3,16	0,83	14,88
-0,3+0,2	3,16	10,66	0,81	3,30	0,85	11,72
-0,2+0,1	2,11	7,50	0,81	2,21	0,87	8,42
-0,1+0,075	0,75	5,39	0,82	0,80	0,89	6,21
-0,075	4,64	4,64	0,91	5,41	0,90	5,41
Toplam	100,00		0,77	100,00		



Şekil 5.45 A numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı grafikleri

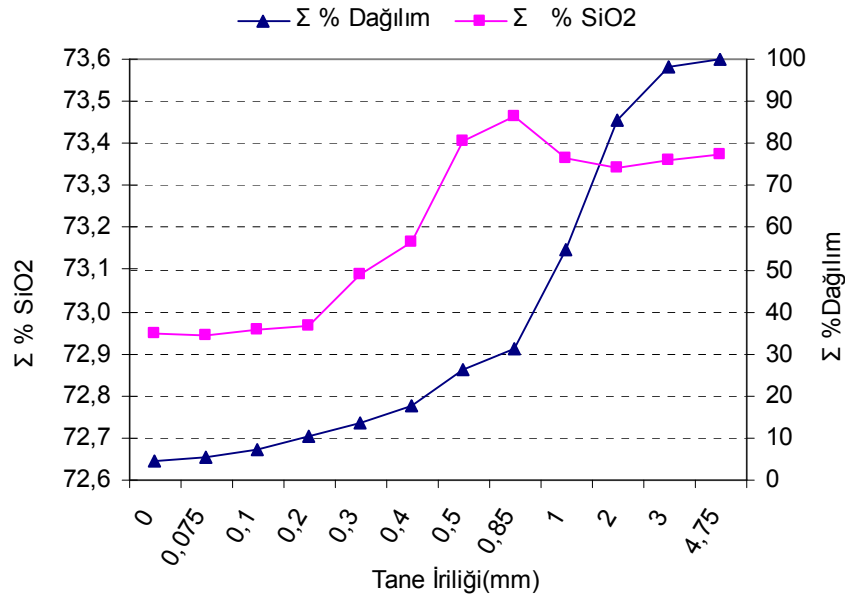
Tablo 5.26 A numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Na ₂ O	Dağılım % Na ₂ O	Σ EA	
					% Na ₂ O	% Dağılım
+4,75	1,80	-	0,67	1,86	0,64	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	0,63	12,26	0,64	98,14
-3,35+2	31,03	85,66	0,67	32,03	0,65	85,88
-2,0+1,0	23,67	54,63	0,67	24,69	0,64	53,85
-1+0,85	4,51	30,96	0,68	4,76	0,61	29,16
-0,85+0,5	8,78	26,45	0,68	9,24	0,59	24,40
-0,5+0,4	3,84	17,67	0,68	4,03	0,55	15,16
-0,4+0,3	3,17	13,83	0,64	3,16	0,52	11,13
-0,3+0,2	3,16	10,66	0,49	2,43	0,48	7,97
-0,2+0,1	2,11	7,50	0,53	1,71	0,48	5,54
-0,1+0,075	0,75	5,39	0,49	0,59	0,46	3,83
-0,075	4,64	4,64	0,45	3,24	0,45	3,24
Toplam	100,00		0,65	100,00		

Şekil 5.46 A numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.27 A numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% SiO ₂	Dağılım % SiO ₂	Σ EA	
					% SiO ₂	%Dağılım
+4,75	1,80	-	73,94	1,81	73,37	100,00
-4,75+3,35	12,54	98,20	73,49	12,56	73,36	98,19
-3,35+2	31,03	85,66	73,31	31,00	73,34	85,63
-2,0+1,0	23,67	54,63	73,23	23,63	73,36	54,63
-1+0,85	4,51	30,96	73,82	4,54	73,46	31,00
-0,85+0,5	8,78	26,45	73,88	8,84	73,40	26,46
-0,5+0,4	3,84	17,67	73,45	3,84	73,17	17,62
-0,4+0,3	3,17	13,83	73,5	3,17	73,09	13,78
-0,3+0,2	3,16	10,66	72,98	3,15	72,97	10,61
-0,2+0,1	2,11	7,50	73	2,09	72,96	7,46
-0,1+0,075	0,75	5,39	72,9	0,75	72,94	5,37
-0,075	4,64	4,64	72,95	4,62	72,95	4,62
Toplam	100,00		73,37	100,00		

Şekil 5.47 A numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı grafikleri

-5 mm' ye kırılmış A hammaddesinin elek-kimyasal analiz değerlerine göre hazırlanmış bulunan tablo 5.21 ile bundan türetilmiş şekil 5.41 verilerinin ışığı altında ham cevherin ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince boyuta doğru bir düşme gösterdiği % Fe₂O₃ oranının ise, iri fraksiyondan ince fraksiyona doğru kısmi artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 5.22 ile şekil 5.42 verilerine göre, ham cevherin ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince fraksiyona doğru düşüş gösterdiği % CaO oranının ise, 4,75 mm' den 0,85 mm tane boyutuna kadar düşüş gösterdiği ancak 0,85 mm' in altındaki tane fraksiyonlarında artış gözlenmektedir.

Tablo 5.23 ve şekil 5.43'e göre, iri tane fraksiyonundan ince taneye doğru ağırlıksal dağılım düşerken, %K₂O oranının da iri taneden, ince taneye doğru düştüğü görülmektedir.

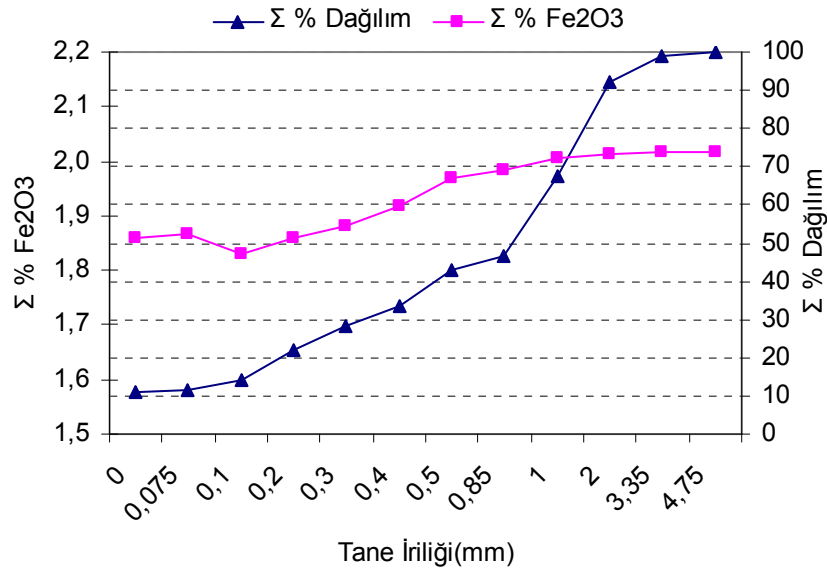
Tablo 5.24 ve şekil 5.44' e göre; %Al₂O₃ -3,35+1 mm arasında artış gösterirken, 1 mm altındaki fraksiyonlarda kısmi azalma görülmektedir.

Tablo 5.25 ile şekil 5.45'e göre; yine ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince boyuta doğru düşme gözlenirken, %MgO değerinde iri fraksiyondan ince boyuta doğru artış olmaktadır.

Tablo 5.26 ve şekil 5.46 incelendiğinde ise ham cevherin % ağırlıksal oranı iri taneden ince taneye doğru düşme, %Na₂O oranında, iri taneden ince taneye doğru da düşme görülmüştür, tablo 5.27 ve şekil 5.47'da ise yine ağırlıksal % dağılımda iri tane fraksiyonundan ince tane fraksiyonuna doğru düşme gözlenirken, %SiO₂ oranında da %72,94-%73,46 arasında birlerine yakın değerler çıkmış ancak yine genel olarak bakıldığında iri taneden ince taneye doğru düşme görülmektedir.

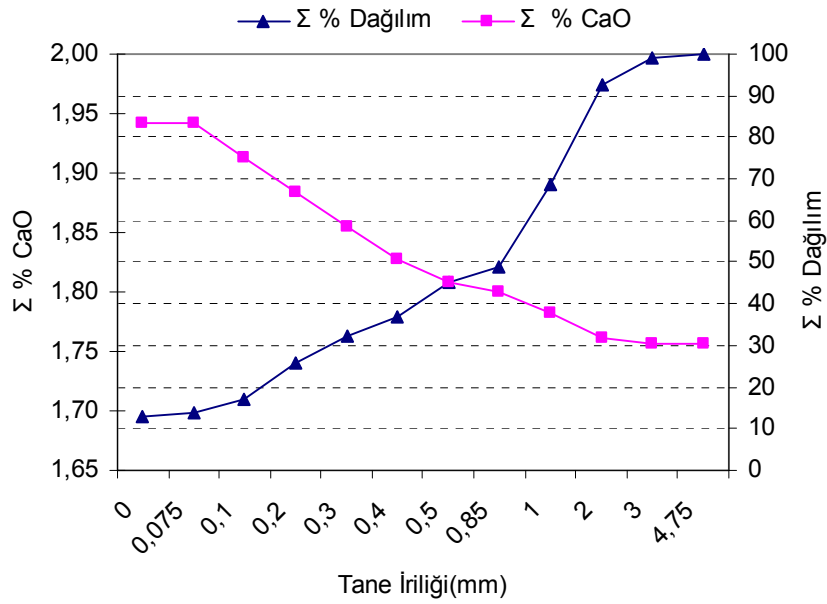
Tablo 5.28 B numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Fe ₂ O ₃	Dağılım % Fe ₂ O ₃	Σ EA	
					% Fe ₂ O ₃	% Dağılım
+4,75	0,72	-	2,19	0,79	2,02	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	2,04	6,93	2,01	99,21
-3,35+2	24,63	92,42	2,04	24,88	2,01	92,28
-2,0+1,0	20,18	67,79	2,06	20,58	2,00	67,40
-1+0,85	3,83	47,61	2,15	4,09	1,98	46,82
-0,85+0,5	8,50	43,78	2,17	9,16	1,97	42,73
-0,5+0,4	4,79	35,28	2,15	5,11	1,92	33,57
-0,4+0,3	6,62	30,49	1,96	6,43	1,88	28,46
-0,3+0,2	8,07	23,87	1,92	7,68	1,86	22,03
-0,2+0,1	3,42	15,80	1,70	2,90	1,83	14,35
-0,1+0,075	0,60	12,38	1,96	0,58	1,87	11,45
-0,075	11,78	11,78	1,86	10,87	1,86	10,87
Toplam	100,00		2,02	100,00		

Şekil 5.48 B numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.29 B numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı

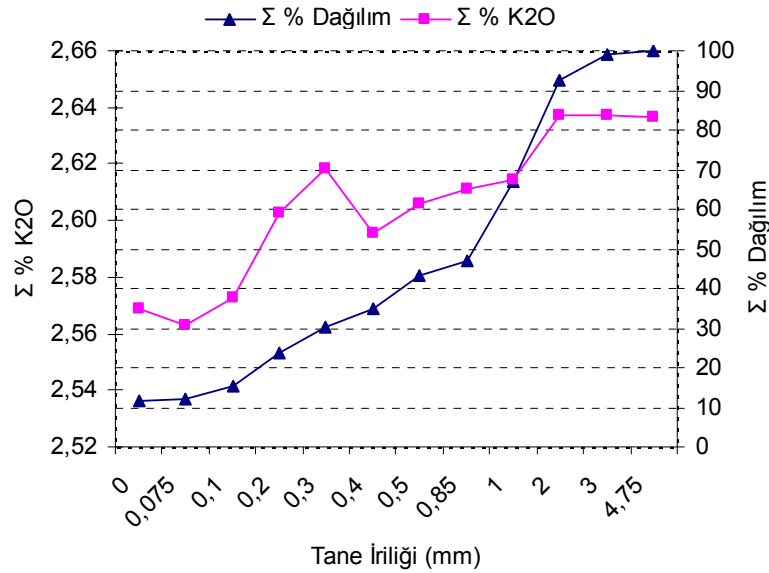
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% CaO	Dağılım % CaO	Σ EA	
					% CaO	%Dağılım
+4,75	0,72	-	1,76	0,73	1,76	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	1,69	6,62	1,76	99,27
-3,35+2	24,63	92,42	1,71	23,91	1,76	92,65
-2,0+1,0	20,18	67,79	1,74	19,99	1,78	68,74
-1+0,85	3,83	47,61	1,71	3,71	1,80	48,75
-0,85+0,5	8,50	43,78	1,73	8,36	1,81	45,04
-0,5+0,4	4,79	35,28	1,65	4,49	1,83	36,67
-0,4+0,3	6,62	30,49	1,75	6,60	1,85	32,19
-0,3+0,2	8,07	23,87	1,82	8,37	1,88	25,59
-0,2+0,1	3,42	15,80	1,81	3,53	1,91	17,22
-0,1+0,075	0,60	12,38	1,95	0,67	1,94	13,69
-0,075	11,78	11,78	1,94	13,02	1,94	13,02
Toplam	100,00		1,76	100,00		



Şekil 5.49 B numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı grafikleri

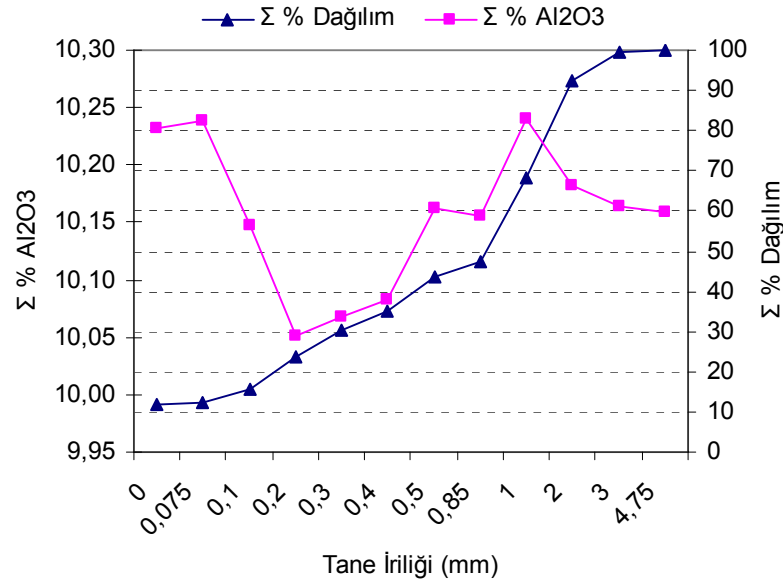
Tablo 5.30 B numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% K ₂ O	Dağılım % K ₂ O	Σ EA	
					% K ₂ O	% Dağılım
+4,75	0,72	-	2,56	0,70	2,64	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	2,63	6,86	2,64	99,30
-3,35+2	24,63	92,42	2,70	25,23	2,64	92,44
-2,0+1,0	20,18	67,79	2,62	20,06	2,61	67,21
-1+0,85	3,83	47,61	2,67	3,88	2,61	47,15
-0,85+0,5	8,50	43,78	2,65	8,54	2,61	43,27
-0,5+0,4	4,79	35,28	2,45	4,45	2,60	34,73
-0,4+0,3	6,62	30,49	2,67	6,71	2,62	30,28
-0,3+0,2	8,07	23,87	2,66	8,14	2,60	23,57
-0,2+0,1	3,42	15,80	2,61	3,39	2,57	15,43
-0,1+0,075	0,60	12,38	2,45	0,56	2,56	12,04
-0,075	11,78	11,78	2,57	11,48	2,57	11,48
Toplam	100,00		2,64	100,00		

Şekil 5.50 B numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

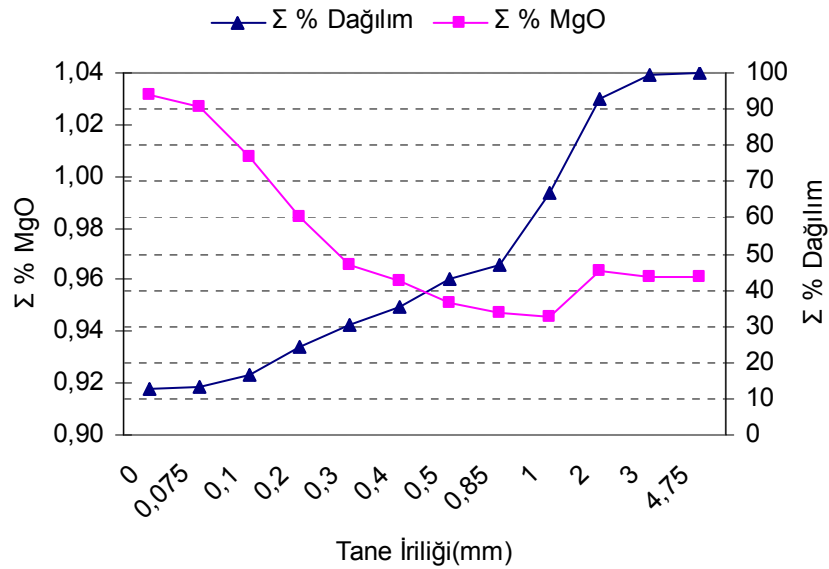
Tablo 5.31 B numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Al ₂ O ₃	Dağılım % Al ₂ O ₃	Σ EA	
					% Al ₂ O ₃	% Dağılım
+4,75	0,72	-	9,60	0,69	10,16	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	9,92	6,70	10,16	99,31
-3,35+2	24,63	92,42	10,02	24,30	10,18	92,61
-2,0+1,0	20,18	67,79	10,44	20,73	10,24	68,31
-1+0,85	3,83	47,61	10,07	3,79	10,16	47,58
-0,85+0,5	8,50	43,78	10,49	8,78	10,16	43,79
-0,5+0,4	4,79	35,28	10,18	4,80	10,08	35,01
-0,4+0,3	6,62	30,49	10,13	6,60	10,07	30,21
-0,3+0,2	8,07	23,87	9,87	7,83	10,05	23,61
-0,2+0,1	3,42	15,80	9,81	3,31	10,15	15,78
-0,1+0,075	0,60	12,38	10,39	0,61	10,24	12,47
-0,075	11,78	11,78	10,23	11,86	10,23	11,86
Toplam	100,00		10,16	100,00		

Şekil 5.51 B numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.32 B numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı

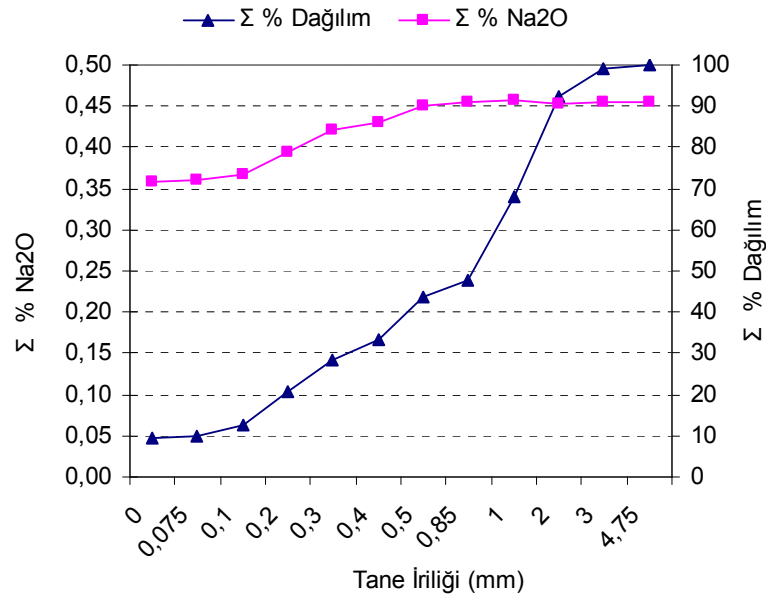
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% MgO	Dağılım % MgO	Σ EA	
					% MgO	% Dağılım
+4,75	0,72	-	0,96	0,72	0,96	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	0,92	6,58	0,96	99,28
-3,35+2	24,63	92,42	1,01	25,97	0,96	92,70
-2,0+1,0	20,18	67,79	0,94	19,81	0,95	66,73
-1+0,85	3,83	47,61	0,90	3,59	0,95	46,92
-0,85+0,5	8,50	43,78	0,91	8,08	0,95	43,33
-0,5+0,4	4,79	35,28	0,92	4,59	0,96	35,25
-0,4+0,3	6,62	30,49	0,90	6,19	0,97	30,66
-0,3+0,2	8,07	23,87	0,94	7,89	0,98	24,47
-0,2+0,1	3,42	15,80	0,94	3,34	1,01	16,58
-0,1+0,075	0,60	12,38	0,94	0,59	1,03	13,24
-0,075	11,78	11,78	1,03	12,65	1,03	12,65
Toplam	100,00		0,96	100,00		



Şekil 5.52 B numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı grafikleri

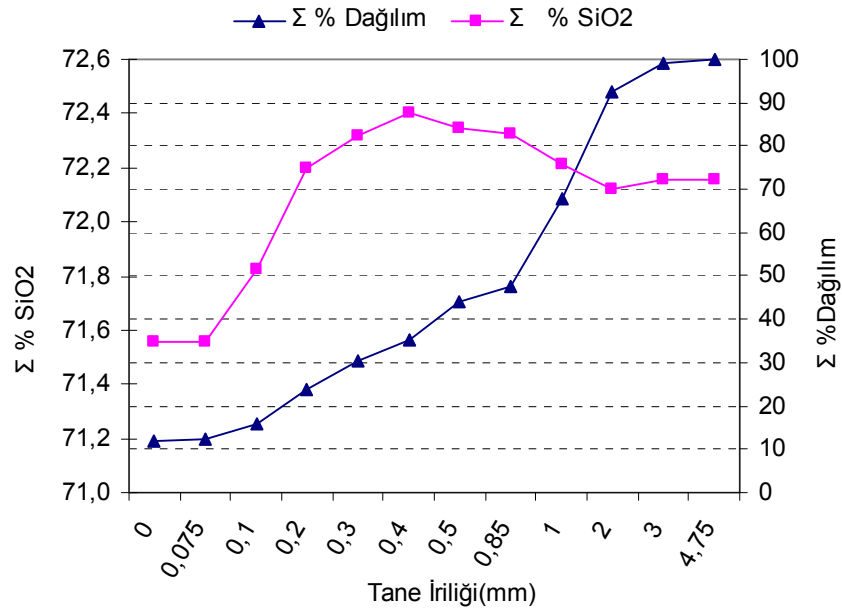
Tablo 5.33 B numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Na ₂ O	Dağılım % Na ₂ O	Σ EA	
					% Na ₂ O	% Dağılım
+4,75	0,72	-	0,46	0,73	0,45	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	0,46	6,95	0,45	99,27
-3,35+2	24,63	92,42	0,44	24,08	0,45	92,32
-2,0+1,0	20,18	67,79	0,46	20,53	0,46	68,24
-1+0,85	3,83	47,61	0,50	4,23	0,46	47,71
-0,85+0,5	8,50	43,78	0,53	10,00	0,45	43,48
-0,5+0,4	4,79	35,28	0,50	5,25	0,43	33,48
-0,4+0,3	6,62	30,49	0,52	7,53	0,42	28,23
-0,3+0,2	8,07	23,87	0,45	7,95	0,39	20,70
-0,2+0,1	3,42	15,80	0,39	2,94	0,37	12,75
-0,1+0,075	0,60	12,38	0,38	0,50	0,36	9,81
-0,075	11,78	11,78	0,36	9,31	0,36	9,31
Toplam	100,00		0,45	100,00		

Şekil 5.33 B numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.34 B numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% SiO ₂	Dağılım % SiO ₂	Σ EA	
					% SiO ₂	% Dağılım
+4,75	0,72	-	72,19	0,73	72,16	100,00
-4,75+3,35	6,86	99,28	72,61	6,91	72,15	99,27
-3,35+2	24,63	92,42	71,86	24,53	72,12	92,36
-2,0+1,0	20,18	67,79	71,95	20,12	72,22	67,83
-1+0,85	3,83	47,61	72,11	3,82	72,33	47,71
-0,85+0,5	8,50	43,78	72,1	8,49	72,35	43,89
-0,5+0,4	4,79	35,28	72,97	4,84	72,41	35,40
-0,4+0,3	6,62	30,49	72,76	6,67	72,32	30,56
-0,3+0,2	8,07	23,87	72,92	8,15	72,20	23,89
-0,2+0,1	3,42	15,80	72,79	3,46	71,83	15,74
-0,1+0,075	0,60	12,38	71,51	0,59	71,56	12,28
-0,075	11,78	11,78	71,56	11,69	71,56	11,69
Toplam	100,00		72,15	100,00		

Şekil 5.54 B numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı grafikleri

B hammaddesinin elek-kimyasal analiz sonuçlarına göre hazırlanan tablo 5.28 ve bundan türetilmiş şekil 5.48'e göre, yine A hammaddesinde olduğu gibi ham cevherin ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince boyuta doğru bir düşme gösterdiği ve % Fe₂O₃ oranının iri tane boyutundan ince tane boyutuna kadar düşme gösterdiği ancak -0,1 mm tane boyutu altında artış olmaktadır, yine B numunesine bağlı olarak elde edilen şekil 5.49'da % CaO oranı ile % ağırlıksal değerlerin orantılı olduğu görülmektedir, yani tane boyutu ağırlıksal olarak iri tane boyutundan ince tane boyutuna doğru düşme gösterirken, % CaO oranında da artış görülmektedir.

