

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEĞİŞİK ORANLARDAKİ POMZA-ZEOLİT KARIŞIMLARININ KİMİ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

FUNDA MOL

109685

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

109685

BURSA 2001

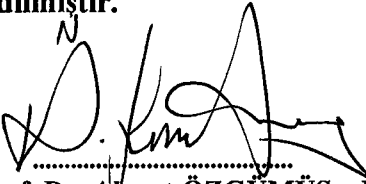
T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

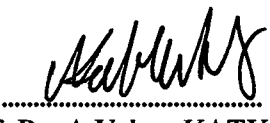
DEĞİŞİK ORANLARDAKİ POMZA VE ZEOLİT KARIŞIMLARININ KİMİ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

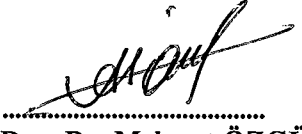
FUNDA MOL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez 24./01./2001 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ahmet ÖZGÜMÜŞ (Danışman)


Prof. Dr. A.Vahap KATKAT


Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZGÜR

ÖZET**DEĞİŞİK ORANLARDAKİ POMZA-ZEOLİT KARIŞIMLARININ KİMİ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Bu çalışma, değişik oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve topraksız yetiştiricilik yönünden değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür.

Bu çalışma, Nevşehir yöresinden sağlanan açık renkli pomza örneği ile Ceyhan (Adana) yöresinden sağlanan bazaltik pomza örneği üzerine iki farklı irilikte ve çeşitli oranlarda (hacımca %0, %10, %25, %50, %75 ve %100) zeolit karıştırılmıştır.

Karışımındaki zeolit oranı arttıkça pH, kation değişim kapasitesi, değişebilir Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve suda çözünebilir iyon konsantrasyonlarının arttığı saptanmıştır. Bu artış, ince taneli zeolit karıştırılan örneklerde daha belirgin olmuştur. Yüksek oranlarda zeolit içeren örneklerde pH yüksekliğinin, zeolitinin tamponluk kapasitesinin yüksek olması nedeniyle, ortam pH'sının optimum düzeylerde tutulması yönünden sorun yaratabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Yetiştirme ortamı, Pomza, Zeolit

ABSTRACT**THE CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF PUMICE AND ZEOLITE SAMPLES MIXED WITH DIFFERENT RATIOS**

This study was carried out to determine the some physical and chemical characteristics of zeolite and pumice mixed in different ratio and to evaluate them considering with the soilless culture.

Zeolite in two different particule size were mixed with the light colour pumice sample obtained from Nevsehir and the bazaltic pumice sample obtained from Ceyhan (Adana) in various ratios (0%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100% by volume)

pH, cation exchange capacity, exchangeable Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} and water soluble ion concentration, were increased with the increasing rate of the zeolite mixture. This increases were more considerable in samples containing smaller particule size zeolite than the others .

It was considered that to keep the pH value in the medium around optimum levels would be a problem because of the high pH level in samples containing higher ratios of the zeolite which has high buffering capacity.

Key Words: Growing media, pumice, zeolite

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	<i>i</i>
ABSTRACT	<i>ii</i>
İÇİNDEKİLER	<i>iii</i>
ŞEKİLLER DİZİNİ	<i>iv</i>
ÇİZELGELER DİZİNİ	<i>vi</i>
21. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Pomza	3
2.1.1. Dünyada ve ülkemizde pomza rezervleri	3
2.1.2. Tarımsal alanda pomza kullanımı.....	5
2.2. Zeolit	8
2.2.1. Dünyada ve ülkemizde zeolit rezervleri.....	8
2.2.2. Tarımsal alanda zeolit kullanımı	12
2.2.3. Zeolitin diğer kullanım alanları	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Pomza materyali	20
3.1.2. Zeolit materyali	20
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Pomza materyalinin analize hazırlanması	20
3.2.2. Zeolit materyalinin analize hazırlanması	21
3.2.3. Pomza ve zeolit materyallerinin birbirleriyle karışım oranları	21
3.2.4. Pomza ve zeolit örneklerinin analizlerinde uygulanan yöntemler	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin pH Değerleri	25
4.2. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri	27
4.3. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Toplam Kireç ve Aktif Kireç Değerleri	29
4.4. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Değişebilir Katyonlar (Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum) ile Katyon Değişim Kapasitesi Değerleri	31
4.5 Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Suda Çözünebilir Demir, Çinko, Bakır, Mangane Değerleri	38
4.6. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Suda Çözünebilir Fosfor, Karbonat, Bikarbonat, Klor ve Bor Değerleri	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
TEŞEKKÜR	56
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekiller</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin pH değerleri.....	26
Şekil 4.2. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri.....	28
Şekil 4.3. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin toplam kireç ve aktif kireç değerleri	30
Şekil 4.4. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Na^+ değerleri	33
Şekil 4.5. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir K^+ değerleri	34
Şekil 4.6. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Ca^{+2} değerleri	35
Şekil 4.7. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Mg^{+2} değerleri	36
Şekil 4.8. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin katyon değişim kapasitesi değerleri.....	37
Şekil 4.9. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit materyallerinde Fe^{+2} değerleri.....	39
Şekil 4.10. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Zn^{+2} değerleri.....	40
Şekil 4.11. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Cu^{+2} değerleri	41
Şekil 4.12. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Mn^{+2} değerleri.....	41
Şekil 4.13. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir P konsantrasyonları.....	43
Şekil 4.14. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin HCO_3^- iyonu konsantrasyonları.....	44

Şekil 4.15. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin Cl ⁻ iyonu konsantrasyonu.....	45
Şekil 4.16. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin B konsantrasyonları.....	46



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelgeler</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Dünya pomza rezervleri	4
Çizelge 2.2. Dünyadaki klinoptilolit oluşumları	11
Çizelge 3.1. Pomza ve zeolit materyallerinin birbirleriyle karışım oranları.....	21
Çizelge 4.1. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin pH değerleri.....	25
Çizelge 4.2. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri.....	28
Çizelge 4.3. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin toplam kireç ve aktif kireç değerleri	30
Çizelge 4.4. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir katyonlar (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) ile katyon değişim kapasitesi değerleri.....	32
Çizelge 4.5. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin 1:2 oranında saf su ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen süzüklerde belirlenen suda çözünebilir Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} değerleri	38
Çizelge 4.6. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin 1:2 oranında saf su ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen süzüklerde belirlenen suda çözünebilir P, CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl ⁻ ve B değerleri.....	42

1. GİRİŞ

Entansif tarım yapılan alanlarda zamanla toprak strüktürünün bozulması, topraklarda toksik etkiye neden olabilecek maddelerin birikmesi, mikrobiyolojik ve biyokimyasal dengelerin bozulması, bitki besin maddelerinin alınımlarının mekanizmasının sekteye uğraması ve toprak kökenli hastalıkların yoğunlaşması gibi nedenler araştırmacıları toprak dışında alternatif bazı ortamlar üzerinde çalışmaya yöneltmiş ve sonuçta topraksız yetiştiricilik, topraksız kültür veya hidroponik olarak ifade edilen yeni teknikler ortaya çıkmıştır.