Tablo 5.30 ve şekil 5.50 incelendiğinde, % ağırlıksal dağılım benzer özellikte olurken % K₂O oranı -4,75+2 mm arasında sabit kalmış, iri taneden ince taneye doğru azalma olurken -2+0,5 mm boyutu arasında yine sabit kalmış ve -0,4+0,3 mm' de tekrar bir artış olurken, -0,3 mm altında tekrar bir düşüş olmuştur.

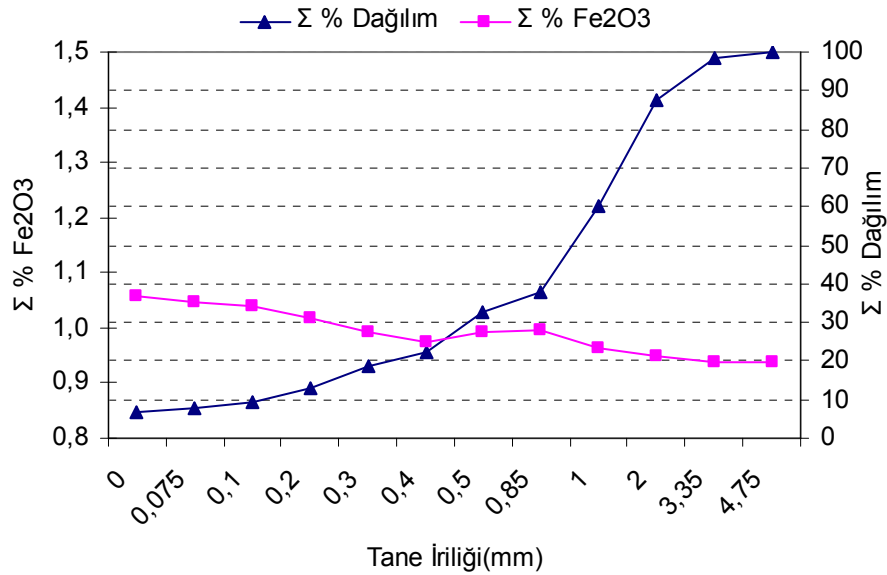
Tablo 5.31 ve şekil 5.51' de %Al₂O₃ oranında iri tane boyutundan ince taneye doğru -4,75+1 mm arasında artış olduğu, -1+0,2 mm arasında iri tane boyutundan ince tane boyutuna doğru düşüş ve -0,2 mm tane boyutunda ise tekrar artış olduğu görülmektedir.

Tablo 5.32 ile şekil 5.52'e göre; %MgO oranı -4,75+2 mm ve -2,0+0,5 mm tane boyutları arasında sabit kalırken, -0,5+0,075 mm arasında iri taneden ince taneye doğru artış gözlenmektedir.

Tablo 5.33 ve şekil 5.53'de ise %Na₂O oranı -4,75+0,5 mm arasında sabit kalırken, -0,5mm altında iri taneden ince taneye doğru bir düşüş olmaktadır. Tablo 5.34 ile şekil 5.54' e göre % SiO₂ oranında -4,75+2 mm arasında iri fraksiyondan inceye doğru düşüş olurken, -2 mm' den 0,4 mm' ye kadar bir artış, -0,4 mm altında da iri tane boyutundan inceye doğru bir düşüş görülmektedir.

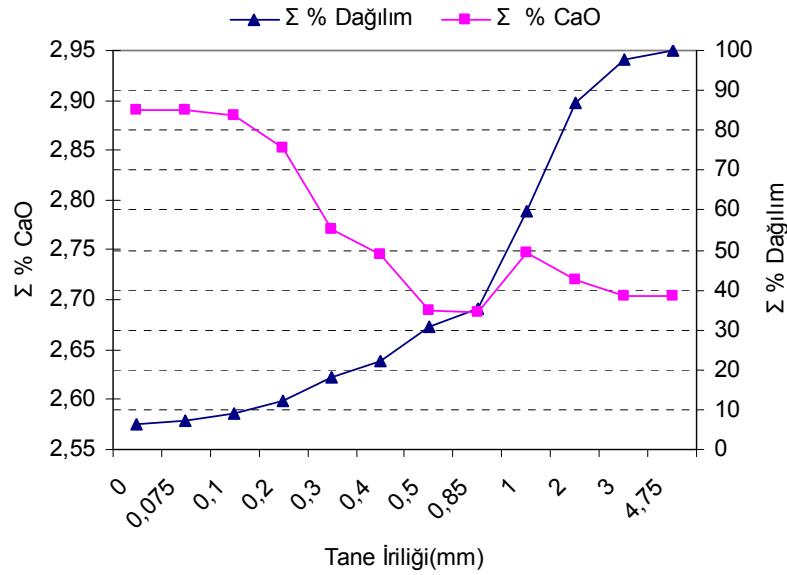
Tablo 5.35 C numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Fe ₂ O ₃	Dağılım % Fe ₂ O ₃	Σ EA	
					% Fe ₂ O ₃	% Dağılım
+4,75	2,02	-	0,82	1,77	0,94	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	0,87	10,81	0,94	98,23
-3,35+2	27,67	86,34	0,92	27,07	0,95	87,42
-2,0+1,0	23,09	58,67	0,92	22,59	0,96	60,35
-1+0,85	4,81	35,58	1,01	5,19	0,99	37,76
-0,85+0,5	9,11	30,77	1,03	10,05	0,99	32,57
-0,5+0,4	3,96	21,66	0,89	3,78	0,97	22,52
-0,4+0,3	5,98	17,70	0,94	6,00	0,99	18,74
-0,3+0,2	3,25	11,72	0,96	3,34	1,02	12,74
-0,2+0,1	1,54	8,47	1,01	1,66	1,04	9,40
-0,1+0,075	1,04	6,93	0,99	1,10	1,05	7,74
-0,075	5,89	5,89	1,06	6,64	1,06	6,64
Toplam	100,00		0,94	100,00		

Şekil 5.55 C numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.36 C numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı

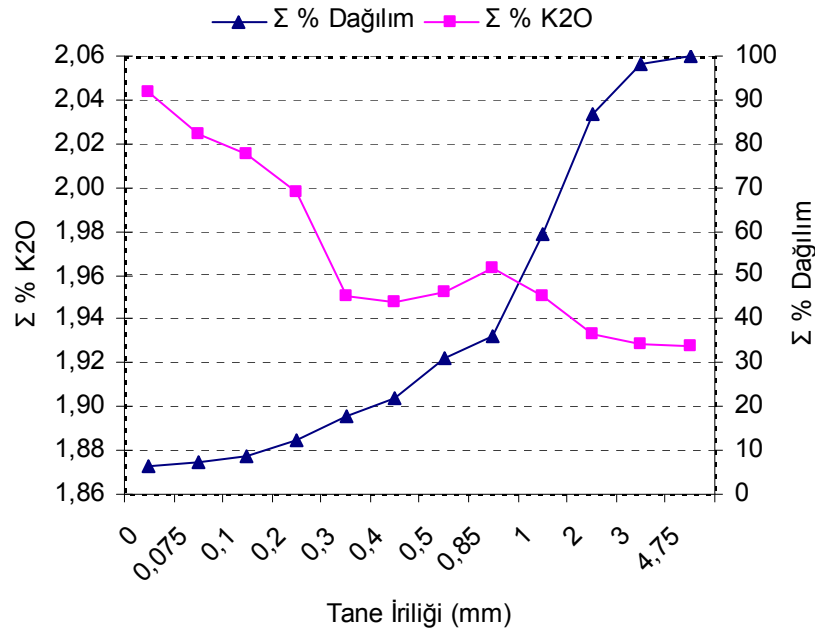
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% CaO	Dağılım % CaO	Σ EA	
					% CaO	%Dağılım
+4,75	2,02	-	2,73	2,04	2,70	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	2,59	11,15	2,70	97,96
-3,35+2	27,67	86,34	2,66	27,21	2,72	86,81
-2,0+1,0	23,09	58,67	2,84	24,25	2,75	59,60
-1+0,85	4,81	35,58	2,67	4,75	2,69	35,35
-0,85+0,5	9,11	30,77	2,56	8,62	2,69	30,60
-0,5+0,4	3,96	21,66	2,63	3,86	2,75	21,98
-0,4+0,3	5,98	17,70	2,61	5,77	2,77	18,12
-0,3+0,2	3,25	11,72	2,77	3,32	2,85	12,35
-0,2+0,1	1,54	8,47	2,86	1,63	2,88	9,03
-0,1+0,075	1,04	6,93	2,89	1,11	2,89	7,40
-0,075	5,89	5,89	2,89	6,29	2,89	6,29
Toplam	100,00		2,70	100,00		



Şekil 5.56 C numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı grafikleri

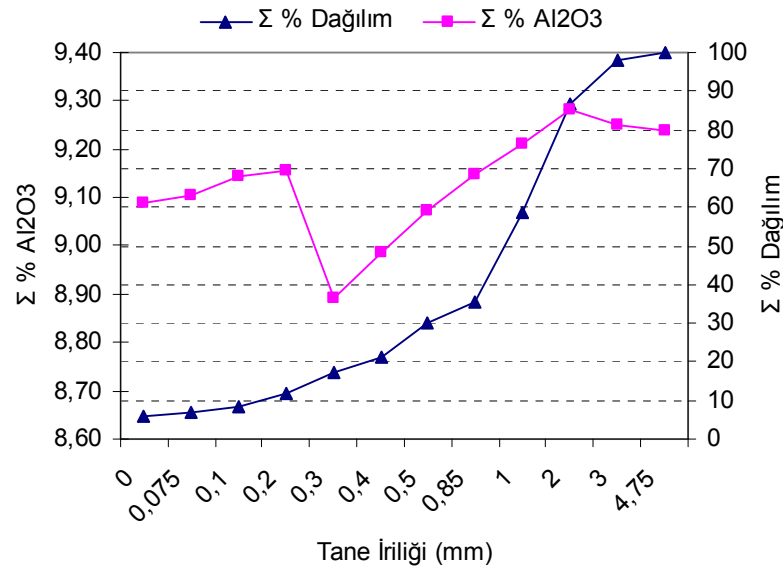
Tablo 5.37 C numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% K ₂ O	Dağılım % K ₂ O	Σ EA	
					% K ₂ O	% Dağılım
+4,75	2,02	-	1,86	1,94	1,93	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	1,90	11,48	1,93	98,06
-3,35+2	27,67	86,34	1,89	27,19	1,93	86,58
-2,0+1,0	23,09	58,67	1,93	23,14	1,95	59,39
-1+0,85	4,81	35,58	2,03	5,08	1,96	36,25
-0,85+0,5	9,11	30,77	1,96	9,28	1,95	31,17
-0,5+0,4	3,96	21,66	1,94	3,98	1,95	21,89
-0,4+0,3	5,98	17,70	1,86	5,76	1,95	17,91
-0,3+0,2	3,25	11,72	1,95	3,29	2,00	12,15
-0,2+0,1	1,54	8,47	1,97	1,58	2,02	8,86
-0,1+0,075	1,04	6,93	1,92	1,04	2,02	7,28
-0,075	5,89	5,89	2,04	6,24	2,04	6,24
Toplam	100,00		1,93	100,00		

Şekil 5.57 C numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

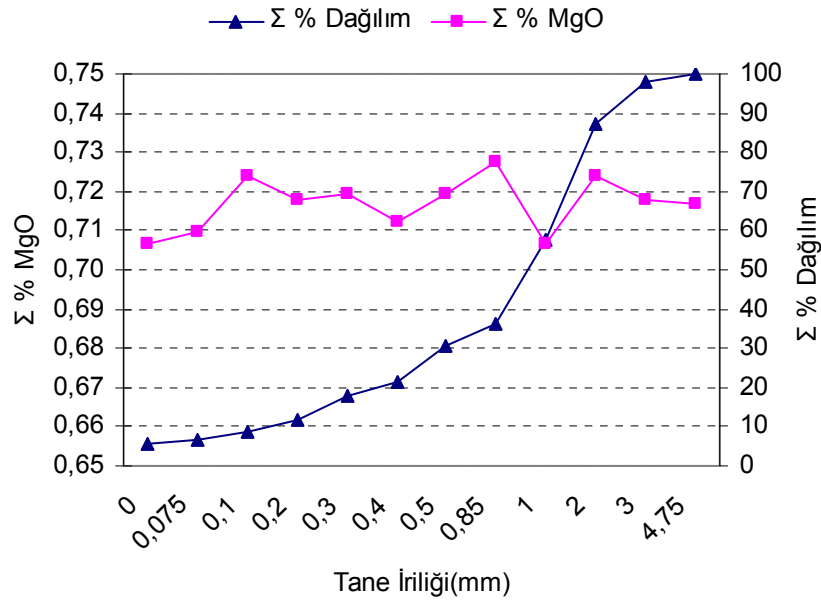
Tablo 5.38 C numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Al ₂ O ₃	Dağılım % Al ₂ O ₃	Σ EA	
					% Al ₂ O ₃	% Dağılım
+4,75	2,02	-	8,72	1,90	9,24	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	9,03	11,38	9,25	98,10
-3,35+2	27,67	86,34	9,43	28,24	9,28	86,72
-2,0+1,0	23,09	58,67	9,31	23,26	9,21	58,48
-1+0,85	4,81	35,58	9,65	5,03	9,15	35,22
-0,85+0,5	9,11	30,77	9,27	9,14	9,07	30,19
-0,5+0,4	3,96	21,66	9,40	4,03	8,98	21,05
-0,4+0,3	5,98	17,70	8,38	5,42	8,89	17,02
-0,3+0,2	3,25	11,72	9,18	3,22	9,15	11,60
-0,2+0,1	1,54	8,47	9,34	1,55	9,15	8,38
-0,1+0,075	1,04	6,93	9,18	1,04	9,10	6,83
-0,075	5,89	5,89	9,09	5,79	9,09	5,79
Toplam	100,00		9,24	100,00		

Şekil 5.58 C numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.39 C numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı

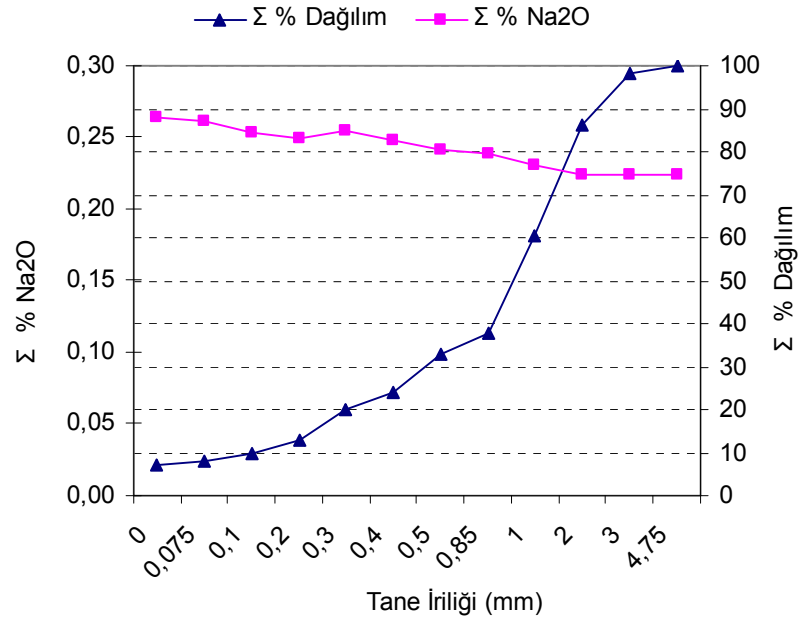
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% MgO	Dağılım % MgO	Σ EA	
					% MgO	% Dağılım
+4,75	2,02	-	0,67	1,88	0,72	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	0,67	10,96	0,72	98,12
-3,35+2	27,67	86,34	0,76	29,36	0,72	87,16
-2,0+1,0	23,09	58,67	0,67	21,71	0,71	57,80
-1+0,85	4,81	35,58	0,78	5,24	0,73	36,09
-0,85+0,5	9,11	30,77	0,74	9,34	0,72	30,85
-0,5+0,4	3,96	21,66	0,68	3,76	0,71	21,51
-0,4+0,3	5,98	17,70	0,72	6,02	0,72	17,75
-0,3+0,2	3,25	11,72	0,70	3,18	0,72	11,73
-0,2+0,1	1,54	8,47	0,79	1,69	0,72	8,55
-0,1+0,075	1,04	6,93	0,73	1,06	0,71	6,86
-0,075	5,89	5,89	0,71	5,80	0,71	5,80
Toplam	100,00		0,72	100,00		



Şekil 5.59 C numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı grafikleri

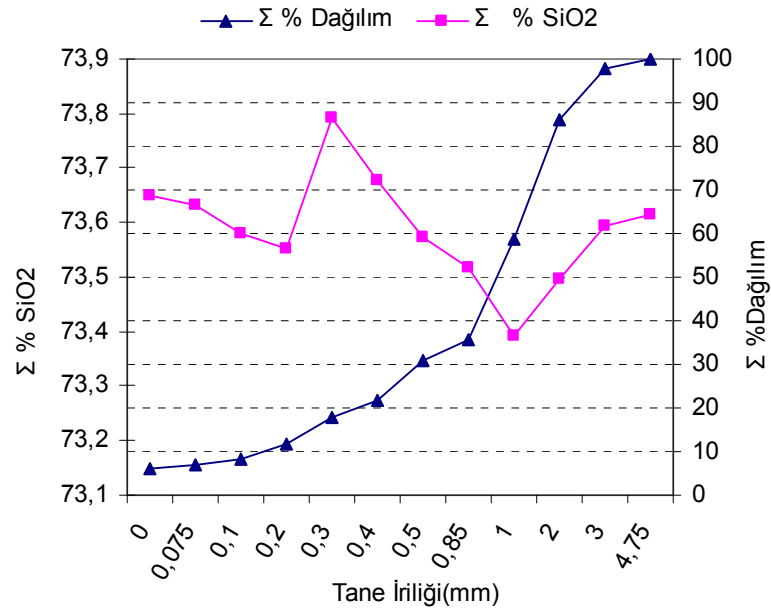
Tablo 5.40 C numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Na ₂ O	Dağılım % Na ₂ O	Σ EA	
					% Na ₂ O	% Dağılım
+4,75	2,02	-	0,22	1,99	0,22	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	0,23	11,67	0,22	98,01
-3,35+2	27,67	86,34	0,21	26,11	0,22	86,34
-2,0+1,0	23,09	58,67	0,22	22,52	0,23	60,23
-1+0,85	4,81	35,58	0,22	4,72	0,24	37,71
-0,85+0,5	9,11	30,77	0,22	9,03	0,24	32,99
-0,5+0,4	3,96	21,66	0,22	3,91	0,25	23,96
-0,4+0,3	5,98	17,70	0,26	7,03	0,25	20,05
-0,3+0,2	3,25	11,72	0,24	3,46	0,25	13,02
-0,2+0,1	1,54	8,47	0,22	1,49	0,25	9,56
-0,1+0,075	1,04	6,93	0,25	1,14	0,26	8,07
-0,075	5,89	5,89	0,26	6,93	0,26	6,93
Toplam	100,00		0,22	100,00		

Şekil 5.60 C numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.41 C numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% SiO ₂	Dağılım % SiO ₂	Σ EA	
					% SiO ₂	% Dağılım
+4,75	2,02	-	74,74	2,05	73,62	100,00
-4,75+3,35	11,64	97,98	74,3	11,75	73,60	97,95
-3,35+2	27,67	86,34	73,72	27,71	73,50	86,20
-2,0+1,0	23,09	58,67	73,2	22,96	73,40	58,49
-1+0,85	4,81	35,58	73,16	4,78	73,52	35,53
-0,85+0,5	9,11	30,77	73,32	9,07	73,58	30,75
-0,5+0,4	3,96	21,66	73,17	3,94	73,69	21,68
-0,4+0,3	5,98	17,70	74,26	6,03	73,81	17,74
-0,3+0,2	3,25	11,72	73,49	3,24	73,58	11,71
-0,2+0,1	1,54	8,47	73,33	1,53	73,61	8,47
-0,1+0,075	1,04	6,93	73,54	1,05	73,67	6,94
-0,075	5,89	5,89	73,65	5,89	73,65	5,89
Toplam	100,00		73,62	100,00		

Şekil 5.61 C numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı grafikleri

C hammaddesi için hazırlanan elek-kimyasal analiz değerlerine göre her bir % dağılım değerlerinde yine A ve B numunelerinde de olduğu gibi ham cevherin ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince boyuta doğru düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.35 ve bundan türetilen şekil 5.55'e göre iri boyuttan ince boyuta doğru $\%Fe_2O_3$ oranının +4,75 mm' den -0,075 mm' ye bir artış gösterirken, -0,5+0,4 mm' de bir düşüş olduğu görülmektedir. Tablo 5.36 ve şekil 5.56'da $\%CaO$ oranı incelendiğinde; iri boyuttan ince boyuta doğru -4,75+1 mm arasında ve -0,5+0,075 mm arasında artış olurken, -1+0,5 mm arasında düşüş olduğu gözlenmektedir.

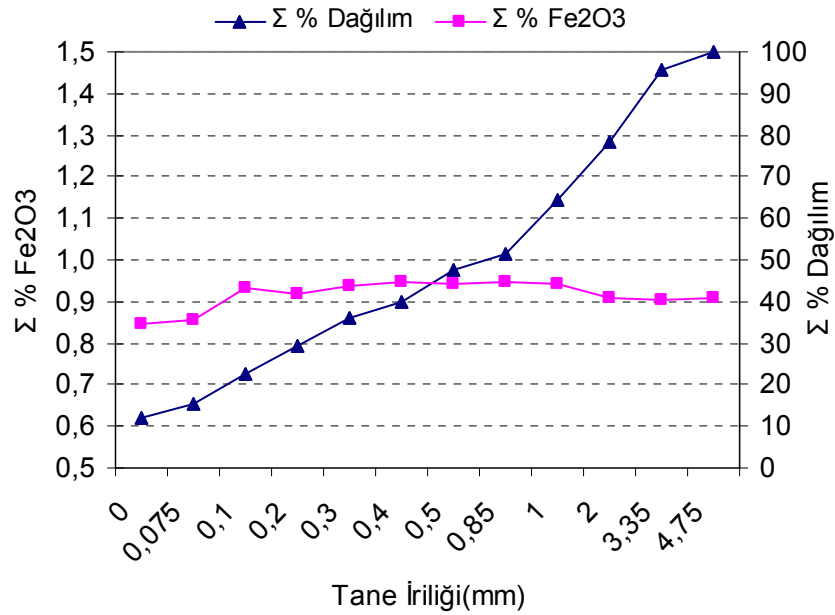
$\%K_2O$ oranı için oluşturulan tablo 5.37 ve şekil 5.57' a göre; iri tane fraksiyondan ince fraksiyona doğru bir olduğu, -4,75+2 mm ve -0,85+0,3 mm arasında oranların aynı kaldığı söylenebilir. $\%Al_2O_3$ için çizilen tablo 5.38 ile şekil 5.58 incelendiğinde; iri boyuttan inceye doğru yani +4,75 mm' den +2 mm' ye kadar bir artış olurken, -2+0,3 mm arasındaki fraksiyonlarda bir düşüş varken, -0,3 mm altındaki fraksiyonlarda da tekrar bir artış olmuştur.

Tablo 5.39 ve şekil 5.59'e göre $\%MgO$ oranına bakıldığında, +4,75 mm ve + 2 mm arasındaki fraksiyonlarında ve -0,4+0,1 mm arasındaki fraksiyonlarda aynı oranlarda olduğu, -1+0,85 mm boyutunda en yüksek olurken, -0,1 mm altında düşüş görülmektedir. Söz konusu bu oranlardaki düşüş ve artışlar büyük miktarda olmayıp $\%0,01$ oranlardaki farklılıklardır ki, bu oranlar da büyük farklılıklar değildir.

Tablo 5.40 ve şekil 5.60' a göre; C numunesinin $\%Na_2O$ oranına göre iri fraksiyondan ince fraksiyona artış görülmektedir ve % dağılım oranıyla orantılı görünmektedir. Tablo 5.41 ve bundan türetilmiş şekil 5.61'e $\%SiO_2$ oranında iri boyuttan inceye doğru artış varken, en yüksek oranın -0,4+0,3 mm' de $\%73,81$ olduğu, en düşük oranın da $\%73,40$ ile -2+1 mm arasında olduğu belirlenmiştir.

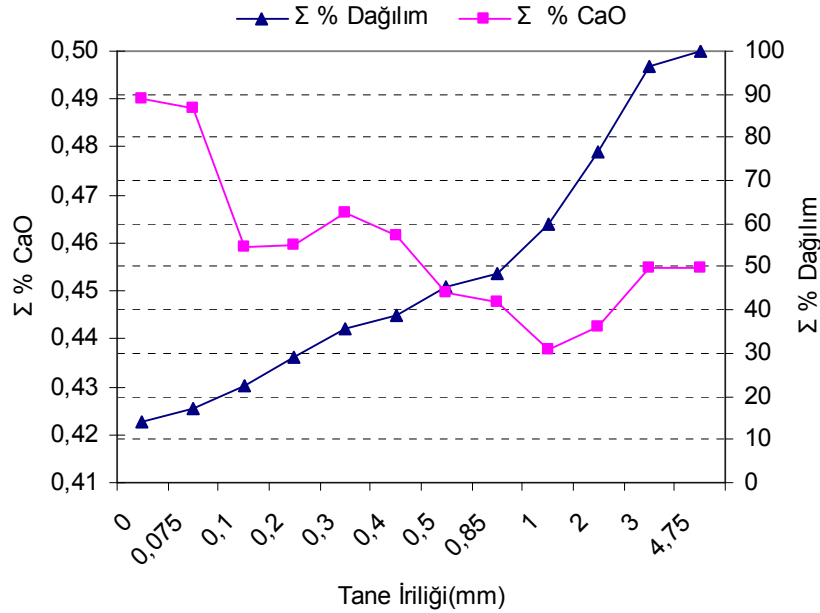
Tablo 5.42 D numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Fe ₂ O ₃	Dağılım % Fe ₂ O ₃	Σ EA	
					% Fe ₂ O ₃	% Dağılım
+4,75	3,55	-	1,06	4,13	0,91	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	0,89	17,29	0,91	95,87
-3,35+2	16,71	78,82	0,78	14,24	0,91	78,58
-2,0+1,0	12,88	62,11	0,92	13,01	0,94	64,34
-1+0,85	3,31	49,23	1,08	3,93	0,95	51,33
-0,85+0,5	7,51	45,92	0,89	7,37	0,94	47,40
-0,5+0,4	3,41	38,41	1,06	3,96	0,95	40,03
-0,4+0,3	6,04	35,00	1,03	6,86	0,94	36,07
-0,3+0,2	6,90	28,96	0,87	6,59	0,92	29,21
-0,2+0,1	5,91	22,06	1,15	7,47	0,93	22,62
-0,1+0,075	2,97	16,15	0,89	2,91	0,85	15,15
-0,075	13,18	13,18	0,85	12,24	0,85	12,24
Toplam	100,00		0,91	100,00		

Şekil 5.62 D numunesinin tane iriliğine göre Fe₂O₃ % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.43 D numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı

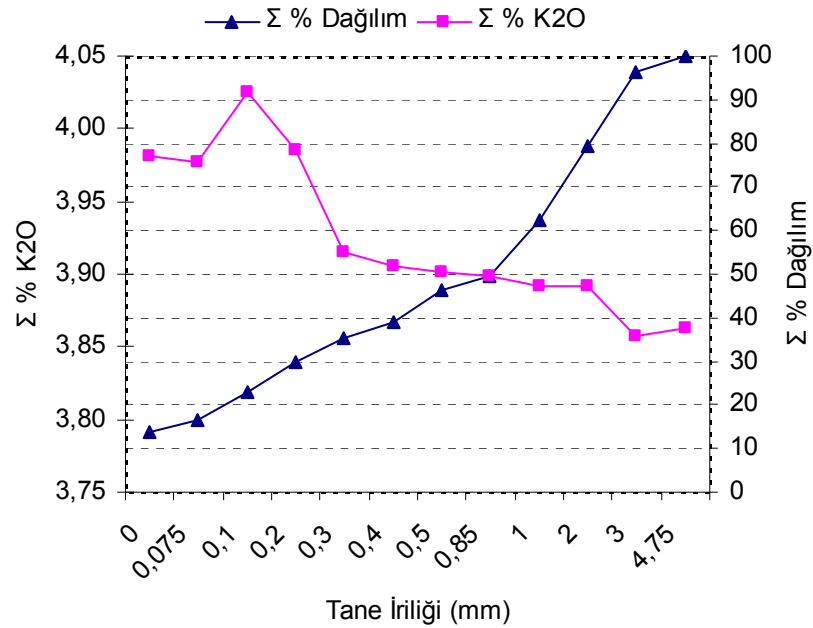
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% CaO	Dağılım % CaO	Σ EA	
					% CaO	% Dağılım
+4,75	3,55	-	0,45	3,52	0,45	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	0,51	19,77	0,45	96,48
-3,35+2	16,71	78,82	0,46	16,91	0,44	76,71
-2,0+1,0	12,88	62,11	0,4	11,33	0,44	59,80
-1+0,85	3,31	49,23	0,42	3,06	0,45	48,47
-0,85+0,5	7,51	45,92	0,39	6,44	0,45	45,41
-0,5+0,4	3,41	38,41	0,41	3,07	0,46	38,97
-0,4+0,3	6,04	35,00	0,5	6,64	0,47	35,90
-0,3+0,2	6,90	28,96	0,46	6,98	0,46	29,26
-0,2+0,1	5,91	22,06	0,38	4,94	0,46	22,28
-0,1+0,075	2,97	16,15	0,48	3,14	0,49	17,34
-0,075	13,18	13,18	0,49	14,20	0,49	14,20
Toplam	100,00		0,45	100,00		



Şekil 5.63 D numunesinin tane iriliğine göre CaO % oranı ve dağılımı grafikleri

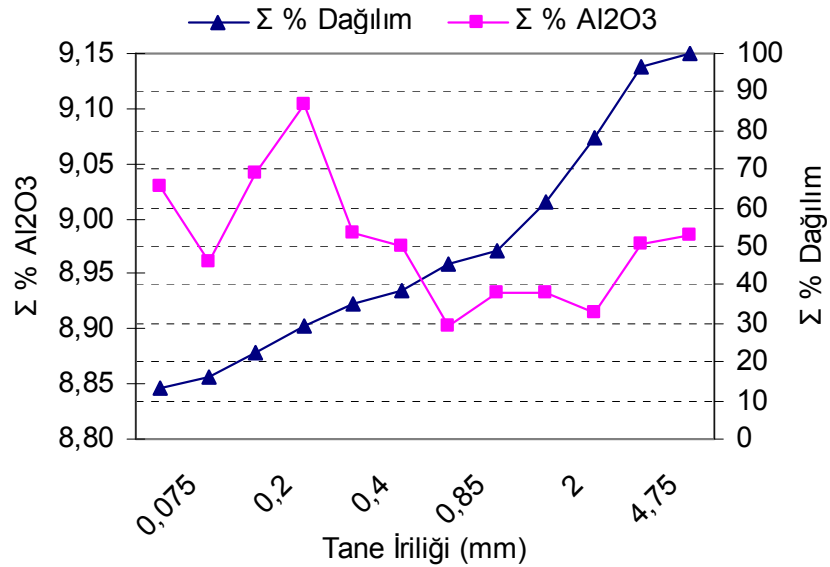
Tablo 5.44 D numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% K ₂ O	Dağılım % K ₂ O	Σ EA	
					% K ₂ O	% Dağılım
+4,75	3,55	-	4,00	3,68	3,86	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	3,70	16,90	3,86	96,32
-3,35+2	16,71	78,82	3,89	16,83	3,89	79,42
-2,0+1,0	12,88	62,11	3,87	12,90	3,89	62,59
-1+0,85	3,31	49,23	3,86	3,30	3,90	49,69
-0,85+0,5	7,51	45,92	3,88	7,54	3,90	46,39
-0,5+0,4	3,41	38,41	3,82	3,37	3,91	38,85
-0,4+0,3	6,04	35,00	3,58	5,59	3,91	35,48
-0,3+0,2	6,90	28,96	3,86	6,90	3,99	29,89
-0,2+0,1	5,91	22,06	4,16	6,36	4,03	22,99
-0,1+0,075	2,97	16,15	3,96	3,05	3,98	16,63
-0,075	13,18	13,18	3,98	13,58	3,98	13,58
Toplam	100,00		3,86	100,00		

Şekil 5. 64 D numunesinin tane iriliğine göre K₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

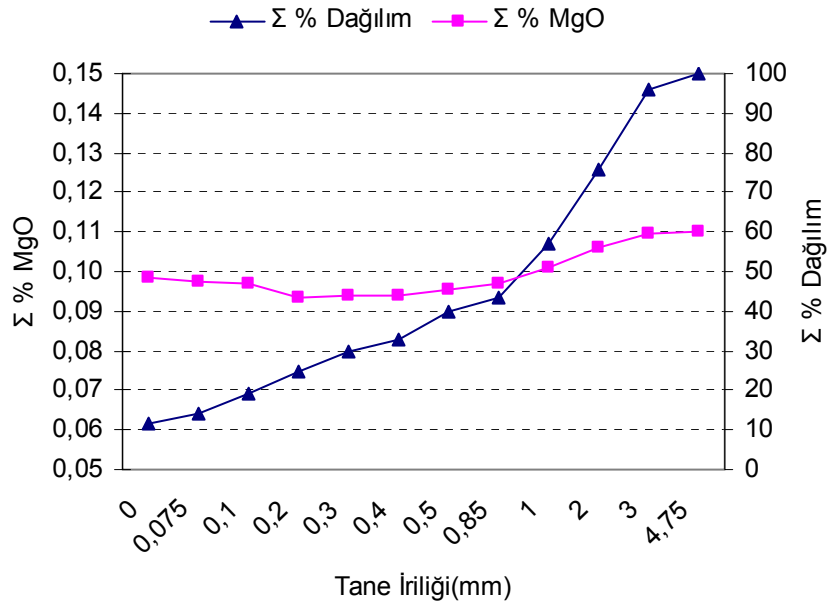
Tablo 5.45 D numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Al ₂ O ₃	Dağılım % Al ₂ O ₃	Σ EA	
					% Al ₂ O ₃	% Dağılım
+4,75	3,55	-	9,21	3,64	8,99	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	9,26	18,16	8,98	96,36
-3,35+2	16,71	78,82	8,85	16,46	8,91	78,20
-2,0+1,0	12,88	62,11	8,94	12,81	8,93	61,74
-1+0,85	3,31	49,23	9,35	3,44	8,93	48,93
-0,85+0,5	7,51	45,92	8,53	7,13	8,90	45,49
-0,5+0,4	3,41	38,41	8,85	3,35	8,98	38,36
-0,4+0,3	6,04	35,00	8,44	5,67	8,99	35,01
-0,3+0,2	6,90	28,96	9,30	7,15	9,10	29,34
-0,2+0,1	5,91	22,06	9,26	6,09	9,04	22,19
-0,1+0,075	2,97	16,15	8,66	2,86	8,96	16,10
-0,075	13,18	13,18	9,03	13,24	9,03	13,24
Toplam	100,00		8,98	100,00		

Şekil 5.65 D numunesinin tane iriliğine göre Al₂O₃ % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.46 D numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı

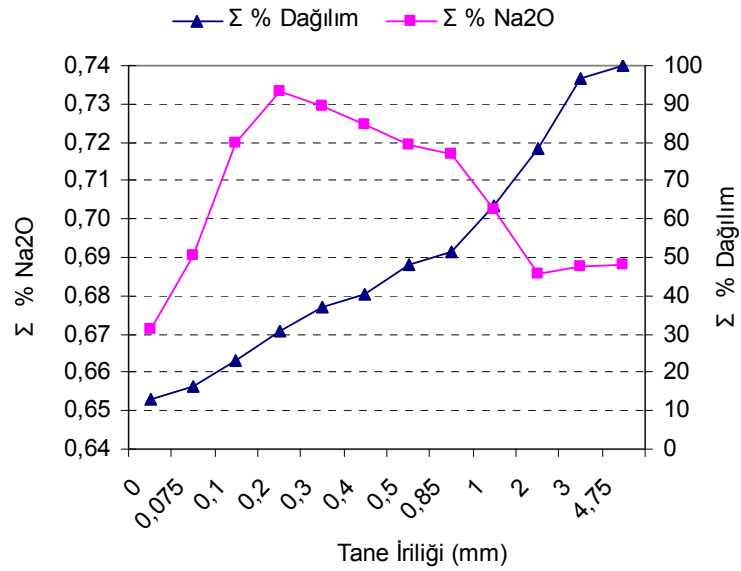
Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% MgO	Dağılım % MgO	Σ EA	
					% MgO	% Dağılım
+4,75	3,55	-	0,13	4,11	0,11	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	0,13	20,05	0,11	95,89
-3,35+2	16,71	78,82	0,12	18,80	0,11	75,84
-2,0+1,0	12,88	62,11	0,12	13,74	0,10	57,04
-1+0,85	3,31	49,23	0,12	3,45	0,10	43,30
-0,85+0,5	7,51	45,92	0,11	7,18	0,10	39,85
-0,5+0,4	3,41	38,41	0,09	2,88	0,09	32,67
-0,4+0,3	6,04	35,00	0,10	5,29	0,09	29,79
-0,3+0,2	6,90	28,96	0,08	5,12	0,09	24,50
-0,2+0,1	5,91	22,06	0,10	5,12	0,10	19,38
-0,1+0,075	2,97	16,15	0,09	2,49	0,10	14,26
-0,075	13,18	13,18	0,10	11,77	0,10	11,77
Toplam	100,00		0,11	100,00		



Şekil 5.66 D numunesinin tane iriliğine göre MgO % oranı ve dağılımı grafikleri

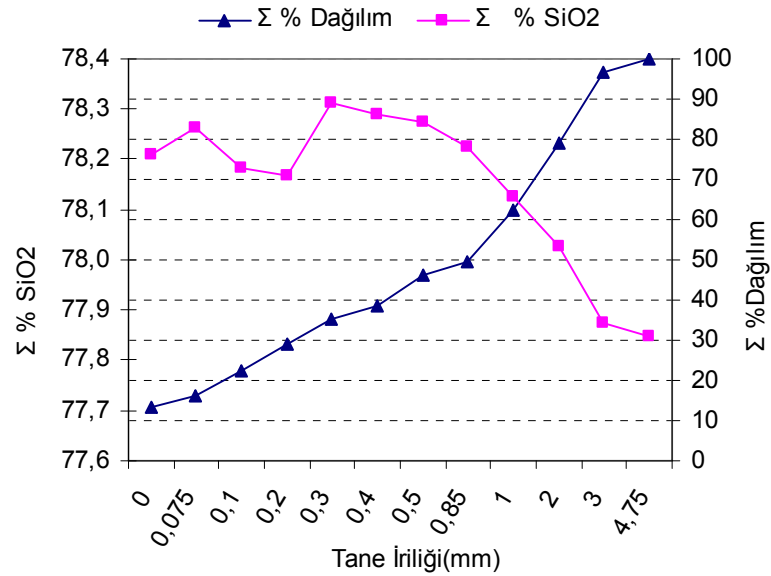
Tablo 5.47 D numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% Na ₂ O	Dağılım % Na ₂ O	Σ EA	
					% Na ₂ O	% Dağılım
+4,75	3,55	-	0,69	3,58	0,69	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	0,70	17,85	0,69	96,42
-3,35+2	16,71	78,82	0,62	15,16	0,69	78,57
-2,0+1,0	12,88	62,11	0,65	12,12	0,70	63,41
-1+0,85	3,31	49,23	0,68	3,27	0,72	51,29
-0,85+0,5	7,51	45,92	0,69	7,56	0,72	48,02
-0,5+0,4	3,41	38,41	0,68	3,36	0,72	40,46
-0,4+0,3	6,04	35,00	0,71	6,24	0,73	37,10
-0,3+0,2	6,90	28,96	0,78	7,79	0,73	30,86
-0,2+0,1	5,91	22,06	0,80	6,87	0,72	23,07
-0,1+0,075	2,97	16,15	0,77	3,34	0,69	16,20
-0,075	13,18	13,18	0,67	12,86	0,67	12,86
Toplam	100,00		0,69	100,00		

Şekil 5.67 D numunesinin tane iriliğine göre Na₂O % oranı ve dağılımı grafikleri

Tablo 5.48 D numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı

Tane İriliği (mm)	%Ağ.	Σ EA %Ağ.	% SiO ₂	Dağılım % SiO ₂	Σ EA	
					% SiO ₂	% Dağılım
+4,75	3,55	-	77,09	3,52	77,85	100,00
-4,75+3,35	17,63	96,45	77,19	17,48	77,87	96,48
-3,35+2	16,71	78,82	77,66	16,68	78,03	79,00
-2,0+1,0	12,88	62,11	77,75	12,86	78,13	62,32
-1+0,85	3,31	49,23	77,52	3,29	78,22	49,46
-0,85+0,5	7,51	45,92	78,19	7,54	78,27	46,17
-0,5+0,4	3,41	38,41	78,07	3,42	78,29	38,63
-0,4+0,3	6,04	35,00	79,01	6,13	78,31	35,21
-0,3+0,2	6,90	28,96	78,12	6,93	78,17	29,08
-0,2+0,1	5,91	22,06	77,96	5,92	78,18	22,15
-0,1+0,075	2,97	16,15	78,5	2,99	78,26	16,23
-0,075	13,18	13,18	78,21	13,24	78,21	13,24
Toplam	100,00		77,85	100,00		

Şekil 5.68 D numunesinin tane iriliğine göre SiO₂ % oranı ve dağılımı grafikleri

D hammaddesinin elek-kimyasal analiz değerlerine göre hazırlanmış tablo ve şekillerde yine A, B ve C numunelerinde olduğu gibi ham cevherin ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince boyuta doğru bir düşüş göstermektedir. Tablo 5.42 ve şekil 5.62'e göre %Fe₂O₃ oranında ağırlıksal olarak iri fraksiyondan ince boyuta doğru düşüş ve artışlar görülürken -0,1 mm altında düşüş olmaktadır. Tablo 5.43 ve şekil 5.63'e göre %CaO oranında iri fraksiyondan inceye doğru -3,35mm ile +0,3mm arasında ve -0,1mm altında bir artış olduğu görülmektedir. Tablo 5.44 ve şekil 5.64'e göre %K₂O oranında iri boyuttan ince boyuta doğru bir artış olduğu ve bu oranın -0,1mm altında % 0,05'lik bir düşüşle sabit kaldığı görülmüştür. Tablo 5.45 ve şekil 5.65 incelendiğinde ise %Al₂O₃ oranının en yüksek, -0,3+0,2 mm' de %9,10 iken, en düşük oranın ise -3,35+2 mm ile %8,91 olarak çıkmıştır. Tablo 5.46 ve şekil 5.66'e bakıldığında, iri taneden ince taneye doğru % MgO düşüş gösterirken, -0,2 mm altında %0,01'lik bir artış görülmektedir. Tablo 5.47 ve şekil 5.67'de % Na₂O oranı iri fraksiyondan inceye doğru artarken, -0,1 mm altı için %0,03'lük bir düşüş olmuştur. D hammaddesinin ise %SiO₂ oranı tablo 5.48 ve şekil 5.68 incelendiğinde ise; -4,74+0,3 mm tane boyutları arasında iri taneden inceye doğru ağırlıksal olarak artarken -0,3 mm altında %0,14'lük bir düşüş ve -0,1+0,075 mm arasında tekrar %0,08'lik bir artış olmuştur.

5.8 Öğütme ve Elek Analizleri

Zeolit hammaddesinin öğütülmesi için DEÜ Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan seramik değirmen kullanılmıştır. Boyutları, çapı ve uzunluğu 19 cm'dir. Değirmenin hacmi, 5384 cm³'tür. Numunelerin öğütülmesinde kullanılan ve kabul edilen öğütme koşulları aşağıda verilmiştir.

Bilya Sayısı ve Çapları:

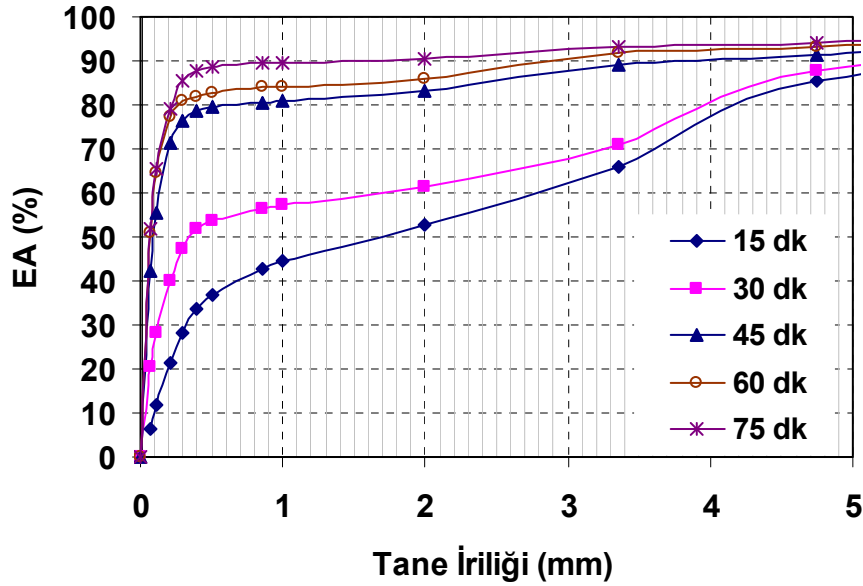
Çap (cm)	Bilya Sayısı	Bilya Hacmi (cm ³)
2,7	42	432,63
2,0	52	217,71
1,7	311	799,62
Toplam	405	1449,96

Bilya şarjı: % 45, Malzeme Şarjı: % 50, Malzeme Hacmi: 483.87cm³,
Malzeme Ağırlığı: 750 gr., Yığın Yoğunluğu: 1.55cm³, Değirmen Hızı: 75 dev/dk.

Dört sahaya ait zeolit numuneleri, ayrı ayrı 15dk, 30dk, 45dk, 60dk ve 75dk. gibi değişik sürelerde öğütülmüş ve elek analizine tabi tutulmuştur. Tablo 5.49-5.52’de ve şekil 5.69-5.72 ’de değişik sürelerde öğütülmüş A,B,C,D numunelerinin elek analiz sonuçları ve eğrisel sunumları gösterilmiştir;

Tablo 5.49 Değişik sürelerde öğütülmüş olan A numunesinin elekaltı değerleri

Tane Boyutu (mm)	Öğütülme Süreleri (Dakika)				
	15 dk. Σ % EA	30 dk. Σ % EA	45 dk. Σ % EA	60 dk. Σ % EA	75 dk. Σ % EA
+4,75	-	-	-	-	-
-4,75+3,35	85,61	87,71	91,16	93,05	94,10
-3,35+2	65,91	71,11	89,13	91,81	93,04
-2,0+1,0	52,55	61,38	83,22	85,82	90,51
-1+0,85	44,60	57,19	81,07	84,24	89,67
-0,85+0,5	42,78	56,35	80,67	83,88	89,41
-0,5+0,4	36,65	53,59	79,43	82,74	88,64
-0,4+0,3	33,82	52,00	78,55	81,68	87,95
-0,3+0,2	28,29	47,32	76,37	80,71	85,63
-0,2+0,1	21,24	40,17	71,37	77,23	79,06
-0,1+0,075	11,80	28,38	55,52	64,40	65,27
-0,075	6,17	20,43	42,47	51,07	51,81



Şekil 5.69 A numunesinin öğütme süresine göre elekaltı eğrileri

A numunesinin süreye bağlı -2 mm altındaki ağırlıksal oranının okunması: numune belirtilen eşit koşullarda farklı sürelerde öğütüldüğünde 15 dakikalık bir sürede numunenin ağırlıksal olarak %53'ü -2 mm altına öğütülmüştür. 30 dakikalık sürede ise numunenin %62'si -2 mm altına inerken hedeflenen ağırlıksal olarak %90'lık öğütme verimini elde edebilmek için numunenin 75 dakikalık bir sürede öğütülmesi gerekliliği saptanmıştır. Bu sürelerde öğütülen numunenin -1 mm boyutuna inmesinde sağlanan ağırlık oranları aşağıda gösterilebilir;

- 15 dakikada numunenin %45'i,
- 30 dakikada numunenin %58'i,
- 45 dakikada numunenin %80'i
- 60 dakikada numunenin %85'i
- 75 dakikada numunenin %90'ı , -1 mm altına inmektedir.