Çeşitli özellikleri bakımından bitki yetiştirmeye en uygun ortamlar ideal bitki yetiştirme ortamı olarak değerlendirilmekle birlikte, herhangi bir ortamın yaygın kullanımı üzerinde o ortamın bulunabilme kolaylığı, fiyatı ve nakliye gibi faktörler belirleyici rol oynamaktadır.

Topraksız yetiştiricilik, özellikle sera topraklarından beklenen randımanı alamayan yetiştiriciler tarafından bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de gittikçe artan bir hızla benimsenmektedir. Seralarda ortam kültürlerinde kullanılan materyaller torf, perlit, pomza, zeolit, sentetik köpükler, kaya yünü, talaş, ağaç kabuğu, vermikulit gibi inorganik ve organik kökenli olabilmektedir (Gül 1990). Yukarıda değinilen bu yetiştirme ortamları tek başlarına veya birbirleri ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır. Organik kökenli yetiştirme ortamlarının mikrobiyolojik dönüşümleri ve kontaminasyona daha açık olması nedeniyle çoğu durumlarda inorganik kökenli ortamlar tercih edilmektedir.

Tarla tarımı yapılan alanlarda, toprağın yerini alabilecek materyallerin ekonomik olarak sağlanabilmesi veya yeterince bulunabilmesi mümkün değildir. Ancak seralar gibi yoğun yetiştiricilik yapılan ve ekonomik değeri yüksek bitkilerin yetiştirildiği alanlarda en uygun kök ortamı koşullarının sağlanabilmesi amacıyla çeşitli substratlar başarı ile kullanılmaktadır (Özgümüş ve Kaplan 1992).

Ülkemizde topraksız yetiştiricilikte kullanım potansiyeli yüksek olan substratlar içerisinde perlit ve pomza ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'nin değişik yörelerinde zengin pomza yatakları yer almakta ve buralardan açık maden işletmeciliği şeklinde

pomza çıkartılmaktadır. Herhangi bir fabrikasyona gereksinim göstermeksizin, yalnızca gtme ve eleme sonucu yetiştirme ortamı olarak kullanılmaya uygun hale getirilebilen pomzalar, çıkartıldıkları yörelerde oldukça uygun fiyatlarda satın alınabilmektedirler. Pomza kullanımının yaygınlaşmasını sınırlandıran en önemli faktör ise nakliye masraflarının ykseklidir.

Tam inert özellikte olmasa bile büyük lde inert bir materyal olarak kabul edilen pomzanın, katyon değişim kapasitesi ve tamponluk özelliği yüksek olan bir materyal ile karıştırılarak kullanılmasının, özellikle topraksız yetiştiricilik konusunda yeni deneyim kazanmaya başlayan yetiştiriciler açısından avantajlı olacağı düşünülmektedir. Çünkü toprak gibi tamponluk özelliği yüksek olan bir ortamdaki yetiştiricilikten inert ortamlardaki yetiştiriciliğe geçiş belirli bir süreyi ve deneyimi gerektirmektedir. Zeolit, katyon değişim kapasitesi çok yüksek olan bir materyal olarak hem toprakta, hem de topraksız ortamlardaki yetiştiricilikte pomza ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Bu açıdan farklı oranlarda karıştırılan pomza-zeolit örneklerinin çeşitli özelliklerinin belirlenerek topraksız ortamlarda kullanılmaya uygunluk yönünden değerlendirilmesi önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, değişik oranlardaki pomza-zeolit karışımlarının kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve elde edilen bulguların topraksız ortamlardaki yetiştiricilik yönünden değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Pomza

2.1.1. Dünyada ve ülkemizde pomza rezervleri

Pomza veya ponza, dilimize İtalyanca'dan girmiş olup, sünger taşı ve topuk taşı gibi adlarla da anılmaktadır. Değişik dillerde farklı olarak adlandırılan bu materyali Fransızca'da "ponce", İngilizce'de orta taneli olanlara "pumice", ince taneli olanlara "pumicide", Almanca'da ise iri taneli olanlara "bimstein", küçük taneli olanlarına da "bims" adı verilmektedir (Çevikbaş ve İlgün 1997).

Pomza çok açık renkli, köpüklü bir kayadır. Lavların fişkırması sonucu gazlarla dışarı atılır, havada soğur ve gaz çıkışından dolayı oluşan boşluklar kayayı oluşturur. Silisyum dioksit, alüminyum oksit ve potasyum oksitlerden oluşmuş çok hafif genellikle su üzerinde yüzebilir, volkanik cam bir materyaldir. Büyük pomza blokları yanardağ patlamalarından sonra okyanuslar üzerinde gözlenmektedir (Bilgin ve ark. 1990).

Asidik pomzanın yoğunluğu $0.5-1.0 \text{ g/cm}^3$, bazik pomzanın ise $1.0-2.0 \text{ g/cm}^3$ tür. Pomzanın pH'sı 7.0 civarında EC değeri 1:2 oranında hazırlanmış süzüklerde $0,1-0,2 \text{ dSm}^{-1}$ 'dir. Bunun anlamı, materyal suda eriyebilir tuzlar ve besin elementleri içermemektedir. İz element içeriği çok düşük inert bir materyal olan pomza aynı zamanda çok düşük bir katyon değişim kapasitesine sahiptir. Bu nedenle kimyasal reaksiyona girmez, ek bir sterilizasyona ihtiyaç göstermemesine rağmen sterilizasyonla yapısal bir değişikliğe uğramaz (Alan 1990).