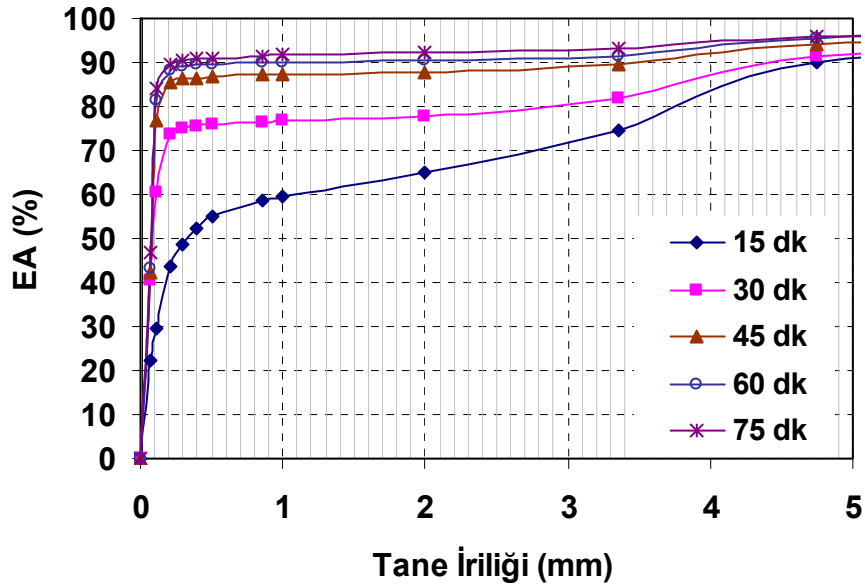
-1 mm altına inen numunenin 0,5 mm boyutunda da %90'ı öğütülmekte denebilir. Ancak, ekonomisi düşünüldüğünde numunenin %80'inin 45 dakikalık bir öğütme süresiyle elde edilebildiği Şekil 5.69' deki eğrisel sunumda izlenebilmektedir(tablo 5.49).

Kullanım alanları açısından düşünüldüğünde; en az %85 klinoptilolit mineral saflığında olan hammaddenin -1+0,5mm tane boyutu arasında; tarımda gübre katkısı, hayvan beslemede yem katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtımında filtre malzemesi olarak kullanılabilir.

Daha iri tane boyutunda kullanım alanı için ise örneğin -4+2 mm boyut aralığındaki malzeme; tarımda gübre katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtımında filtre malzemesi olarak, ağaçlarda ve evcil hayvanlara yaşama ortamlarında amonyağa bağlı koku gidermelerinde kullanılmaktadır. A numunesi, -0,84+0,2 mm tane boyut aralıklarında hem iyon değiştirici ve hem adsorpsiyon amacıyla kullanılabilir. Dolgu malzemesi ve diğer uygulamalar için ise mikron boyutlarında zeolite ihtiyaç olmaktadır.

Tablo 5.50 Değişik sürelerde öğütülmüş olan B numunesinin elekaltı değerleri

Tane Boyutu (mm)	Öğütülme Süreleri (Dakika)				
	15 dk. Σ % EA	30 dk. Σ % EA	45 dk. Σ % EA	60 dk. Σ % EA	75 dk. Σ % EA
+4,75	-	-	-	-	-
-4,75+3,35	90,01	91,17	94,07	95,37	95,94
-3,35+2	74,53	81,91	89,45	91,36	93,20
-2,0+1,0	64,83	77,76	87,94	90,40	92,07
-1+0,85	59,51	76,69	87,41	90,05	91,69
-0,85+0,5	58,44	76,47	87,24	89,91	91,50
-0,5+0,4	54,82	75,92	86,83	89,59	91,07
-0,4+0,3	52,46	75,59	86,58	89,37	90,80
-0,3+0,2	48,62	75,08	86,25	89,11	90,41
-0,2+0,1	43,44	73,82	85,55	88,35	89,77
-0,1+0,075	29,57	60,31	76,65	81,49	84,19
-0,075	22,07	40,56	42,33	43,35	47,02



Şekil 5.70 B numunesinin öğütme süresine göre elekaltı eğrileri

B numunesinin süreye bağlı ağırlıksal oranları irdelendiğinde; B numunesi de belirtilen aynı koşullarda öğütüldüğünde, numunenin 15 dakikalık öğütülmesinde ağırlıksal olarak %65'i -2 mm tane boyutuna indirilmiştir. 30 dakikalık öğütmede ise malzemenin %78'inin -2mm altına öğütüldüğü saptanmıştır. Ancak hedeflenen ağırlıksal olarak %90'lık verime, 60 dakikalık bir öğütme süresiyle ulaşılmıştır. Numunenin -1 mm altına indirilmesinde, elde edilen ağırlıksal oranlar ise aşağıdaki değerlerde bulunmuştur:

15 dakikada numunenin % 60'ı

30 dakikada numunenin % 77'si,

45 dakikada numunenin % 88'i,

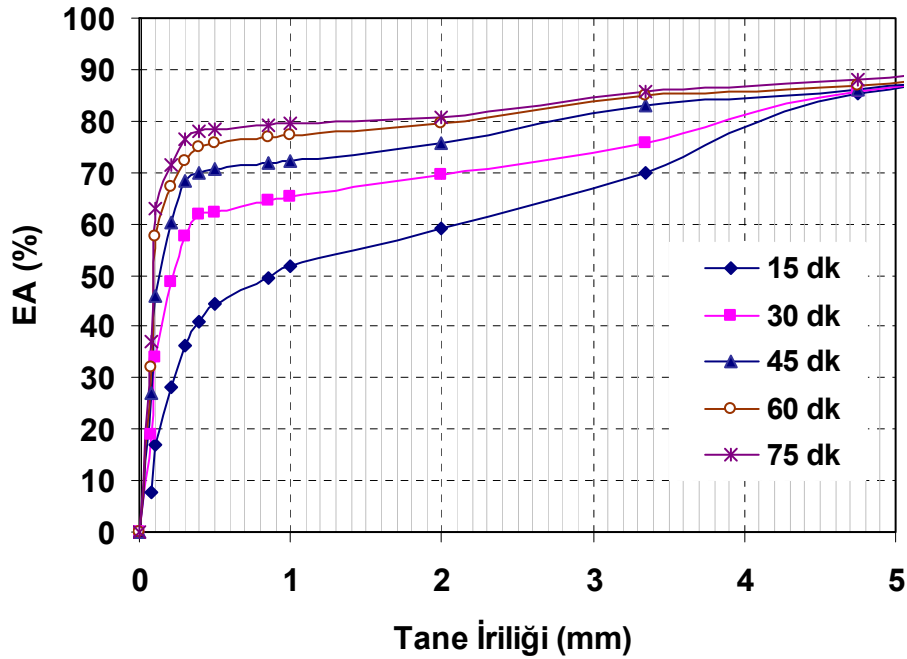
60 dakikada numunenin % 90'ı,

75 dakikada numunenin % 92'si -1 mm tane boyutunda sağlanmıştır.

Numunenin -0,5 mm boyutuna indirilmesi, 60 dakikalık bir öğütme süresi ile % 90'lık ağırlıksal verimi ile elde edilebilmiştir. Öğütme maliyeti açısından düşünüldüğünde, aynı boyuta indirmede %87 ağırlık veriminin 45 dakikalık bir öğütme süresiyle sağlanmasının daha ekonomik olacağı savunulabilir (tablo 5.50). B numunesini tane boyutuna göre kullanım alanları açısından düşündüğümüzde ise yine A numunesinde olduğu gibi, en az %85 klinoptilolit mineral saflığında olan hammaddenin -1+0,5mm tane boyutu arasında; tarımda gübre katkısı, hayvan beslemede yem katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtımında filtre malzemesi olarak kullanılabilir. Daha iri tane boyutunda kullanım alanı için ise örneğin -4+2 mm boyut aralığındaki malzeme; tarımda gübre katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtımında filtre malzemesi olarak, ağıllarda ve evcil hayvanlara yaşama ortamlarında amonyağa bağlı koku gidermelerinde kullanılmaktadır. B numunesinin ise, 45 dakikalık bir öğütme süresi ile %90'lık ağırlık verimi ile -3,35 mm altına öğütüldüğü ve tercihen tarımda gübre katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtmalarında filtre malzemesi, ağıl ve hayvanlara uygun yaşam koşulları sağlama amaçlı kullanılabilir bililmektedir. Mikronize boyutlarda ise; tıp, dolgu malzemesi gibi alanlarda kullanımı mümkündür (tablo 3.1).

Tablo 5.51 Değişik sürelerde öğütülmüş olan C numunesinin elekaltı değerleri

Tane Boyutu (mm)	Öğütülme Süreleri (Dakika)				
	15 dk. Σ % EA	30 dk. Σ % EA	45 dk. Σ % EA	60 dk. Σ % EA	75 dk. Σ % EA
+4,75	-	-	-	-	-
-4,75+3,35	85,36	85,90	86,24	86,81	88,19
-3,35+2	70,03	75,86	83,00	84,75	85,87
-2,0+1,0	59,21	69,42	75,53	79,60	80,83
-1+0,85	51,80	65,13	72,16	77,20	79,35
-0,85+0,5	49,58	64,45	71,89	76,99	79,17
-0,5+0,4	44,29	62,35	70,63	75,82	78,49
-0,4+0,3	40,95	61,71	69,97	75,07	78,09
-0,3+0,2	36,17	57,46	68,18	72,18	76,26
-0,2+0,1	28,30	48,84	60,38	67,03	71,44
-0,1+0,075	17,13	34,05	45,83	57,49	62,75
-0,075	7,66	19,08	26,98	32,07	37,00



Şekil 5.71 C numunesinin öğütme süresine göre elekaltı eğrileri

C numunesinin süreye bağlı ağırlıksal oranları değerlendirildiğinde; C numunesi de belirtilen eşit koşullarda farklı sürelerde öğütülmüş ve numunenin 15 dakikalık öğütülme ile ağırlıksal olarak %60'ının, 30 dakikada %70'i , 45 dakikada %75'inin - 2 mm boyutuna indiği saptanmıştır. %80'lik verime ise 60 dakikalık öğütme ile ulaşılabilmektedir ancak, 75 dakikalık öğütmede ağırlıksal verim %1'lik bir artış ile %81 değerinde olmuştur. Hammaddenin -1mm altına öğütülmesiyle elde edilen ağırlıksal oranlar ise aşağıda sunulduğu değerlerdedir;

15 dakikada numunenin %52'si

30 dakikada numunenin %65'i

45 dakikada numunenin %72'si

60 dakikada numunenin %77'si

75 dakikada numunenin %80'i -1 mm altına öğütülmüştür.

Tablo 5.51'de verildiği gibi, -0,5 mm' boyutuna %79'luk verimle 75 dakikalık bir öğütme süresinde erişilebilmektedir. C numunesinin istenilen verime ulaşılması için 45 dakika yerine, 60 ve 75 dakikalık öğütme süreleri öngörülebilmektedir.

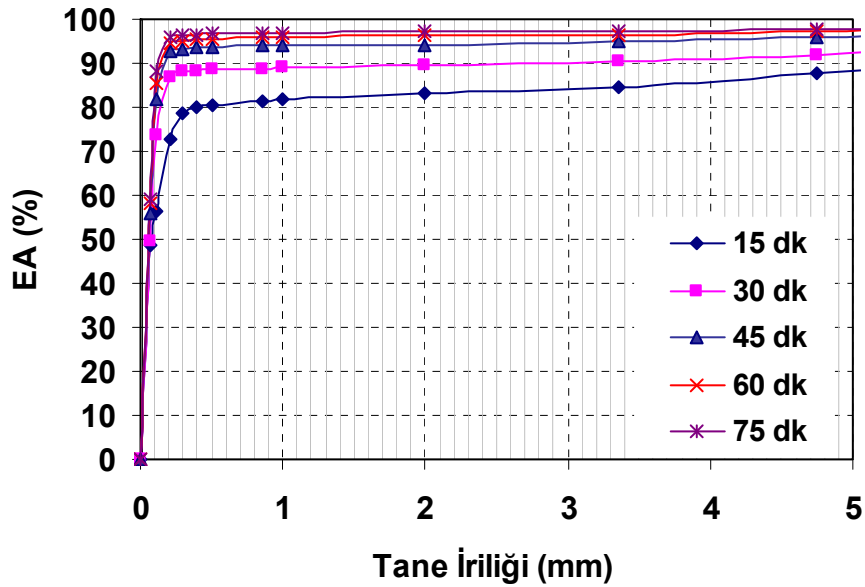
C numunesi de kullanım alanları açısından değerlendirildiğinde; A ve B numuneleri ile aynı özellikte olduğundan yani en az %85 klinoptilolit mineral saflığında -1+0,5mm tane boyutu arasında; tarımda gübre katkısı, hayvan beslemede yem katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtımında filtre malzemesi olarak kullanılabilir.

-3+2 mm gibi daha iri boyutlarda ise tarımda gübre katkısı, içme suyu ve havuz suyu arıtımında filtre malzemesi olarak ve ağaçlarda ve evcil hayvanlara yaşama ortamlarında amonyağa bağlı koku gidermelerinde kullanımı talep edilmektedir.

Daha ince tane boyutlarında ise; örneğin -0,5 mm tane boyutunda hem iyon değiştirici hem de adsorpsiyon amaçlı kullanılabilir. Dolgu malzemesi, tıp ve enerji gibi diğer alanlarda ise mikron boyutlarında zeolit talebi vardır(tablo 3.1).

Tablo 5.52 Değişik sürelerde öğütülmüş olan D numunesinin elekaltı değerleri

Tane Boyutu (mm)	Öğütülme Süreleri (Dakika)				
	15 dk. Σ % EA	30 dk. Σ % EA	45 dk. Σ % EA	60 dk. Σ % EA	75 dk. Σ % EA
+4,75	-	-	-	-	-
-4,75+3,35	87,56	91,98	96,07	97,21	97,92
-3,35+2	84,73	90,32	94,87	96,58	97,39
-2,0+1,0	82,97	89,41	94,34	96,15	97,09
-1+0,85	81,76	88,93	94,06	95,92	96,92
-0,85+0,5	81,46	88,77	93,94	95,77	96,80
-0,5+0,4	80,66	88,48	93,71	95,52	96,61
-0,4+0,3	80,08	88,30	93,55	95,35	96,47
-0,3+0,2	78,72	88,09	93,37	95,15	96,30
-0,2+0,1	72,73	87,03	92,96	94,73	95,76
-0,1+0,075	56,46	73,50	82,05	85,40	88,15
-0,075	48,63	49,59	56,15	58,24	59,17



Şekil 5.72 D numunesinin öğütme süresine göre elekaltı eğrileri

D numunesinin süreye bağlı öğütülmesi irdelendiğinde; hammaddenin 15 dakikalık öğütülmesiyle %83'lük ağırlıksal verimi ile -2 mm altına geçtiği ve 30 dakikada %90'lık verime ulaşılabilirdiği, 45 dakikalık öğütme ile de % 95'lik verim elde edilebildiği tablo 5.52 incelendiğinde görülebilmektedir. Bu durumda hedeflenen %90'lık verim için 30 dakikalık bir öğütme yeterli olmuştur. Uygulanan sürelerde öğütülen malzemenin -1 mm için elde edilen sonuçları aşağıda sunulan değerlerde sağlanmıştır:

15 dakikada numunenin %82'si

30 dakikada numunenin %89'u

45 dakikada numunenin %94'ü

60 dakikada numunenin %96'sı

75 dakikada numunenin %97'si -1 mm altına öğütülmüştür.

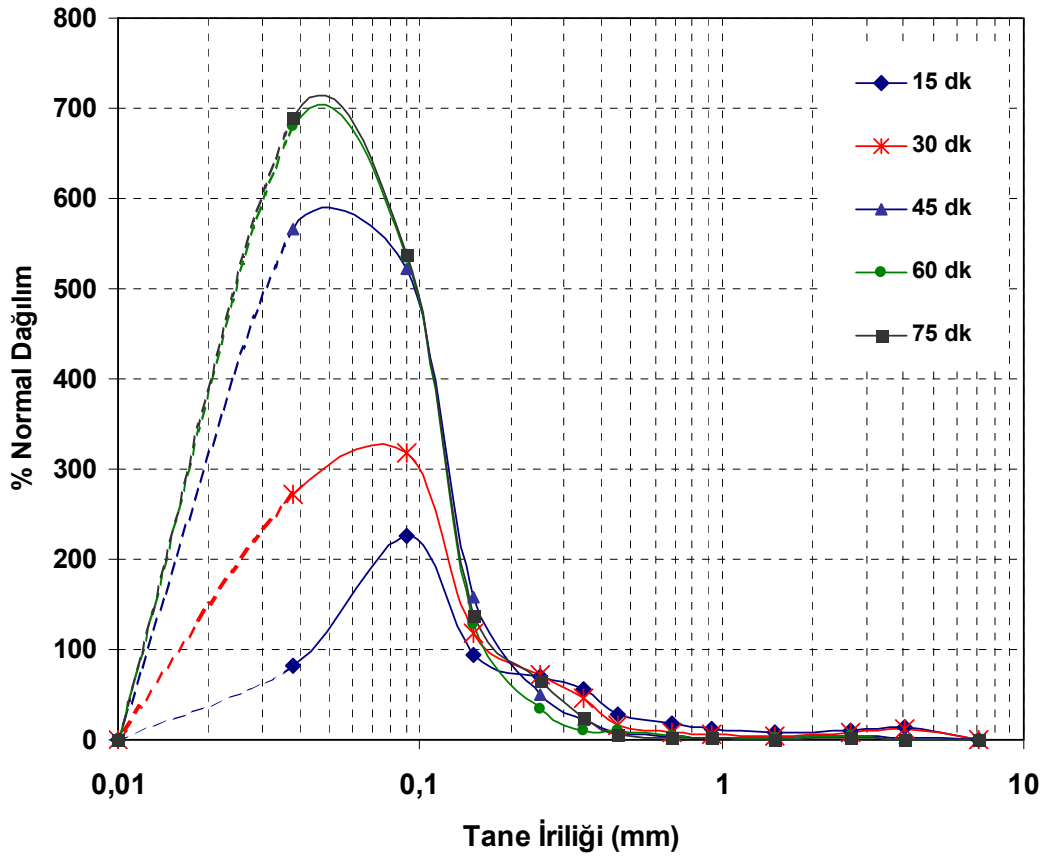
D numunesinin, -1 mm boyutuna öğütülmesi %94 ağırlık verimi ile 45 dakikalık bir sürede sağlanmıştır. Gerek öğütme süresi, gerekse ağırlık verimi yönünden önceki bölümde irdelenen A,B,C numuneleri öğütme değerleriyle karşılaştırıldığında D numunesinin 45 dakikalık sürede %94 ağırlık veriminde bulunması ekonomik bir sonuçtur(tablo 5.52).

Kullanım alanları açısından örneğin yağ ağartmada -0,1 mm' in uygun olduğu saptanmıştır. -0,1 mm incelik ise %89'luk verimle 75 dakikada sağlanabilmiştir. Zeolitlerin -0,5+0,2 mm tane aralığında iyon değiştirici ve adsorpsiyon amaçlı kullanımları söz konusu olduğundan bu tane boyutlarında, D numunesinin önemli bir kullanım alanı bulabileceği öngörülebilmektedir. Tablo 6.1'e göre şabazitin mineralinin kullanım alanları oldukça geniş olduğu gözlenmektedir.

Tablo 5.53- 5.56 ve şekil 5.73 – 5.76'da 15-30-45-60 ve 75 dakika devamlı sürelerde öğütülmesine göre normal dağılım değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 5.53 Değişik öğütme süresine göre A numunesinin normal dağılım değerleri

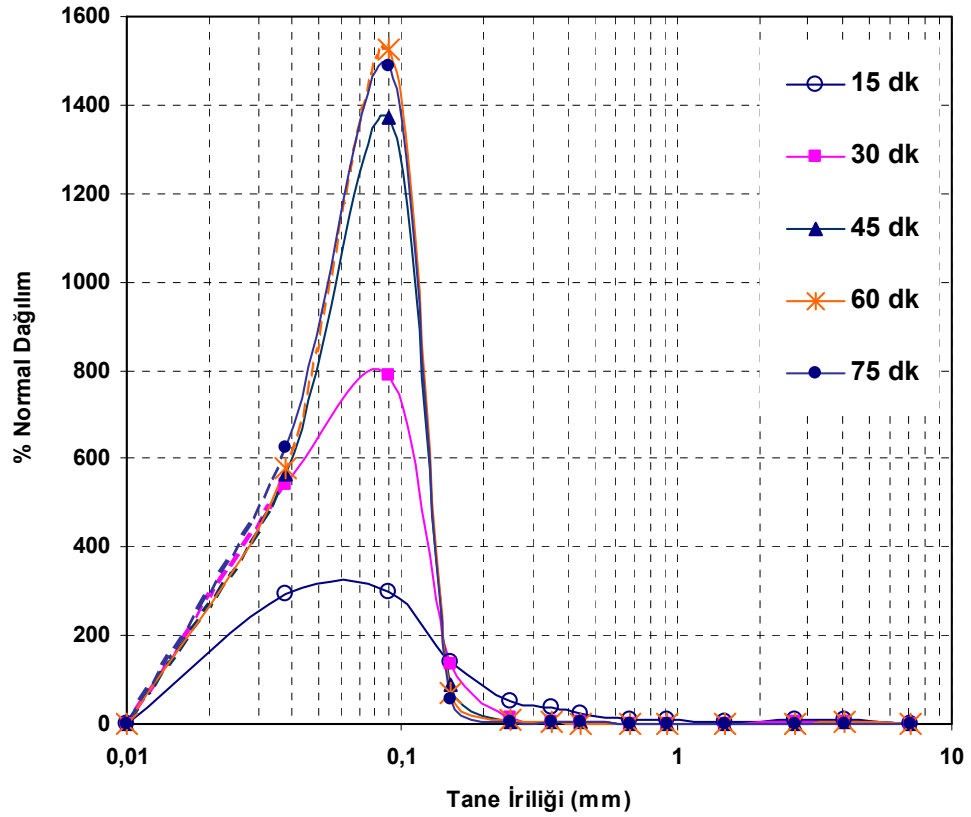
Tane İriliği(mm)	A numunesi Öğütülme Süreleri(Dakika)				
	15 dk	30 dk.	45 dk.	60 dk.	75 dk.
	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd
+4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-4,75+3,35	14,08	11,85	1,45	0,89	0,76
-3,35+2	9,89	7,21	4,38	4,43	1,87
-2,0+1,0	7,95	4,19	2,15	1,58	0,84
-1+0,85	12,16	5,58	2,67	2,35	1,76
-0,85+0,5	17,51	7,89	3,55	3,27	2,21
-0,5+0,4	28,31	15,94	8,83	10,56	6,88
-0,4+0,3	55,26	46,78	21,74	9,68	23,22
-0,3+0,2	70,50	71,53	50,02	34,86	65,62
-0,2+0,1	94,40	117,88	158,48	128,33	137,98
-0,1+0,075	225,26	317,86	522,11	533,05	538,43
-0,075	82,31	272,42	566,24	680,93	690,74



Şekil 5.73 Değişik sürelerde öğütülmüş A numunesinin normal dağılım eğrileri

Tablo 5.54 Değişik öğütme süresine göre B numunesinin normal dağılım değerleri

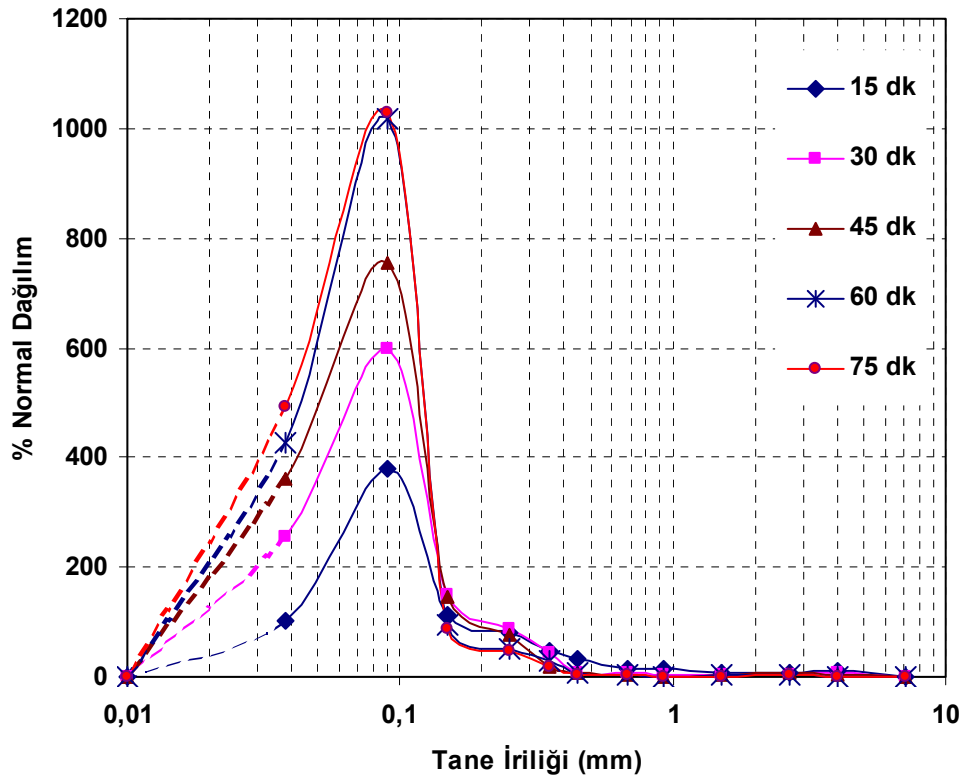
Tane İriliği(mm)	B numunesi Öğütülme Süreleri(Dakika)				
	15 dk	30 dk.	45 dk.	60 dk.	75 dk.
	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd
+4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-4,75+3,35	11,06	6,62	3,30	2,86	1,96
-3,35+2	7,18	3,07	1,11	0,72	0,83
-2,0+1,0	5,32	1,07	0,54	0,35	0,38
-1+0,85	7,15	1,48	1,13	0,88	1,24
-0,85+0,5	10,33	1,55	1,17	0,92	1,23
-0,5+0,4	23,64	3,35	2,54	2,25	2,76
-0,4+0,3	38,40	5,11	3,29	2,57	3,88
-0,3+0,2	51,81	12,54	6,96	7,63	6,43
-0,2+0,1	138,68	135,12	89,02	68,57	55,74
-0,1+0,075	300,00	790,26	1372,75	1525,61	1486,85
-0,075	294,29	540,74	564,43	578,02	626,96



Şekil 5.74 Değişik sürelerde öğütülmüş B numunesinin normal dağılım eğrileri

Tablo 5.55 Değişik öğütme süresine göre C numunesinin normal dağılım değerleri

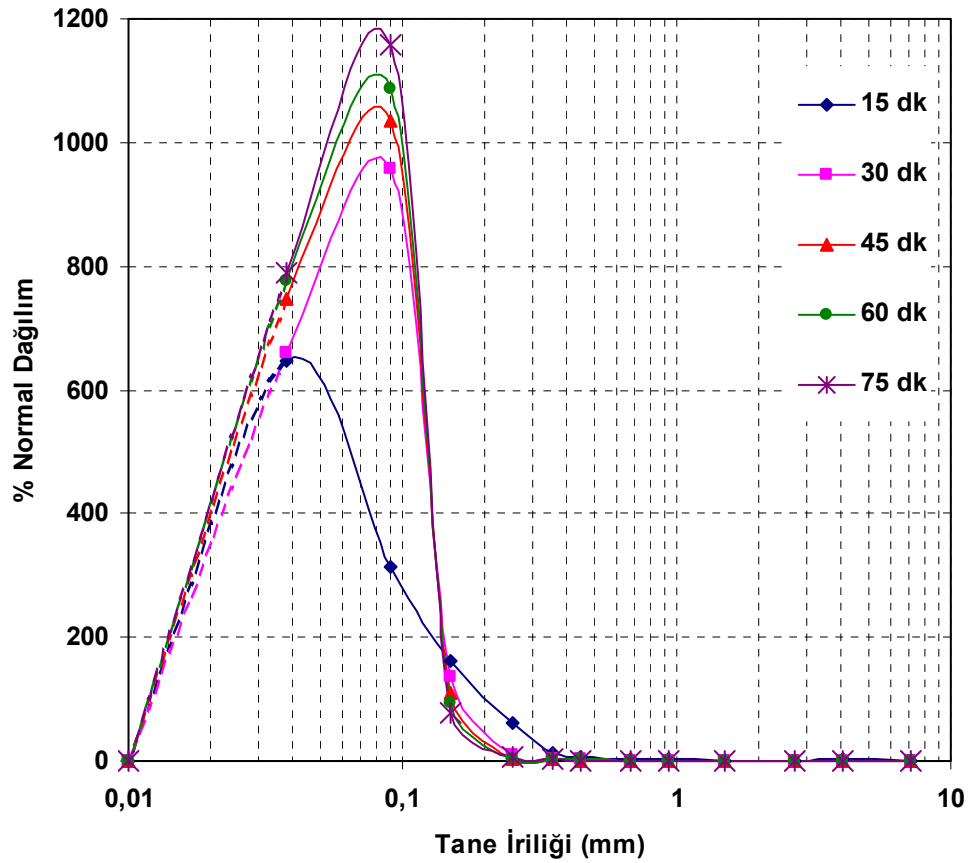
Tane İriliği(mm)	C numunesi Öğütülme Süreleri(Dakika)				
	15 dk	30 dk.	45 dk.	60 dk.	75 dk.
	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd
+4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-4,75+3,35	10,95	7,17	2,31	1,47	1,66
-3,35+2	8,01	4,77	5,54	3,82	3,73
-2,0+1,0	7,42	4,29	3,37	2,40	1,47
-1+0,85	14,80	4,56	1,81	1,37	1,25
-0,85+0,5	15,11	6,00	3,59	3,34	1,94
-0,5+0,4	33,39	6,39	6,61	7,55	3,97
-0,4+0,3	47,76	42,45	17,86	28,85	18,26
-0,3+0,2	78,72	86,26	78,04	51,51	48,25
-0,2+0,1	111,75	147,88	145,49	95,47	86,85
-0,1+0,075	378,54	598,81	753,92	1016,48	1029,99
-0,075	102,18	254,37	359,76	427,66	493,38



Şekil 5.75 Değişik sürelerde öğütülmüş C numunesinin normal dağılım eğrileri

Tablo 5.56 Değişik öğütme süresine göre D numunesinin normal dağılım değerleri

Tane İriliği(mm)	D numunesi Öğütülme Süreleri(Dakika)				
	15 dk	30 dk.	45 dk.	60 dk.	75 dk.
	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd	%Ağ/Δd
+4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-4,75+3,35	2,02	1,19	0,85	0,45	0,38
-3,35+2	1,31	0,68	0,39	0,32	0,23
-2,0+1,0	1,21	0,48	0,28	0,24	0,17
-1+0,85	2,01	1,04	0,83	1,00	0,78
-0,85+0,5	2,28	0,82	0,66	0,69	0,54
-0,5+0,4	5,87	1,84	1,60	1,78	1,42
-0,4+0,3	13,59	2,07	1,75	2,01	1,67
-0,3+0,2	59,91	10,61	4,16	4,20	5,43
-0,2+0,1	162,72	135,34	109,04	93,24	76,09
-0,1+0,075	312,97	956,39	1036,10	1086,45	1159,24
-0,075	648,42	661,17	748,67	776,53	788,92



Şekil 5.76 Değişik sürelerde öğütülmüş D numunesinin normal dağılım eğrileri

A numunesine ait değişik öğütme süresine göre normal dağılım eğrileri irdelendiğinde; Tablo 5.53 ve şekil 5.73'te görüldüğü gibi, 15 dakika öğütülen numunenin 5 mm altında 1mm'ye kadar homojen, tane boyutu aralıklarındaki dağılımı birbirine yaklaşık değerlerde homojen olarak dağılmıştır. Oysa 1 mm altından itibaren sık tane aralıklarındaki dağılım oranı gittikçe artan bir oranda artıyor ve 0,1 mm ile 0,075 mm tane aralığında bir maksimum yaparak -0,075 mm boyutundan sonra sıfıra doğru bir azalma göstermektedir. 30 dakika öğütülmüş olan numunenin de normal dağılımı, 15 dakika öğütülen numune ile aynı özelliklerdedir. 45 dakika öğütülmüş numunenin tane boyutu aralıklarındaki dağılımı, gittikçe sürekli artan ve -0,075 mm' de maksimum dağılım göstermektedir. 60 dakika öğütülme ile yine gittikçe artan bir eğri çıkmakta ve -0,075 mm' de maksimum değere ulaşmaktadır. Son olarak, 75 dakika öğütülmüş numunede de tane boyutu aralıklarındaki dağılım yine gittikçe artan homojen bir dağılım olup, -0,075 mm' de maksimum seviyededir.

B örneğinin değişik öğütme süresine göre normal dağılım eğrileri incelendiğinde; devamlı sürelerde öğütülen B numunesinin normal dağılımlarını gösteren Tablo 5.54 ve şekil 5.74 incelendiğinde; 15 dakika öğütülmesiyle; -5 mm altında 1 mm' ye kadar homojen dağılımlı iken, 1mm atında gittikçe artan oranda dağılım gösterdiği ve -0,1+0,075 mm de maksimum yaptığı, -0,075 mm' de bu maksimum değere çok yakın bir oranda olduğu tespit edilmiştir. 30 dakika öğütme sonunda -2 mm altındaki tane boyutu aralıklarındaki oran 0,1 mm 'ye kadar gittikçe artmış, ve -0,1+0,075 mm tane boyutları arasında maksimum değerde çıkmıştır. 45 dakika, 60 dakika ve 75 dakikalık öğütmeler sonunda yine 1 mm boyutunun altında, iri taneden, ince tane boyutuna doğru gittikçe artan homojen bir oran olduğu ve maksimum değerin -0,1+0,075 mm tane boyutları arasındayken, -0,075 mm altında tekrar bu oranın sıfıra doğru azalma gösterdiği tespit edilmektedir.

C numunesinin değişik öğütme süresine göre normal dağılım eğrileri irdelendiğinde; önceden belirlenen eşit koşullarda farklı sürelerde öğütülmüş C numunesinin tablo 5.55 ve şekil 5.75'e göre şu tespitleri yapılmıştır: 15 dakika öğütme sonunda, -5 mm altındaki numunenin 1 mm'ye kadar homojen dağılım

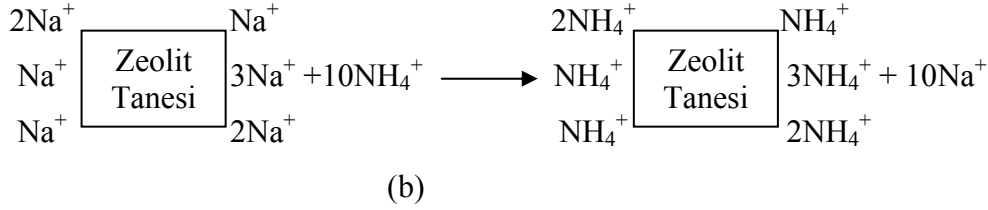
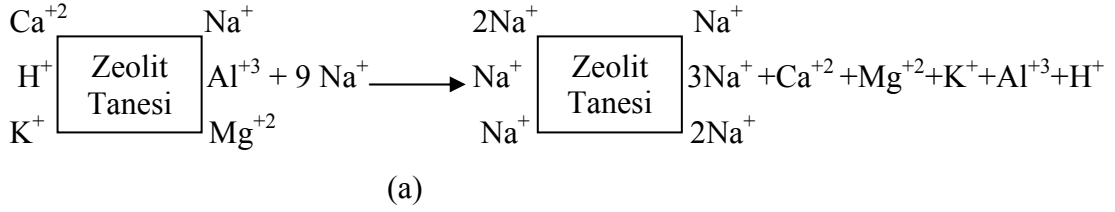
gösterdiği, 1 mm' in altındaki tane boyutlarında iri taneden ince tane fraksiyonuna doğru artış olduğu ve -0,1+0,075 mm tane boyutunda bu oranın maksimuma vardığı, -0,075 mm in altında da dağılım oranının sıfıra doğru gittikçe azalan bir eğri olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler; 30, 45, 60 ve 75 dakikalık öğütmeler için de aynı özelliklerdedir.

D numunesinin değişik öğütme süresine göre normal dağılım eğrileri incelendiğinde; Tablo 5.56 ve şekil 5.76 incelendiğinde, 15 dakika öğütülmüş numunenin 5 mm altında 1mm'ye kadar homojen, tane boyutu aralıklarındaki dağılımı birbirine yaklaşık değerlerde homojen olarak dağılmıştır. Buna karşın, 1 mm altından itibaren sık tane aralıklarındaki dağılım oranı gittikçe artan bir oranda artmakta ve -0,075 mm tane aralığında bir maksimum yapmaktadır. 30, 45, 60 ve 75 dakikalık öğütmelerde 15 dakikalık öğütmeden farklı olarak maksimum noktası -0,1+0,075 mm tane boyutu aralığında olmakla birlikte -0,075 mm boyutundan sonra sıfıra doğru bir azalma göstermektedir.

5.9 Katyon Değişim Kapasitesinin(KDK) ve Değişebilir Katyonların Belirlenmesi(DK)

5.9.1 Katyon Değişim Kapasitesi(KDK)

Organik ve inorganik toprak kolloidleri(organik madde, kil ve az miktarda amorf silis asidi ve Al ve Fe oksitleri ile hidroksitleri) katyonları adsorbe etme özelliğine sahiptirler. Adsorbe olmuş katyonlar, değiştirilebilirler. Katyon adsorpsiyonu, toprak reaksiyonu, topraktaki besin maddelerinin miktarı, toprak oluşum olayları (podsollaşma, alkalileşme vb.) bakımından çok önemlidir. Değişim kapasitesinin birimi “m.e/100 gr toprak” olup, miktarı kil ve organik maddelerin miktar ve çeşidine göre değişmektedir. Katyon değiştirme kapasitesinin belirlenmesi için, cevher, belirli bir katyon (Na^+) içeren ve pH'ı 8,2 olan Na-asetat ile iyice muamele edilerek adsorpsiyon kompleksi bu katyonla doyurulmakta, ayrıca aynı katyon başka bir katyonla (NH_4^+) karıştırılarak, ne kadar tutulduğu (m.e/100 gr cevher) tespit edilmektedir.



Şekil 5.77 (a). Zeolitin Na^+ ile doyurulması, (b). Na^+ iyonunun NH_4^+ ile yer değiştirmesi

Deneyin yapılışına göre; birinci aşamada, tane iriliği 100μ 'un altındaki cevherden 4 gr. alınarak, santrifüj tüpüne konulup, üzerine 33 ml Na-asetat ilave edilmektedir. Ölçme işi cam mezurla yapılmaktadır. Mantar tıpayla tüpün ağzı kapatılmakta, 5 dakika elde veya çalkalama aletinde çalkalanmakta, sonra kapak çıkarılıp, terazide tüplerin ağırlıkları eşitlenmektedir. Santrifüj yaparken karşı karşıya gelen iki tüpün ağırlıkları birbirine eşit olacak şekilde konulmaktadır. Santrifüjleme 1000 dev/dakikada 5 dakika yapılmaktadır. Bundan sonra tüpler santrifüjden çıkarılıp, içlerindeki süpernatant olan sulu mayi dökülür. Bu işlem dört defa tekrar edilmektedir. (Yani Na-asetat($\text{C}_2\text{H}_7\text{NaO}_2$) konur, karıştırılır, ağırlıklar dengelenir, santrifüj yapılır ve süpernatant atılır.) Böylece cevher kolloidlerinin hepsi Na ile doyurulmaktadır. Buna sebep Na konsantrasyonunun fazlalığıdır.

İkinci aşamada santrifüj tüpünde mevcut olan cevher üzerine 33 ml etil alkol konulup, cam bagetle karıştırılarak elde veya çalkalama aletinde 5 dakika çalkalanmaktadır. İki santrifüj tüpünün ağırlığı eşitlenip, karşılıklı olarak santrifüje yerleştirilmektedir. 1000 devir/dakikada 5 dakika santrifüj edilmektedir. Yine süpernatant atılmaktadır. Bu işlem üç defa tekrar edilir ve üçüncüsünde elde edilen süpernatant atılmayıp, balon jöjeye konularak elektriki geçirgenliği ölçülmektedir. Süpernatantın elektriki geçirgenliği 40 mikromhos/cm'den küçük olmalıdır, eğer b değerden büyükse tuzlar daha uzaklaştırılmamış demektir. Bu yüzden etil alkolle yıkama işlemine belirtilen değere ulaşıncaya kadar devam edilir.

Üçüncü aşamada, etil alkolle tuzları uzaklaştırılan ve santrifüj tüplerinde bulunan cevher üzerine 33 ml $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{NH}_4$ (amonyum asetat) ilave edilip, cam bagetle karıştırılıp, ağırlıkları eşitlenip, santrifüj aletine karşılıklı konularak 1000 dev/dakikada 5 dakika santrifüjlenmektedir. Tüp üstündeki süpernatant atılmayıp 100 ml'lik balon jöjeye boşaltılmaktadır. Bu işlem üç defa tekrarlanmakta olup, sonunda bunların toplamı 100 ml olacak şekilde tamamlanmaktadır. Süpernatantların toplamı 100 ml'den fazla olmuşsa deney tekrarlanmaktadır. Bu işlem sonunda cevher kolloidindeki Na^+ katyonları NH_4^+ ile yer değiştirmiş(şekil 5.77) ve Na^+ katyonları süpernanta geçmiştir. Süpernatanttaki Na^+ miktarı ölçülerek, cevherin katyon değişim kapasitesi hesaplanmaktadır. Süpernanttaki Na^+ konsantrasyonu Flame fotometre ile ölçülmektedir. Bunun için ayrıca Na standartlarına yani Na konsantrasyonu bilinen eriyiklere ihtiyaç vardır. Standartlar ve numuneler aletle ölçülmektedir. Standartlara ait konsantrasyonlar ordinat ekseninden, bunlara tekabül eden değerlerde (alette okunan) apsis eksenini üzerinden işaretlenir. Bu noktalardan çıkılan diklerin kesişme noktaları birleştirilerek bir doğru elde edilir. Daha sonra numunelere ait değerler bu standart doğrusu üzerinde işaretlenir ve bu değerlere gelen konsantrasyonlar bulunmaktadır. Bu konsantrasyon değerleri miliekivalent/litre'ye çevrilerek, aşağıdaki formülden katyon değişim kapasitesi hesaplanmaktadır.

Katyon Değ. Kap./m.e/100 gr. cevher = $(\text{Na m.e/lit} \times 10)/\text{Alınan cevher miktarı}$

5.9.2 Değişebilir Katyonların Belirlenmesi(DK)

Örneğin değişim kompleksinde çeşitli katyonlar vardır. Bunlar değişebilen katyonlardır. Örneğin; Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , H^+ vb. Bir katyonun tutulma derecesine çeşitli faktörler etki eder. Bu faktörler; katyonun birleşme değeri, atom ağırlığı, polarize olabilme özelliği, katyonun eriyikteki konsantrasyonu, eriyikte bulunan diğer katyonların konsantrasyonu, koloidin spesifik özellikleridir. Örneğin Na^+ doygunluğunun artması alkalileşmeye H^+ , Al^{+3} doygunluğunun artması, asidik topraklara neden olur. Değişebilir Ca, Mg, Na ve K toplamının katyon değişim kapasitesindeki %'sine "baz doygunluğu" denir. Değişebilir katyonların tayini; cevherin pH:7 derecesinde NH_4^+ katyonuyla doyurulması sonunda, değişebilir

katyonlarla bu katyonun yer değiştirmesini sağlamak ve değişen katyonların miktarını eriyikte belirlemektir.

Deneyin yapılışı: 10 gr. örnek tartılarak, huni içerisindeki filtre kağıdından, suda eriyebilen tuzların uzaklaştırılması için %40-45'lik etil alkolle klor reaksiyon vermeyinceye kadar yıkanır. Kontrol için süzülmüş alkolden bir miktar alınır ve üzerine 0.05 N'lik AgNO₃ çözeltilisinden bir damla damlatılır. Yıkama tam olmamışsa AgCl oluşmaktadır.



Etil alkolle yıkama işlemi, AgCl oluşmayıncaya kadar devam eder ve yıkama işlemi bittikten sonra numunenin kuruması için %95'lik etil alkolle tekrar yıkama yapılır ve kurumaya bırakılır. Kuruyan cevher numunesi filtre kağıdından 250 ml' lik bir balon jojeye aktarılır. Üzerine pH:7 olan 1N amonyum asetat çözeltilisinden 50 ml ilave edilir. Bu süspansiyon yarım saat çalkalanır. Çalkalama sonunda süspansiyon filtre kağıdından 100 ml' lik balon jojelere süzülür, ve filtre kağıdındaki cevher numunesi 10'ar ml'lik bölümler halinde beş defa daha yıkanır. Altındaki çözeltilinin hacmi 100 ml olmalıdır. Daha az ise NH₄ asetat ile 100'e tamamlanır. Bu işlem sonunda cevherdeki değişebilir katyonların yerine NH₄⁺ katyonları, değişebilen katyonlar da süzüntüye geçerler. Elde edilen süzüntü içerisinde flame fotometre ile değişebilir katyonlar ölçülür. Değişebilir Ca,Mg,K,Na (m.e/100 gr cevher)= Ca,Mg,K,Na(m.e/lit 10)/Numune ağ. KDK ve DK deneyleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünde gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.57).

Tablo 5.57 A,B,C ve D numunelerinin KDK ve DK değerleri(meq/100 g. zeolit):

Numune Adı	KDK	DK _{Na}	DK _K	DK _{Ca}	DK _{Mg}	Baz Doygunluğu(%)	pH
A(incal)	71,28	15,29	23,71	18,72	1,88	83,61	7,1
B(enli)	77,48	10,33	23,19	23,21	4,51	79,04	7,4
C(rota)	75,41	5,37	9,28	29,95	2,40	62,32	7,3
D(güneşli)	80,58	0,41	1,80	3,24	0,58	7,49	7,6

A, B, C ve D sahalarına ait numunelerinin katyon değiştirme kapasiteleri katyon incelendiğinde, dört numunenin de katyon değişim kapasitelerinin(KDK) yüksek

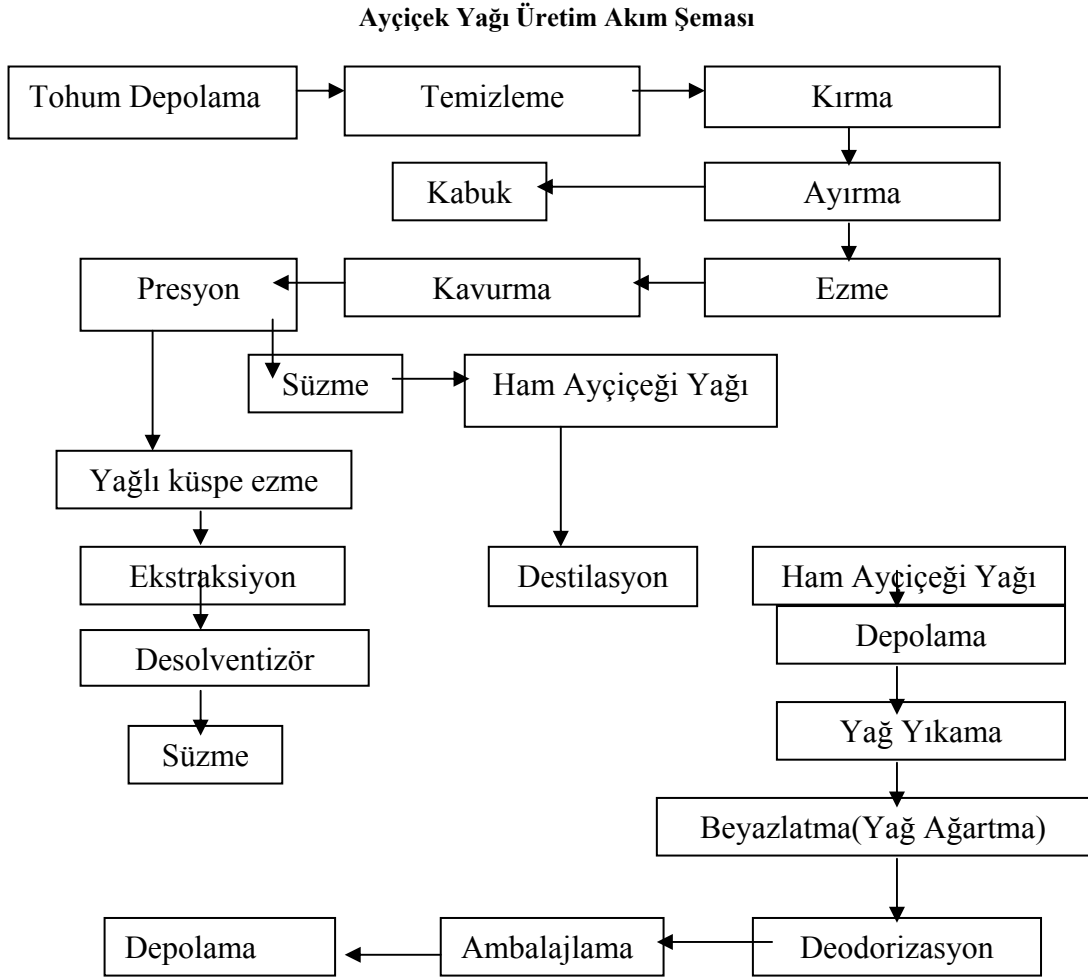
olduğunu buna bağlı olarak da pH değerlerinin yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Toprakta pH değerlerinin yüksek olması demek, toprak kolloidlerinde tutulan H^+ ve Al^{+3} iyonlarının kolaylıkla yer değiştirebilmesi demektir. D numunesinin ise katyon değiştirme kapasitesinin diğer üç numuneden daha fazla olduğunu ve pH değerinin daha yüksek olduğu söylenebilir. KDK değerlerini büyükten küçüğe sıralarsak, $D>B>C>A$ şeklinde yazılabilir. Topraktaki baz doygunluğu toprak verimliliğinin bir göstergesidir. Buna göre toprak verimliliğini büyükten küçüğe sıralarsak $A >B>C>D$ şeklinde olacaktır.