Kimyasal bileşimi göz önüne alındığında %60-75 SiO_2 , %13-15 Al_2O_3 , %7-8 $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$, %1-3 Fe_2O_3 , %1-2 CaO , %1-2 MgO içermekte, ayrıca az miktarda TiO_2 , SO_3 ve Cl^- iyonunu kapsamaktadır. Bünyesinde bulunan K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} gibi makro, Fe^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} ve Zn^{+2} gibi mikro elementler bitkiye yararlıdır ya da bitkiye yararlılıkları çok düşüktür (Anonim 1996).

Dünyada pomza üretimi incelendiğinde, Yunanistan ve İtalya dünyanın en büyük pomza üreticisi ülkeleri arasında olup, 8.6 milyon tonluk bir üretimleri olmuştur. Bu da 1983 rakamlarına göre dünya üretiminin %73'üne eşit gelmektedir. ABD'nin

yıllık üretimi de 400-450 bin ton olup, ancak İspanya'nın ardından dördüncü olabilmektedir (Anonim 1996).

Çizelge 2.1: Dünya pomza rezervleri (Anonim 1996).

<u>Kuzey Amerika</u>	<u>Milyon Ton</u>
A.B.D.	11.500
Diğerleri	500
Toplam	12.000
<u>Güney Amerika</u>	
Dominik	25
Guadelouphe	15
Diğerleri	15
Guatemala	25
Toplam	80
<u>Avrupa</u>	
Yunanistan	500
İtalya	2000
Türkiye	2836
Toplam	5336
Okyanusya	500
Dünya Toplamı	17.996

M.T.A. Genel Müdürlüğü'nce bildirildiğine göre, yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye genelinde 2.832.557.085 m³ görünür+muhtemel+mümkün rezervler tespit edilmiştir. Yıllık üretim 1989 verilerine göre 1.700.000 tondur (İşcan 1989).

Yeryüzünde yaygın olarak bulunan beyaz ya da kirlili beyaz renkte olan asidik pomzadır. Kahverengimsi veya siyah renkte olan ise bazik pomzadır. Ülkemizde; Nevşehir, Kayseri, Bitlis, Van, Ağrı ve Kars'ta bulunan jeolojik etüdü yapılmış olan yataklar asidik pomza yataklarıdır. Van, Bitlis, Ağrı, Manisa (Kula), Urfa, Mardin ve

Niğde'deki bazı pomza yatakları ise bazik karakterlidir. Türkiye'de bulunan pomza yatakları İç ve Doğu Anadolu Bölgesinde Tersiyer sonlarından başlayarak Kuvaterner devrinde meydana gelmiş volkanik faaliyetler sonucu oluşmuştur (Çevikbaş ve İlğün 1997).

Ülkemizde pomza ocaklarında üretim, açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Maden İşleri Genel Müdürlüğünün kayıtlarına göre ülkemizde 60 adet pomza işletme ruhsatı mevcut olduğu belirtilmiştir (Anonim 1996). İllere göre dağılımı; Kayseri(14), Nevşehir(11), Adana(7), Manisa(7), Isparta(5), Bitlis(4), Konya(2), İzmir(2), Muğla(2), Niğde(2), Ağrı(1), Aksaray(1), Burdur(1) ve Mardin(1) dir.

2.1.2. Tarımsal alanda pomza kullanımı

Pomzanın tarımsal amaçlı olarak kullanım olanakları şu şekilde sıralanabilir:

- Saksılı bitkiler için hazırlanan harçlarda porozite ve drenajı sağlamak amacıyla,
- Çiçek, sebze ve meyve çeliklerinin köklendirilmesinde,
- Fiziksel özellikleri iyi olmayan sera topraklarının ıslahında,
- Toprakların su tutma kapasitesinin artırılmasında,
- Toprakların drenaj özelliklerinin iyileştirilmesinde,
- Topraksız kültürde ortam materyali olarak,
- Golf alanları, futbol sahaları, bahçeler, parklar, çim alanları ve peyzaj alanlarında toprak düzenleyicisi olarak (Leque 1981).

Pomza en çok renk benzerliği, yakınlığı ve kimyasal bileşim bakımından perlit ile karıştırılmaktadır. Bazı durumlarda ayırt edilmesi zorlaşmakla birlikte, pomzalı perlit, pomzatik perlit veya perlitik pomza olarak adlandırılabilen geçişli kayalarda petrografik analizlerle ve gözenek yapısından ayrılabilir. Pomzada gözenekler çoğunlukla birbirleriyle bağlantılı değildir. Pomza ayrıca bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını sağlamaktadır (Güngör 1988).

Karaman ve Brohi de (1995), pomzanın toprağın su tutma kapasitesini arttırdığını ve bu özelliği ile de sulu tarım bitkilerinin susuz ya da çok az su ile yetiştirilebilmesini sağlayan bir materyal olduğunu bildirilmişlerdir.

Diğer taraftan Songi (1990), toprakların özelliklerini ıslah eden maddeler arasında pomza materyalinin önemli bir yer tuttuğunu belirtmiştir.

Chen ve ark. (1980), parçacık büyüklüğü, gözenekliliği, su tutma kapasitesi, havalanma kapasitesi ve hidrolik iletkenliği gibi özelliklerinin uygun olması nedeniyle pomza ve torf ile bunların belirli hacimlerde karışımlarının sera yetiştirme ortamı olarak kullanılabilceğini belirlemişlerdir.

Verdonck (1984), parçacık iriliklerine göre pomzayı çok ince, orta ve çok iri olarak gruplandırmış, çok ince olanının tarımda kullanılamayacağını ince pomzanın çam ibreleri gibi su tutma kapasitesi düşük ortamların su tutma kapasitelerini arttırmak için kullanılabilceğini, orta irilikteki pomzanın yetiştirme ortamı olarak en uygun olduğunu, çok iri pomzanın ise substratlarda havalandırmayı arttırmada kullanılabilceğini bildirmiştir.

Pomza, kaya yünü, siyah torf, beyaz torf, green mix, poliüretan köpük ve kumu tek başına veya karışımlar halinde Candela ve Acar domates türlerinde kullanan Packard (1956), bitkilerin gübre ihtiyaçları damla sulama ile karşılanmak suretiyle pomzanın green mix ile birlikte ve tek başına en yüksek verimi verdiğini bildirmişlerdir.