5.10 Yağ Ağartma Deneyi

Yağ Ağartma işlemleri ayçiçeği yağı tesislerinde birçok işlemden geçmektedir. Depolanan ham yağ, fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılarak aşağıdaki işlemlerden geçtikten sonra yenilebilecek lezzete kavuşturulmaktadır. Bu işlemler sırasıyla şöyledir :

- a) Değumming, (yağ yıkama) işlemiyle ham ayçiçeği yağı içindeki fosfatidler uzaklaştırılmaktadır.
- b) Notralizasyon, işleminde sodyum hidroksit ile muamele edilen ham yağ içindeki serbest yağ asitlerin sabun şeklinde yağdan ayrılması sağlanmaktadır.
- c) Beyazlatma, aşamasında ise kuru nötür yağ ağartma (beyazlatma) toprağı adı verilen aktif kil – aktif kömür ile vakum altında ($80 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ da) işlemden geçirilmektedir. Böylece toprak tarafından renk maddeleri absorbe edilerek yağdan ayrılmaktadır. Elde edilen toprak – yağ karışımı soğutulmakta ve Filtre edildikten sonra ve topraktan ayrılmaktadır.
- d) Deodorizasyon'da yağ, düşük vakum altında ($2-5 \text{ mm Hg}$) yüksek sıcaklıkta ($184 - 230 \text{ }^\circ\text{C}$) buhar ile işleme sokularak koku veren maddelerden ayrılır, lezzet ve kokusu nötür olan yağ ele geçer.
- e) Vinterizasyon (berraklaştırma) işlemi, aşırı soğutulan ($1-2, +2^\circ$) yağların soğukta süzülerek mevcut sterat ve mumlarından ayrılarak daha iyi bir görünüme kavuşturulmasıdır. Bu dört işlemin tamamlanmasından sonra teneke kutulara konulan

rafine yağlar satış için depolanır. Şekil 5.78’de bir ayçiçeği yağı üretim akım şeması görülmektedir (O., Küçükyavuz 1996).



Şekil 5.78 Ayçiçek yağı üretim akım şeması

Ayçiçek yağının üretiminde önemli rol alan yağ ağartma işleminde A,B,C ve D zeolit numuneleri kullanılarak deneyler yapılmıştır. Yağ ağartma deneyleri için çözeltilerin hazırlanması Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kimya laboratuvarında, deney sonuçlarının **Lovibond tintometresinde**, okunması ise Altınyag/Çiğli Fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Deneyde; 100 ml ham yağ, 250 ml’lik beherde $90\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’ye ısıtılıp, üzerine ham zeolit eklenmektedir. 1g, 1,5g, 2g ve 2,5 g. olarak kullanılan zeolitler, manyetik karıştırıcıda sıcaklık sabit tutularak 30 dakika karıştırılmaktadır. Elde edilen zeolit-yağ karışımı süzgeç kağıdından süzülüp, süzülen yağların görünür bölgeleri spektrofotometre’den ölçülmektedir. Ağartma deneyleri için kullanılan nötr ayçiçeği yağı Tariş Pamuk Yağı Tesisinden alınmıştır. A, B, C ve D olarak adlandırılmış olan zeolit numuneleri 1g, 1,5g, 2g ve 2,5 g farklı

ağırlıklarla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca karşılaştırmak amacı ile ham yağda ve 5M'lık asitle aktive edilmiş zeolit numunesinde de aynı deney uygulanmıştır (Tablo 5.58).

Tablo 5.58 Adsorbant miktarına göre zeolitlerin yağ ağartma sonuçları

Numune Adı	Adsorbant Miktarı(gr)	RENK		
		Sarı	Kırmızı	Mavi
Ham Yağ		10	2	-
Standart Yağ		8-10	1	-
Tonsil kullanılarak	1	10	1	-
5M asitle aktive edilmiş	1	10	1	-
A(incal)	1	10	2	-
A(incal)	1,5	10	1,5	-
A(incal)	2	10	1,4	-
A(incal)	2,5	10	1,4	-
B(enli)	1	10	2	-
B(enli)	1,5	8	2	-
B(enli)	2	10	2	-
B(enli)	2,5	10	2	-
C(rota)	1	10	2	-
C(rota)	1,5	10	1,6	-
C(rota)	2	10	2	-
C(rota)	2,5	10	2	-
D(güneşli)	1	8	1	-
D(güneşli)	1,5	8	1	-
D(güneşli)	2	8	1	-
D (güneşli)	2,5	9	1	-

Yağ ağartma deneylerinde elde edilen veriler, Lovibond tintometresinde ölçülmüştür. Lovibond Tintometresinde renk tayini; yağların bileşiminde bulunan pigmentlerin yağa verdiği doğal rengin durumunu kontrol etmek, ağartma işleminin ne derece etkili yapıldığını ve yağlarda sonradan ilave edilen renk maddelerinin (β -karoten gibi) yeterli olup olmadığını ve yağın arzulan görünümünü kazanıp kazanmadığını kontrol etmek için yapılan bir tayindir. Renk tayini tintometre gibi otomatik ölçüm yapan renk tayin cihazlarıyla yapılır. Numune tintometre küveti içine ağzına kadar doldurulur. Daha sonra küvet cihaz içine yerleştirilir. Hamyağ veya mamul yağ olma durumuna göre ayar yapılarak düğmeye basılır ve cihazın skalasındaki renk değeri okunur. Renk sarı ve kırmızı olarak okunur. Mamul yağ 5,25 inç'lik, hamyağ ise 1'inç'lik küvete konarak okunması yapılır. Ayçiçek hamyağ

kırmızı 1,5-3,0 ; Sarı 3,0-8,0 arasında ve ayçiçek Rafine yağ kırmızı 1,0-1,3 ; sarı 8,0-11,0 arasında olmalıdır.

A,B,C ve D numunelerine için uygulanan yağ ağartma deneyi sonucunda renk ölçümleri tablo 4.56'ya göre irdelendiğinde; standart yağ değerleri görüldüğü gibi sarı renk için 8-10 arasında bir değer beklenirken, kırmızı renk 1'dir. Fabrikadan nötralize edilmiş olarak alınan ham ayçiçeği yağının değerleri ise sarı:10, kırmızı ise 2 olarak okunmuştur. Bu deneydeki amaç, ham yağ değerlerini standart yağ değerlerine yakın bir değer elde etmektir. Ayrıca tonsil adı verilen numune kullanılarak, 5M asitle aktive edilmiş zeolit numunesi kullanılarak ve ham D numunesi kullanılarak istenilen standart yağ verilerine uygun bir veri okunduğu anlaşılmaktadır. Herhangi bir işlem görmemiş ham A numunesi 1,5-2-2,5 g kullanıldığında standart değerlere yaklaştığı ancak tam istenilen değerleri vermediği görülmektedir. Yine yapılan deneyde ham B numunesi için okunan renk değerlerinde herhangi bir değişme gözlenmemiştir. Ham C numunesinde ise 1,5 g. zeolit kullanıldığında kırmızı renkte 0,4'lük bir düşüş olurken, yine istenilen standart yağ verileri için yeterli bir değişme olmamıştır. Ancak kullanılan ham D numunesi'nin standart yağ özelliklerine yakın değerler gösterdiği gözlenmektedir.

5.11 N₂ Adsorpsiyonu yöntemi ile yüzey alanının belirlenmesi

Doğal zeolitler, adsorpsiyon kapasitelerinin yükseltilmesi amacıyla bazı modifikasyon işlemlere tabi tutulmaktadır. Modifikasyon işlemlerden birisi olan asitler ile modifikasyonda, yapıdaki katyonlar H⁺ ile yer değiştirerek, zeolitin yüzey kimyasında değişikliğe neden olmaktadır. Bu değişiklik ile, adsorpsiyon sürecinde, adsorbent-adsorbate etkileşimlerini değiştirerek, bazı moleküllerin adsorpsiyonunu seçici bir şekilde hızlandırmaktadır. Ayrıca yapıdan uzaklaşan katyonlar, zeolitin mikrogözenek alan ve hacimlerinde artışa neden olarak zeolitin daha fazla madde adsorplamasını sağlar. Bu deneyde; 5M asitle 6 saat muamele edilmiş ve asitle muamele edilmemiş 100 µ'un altındaki zeolit numunelerinde FTIR ve N₂ adsorpsiyonu için aralarındaki farklar incelenmiştir. Zeolitlerin 5M asitle muamele edilmesinin amacı ise daha önce yapılan bir çalışmada en iyi mikrogözenekliliğe sahip olmasıdır. Buna göre farklı sahalardan alınan zeolit

numuneleri karşılaştırılacaktır. N₂ adsorpsiyon analizleri İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yapılmıştır. Tablo 4.59 irdelendiğinde; 5M asitle 6 saat muamele edilmiş zeolit numuneleri, ham zeolit numunelerine göre yüzey alanları yaklaşık 7 kat artış göstermektedir. Üç numune kendi aralarında karşılaştığında, değerlerin birbirlerine yakın olduğu gözlenmektedir.

Tablo 5.59 Ham ve asitle işlem görmüş zeolitlerin azot adsorpsiyonu sonuçları

Zeolit Kodu	A(incal) 5M	B(enli) 5M	C(rota) 5M	A(incal) (ham)	B(enli) (ham)	C(rota) (ham)
V _{mik.} (cm ³ /g)	0.070	0.050	0.097	0.009	0.008	0.010
A _{mik.} (m ² /g)	131.45	93.64	181.68	16.93	10.82	20.34
Bet (m ² /g),	169.07	177.46	247.38	25.39	27.46	36.25
Langm.(m ² /g)	249.51	257.41	362.88	37.48	39.44	50.40

V_{mik.}: mikrogözenek hacmi Bet.: BET yüzey alanı

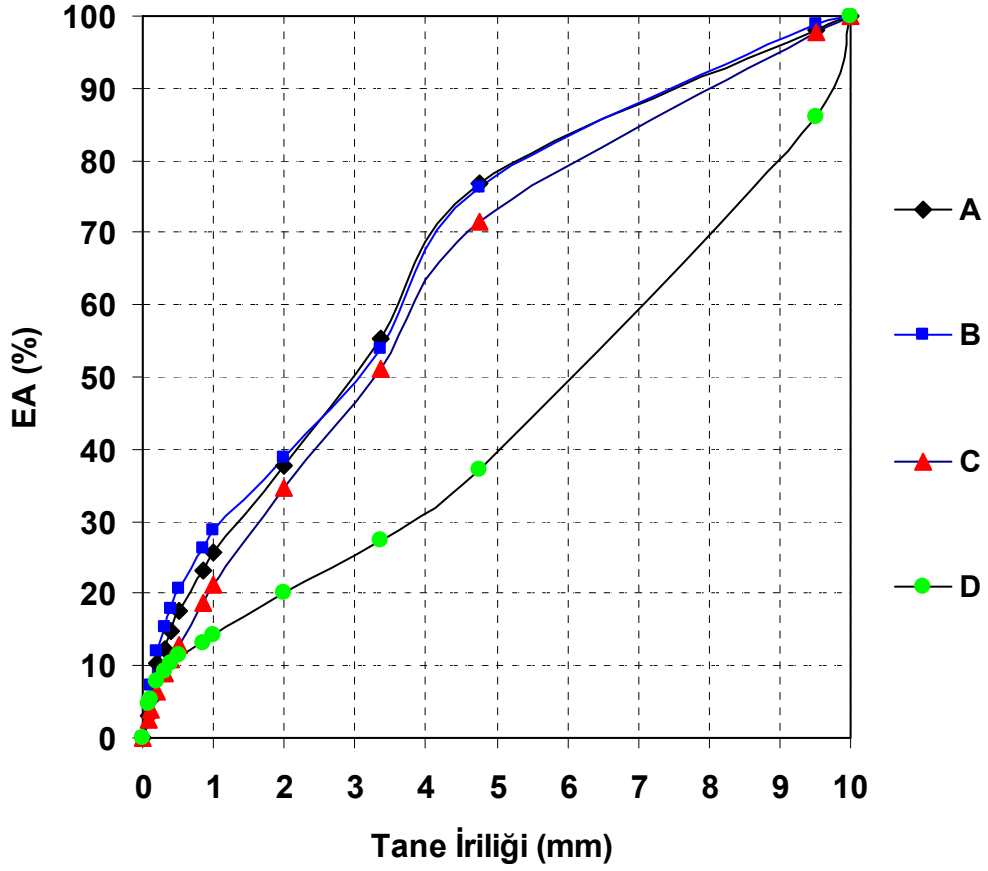
Langm.: langmuir yüzey alanı A_{mik.}: mikrogözenek alanı

Belirtildiği gibi zeolitinin ince tanelerde kullanımı yaygın olduğundan yüzey alanının ölçülmesi zorunludur. Bunun için en uygun yöntemin N₂ adsorpsiyon yöntemi olduğu da bilimsel ve teknik sonuçtur. Onun için N₂ adsorpsiyon deneyi yöntemi tercih edilmiştir.

5.12 Numunelerin(A,B,C,D) ufalama sonuçlarının irdelenmesi

5.12.1 Numunelerin(A,B,C,D) birincil kırma sonuçlarının irdelenmesi

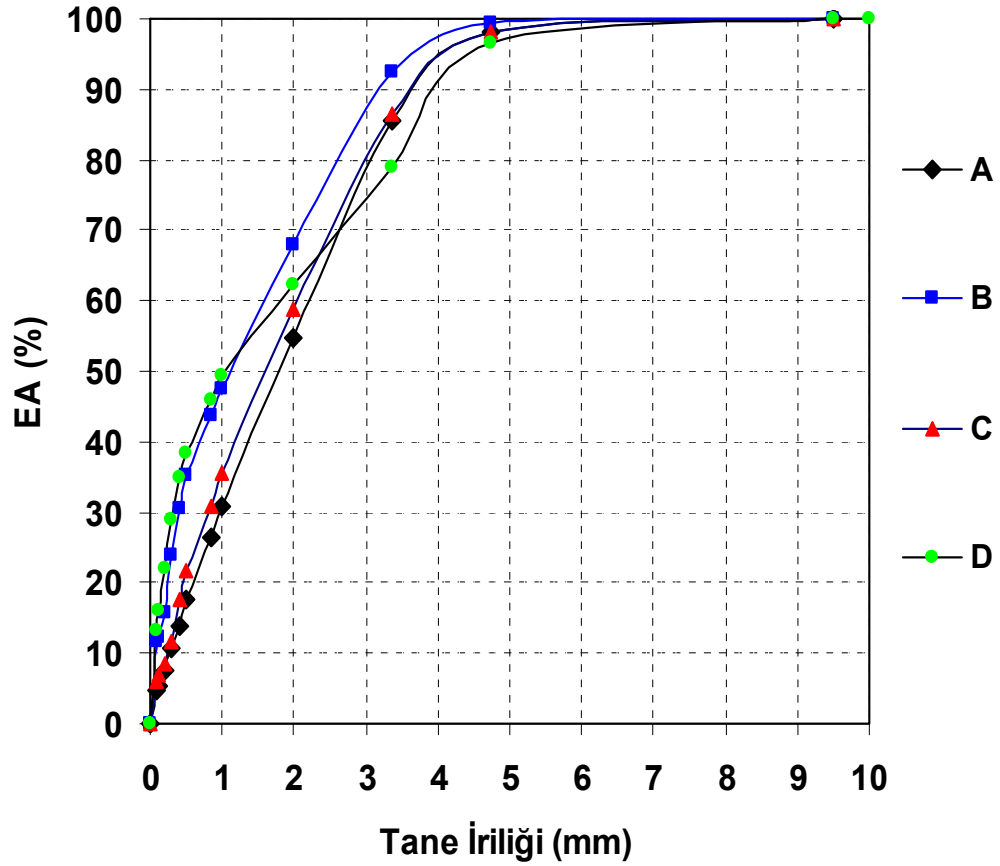
Şekil 5.79' da sunulan grafikte A,B,C,D örneklerinin birincil aşamadaki(çeneli kırıcı ile) kırılmasından elde edilen örneklerin elekaltı eğrileri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Grafiklerin görünüm ve değerlerinden anlaşılacağı üzere A,B,C örnekleri yaklaşık kümülatif elekaltı oranları açısından benzer karakteristiktir. D numunesinin farklı mineral ve bunların kimyasal, fiziksel, yapısal karakteristikleri kırılma kinematığını etkilemiş ve bu aşamada A,B,C numunelerine karşın daha kaba tane iriliğinde kırılmıştır.



Şekil 5.79 A,B,C ve D numunelerinin birincil kırma elekaltı eğrileri

5.12.2 Numunelerin(A,B,C,D) ikincil kırma sonuçlarının irdelenmesi

Şekil 5.80' de sunulan grafiklerde A,B,C,D örneklerinin ikincil kırma(küçük çeneli kırıcı) aşamasından elde edilen örneklerin elekaltı eğrileri karşılaştırıldığında, A ile C örneğinin yaklaşık elekaltı oranlarıyla birbirine benzer kırılma karakteristiği gösterdiği gözlenmektedir. B ile D örnekleri ise -1 mm tane altında yaklaşık elekaltı oranlarında bulunurken 1 mm 'in üstünde 5 mm sınırına kadar %6 ile %12 ağırlık oranları farklılığında kırılma özelliği göstermiştir.

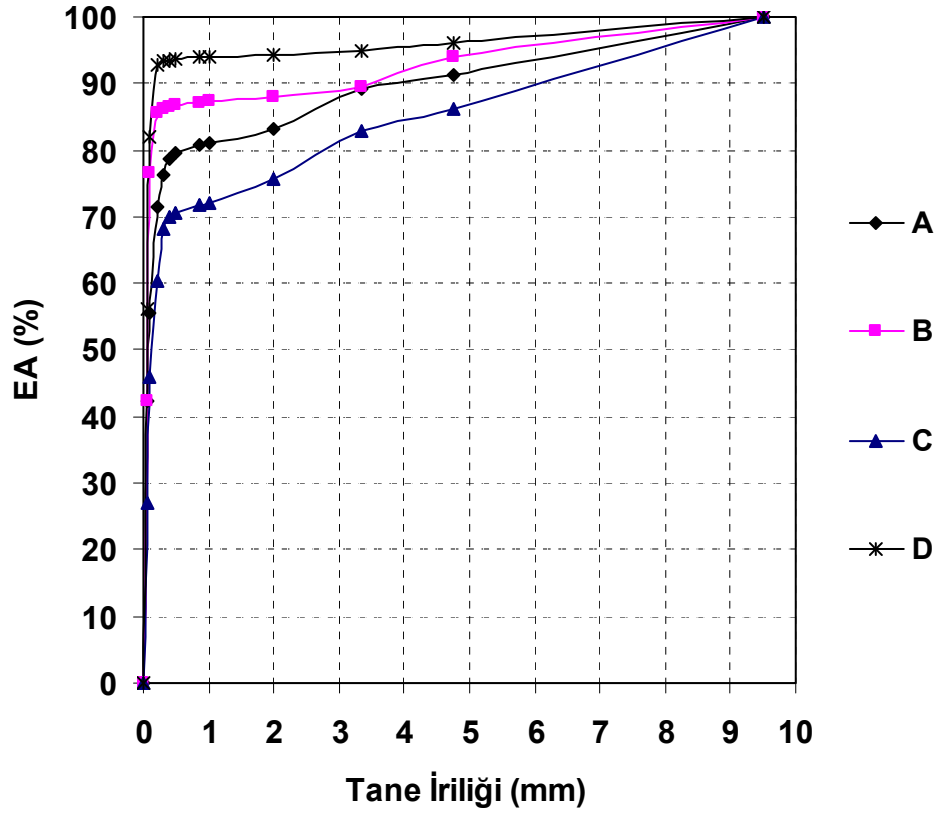


Şekil 5.80 A,B,C ve D numunelerinin ikincil kırma elekaltı eğrileri

5.12.3 Numunelerin(A,B,C,D) optimum öğütme süresi(45 dakika) sonuçlarının irdelenmesi

Araştırmaya konu olan A, B, C ve D örneklerinin süreye bağlı elde edilen ufalama özelliğini belirleyen elekaltı eğrilerinden saptanan optimal öğütme süreleri olarak bulunan 45 dakikadaki elekaltı eğrileri karşılaştırıldığında(bakınız şekil 5.81) en yüksek elekaltı oranlarının D örneğinden başlayarak B, A ve C şeklinde düşük değerlerde sıralandığı görülmektedir. Bu olgu, örneklerin içerdiği cevher tiplerine, mineral türlerine, şekilleri ve yapısal özelliklerine bağlıdır. Özellikle zeolit minerallerinin farklı kimyasal yapıda oluşu, bünyesinde su oluşturması, ince ve ışınal kristal yapısı göstermesi, minerallerin birbirine kontakt zonlarda bağlanma direncini azaltmaktadır ve ufalanmayı arttırmaktadır. Bu özelliğe sertlik ve cevherin

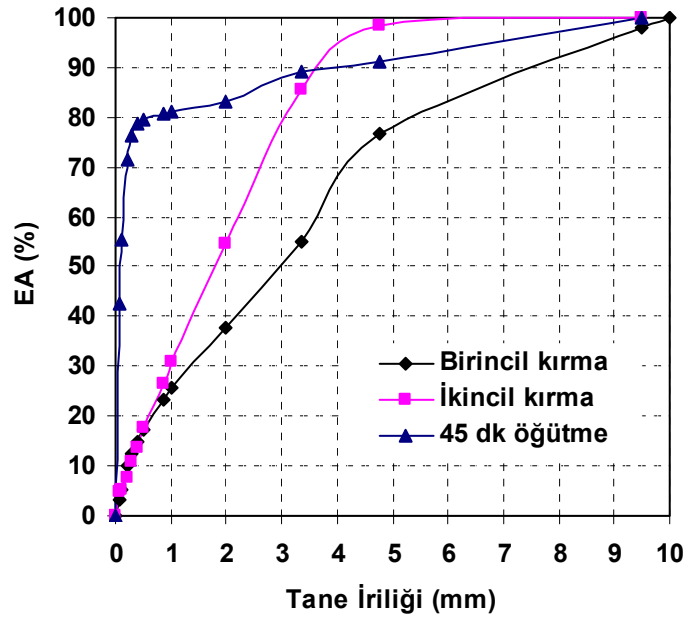
tane boyut dağılımı da eklenince şekil 5.81'deki grafiksel görünüm ortaya çıkmaktadır.