Üç çeşit kireçli toprak ve hacimce %15'ten fazla pomza karıştırılmış toprağa demir şelatı karıştırarak yer fıstığı yetiştiren Clemens ve Singer (1992), pomza karıştırılmış toprakta yetiştirilen bitki yapraklarında klorofil oranının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yine aynı araştırmacılar tarafından demir içeren, poroziteli kaya materyalleriyle klorozise neden olan toprakların iyileştirilmesi konusunda bir araştırma yapılmış, ve şiddetli klorozis görülmeyen, zayıf havalanmanın olduğu topraklarda belirli oranlarda yapılan pomza ilavesiyle klorozisin etkilerinin azaldığı bildirilmiştir.

Inose (1971), sisleme yataklarında pomzanın steril ve iyi bir drenaj malzemesi olduğunu açıklamıştır. *Ficus elastica* "Decora" (kauçuk) *Fatsedera lizei* (sarmaşık)

Philidendron sp. (Fil kulağı) ve *Peperomia* saksı bitkilerinde 1:2 torf : ince pomza ortamı köklendirmede kullanılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

Einarson ve arkadaşları (1993), besince zenginleştirilmiş pomza kültüründe *Rhizobium lupini* bakterisini çoğaltarak *Lupinus nootkatensis* tohumlarına aşılamaşlar ve bu tohumları erozyona açık kumlu topraklara ekmişlerdir. İlk yılda kontrole oranla bu bitkilerin %56'sı iyi bir şekilde nodül oluşturarak gelişim göstermiştir.

İlhan (1996), pomzanın biyoteknolojide adsorptant olarak kullanımı üzerine yaptığı bir araştırmada, pomza partiküllerinin taşıyıcı olarak mikrobiyal hücrelerin immobilizasyonunda kullanılabilirliğini belirlemiştir. Örneğin, biyolojik sentezlerde (aminoasit, antibiyotik, enzim üretimi gibi), toprağın biyolojik özelliklerinin ıslahında ve endüstriyel atık suların biyolojik arıtılmasında pomzanın mikroorganizmaların tutunabileceği bir destek materyali olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir. Aynı araştırmacıya göre, immobilize mikrobiyal hücrelerin ortamdan kolayca uzaklaştırılması ve rejenere edilerek defalarca kullanılabilirliği, biyoteknolojide pomza partiküllerinin önemini daha da arttırmaktadır.

Su arıtım teknolojisinde pomzanın fosfat giderme amacı ile kullanılması üzerine yapılan bir çalışmada bu materyalin fosfat adsorplama yeteneğinin kalsiyum içeriğine bağlı olduğu EDXRF analizleri ile saptanmıştır (Onar ve Öztürk 1993).

Pomza günümüzde; tarımsal alanlarda kullanımının dışında, inşaat sektöründe, aşındırıcı olarak temizlik malzemelerinde, doğal ya da doğal olmayan madeni eşyalar ile gümüşü parlatmada, tekstil ürünlerini ağartmada, boya, kimya, metal, plastik, cam, mobilya, elektronik ve seramik sanayiinde de kullanılmaktadır. Ayrıca pomzanın toprak, hava, su ve gıda kirliliğinin önlenmesi veya minimuma indirilmesi bakımından çevre açısından da bir önemi bulunmaktadır (Kartal ve ark. 1988).

2.2. Zeolit

2.2.1. Dünyada ve ülkemizde zeolit rezervleri

Windsor 'un (1998) bildirdiğine göre zeolit kelimesi zein ve lithos kelimelerinin birleşmesinden oluşmuş Yunanca orijinli bir kelime olup kaynayan taş anlamına gelmektedir.

1756 yılında İsveçli kimyacı ve mineralog Frederic Cronsted'in bir bakır madeninde yeni bir mineral bulmasıyla tanımlanan doğal zeolitlere iki asır boyunca yalnızca volkanik kayaların boşluklarında yer alan mineral gözüyle bakılmış ve kristal yapının analizi yapılmamıştır (Mumpton 1978).

Zeolitler kimyasal bileşimleri ve bulunuşları bakımından benzer pek çok sulu silikat minerallerini kapsamaktadırlar. Bu mineraller esas olarak sodyum ve kalsiyumun alüminyumlu silikatlarıdır. Sertlikleri 3.5-5.5, yoğunlukları ise 2.0-2.4 g/cm³ arasında değişmektedir (Flanigen 1977).

Bütün zeolitlerin bileşimi kabaca feldspata benzer ve yapılarında feldspatlar gibi SiO₄ ve AlO₄ tetraheder tabakalarının oluşturdukları zincirlerden meydana gelmektedirler (Mumpton 1978). Bu zincirler birbirlerine aradaki sodyum, potasyum, kalsiyum ve baryum iyonlarıyla bağlanarak ortası kanal gibi açık bir yapı oluştururlar. Bu boşluklar diğer yabancı iyon ve su gibi molekülleri rahatlıkla barındırabilmektedirler. Zeolitleri farklı kılan özellik, yapılarındaki kanala benzer boşluklardır. Boşluk büyüklükleri 2-4.3 Å arasında olup, kanalların büyüklük ve şekilleri zeolitin kimyasal yapısı ve kompozisyonuna bağlıdır.

Breck'e (1974) göre, zeolitlerin en önemli özelliklerinden biri, bal peteğine benzer mikro gözenekli bir yapıya sahip olmalarıdır. Zeolitlere molekül büyüklüklerine göre ayırma özelliğinden dolayı "molekül elekleri" adı verilmiştir. Boylarına ve çok yüzlülerin yerleşim düzenine, dolayısıyla kanalların hacmine ve biçimine göre ayırt edilen birçok zeolit türü vardır (Flanigen 1975).

Sheppard (1971) tarafından bildirildiğine göre 1950'lerde sentetik zeolit minerallerinin molekül elekleri özelliğinde olduğunun keşfine kadar bu materyalden ticari olarak faydalanılmamıştır.

Amerika'da sentetik zeolit minerallerinin endüstriyel uygulamalarda kullanımı doğal zeolit minerallerinden yararlanmadan yaklaşık on yıl öncedir. 1957'de Amerika, 1949'da da Japonya'da zeolitik olarak başkalaşmış geniş depozitler tanımlanmıştır (Clarke 1980).