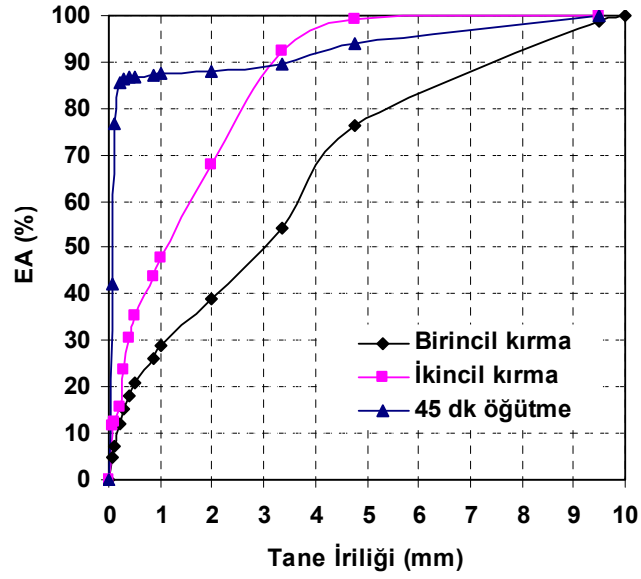
Şekil 5.81 A,B,C ve D numunelerinin 45 dakika optimal süresine bağlı elekaltı grafikleri

5.12.4 Numunelerin ufalama sonuçlarının irdelenmesi

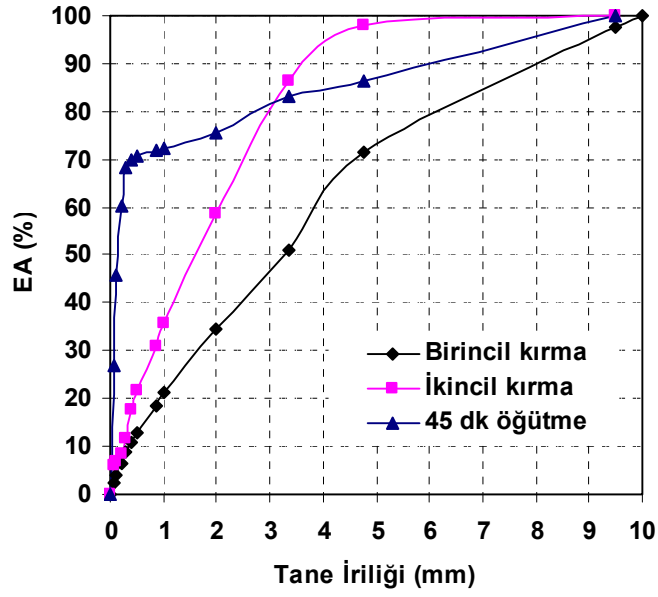
A,B,C ve D numunelerinin birinci kırma ikinci kırma ve optimum öğütme süresi olarak saptanan 45 dakikalık öğütülmesi sonucunda elde edilen numune türevlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması şekil (5.82 - 5.85)'de topluca sunulmuştur



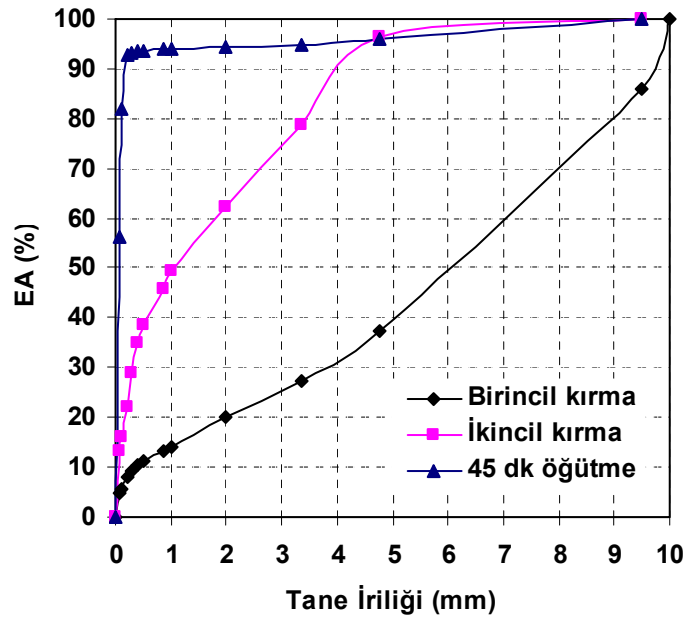
Şekil 5.82 A numunesinin birincil ve ikincil kırma ile optimal 45 dk. öğütme süresine bağlı elekaltı grafikleri



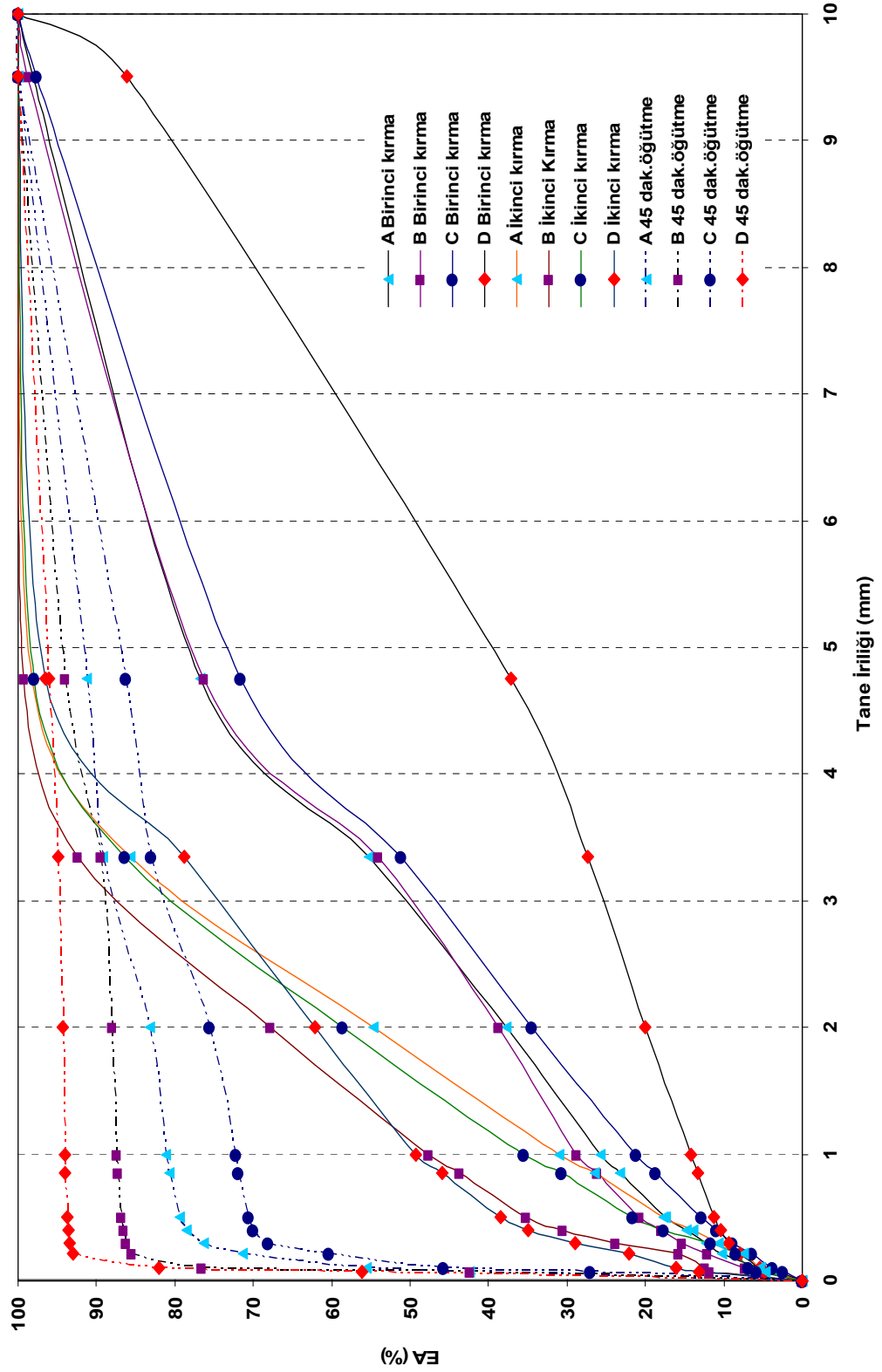
Şekil 5.83 B numunesinin birincil ve ikincil kırma ile optimal 45 dk. öğütme süresine bağlı elekaltı grafikleri



Şekil 5.84 C numunesinin birincil ve ikincil kırma ile optimal 45 dk. öğütme süresine bağlı elekaltı grafikleri



Şekil 5.85 D numunesinin birincil ve ikincil kırma ile optimal 45 dk öğütme süresine bağlı elekaltı grafikleri



Şekil 5.86 A,B,C ve D numunelerinin birincilve ikincil kırma ile 45 dakika optimum öğütülme sürelerine bağlı elekaltı grafikleri

Anılan şekil 5.86 'ın grafikleri incelendiğinde örneğin A numunesinin birincil kademedeki kırılmasında cevherin -3,35 mm tane boyutuna %55,22'si indirilirken, ikinci aşama kırılmada ise %85,66 oranında boyut indirgenmesi sağlanmıştır. Aynı numunenin 45 dakikalık optimum öğütme süresinde %89,13'ü -3,35 mm tane boyutuna öğütülmüştür. B numunesinin birincil aşama kırılmasında cevherin -3,35 mm tane boyutuna %54,04'ü indirilirken, ikinci aşama kırılmada %92,42 oranında boyut indirilmiştir. Aynı numune 45 dakikalık optimum öğütme süresinde ise %89,45 oranında öğütülmüştür. C numunesinin birincil aşama kırılması irdelendiğinde cevherin -3,35 mm tane boyutuna %51,19'u, ikinci kademe kırılmada ise %86,34'ü indirilmiştir. 45 dakikalık optimum öğütme sonunda ise cevherin %83'ü öğütülmüştür. D numunesinin birincil aşama kırılmasında cevherin -4,75 mm tane boyutuna %37,16'sı, ikincil aşama kırılmasında %96,45 oranında boyut indirgenmiştir. Yine aynı numunenin 45 dakikalık optimum öğütme süresi sonunda malzemenin %96,07'si öğütülmüştür. Bu karşılaştırmalar bize A,B,C ve D numunelerinde ikinci kırmanın öğütme sürecini optimum değere yaklaştırmada önemli bir katkı, dolayısı ile aşama sağladığını göstermektedir.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında kullanılan zeolit numuneleri; Manisa-Gördes yöresine ait 4 farklı sahadan temsili olarak alınmış ve A,B,C,D numuneleri şeklinde adlandırılmıştır. A numunesi İncal Mineral Şirketinden, B numunesi Enli Madencilikten, C numunesi Rota Madencilikten ve D numunesi de Güneşli'den alınmıştır. Bu çalışmaya esas teşkil eden anılan örnekler üzerinde yapılan analizler ve deneyler yukarıda ayrıntılı olarak sunulmuştur. Ancak bu çalışma bulgularına dayanılarak saptanan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Son yıllarda yaygın kullanım alanının artmasına paralel olarak önemi gittikçe artan zeolitin genel tanımı, oluşumu, mineralleri ve yapısal özellikleri ile kullanım alanları ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu doktora tezinin baş kısımlarında sistematik olarak sunulmuştur.

Araştırmaya konu olan dört farklı sahadan alınan A,B,C ve D olarak adlandırılan Gördes Zeolitlerinin hammaddesel özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmış, yapısal özelliklerine uygun kullanım alanları araştırılmıştır. **Tablo 6.1** 'de numunelerin kullanılabileceği sektörler ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Ayrıca farklı bir sektörde kullanım olanağının olup olmayacağı konusu da incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan örneklerin %85 oranında hammaddeyi temsil ettiği görülmüştür. Araştırmaya konu olan Gördes zeolitleri yüksek mineral saflığına ve katyon değişim kapasitesine sahiptir. Türkiye'nin ekili topraklarının iyileştirilmesi ve tarımsal verimliliğin artırılmasını sağlamak amacıyla zeolitin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Bitkilere gübreyi, suyu ölçülü bir şekilde veren ve adeta tanımlaması gerekirse kiler görevi gören zeolitin önemi aşıkardır. Bunun dışında su tüketimini dengeli bir şekilde ayarlayarak tasarruf sağlayan bir doğal kaynaktır. Böylece hava, su ve de toprak kirliliğinin önlenmesini sağlayarak, insanların sağlıklı ortamlarda yaşamasına da önemli katkılar sağlamaktadır. Zeolitin yapısal özellikleri

araştırıldıkça, kullanımına yönelik bulgular artmaktadır. Bu çalışma da bu amaca yönelik çalışmalardan biridir.

Araştırmaya konu olan A, B, C ve D örneklerinin süreye bağlı elde edilen ufalama özelliğini belirleyen elekaltı eğrilerinden saptanan optimal öğütme süreleri olarak bulunan 45 dakikadaki elekaltı eğrileri karşılaştırıldığında(bakınız şekil 5.81) en yüksek elekaltı oranlarının D örneğinden başlayarak B, A ve C şeklinde düşük değerlerde sıralandığı görülmektedir. Bu olgu, örneklerin içerdiği cevher tiplerine, mineral türlerine, şekilleri ve yapısal özelliklerine bağlı olarak algılanmıştır. Özellikle zeolit minerallerinin farklı kimyasal yapıda oluşu, bünyesinde su oluşturması, ince ve ışınal kristal yapısı göstermesi, minerallerin birbirine kontakt zonlarda bağlanma direncini azaltmaktadır ve ufalanmayı arttırmaktadır.

A, B, C numunelerinin yapılan X-Ray analizleri sonuçlarına göre minimum %85 minarel saflığında A, B ve C numunelerinin hoylandit-klinoptilolit, D numunesinin de şabazit minerali olduğu, ayrıca feldspat, biotit ve kuvars gibi iz minerallere de rastlandığı tespit edilmiştir. Mikroskopik çalışmalarda da bu minerallerin varlığı kanıtlanmıştır. Nitekim mikroskopik incelemelerden ve kırılma normal dağılımlarından görüldüğü gibi birinci derecede en yumuşak zeolit mineralleri ve kil ince tane boyutlarında yığılma gösterirken, üçüncü derecede kuvars en iri boyutlarda, orta sertlikteki biotit ve demiroksitler de ikinci derecede yer almaktadır. Çok ince boyutta malzeme istendiği zaman 500µ'un altında kuvarsın yüzeyi serbestleşecek ve biotitler yüzeyi terk edeceklerdir. Eğer % 99'luk mineral saflığında yüksek kalitede zeolit eldesi istenirse, yapısında eser miktarlarda bulunan demir, hematit ve biotitler manyetik seperasyonla temizlenebileceği sonucuna varılmıştır.

A numunesinin 1x1,5 mm boyut altında kırılmış taneli malzemesinde demiroksit mineral sıvamaları (sarımtrak, kırmızımtrak) ile kısmen serbest ve çoğunluğu noktasal kenetli biotit tanecikleri görülmüştür. Bu olgu zeolitin kirlendiğini göstermektedir. Kullanım alanlarının talebine göre bu tip zeolit daha kaliteli bir ürün olarak istenirse 1 mm veya 0,5 mm altına selektif kırılarak yoğunluğa göre zenginleştirme ile daha temiz ürünlere dönüştürülebilir. Bu zenginleştirme

işleminde ortaya çıkacak artık ve orta ürünler ise yine tüketim alanına göre örneğin toprak ıslahında kullanılabilir. Anılan A numunesi zeolite karşın daha yoğunluğu fazla olan kuvars ve demir oksitler ve diğer biotitle kenetli tanecikler yoğunlaşmış, bunlar arasında temiz işlem görüldüğünde örneğin yüzeysel atraksiyonla daha temiz kristal kuvarlar elde edilebileceği görülmüş ve de görüntülenmiştir. kristal kuvarların 433-373 μ boyutlarında olup, A numunesi 400 μ altına selektif ve koruyucu olarak ufalandığında örneğin kuru veya yaş yoğunluğa göre bir zenginleştirmeye tabi tutulduğunda arkasından manyetik zenginleştirme ile işleme tabi tutulduğunda temiz kristal kuvarların elde edilebileceği gözlenmektedir. Elde edilebilecek kuvarın cam veya seramik sektöründe kullanım alanı mümkündür.

B numunesi 5,9x1,1 mm boyutlu bir zeolit içerisinde 1,1x0,7 boyutlarında ve daha ince boyutlarda biotit tanelerinin kenetli olduğu görüntülenmiştir. Bu biotit kenetlenmeleri kalınlığı 115 μ m, uzunluğu 880 μ m boyutlarına kadar varmaktadır. Ancak anılan numune 1 mm'in altı veya 500 μ 'un altına öğütüldüğünde önemli bir serbest taneler sağlanabileceği ve yoğunluğa göre kuru ve yaş sistemde gerekirse manyetik seperasyon kombinasyonlu bir zenginleştirme ile çok daha kaliteli nitelikli zeolitlerin eldesi mümkün olacaktır. Anılan zeolit daha ince boyutlara örneğin 1mm altına selektif ufalandığında daha temiz ve serbest zeolit tanecikleri elde edilebileceği gibi temiz, şeffaf kristal kuvarlar serbestleşmektedir. Buradan kuru ve yaş ortamda yoğunluğa göre zenginleştirme gerekirse yüksek alan şiddetli manyetik seperasyon uygulandığında temiz ve kaliteli zeolit eldesi sağlanırken yan ürün olarak da şeffaf temiz kuvars kristalleri kazanmak mümkündür. Bu kuvarların seramik ve cam sektöründe tercih edilmesi büyük bir olanak sağlayabilecektir.

3,5x1,8 mm boyutuna kırılmış C numunesinin kirletici mineral konsantrasyonu mikroskop altında incelenerek, ham cevherin gerektiğinde bu boyuta veya daha ince boyutlara kadar selektif kırılıp yoğunluğa göre yaş veya kuru ortamda zenginleştirildiğinde ağırlıksal olarak %10-15'lik bir kısmının atılarak, zeolit konsantrasyonunun kalitelileştirilebileceği görüşüne varılmıştır. Çıkacak artığın ise, orta ürün(ara ürün) olarak sektörün diğer bir alanında da kullanılabilirliği düşünülebilir ve araştırılabilir. Yukarıda anılan boyuttaki C numunesi 600 μ boyutu altına

koruyucu olarak ufalandığında serbest konuma gelen kirletici (ağır mineraller, demir oksitler, zeolit dışındaki silikatlar) ile kenetli taneler açığa çıkmıştır. Böylece anılan bu boyuta öğütüldüğünde uygulanacak uygun bir yoğunluğa göre bir zenginleştirme yöntemi ile bu minerallerin temiz zeolit minerallerinden uzaklaştırılabileceği sonucuna varılmıştır.

İncelenen D numunesinin noktasal kirlenmesinin 100-150 μm taneciklerde olduğu gözlenmiştir. Zeolit mineralinin oldukça temiz olduğu ancak çok daha kaliteli bir üretim 150 μ altına bir boyut indirilmesi ile kirletici minerallerin serbest konuma getirilmesi mümkün olabilir ve kuru veya yaş ortamda yapılacak bir zenginleştirme ile çok nitelikli bir zeolit konsantresi üretmek mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır. Serbest temiz zeolit taneciklerinin 600 μ 'dan 300 μ 'a ve daha ince boyutlara kadar geniş tane aralığında yüksek oranda serbestleştiği yapılan mikroskopik inceleme ve digital ortamdaki görüntülemelerle kanıtlanmıştır. Böylece bu boyutlara kadar öğütülüp, kuru veya yaş ortamda zenginleştirilerek nitelikli bir zeolit konsantresi üretiminin mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anılan numunelerin kimyasal analizleri irdelendiğinde, SiO_2 % oranları 72,97 ile 77,42 değerlerinde değişirken, diğer elementlerin % oranları yaklaşık değerlerde bulunmuştur. Ancak, D numunesinin yapısındaki karbonat oranlarının düşük değerlerde oluşu, diğer numunelerin kızdırma kaybına nazaran %7,29 gibi daha düşük bir kızdırma yaratabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca D numunesinin SiO_2 oranının yüksekliği olası bir ufalanma özelliği yaratmaktadır. D tipi zeolit numunesinin göreceli olarak %3,66 K_2O değeri ile yüksek bir K_2O değerine sahip oluşunun tarım sektörü için daha tercih edilir bir zeolit tipi olabileceği görüşüne varılabilir.

A, B, C ve D numunelerinin katyon değişim kapasitelerinin(KDK) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dört numune birbirleriyle katyon değiştirme kapasiteleri açısından kıyaslandığında; D numunesinin katyon değiştirme kapasitesinin diğer üç numuneden daha fazla olduğu belirlenmiştir. KDK değerlerini büyükten küçüğe sıralandığında, $D>B>C>A$ olarak yazılabilmektedir. Topraktaki baz doygunluğu

toprak verimliliğinin bir göstergesidir. Buna göre toprak verimliliğini büyükten küçüğe sıralarsak $A > B > C > D$ şeklinde olabileceği sonucuna varılabilir.

A, B, C ve D numuneleri için değişik bir sektörde kullanım alanı yaratılması açısından yapılan yağ adsorpsiyon deneylerinden elde edilen verilere göre, ham zeolit doğal haliyle asitle aktive edilmeden kullanıldığında, D numunesinin istenilen sonuca yakın değerler verdiği gözlenmektedir. Bunun sebebi de D numunesinin KDK değerinin, A, B ve C numunelerine göre daha yüksek olmasıdır. A, B, C numunelerinin asitle aktive edilerek, D numunesinin ise asitle aktive edilmeye gerek duymadan yağ ağartma işlemlerinde kullanılmasının mümkün olabileceği bulgusuna varılmıştır.

Anılan numunelerin azot(N) adsorpsiyonu yöntemi ile yüzey alanını tespit etmek amacıyla yapılan deneyde ise, 5M(molar) asitle 6 saat muamele edilmiş olan zeolit numunelerinin, ham zeolit numunelerine karşın yüzey alanlarında yaklaşık 7 misli bir artış sağladığı görülmüştür. Araştırmaya konu olan A,B,C numunelerinin kendi aralarında karşılaştırıldığında ise değerlerin birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Öneriler

Bu doktora tezine araştırma konusu olan Gördes Yöresi A,B,C,D tanımlı zeolitlerinin yapısal özelliklerinin belirlenmesinin ışığı altında aşağıdaki önerileri sıralamak mümkündür:

- Anılan zeolit tiplerinin tezin içinde sunulan kullanım alanlarının bir çoğuna uygun olduğu ve bu sahalarda endüstriyel kullanılmalarının Türkiye tarım topraklarının iyileştirilmesi için kullanılmalıdır.
- Tarımsal üretimin verimli ve ekonomik üretiminde gerekli olan su ve gübre tasarrufu anılan zeolitlerin bilinçli olarak kullanılması gerçekleştirilmelidir.
- Özellikle Türkiye’de ölçsüz su ve gübre kullanımıyla yaratılan toprak kirliliği anılan zeolitlerin kullanımıyla giderilmelidir.
- Endüstri artıklarıyla çevreyi kirleten katı, sıvı, gaz ortamındaki Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg gibi ağır metal kirliliğinin önlenmesinde kullanılmalıdır.

- Günümüzde yoğun trafiğin neden olduğu ağır metal gazlarının yarattığı zehirli kirlenmelerin önlenmesi (Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg) insanların ve şehirlerin sağlıklı bir ortama kavuşmalarına yüksek adsorpsiyon gücüyle zeolit kullanılması katkı koyacaktır. Bu gerçeğe Gördes zeolitleri bu amaca hizmet edebileceği düşünülmelidir.
- Zeolitten yapılabilecek inşaat sektöründe hafif yapı elemanları ile daha tasarruflu çimento katkısı olarak da kullanılabilen yapılar incelemelerden anlaşılmaktadır.
- Tez kapsamında Manisa Gördes zeolitlerinin yapısal özelliklerinin tespitine yönelik yapılan mikroskopik inceleme sonuçlarına göre yapısında bulunan kirlenici gang minerallerinin uzaklaştırılması ve daha temiz kaliteli zeolit eldesinin cevher hazırlama ve zenginleştirme yöntemleriyle sağlanması düşünülmelidir.
- Zeolit üretiminde cevher oluşumuna dayalı olarak, selektif(seçimli) madencilik yapılması göz önünde bulundurulmalıdır. Çevresel kirlilikten sakınılmalı, bunun için gerekli üretim önlemleri alınmalıdır(örnek: toz tutma perdeleri).
- Tablo 6.1’de ayrıntılı olarak araştırma konusu zeolitlerin yapısal özelliklerine bağlı olarak kullanılabilen alanlar sistematik olarak topluca sunulmuştur.