Yine aynı araştırmacının bildirdiğine göre, depozitlerde analsim, şabazit, klinoptilolit, erionit, ferrierit, heulandit, mordenit, philispit, laumontit olarak bilinen 9 zeolit minerali vardır. Bunlardan sadece şabazit, klinoptilolit, erionit ve mordenit ticari olarak kullanım potansiyeline sahiptir.

Doğal zeolit minerallerinin kapasiteleri sentetik zeolitlere oranla daha düşüktür. Bunun yanında, bir doğal zeolit olan klinoptilolitin yapısı hafif asit çevre koşullarında bozulmazken, sentetik zeolitlerin yapısı bozulmaktadır. Doğal zeolit depoziti volkanik orijinli olarak sediment ve volkanik kayalarda oluşmuştur ve değerli zeolit yataklarının çoğunun Pliocene ve Pleistocene çağlarda oluştuğu bildirilmektedir. Doğal zeolit minerallerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri depozitten depozite ve hatta aynı depozit içinde bile büyük değişiklik göstermektedir. Bu depozit formları 3 grupta sınıflandırılabilir. (Sheppard ve Gude 1968).

- Tatlı su gölleri veya yer altı suyu sistemleri ve denizsel çevreler,
- Düşük derecede metamorfizma,
- Hidrotermal etkiler,

Analsim, şabazit, erionit ve philispit depozitleri kapalı veya tuzlu alkali hidrojenik sistemleri iken, klinoptilolit ve mordenit depozitleri tatlı su hidrojenik sistemleridir. Karakteristik olarak zeolit minerallerinin kompoze olduğu tüf yatakları sarımsı kahverenginden beyaza doğru değişmektedir (Edson 1977).

Doğal zeolit ürünlerinden faydalanmanın birçok avantajı, bu ürünlerin uniform partikül büyüklüğü, saflık, kararlılık, parlaklık, düşük demir içeriği, uniform katyon değişimi ve adsorpsiyon kapasitesi ile düşük fiyat gibi özelliklerinden ortaya çıkmaktadır (Flanigen 1975).

Frederickson'un (1985) bildirdiğine göre bugün 45'den fazla doğal ve 150 tane de sentetik olarak üretilen zeolit kompozisyonları vardır. Bu 45 doğal zeolitin 8 tanesi tarımda ve endüstri de yüksek katyon değişim kapasitesine sahip olmasından dolayı

büyük bir öneme sahiptir. Bunlar içerisinde mordenit ve klinoptilolit, tarımda kullanılmaktadır. Bilim adamlarının özellikle tarımcıların ilgisini çeken klinoptilolit silis ve alüminyum dışında potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir ve mangan gibi elementlerin oksitlerini de içermektedir. Bu zeolit türü kil ve tuz içermediği için ağır killi topraklarda ve tuza hassas bitkilerde bile güvenle kullanılmaktadır. Ayrıca çevresel koşullar ve jeolojik yapının farklı oluşu, değişik kaynaklardan elde edilen klinoptilolitlerin aynı özellikleri göstermemesinin nedenleri arasındadır. Klinoptilolit yatakları, kireç taşı ile kahverengi ve yeşil çamurun birleşmesinden oluşan lacustrine yataklarının art arda sıralanmasından oluşmuştur.

Şabazit ve klinoptilolit, ABD'de Cenozoik çağdaki tuf sedimentlerinde yüksek saflıkta ve uzun bir periyotta oluşmuştur. Şabazitin Si:Al oranı 2:1 iken klinoptilolit için bu oran 5:1 dir. Her iki zeolit minerali de iyon değişimi seçiciliği ve kapasitesine sahiptir. Sahip oldukları bu iki özellik pH, sıcaklık ve solüsyondaki katyonların diğer katyonlarla rekabet ortamı içinde olmasına göre değişmektedir (Olander ve Surdom 1979).

Yine aynı araştırmacılar, New Mexico'da Buckhorn zeolit yataklarındaki horizonları örneklediklerinde %48 oranında şabazit ve aşağı yukarı eşit miktarda klinoptilolit kapsadığını saptamışlardır. Yüksek oranda kalsiyum içeren şabazitler açık sarıdan beyaza değişen bir renkte ve demir içeriği yüksek, yüksek oranda sodyum içeren şabazitler ise turuncu-kahverengi renkte ve demir içeriği düşüktür.

Dünya zeolit rezervlerini tam olarak tespit edilmiş rakamlarla vermek mümkün değildir. Dünyada zeolit oluşumları 1950'lerden sonra saptanmaya başlamış ve hemen hemen bütün kıtalarda yaygın olarak görülmüştür. Küba, ABD, Rusya, Japonya, İtalya, Güney Afrika, Macaristan ve Bulgaristan dünya zeolit rezervleri açısından önemli ülkeler arasındadır. Sedimenter kayalarda en fazla klinoptilolit mevcut olmakla birlikte, en az onun kadar ticari değeri olan mordenit, erionit ve analsim minerallerine de rastlanmaktadır (Çetinel 1993). Türkiye zeolit rezervleri 48.5 milyar ton gibi büyük hacimlerde (Büyükakyol 1988).

Çizelge 2.2. Dünyadaki klinoptilolit oluşumları (Çetinel 1993).

ÜLKE	OLUŞUM SAYISI	KALİTE
AVRUPA		
Bulgaristan	3	Mükemmel
Çekoslovakya	1	İyi
Danimarka	1	Fakir
Fransa	3	İyi
İngiltere	1	Fakir
Macaristan	1	Mükemmel
Polonya	2	İyi
Romanya	2	Mükemmel
Sovyetler Birliği	3	Mükemmel
İspanya	1	Mükemmel
İsviçre	1	Fakir
Yugoslavya	2	Mükemmel
Türkiye	2	Mükemmel
AFRİKA		
Angola	1	İyi
Güney Afrika Cumhuriyeti	2	Mükemmel
Tanzanya	1	Mükemmel
ASYA VE AVUSTRALYA		
İran	1	Mükemmel
İsrail	2	Mükemmel
Pakistan	2	İyi
Çin	1	Mükemmel
Japonya	3	Mükemmel
Kore	2	Mükemmel
Yeni Zelanda	2	İyi
Avustralya	2	İyi
GÜNEY AMERİKA		
Arjantin	2	Mükemmel
Şili	1	Mükemmel
KUZEY AMERİKA		
A.B.D.	10	Mükemmel
Kanada	1	İyi
Küba	1	Mükemmel
Meksika	3	Mükemmel
Panama	1	Mükemmel

Dünyada birçok ülkede Kretase-Pleistocene zaman aralığında ve çoğu karasal bölgelerde zeolit oluşumları belirlenmiştir. 1981 yılı verilerine göre ABD'de 12, Japonya'da 5, Sovyetler Birliği'nde 3 olmak üzere 30'dan fazla zeolit madenciliği yapılmaktadır. Maden yataklarının çoğunda zeolit mineralinin kalitesi mükemmeldir. Zeolitin kullanım alanlarına yönelik çalışmalar ise Anaconda Mineral Company, Colorado Lion Company, Leonard Minerals Company, Teaque Minerals Company gibi şirketlerde oldukça ileri düzeydedir (Sheppard 1971).

2.2.2. Tarımsal alanda zeolit kullanımı

Mumpton (1981), zeolit materyalinden ne şekilde ve hangi alanlarda yararlanılabileceği ile ilgili olarak öncelikle, zeolit materyalinin karakterizasyonunun belirlenmesi gerektiğini bildirmiştir. Söz konusu materyalin karakterizasyonunun belirlenmesinde şu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır;

- Zeolit mineral türleri
- Mevcut zeolit türlerinin isimleri ve buldukları yerler
- Depozitlerin lokalize olduğu yerler
- Zeolit materyalinin partikül büyüklüğü
- Zeolit materyalinin mineralojik kompozisyonu
- Zeolit materyalinin kimyasal kompozisyonu
- Zeolit materyalinin homojenitesi
- Zeolitin kristal büyüklüğü
- Katyon değişim kapasitesi ve adsorpsiyon özelliği
- Modifiye edilmiş diğer özelliklerinin tanınması

GSA Resources Inc.'nin bildirdiğine göre, yetiştiriciler azot kaynağı ve temel besin elementi olarak amonyumu sık sık kullanmaktadır. Yüksek konsantrasyonu bitkilerde toksik etkiler yapan ve kök sistemlerinde yanmalara sebep olan amonyumun bir klinoptilolit ürünü olan ZK406H kullanımı ile olumsuz etkileri giderilebilmektedir (Eyde 1984). Aynı araştırmacının bildirdiğine göre, bir doğal zeolit ürünü olan ZK406H organik atıklardan dekompoze olan amonyak azotunun adsorplanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca adı geçen bu zeolit toprak düzenleyici olarak saksı, bahçe ve çim sahalar gibi tarım alanlarına eklenmekte ve amonyumun bitkiler tarafından alınımını belirli bir periyoda yaymaktadır. Ayrıca ZK406H zeolitinin amonyum ve potasyuma

seçiciliği ile birlikte yüksek katyon değişim kapasitesine sahip olması dolayısıyla toprak yapısını iyileştirici bir yönü vardır.

Topraklara zeolit uygulamalarında doğru zeolit tipinin seçilmesi ile aşağıdakiler beklenebilir.

- Toprak sisteminde amonyum ve potasyumun daha yavaş serbest bırakılma mekanizması,
- Amonyum toksisitesinin azaltılarak köklerde yanmanın önlenmesi,
- Amonyumun tutulmasının artırılması ve yıkanma, ağır yağmur ya da aşırı sulama sonucu gübrelerde azot kaybının azaltılması,

Hershey ve ark. (1980), Kuzey Amerika ve Avrupa'da ticari olarak üretimi yapılan sera sebzeleri ve süs bitkilerinde topraksız kültürün baskın geldiğini bildirmişler ve yetiştirme ortamına toprağın temel bileşenlerinden olan kil ve buna ek olarak da zeolit gibi büyük partiküllü minerallerin eklenmesi ile bitki gelişimi ve katyon değişim kapasitesinin arttığını saptamışlardır.

Eyde (1982) tarafından bildirildiğine göre, Amerika'da yapılan bir araştırmada klinoptilolit ve çeşitli polimerlerin kullanımı ile ürünlerin su tüketiminin %50 azaltıldığı saptanmıştır. Zeolit kullanımı ile polimer ihtiyacı azalmakta ve bu materyalin toprakta dekompozisyonu, suyun tutulmasının artması ve arazi üzerinde polimerlerin uniform bir şekilde dağılımı sağlanmaktadır. Aynı araştırmacı tarafından Kansas'ta yapılan başka bir araştırmada ise, zeolit ve polimer karışımının kullanımı ile kışlık buğday plantasyonu bulunan arazilerde rüzgar erozyonunun azaldığı tespit edilmiştir.

Rusya'da yapılmış olan bir araştırmada radyoaktif bir element olan Sr^{90} a karşı zeolit kullanılmıştır. Toprağa 10 ton/ha zeolit uygulanması ile bitki bünyesine alınan Sr^{90} ın azaldığı gözlenmiştir (Velichka 1993).

Gworek (1992), oto yol kenarlarında yer alan kurşunla kirlenmiş topraklara zeolit ilavesi ile bitki bünyesine alınan kurşunun %49-78 oranında azaldığını bildirmiştir.

Yine başka bir araştırmada toprağa %30 oranında zeolit karıştırılması sonucunda bitkiler tarafından alınan Cs¹³⁷ büyük ölçüde engellenmiştir (Nishita ve Haug 1972).

Çinko, kurşun ve kadmiyum ile kirlenmiş topraklarda zeolitın etkisini araştıran Miniyeve ve ark. (1990), zeolitın eklenmesi ile arpa, çilek ve kiraz bitkilerinin ağır metali bünyelerine almalarında düşüş tespit etmişlerdir.

Klinoptilolit eklenmiş iki toprak tipinde NH₄⁺'ün NO₃⁻'a nitrifikasyonunun %4 ve %11 oranında azaldığı MacKown (1978) tarafından bildirilmiştir. Aynı araştırıcı, toprakta nitrifikasyon üzerine zeolitın etkisini incelemiş ve 3 ton/da zeolit kullanımı ile tınlı kum, siltli killi tın tekstürdeki topraklarda nitrifikasyonun azaldığını bildirmiştir. Klinoptilolit tarafından amonyumun tutulması sonucu nitrifikasyon bakterilerinin NH₄⁺ adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi incelenmiş ve adsorpsiyon prosesleri tanımlanmıştır ve bu çalışmada Langmuir, Freundlich ve Temkin izotermi kullanılmıştır (Langmuir 1918).