Tablo 6.1 A,B,C ve D numunelerinin Kullanılabileceği Sektörler

Ham madde	Zeolit Adı	Kullanılabileceği Sektörler
A numune	Hoylandit- klinoptilolit	<p>a) Çevre Kirliliği Kontrolünde</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sanayi atık sularından Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg gibi ağır metallerin uzaklaştırılmasında - Şehir atık suları ve içme sularından toksik etkiye sahip amonyum (NH₄⁺) uzaklaştırılmasında - Su sertliğinin düşürülmesi, pH, iletkenlik düzenleyici ve içme suyu kalitesinin yükseltilmesi - Baca gazlarının temizlenmesi - Petrol Sızıntılarının Temizlenmesi - Hava kirliliğine yol açan SO₂, CO, CO₂, H₂S, NH₃, NO_x gibi gazların tutulması - Çöp Deponi Alanları - Metalurji Uygulamaları - Kapalı mekanlarda kötü kokuların giderilmesinde - Nükleer atıklardaki Cs, Sr, Rb gibi radyoaktif maddelerin uzaklaştırılması <p>b) Enerji Sektöründe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Doğal gazların saflaştırılmasında ve kurutulmasında - Isı depolayıcısı olarak - Oksijen üretiminde - Kömür gazlaştırılma işleminde - CH₄/N₂ ve N₂/H₂ gibi endüstriyel gaz karışımlarının ayırımında - Petrol rafinasyonu - Güneş Enerjisi Depolama Sistemlerinde Kullanımları <p>c) Tarım ve Hayvancılık Sektöründe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gübre katkı maddesi olarak - Tarım topraklarındaki fazla suların alınarak toprağın ıslah edilmesinde, toprağın tarıma hazırlanması - Bitki besin maddelerinin yıkanmasını engelleme - Tarım topraklarının pH dengesinin sağlanması ve toprak düzenleyici - Tarım ilaçları için taşıyıcı madde olarak - Hububat Ambarlarında Nem ve Haşare Kontrolü - Gübre depolama sırasında oluşan pişme ve sertleşmesinin önlenmesi - Bitki yetiştirme ortamında besleyici iyonların bitkiye aktarılması. Beslenme zincirlerinde Pb, Cd, Zn, Cu gibi istenmeyen ağır metal katyonların tutulması - Hayvan yemi katkı maddesi olarak - Balık üretim çiftliklerinde havuzların temizlenerek yeterli oksijen sağlanmasında - Hayvan ağıllarındaki kötü kokuların giderilmesinde - Kedi toprağı olarak - Kemik sağlığının iyileştirilmesi, yumurta ve kemik gelişimini olumlu etkileri - Et kemik unu <p>d) Diğer Sektörler</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kağıt üretiminde dolgu maddesi olarak - Madencilikte uranyum yataklarının araştırılmasında - İnşaat sektöründe hafif yapı elemanı ve çimento katkısı olarak - Çim saha uygulamaları - Akvaryumda amonyak ve hidrojen sülfid seviyelerini azaltır - Su Kültürü Uygulamaları - Toz Deterjan uygulamaları - Doğal zeolitlerin karayollarında buz/kar çözücü olarak kullanımı - Tıp sektörü
B numune		
C numune		

Ham madde	Zeolit Adı	Kullanılabileceği Sektörler
D numune	Şabazit	<p>a) Toprakta azotlu gübrenin yıkanma ve NH_3 gazı şeklinde yitirildiği bilinmektedir. Buna karşın, şabazitin amonyağa olan yüksek seçiciliği ve amonyum değişim kapasitesi yüksekliği nedeniyle azotlu gübrenin yıkanmasını azaltmaktadır.</p> <p>b) Fazla miktarı toksik etki yapabilecek NH_4^+ ü, kanallarına alarak topraktan uzaklaştırır ve amonyum zehirlenmesini azaltır. Özellikle şabazitik tüflerin bu amaçla kullanılabileceği bilinmektedir.</p> <p>c) Şabazitin su alıp verme özelliğinden yararlanılarak küçük yapıların ısıtılması ve klimatize edilmesi, başka bir deyişle, güneş enerjisinin transferinde ısı değiştirici olarak kullanılması artmaktadır.</p> <p>d) Yüksek katyon değişim kapasitesi sebebiyle Yağ Ağartma işlemlerinde kullanılabilir.</p> <p>e) Asidik toprakta pH'ı dengeleyici/ yükseltici etki yapması nedeniyle de toprak ıslahında kullanılabileceği, zeolitik tüflerin aktifleştirilmeleri halinde kullanılması ile de nem adsorblama ve desorblama eğilimini daha da artıracağından bitki yetişmesinde, besicilik yapılan mekanlarda, metan gazının diğer gazlardan ayrılmasında, idrar ve dışkıdan kaynaklanan amonyak kokularını adsorblamasından faydalanılabileceği ve yalıtım özellikleri nedeniyle birkaç katlı binalar ve hayvan barınaklarında yapı malzemesi olarak kullanılabilmektedir.</p> <p>f) Kurutma işlemlerinde: Prosesten geçirilmiş susuz şabazit ürünleri, 25°C'de % 10 relatif nemlilikte suyun ağırlıkça minimum % 15'ini adsorbe etme (mineralin sahip olduğu yüzeylerde tutma) kabiliyetine sahiptir. Bu özelliği dolayısıyla, nemli ortamlarda bulunan ekipman ve ürünlerin korunmasında kullanılan önemli bir mineraldir. Şabazit nemli ortamlarda kullanılan diğer koruyucu malzemeler olan silika-jel ve çeşitli killerle kıyaslandığında, ortamdaki nemi tamamıyla ve çok daha kısa sürede uzaklaştırma yeteneğine sahip olması bakımından, üstün kabiliyetli bir mineraldir. Özellikle ortamdaki nem ve proses sırasında açığa çıkan nemin yaratacağı korozyonlara karşı çeşitli motor sistemlerinde de kullanılabilmektedir.</p> <p>g) Isıtma-Soğutma Sistemleri (Klimalar): Soğurma esasına dayalı soğutma-ısıtma uygulamalarında, akışkan olarak su kullanılmaktadır. Isı kaynağı olarak, petrol, gaz, odun ve güneş enerjisinin kullanımının söz konusu olduğu bu tür sistemler, verimli olmaları bakımından önem taşımaktadırlar. Bu tür uygulamalarda şabazit mineralinin kullanılması, şabazitin yüksek oranda soğurma ve salıverme kapasitesine sahip olması, maliyeti düşürmesi ve bozunmaya karşı dayanımı da dikkate alındığında; diğer sentetik zeolitlere göre üstün özelliktedirler.</p> <p>h) Radyoaktif Atıklar: Şabazitin en önemli uygulama alanlarından birisi de radyoaktif atıklar içerisinde yer alan Cs137 ve Sr90 gibi radyoaktif maddelerin bertaraf edilmesidir. Özellikle Sr90 için yüksek derecede selektif olan şabazit ürünleri, diğer doğal ya da sentetik zeolit ürünlerine göre, radyoaktif atıkların bertaraf edilmesinde daha etkilidir.</p> <p>ı) İyon Değiştirme Uygulamaları: Şabazit ürünleri, sulu çözeltiler içindeki amonyum nitratin arıtılmasında kullanılır. Çözeltideki 2.3 meq/gm ya da ağırlıkça % 9 oranındaki amonyum nitrati uzaklaştırabilme kabiliyetine sahiptir. Özellikle hidrometalurji uygulamalarında, çözeltide yer alan çeşitli metallerin kazanılmasındaki yeteneği oldukça üstündür. Çözeltide yer alan ağırlıkça % 21.9 gümüş, % 15.3 bakır ve % 2.8 oranlarındaki metallerin kazanılmasında etkili olduğu gözlenmiştir.</p> <p>j) Şabazit minerali özellikle petrol, doğal gaz, sıvı sanayi atıkları, atık sular, kullanma suları gibi her türlü likit maddelerin arıtılmasında etkili olarak kullanılan bir ham maddedir.</p>

KAYNAKLAR

- 1 Bilgi Platformu. (6 Kasım 2007) “Zeolit” (2006). <http://www.1bilgi.com>
- 1 Bilgi Platformu. (6 Kasım 2007). “Adsorpsiyon” (2008) <http://www.1bilgi.com/kimya/13017/aktif-karbon-nedir.html>
- Akpınar, D. (1998). *Endüstriyel Atık Sulardaki Fenol ve Ağır Metal İyon Karışımlarının Adsorpsiyon / Biyosorpsiyonunun Karşılaştırmalı İncelenmesi* Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Akvaryum web sitesi. (1997-2008) “Akvaryum Sözlüğü. Zeolite (Zeolit)”. (2008). <http://www.akvaryum.com/sozluk.asp>
- Altunok, S.(1994). *Atık Sulardan Fenolün Adsorpsiyon Yöntemi ile Giderilmesi*.Yüksek Mühendislik Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Altan, A., Altan, Ö., Alçıçek, A., Nalbant, M. ve Akbaş, Y. (1998a). Tavukçulukta doğal Zeolit Kullanımı. III., *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt. 35, No.1-2-3, s. 9-16, ISSN 1018-6651, İzmir.*
- Altan, Ö., Çabuk, M., Bozkurt, M., Altan, A., Özkan, K. ve Alçıçek, A. (1998b). Tavukçulukta Doğal Zeolit Kullanımı III., *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt. 35, No.1-2-3, s. 25-32, ISSN 1018-6651, İzmir.*
- Altınbaş Ü., Çengel M., Uysal H., Okur B., Okur., N., Kurucu Y., Delibacak., S., (2004). Toprak Bilimi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.*
- Amethyst Galleries. (1995-2009) ”The silicate Class” (2007) <http://www.galleries.com/minerals/silicate>

- Aoki T., Munemori M. (1982). "Recovery of chromium (VI) from wastewaters with iron (III) hydroxide-I: Adsorption mechanism of chromium (VI) on iron (III) hydroxide", *Water Res.*, 16, 793-796.
- Ataman, G. (1979). *Batı Anadolu zeolitleri oluşumları*. Yerbilimleri, 3, 85-94.
- Ayan, S. (2001). Bitki yetiştirme ortamı olarak zeolitin kullanılabilirliği. Gazi Üniversitesi, Kastamonu Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı. 37200 Kastamonu. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa dergisi (Journal of DOA)*, sayı : 7 s: 97 – 111.
- Ayvaz, Z. (Ocak-Mart 2004) 21. yüzyılın hammaddesi zeolit. (2005) <http://www.ekolojimagazin.com/?s=magazin&id=172/2005>
- Babel S., Kurniawan T. A.(2003). Low- cost adsorbents for heavy metal uptake from contaminated water. *J. Hazard. Mater.*, 9, 219-243.
- Barış YI. (1987). Asbestos and erionite related chest diseases. *Semik Ofset Matbaacılık Lmd Co. Ankara, Türkiye. 62-109.*
- Baysal, O., Gündoğdu, N., Temel, A., Öner, F. (1986). Bigadiç zeolit oluşumlarının ekonomik, jeolojik incelenmesi projesi. *H.U. Yuvam, 85-2*, Ankara.
- Benson, C.H., & Othman, A.M. (1993). Hydraulic conductivity of compacted clay frozen in situ. *J. Geotech. Engng., ASCE, 119(2)*, 276-294.
- Bilimsel Döküasyon Tanıtma Dairesi MTA. (2008). " Şabazit (2008) http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/metut/index.php?id=sabazit
- Breck, D. W.,(1974). Zeolites moleculer sieves. *John Wiley&Sons NewYork. p. 771.*

Bozkurt M., Çabuk M., Basmacıoğlu H., Alçıçek A. (2001). *Yumurta Tavuğu Karma Yemlerine İlave Edilen Doğal Zeolitin Yumurta Verimi ve Yumurta Kabuk Kalitesine Etkileri: Enerji ve Protein Düzeyi Dengelenmemiş Karmalara Doğal Zeolit İlavesi*. Erbeyli İncir Araştırma Enstitüsü, Erbeyli-Aydın Ege Üniversitesi,Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bornova-İzmir Hayvansal Üretim42(1):21-27.

Burriesci, N., Valante, S., Ottana, R.,Cimino, G. And Zipelli, C. (1984). *Utilization of zeolites in spinach growing Zeolites 4: 5-8.*

Chuikova R, Vozhakou SV. (2005). *Assesment of efficacy of the drug litovit as a novel pathogeneticmodelity in acute viral hepatitis. 77: 29-31.*

Doğan H. (2003). Doğal ve Sentetik Zeolitler ve Uygulama Alanları. *BorTeknolojileri ve Mineraller Grubu. Tübitak Marmara Araştırma Merkezi.*

Dyer A, Morgan S, Wells P, Williams CJ. (2000). The use of zeolites as slow release anthelmintic carriers. *J Helminthology;74:137-41.*

DPT, *Sekizinci Beş yıllık Kalkınma Planı*, Özel İhtisas Komisyonu, Zeolit Raporu, (2001). Ankara.

Elliot, M. A., Edwards, H. M., j.r.,(1991). Comparasion of the Effects of Synthetic and Natural Zeolite on Laying Hen and Broiler Chicken Performance. *Poultry Sci., 70:2115-2130.*

England, D.C.(1975). Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. *Report, 17th Swine Day, Spec. Rep. 447, Ag. Ex. Stat., Oregon State Univ., p. 30-33.*

- Ertiftik, H. (1998). *Tavuk Dışkısının Gübre Olarak Uygulanabilirliğini Artırma Üzerine Bir Araştırma*. S. Ü. Fen Bil.Ens.,Ziraat Fakültesi, Toprak Anabilim Dalı, Konya.
- Ersoy, B. (2000). *Çeşitli katyonik yüzey aktif maddelerin klinoptilolit(doğal zeolit) üzerine adsorpsiyon mekanizmalarının incelenmesi ve modifiye klinoptilolit ile sıvılardaki non-anyonik organik kirleticilerin tutulması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi.
- Esenli, F. (1992). *Gördes Çevresindeki Neojen. Serilerin ve Zeolitleşmenin Jeolojik» Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi*. Doktora Tezi, î. T. Ü. Fen. Bilimleri Enstitüsü, 210 s, yayınlanmamış.
- Esenli, F., (1993). Gördes Neojen Havzasının Asitik Tüflerinde Zeolitleşme (Hoylandit – Klinoptilolit Tip) İle Meydana Gelen Kimyasal Değişimler. *Türkiye Jeoloji Bülteni İ.T.Ü., Maden Fakültesi Maslak, İstanbul, C. 36,37 – 44*.
- Esenli, F., Özpeker, I. (1993). Gördes Çevresindeki Neojen Havzanın Zeolitik Diyajenezi ve Hoylandit- Klinoptüolitlerin Mineralojisi. *46, T.,L Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı,s. 63. 15-19 Şubat, Ankara,.*
- Esenli, F., (2002). Türkiye’de Doğal Zeolit Rezervleri, Madencilği, Üretim ve Pazarlama Durumu, *Tübitak Ulusal Doğal Zeolitler Sempozyumu Bildirisi*.
- Esenli ve Uz, B., (2004). *Enli Madencilik A.Ş’ye Ait Ürünlerin Mineralojik Petrografik İnceleme Raporu* İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı, Sayı: B.30.2.İTÜ.0.52.02.02,28/43.
- Fethiere, R., Miles, R. D., Harms, R. H. (1990). Influence of Synthetic Sodium Aluminosilicate on Laying Hens Fed Different Phosphorus Levels. *Poultry Sci., 69:2195-2198*.

Fugii, S. (1974). Heavy metal adsorption by pulverized zeolites. *Japan, Kokai, 74, 079, 849, Aug. 1, 2 pp.*

Geografix. (June 22, 2000) "zeolites" (2001). <http://www.gsaresources.com>

Geografix. (June 22, 2000) "Cation-exchange capacity of zeolites" (2008) <http://www.gsaresources.com/cationexchange.htm>

Gottardi, G. (1976). Mineralogy and Chrystal Chemistry of Zeolites, Natural Zeolites; Occurence, Properties, Use, "A selection of papers presented at Zeolites, 76, an International Conference on the Occurence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites. Sand, L., B., Mumpton, F., A., Tucson, Arizona, USA, June 1976", 31-44 pp.

Grant D.C., Skribi M. C., Saha A.K. (1987). *Removal of radioactive contaminants from westvalley waste streams using natural zeolites. Environ. Prog., 6, 104-109.*

Gümüşkesen, A. (2001). *Yağların renk açma işleminde asitle aktifleştirilmiş ağartma toprakları ile birlikte diğeri adsorbantların kullanımı.* Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir. 97/MÜH/013 AFS Projesi.

Güney, Y. & Koyuncu, H. (2002). *The behavior of bentonite-zeolite landfill versus salt and metal pollution.* 6th International Symposium on Geoenvironmental Geotechnology and Global Sustainable Developments, Chung-Ang University, Seoul, Korea, 61-68.

Gürel, O., (1977). *Moleküler eleklerde adsorpsiyonun termodinamiğı.* Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fizikokimya Kürsüsü. Ankara.

İlhan, Y., Erdem,Ş.A., Schüth, F. (2006). *Çapraz bağlanmış kolloidal zeolit katalizörlerin hazırlanması ve karakterizasyonu.* İtü Kimya-Metalurji Fakültesi,

Kimya Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul İtüdergisi/d mühendislik
Cilt:5, Sayı:1, Kısım:1, 103-113

Karadağ D, Koç Y, Turan M, Armağan B. (2006). *Removal of ammonium ion from aqueous solution using natural Turkish clinoptilolite*. J Hazard Mater; 24.

Karadeniz, M. (1996). *Cevher Zenginleştirme Tesis Artıkları, Çevreye Etkileri Önlemler*, s.332

Karl Günter Wunsch (1999) “*Zeolites, a really special mineral group*” (2008).
<http://www.mineralien-verkauf.de/zeogallery/zeolithe.html>

Kaya, A., Durukan S., Ören A., Yükselen Y. (2006). *Bentonit-Zeolit Karışımlarının Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi*. İMO Teknik Dergi, 3879-3892, Yazı 256.

Kayabalı, K. (1997). Engineering aspects of a novel landfill material: Bentonite amended natural zeolite. *Engineering Geology*, 46, 105-114.

Keeting PE, Oursler MJ, Wiegand KE, Boude SK, Spelsberg TC, Riggs BL. (1992). *Zeolite A increases proliferation, differentiation and transforming growth-factor-Beta production in normal adult human osteoblast-like cells in vitro*. J Bone Miner Res;7:1281-9.

Kılınçarslan, A., Akyıl, S. Pan-zeolit kompozit adsorbanında uranyumun adsorpsiyon davranışlarının incelenmesi. *Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, 35100 Bornova-Izmir*

Kırşan, İ. H. (2004). Türkiye Zeolit Potansiyeli ve Değerlendirme İmkanları. 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu/İzmir. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara*.

- Köksaldı, V., (1999). Gördes ve Yenikent Zeolitlerinin Temel Tarımsal Özellikleri ve Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanım Olanakları. *Yüksek Lisans Tezi. A. Ü. Fen Bil. Ens. Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı, Ankara.*
- Köktürk, U.(1995). *Zeolit Madenciliği ve Çevre Sağlığına Etkileri. Köse ve Kail (eds). Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bornova, İzmir.*
- Kraus, J.F., Benson, C.F., Erickson, A.E., & Chamberlain, E.J. (1997). Freeze thaw cycling and hydraulic conductivity of bentonitic barriers. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 123(3), 229-238.*
- Lefond, J. (Ed.) (1975). *Industrial Minerals and Rocks, (4th Ed.) Port City Press, Baltimore.*
- Liu B, Yan F, Kong J, Deng J. *Anal Chim Acta 1999;386:31.*
- Miles, R.D., Costa, P.T., Harms, R.H. (1983). *The Influence of Dietary Phosphorus Level on Laying Hen Performance, Eggshell Quality and Various Blood Parameters. Poultry Sci., 62:1033-1037.*
- Minato, H., 1968. *Characteristics and uses of natural zeolites, Koatsugasu, 5, 536-547.*
- Moore, P.A., Daniel, T.C., Edwards, D.R., Miller, D.M. (1996). *Evaluation of chemical amendments to recude ammonia volatilization from poultry litter. Poultry Science, 75, 315-320.*
- Mumpton, F. A. (1978). *Naturel Zeolites Occurence, Properties and Use. Pergamon Pres. pp. 1-27. Oxford.*

Mumpton F.A., Ormsby W.A. (1978). *Morphology of zeolites in sedimentary rocks by scanning electron microscopy. pp. 113-307. Natural Zeolites.*

Mumpton, F.A. (1983). *The role of natural zeolites in agriculture zeo-agriculture use of Natural Zeolites in Agriculture pp.3-27. (ed. Wilson. 6 Paundand F.A. Mumpton)*

Okucu, A. (1998). *Bigadiç ve Turnatepe (Balıkesir) Yörelerindeki Zeolitik ve Perlitik Tüflerin Puzolonik Özellikleri.* Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana bilim Dalı, Balıkesir.

Ouki S.K., Kavannagh M. (1999). "Treatment of Metals-Contaminated Wastewaters by Use of Natural Zeolites". *Water Science & Technology, Vol.39, No. 10-11, pp 115-122.*

Öneren, Ç. (2004). *Termik Santral Uçucu Küllerinden Sentetik Zeolit Elde Edilmesi ve Çevresel Uygulamalarda Kullanılması.* Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Örgev C. ve İnanç, İ. (2004). *Doğal Zeolitin Doğal Kaynak Sularında pH, iletkenlik ve Sertlik özelliklerinin düzenleyicisi olarak kullanımı.* Sakarya. Şerefiye Kaynak Suyu İşletmeleri A.Ş. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Biyomut 2004, İstanbul – TÜRKİYE

Özaydın, S. (2005). *Doğal Klinoptilolitlerin Türkiye'deki kullanım olanakları ve Gördes klinoptilolitlerinin ısı özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma.* Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Ana Bilim dalı. Doktora tezi. İzmir.

- Rabon, H. W., j. r., Roland, D. A., Sr., Bryant, M. M., Robert, S. C., Barnes, D. G., Lurent, S. M. (1995). *Absorbtion of Silicon and Aluminum by Hens Fed Sodium Zeolite A with Various Levels of Dietary Cholecalciferol. Poultry Sci., 74:352-359.*
- Rivero-Gonzales and Rodriguez –Fuentes, (1988). *Cuban experience with the use of natural zeolite subrates in soilless culture, Proc.Intern. Congress on Soilless.*
- Rodriguez-Fuentes G, Barrios MA, Iraizoz A, Perdomo I, Cedre B. Enterex: anti-diarrheic drug based on purified natual clinoptilolite. *Zeolites* 1997;19:441-8.
- Rorrer G.L., Way J.D. (2002). “Chitosan beads to remove heavy metal from wastewater”, Dalwoo-ChitoSan
- Roskill, 2003, *The Economics of Zeolites*, Roskill Information Services Ltd., ISBN0 86214 875 <http://www.roskill.co.uk>, 1-61 pp.
- Samsunlu, A. (1999). *Çevre Mühendisliği Kimyası. (4. baskı).* Sam çevre teknolojileri merkezi yayınları, s: 120, 177, İstanbul.
- Sarıca, M., ve Çam, M.A.(1998). Broiler Üretiminde Altlığın Tekrar Kullanımının Verim ve Altlık Özelliklerine Etkileri. *Doğa Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, 22(3):213-219.*
- Sarıkaya Y. (1993). Çevre Sorunları. A.Ü. Fen Fak., *Bilge Yayıncılık*, Ankara.
- Sekizinci beş yıllık yakınma planı özel ihtisas komisyonu raporları (2001) Ankara <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik630.pdf>
- Stewart, D.I., Cousens, T.W., Studds, P.G., & Tay, Y.Y., (1999). Design parameter for bentonite enhanced sand as a landfill liner. *Proc. Instn. Civil Engng., October, 137, 189-195.*

- Teknomin mineral ürünleri sanayi ve tic. Aş. (2008). “Zeolit nedir” (2008).
http://www.teknomin.com.tr/turkce/zeolit_b.html
- Tien C. (1994). Adsorbtion Calculations and Modeling. Department of Chemical Engineering and Materials Science, Syracuse University, Butterworth-Heinemann, Newton.
- Torri, K. (1974). Utilization of sedimentary zeolites in Japan. Seminar on the occurence, origin and utilization of sedimentary zeolites in the Circum-Pasific Region, U.S., *Japan Cooperative Science Program, California (Unpublished abstract)*.
- Torii K . (1978). In Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use, eds. Sand, L.B.& Mumpton, F.A. pp. 441450. (Pergamon, Elmsford, NY),
- Tübitak Marmara araştırma Merkezi. Kocakuşak,S., Savaşçı, Ö.T., Ayok,T.(2001).
www.mam.gov.tr (2007).
- Türkman, A., Aslan, Ş., Ege, İ. (13-19 Mayıs 2001). Doğal Zeolitlerle Atıksulardan Kurşun Giderimi (Lead Removal From Wastewater by Natural Zeolites). *Deü. Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 3 Sayı: 2 Sh.*
- Virta R. (2002). “USGS Minerals Information”, *US Geological Survey Mineral Commodity Summary*.
- Yalçın, S., Ergün, A., Çolpan, İ., Küçükersan, K. (1987). Zeolitin Yumurta Tavukları Üzerindeki Etkileri. *Lahana Hayvancılık Araştırma Ens. Dergisi, 27: 28-49.*
- Yörükoğulları, E.(2005). Doğal zeolitlerin karayollarında buz/kar çözücü olarak kullanımı. *Madencilik Bülteni İnceleme, s: 40.*

Yücel, H. Çulfaz, A., (1984). Doğal ve yapay zeolitlerin endüstriyel kullanım alanları. *Metu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi* 3. pp. 1-19.

Way, (2000). Typical Properties, Applications and benefits of zeolites. <http://www.naturalzeolites.com>.

Zamzow M. J., Eichbaum B.R., 1990. *Removal of heavy-metals and other cations from waste water using zeolites.*, Sep. 25, 1555-1569. *Sci. Technol.*

Zeolit (19/6/2008) (b.t). (2008) <http://mkaraca365.blogcu.com>

Zeoponix (2000). “Zeolite The versatile mineral” (2008) www.zeoponix.com/zeolite.htm