Burriesci ve ark. (1984), zeolitın ıspanak yetiştiriciliğinde su ve gübre yararlılığını artırıp kolaylaştırdığını, Rivero-Gonzales ve Rodriguez-Funtes (1988) hidroponik ortamda doğal zeolitle yetiştirilen domates bitkisinde verimin yanı sıra su ve gübre ekonomisi de sağlandığını bildirmişlerdir.

Küba'da tarımsal uygulamalarda kullanılan zeolit ürünlerinin çoğu yapılan çalışmalarla geliştirilmiştir. Bu zeolit materyalleri pestisidlerin ve özellikle fungusitlerin toksik etkisini bertaraf etmek için kullanılmaktadır (Eyde 1984).

Breck (1979), değişik bitkilere farklı oranlarda uygulanan zeolitın kontrole oranla ürün miktarında önemli artışlara neden olduğunu belirlemiş ve bu artışın toprağa 1 ton/da zeolit uygulanarak yetiştirilen patlıcan (%55) ve havuç (%63)'ta diğer ürünlere göre daha fazla olduğunu rapor etmiştir.

Peoples ve Freney (1995), klinoptilitin katyon değişim kapasitesi yüksek bir zeolit minerali olduğunu ve yüzey alanının sahip olduğu iyon değişim özelliklerinden dolayı NH₄⁺'u rahatlıkla adsorpe ettiği ve bunda azotça zengin hayvansal gübrelerdeki kayıpları azalttığını bildirmişlerdir. Klinoptilolit tarafından amonyum adsorpsiyonunda pH 4,5,6 ve 7 değerlerinde çalışılmış ve pH 4'de 9.66 mg N kg⁻¹, pH

5'de 11.22 mg N kg⁻¹, pH 6'da 12.72 mg N kg⁻¹, pH 7'de ise 13.83 mg N kg⁻¹, adsorbe edilmiştir. Dolayısıyla yüksek miktarda NH₄⁺'un adsorpsiyonu pH ve başlangıç NH₄⁺ konsantrasyonu ile ilişkilidir.

Zeolitin topraktan NH₄⁺-N'u kaybının azaltılması üzerine etkisini araştıran Weber ve ark. (1983), killi-tın tekstürdeki bir toprakta NH₄⁺-N'unun yıkanmasını azaltmak için 13,5 ton/da düzeyinde zeolite gereksinim duyulduğunu belirlemişlerdir.

MacKown ve Tucker (1985), tınlı kum tekstürdeki bir toprağa 0-12.5-25-50 g kg⁻¹ erionit ve klinoptilolit zeoliti uygulayarak gerçekleştirdikleri kolon ve yıkama denemelerinde, yıkanan toplam NH₄⁺-N'unu kontrol için 168.4 mg N bulurlarken 50 g kg⁻¹ toprak düzeyinde erionit uygulanmış toprakta 11.6 mg N olduğunu bildirmişlerdir.

Zeoponi X, Inc. bitkiler için NASA tarafından geliştirilen yeni bir tür yetiştirme ortamının kullanıma başlanacağı bildirilmiştir. "Zeopro" ticari adı ile piyasaya sürülecek olan bu ürün gübre ve toprak düzenleyici olarak diğer yetiştirme ortamları ile karıştırılabilmektedir. Özellikle golf alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu zeoponic ortamın kullanılması ile çimler %100 daha hızlı gelişmekte ve %50 oranında daha az gübreleme gerekmektedir. Zeopro'nun küçük zeoponic partikülleri kök bölgesinde zararsızdır ve özel zeoponic materyalle besin elementleri kök bölgesine taşınmaktadır (Zeopro 1999).

2.2.3. Zeolitin diğer kullanım alanları

Bugün dünyada ve ülkemizde birçok alanda kullanım potansiyeli olan sentetik zeolitlerin üretim maliyetinin pahalı olması dolayısıyla büyük miktarda üretim yapılabilecek doğal zeolitlere ilgi artmıştır. Zeolitlerin ticari olarak çok çeşitli alanlarda kullanılmalarında göz önünde bulundurulacak ana faktörler; kimyasal yapı, elde edilebilirlik ve fiyattır (Mumpton 1983).

Ticari öneme sahip doğal ve sentetik zeolit mineralleri;

<u>Doğal</u>		<u>Sentetik</u>
Klinoptilolit	A	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺² formları
Mordenit	X	Na ⁺ , K ⁺ , Ba ⁺² formları
Erionit	Y	Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , Ca ⁺² formları
Şabazit	L	K ⁺ , NH ₄ ⁺ formları
Analsim	Omega	Na ⁺ , H ⁺ formları
	Zeolon	Na ⁺ , H ⁺ formları
	ZSM-5	Çeşitli formlar
	F	K ⁺ formu
	W	K ⁺ formu

Doğal zeolitlerin kullanım alanları genel olarak 3 fonksiyonel sınıflandırmada kategorize edilmiştir (Eyde 1984).

1. GAZ ADSORPSİYONU

- Koku kontrolü
- Endüstriyel gaz ayırma

2. SU ADSORPSİYON VE DESORPSİYONU

- Isı depolama ve solar soğurma
- Desikantlar

3. İYON DEĞİŞİMİ

- Su muameleleri
- Su kültürü
- Tarım ve bahçe kültürü

Zeolitlerin istenmeyen kokuların giderilmesinde kullanımları adsorplama kabiliyetleri ile ilgilidir. İnsan ve hayvanlarda özellikle solunum sisteminde olumsuz etkileri olan amonyak buharının giderilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. At ahırları, kümesler ve tuvaletlerdeki kokulara sebep olan amonyak ve arsenik bileşikleri

ZS403H ve ZK406H doğal zeolitlerin kullanımı ile elimine edilebilmektedir (Sheppard ve Gude 1982).

GSA Resources'ın araştırmalarına göre, doğal zeolitlerin suya yüksek bir afinitesi vardır ve kristal yapıya zarar vermeksizin adsorpsiyon ve desorpsiyon yeteneğine sahiptir. Özellikle düşük nemin olduğu durumlarda nem düzeyinin kontrolünde etkili olmaktadır (Eyde 1984).

Yine aynı araştırıcı tarafından, doğal zeolitler vasıtası ile CO, CO₂, SO₂, H₂S, NH₃, Ar, O₂, N₂, H₂O, He, H₂, Kr, Xe, CH₃OH gazlarının ayrıldığı ve SO₂ adsorpsiyonunda kullanılan CABSORB ZS403H ve CABSORB ZS500A zeolitlerinin mm Hg basıncı olarak SO₂ adsorpsiyonu yapabildiği bildirilmiştir.

Doğal zeolitler daha sonra kullanılmak üzere etkili ve yeterli ısı enerjisi depolanmasında da kullanılmaktadır. Bir çok alternatif ısı enerjisi sistemlerinde zeolit kullanılmadan ısı depolanması hem etkisi düşük hem de fiyatı yüksek olmaktadır (Khelifa ve ark. 1980).

Balık ve diğer canlıların yatıştırılmasında kullanılan doğal zeolitlerden optimum verim alınmasında suyun pH'ı, sıcaklığı, hacmi, balık türleri ve populasyon konsantrasyonu ile kalitesi etkilidir. Ayrıca biyolojik filtrelerde bir substrat olan ZK406H doğal zeoliti bakteriyel populasyonların gelişimi için uygun bir habitat sağlanması ve NH₄⁺ ile NO₃⁻ mineralizasyonunda etkilidir (Blanchard ve ark. 1984).

Sentetik zeolitlerden 3A, 4A ve 5A'dan daha etkili olan ZS500H GSA zeoliti ağır metal iyonlarını absorblama kabiliyeti bakımından zengindir. Solsyonlardan Zn⁺², Pb⁺² ve Cu⁺²'in uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında ZS500RW ve ZS403H zeolitleri, radyoaktif atıklardan Sr⁹⁰ ve Cs¹³⁷'nin uzaklaştırılmasında etkilidir (Eyde 1982).

Zeolit minerallerinden klinoptilolit ve mordenit Macaristan'da katalizör olarak kullanılmaktadır. Zeolit katalizörlerinin en önemli endüstriyel uygulaması petrol arıtımında akışkan yataklı katalitik parçalanma (kraking) birimindedir. Bu katalizörler genellikle nadir toprak metalleri içeren zeolit Y'dir. Tüm katalitik parçalanma birimlerinde kullanılan katalizörlerin yaklaşık %90'ı zeolit katalizörleridir. Zeolit

katalizörlerinin ikinci büyük kullanım alanı hidrokrackingdir ve bu alanda kullanılan katalizörlerin yaklaşık %50'si zeolit içermektedir (Venuto ve Habib 1979).

Petrol sanayinde kullanılan diğer zeolit katalizörleri mordenit ve ZSM-5'dir. 1970'lerde Mobil firması tarafından bulunan ZSM-5, bugün en çok kullanılan katalizörler arasındadır. ZSM-5 katalizörü metil alkolden bir basamakta benzin elde edilmesi gibi çok önemli bir sürecin geliştirilmesini sağlamıştır (Scot 1980).

Eyde'nin (1959) bildirdiğine göre, zeolit minerallerinin çeşitli depozitleri New Mexico ve Arizona'nın Gila ve San Simon vadilerinde Cenozoic kayalarda oluşmaktadır. Üretimde San Simon ve Gila vadilerinde olmak üzere iki zeolit tipi vardır. Bowie yakınlarındaki zeolit depoziti şabazit içermekte ve likid nükleer reaktör atıklarından Sr^{90} ve Cs^{137} 'nin uzaklaştırılması ile doğal gazların saflaştırılmasında kullanılmaktadır.

New Mexico'da Buckhorn yakınlarındaki zeolit depoziti ise klinoptilolit içermekte ve organik atıkların denitrifikasyonu ile kümes hayvanlarının atıklarından organik gübre üretiminde kullanılmaktadır (Olander ve Surdom 1979).

Townsend'in (1980) bildirdiğine göre, zeolitlerin iyon değiştirici olarak en önemli uygulama alanı, deterjanlarda fosfatlar yerine kullanılmasıdır. Bu uygulamada sentetik zeolitlerden A ve X üstün özellikli zeolitlerdir. En yüksek iyon değiştirme kapasitesi olan zeolit A aynı zamanda Ca^{+2} iyonları için kristal yapının belirlediği bir seçiciliğe sahiptir ve bu nedenle deterjan katkı maddesi olarak kullanılan ilk zeolit oluşmuştur.

Shaw (1994), zeolitlerin iyon değiştirme özelliklerinin hava, su ve topraktan zararlı ve istenmeyen elementlerin adsorplanmasında etkili olduğunu ve sert ya da kireçli sulardan kalsiyum uzaklaştırılmasının buna güzel bir örnek olduğunu bildirmiştir.

Dyer (1984), Japonya'da kağıt endüstrisinde dolgu maddesi olarak sadece 1976 yılında 50.000 ton/yıl klinoptilolit kullanıldığını bildirirken, Griffiths (1987), klinoptilolitın diş macunlarına parlaticı katkı maddesi olarak katıldığını ve talk pudrası üretiminde kullanıldığını rapor etmiştir.

Doğal klinoptilolit ve mordenitin kanatlı yemlerinde yem katkı maddesi olarak kullanıldığı (Olver 1989), ve yem katkı maddesi olarak zeolit kullanımının yem masraflarının azalmasına, daha az sulu ve daha az koku lu dışkı elde edilmesine neden olduğu (Akyıldız 1980) belirtilmektedir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Pomza materyali

Araştırmada Nevşehir yöresinden temin edilen asidik pomza ve Adana-Ceyhan yöresinden temin edilen bazaltik pomza materyalleri kullanılmıştır.

3.1.2. Zeolit materyali

Manisa-Gördes yöresinden temin edilen IMF 9000 ve ZETA ticari adıyla piyasada satılmakta olan iki ayrı boyuttaki zeolit (Klinoptilolit) materyali kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Pomza materyalinin analize hazırlanması

Araştırmada Nevşehir yöresinden temin edilen asidik pomza ve Adana-Ceyhan yöresinden temin edilen bazaltik pomza materyalleri tahta tokmaklarla dövüldükten sonra plastik eleklerde elenmiş ve araştırmada 2 ile 6 mm çapları arasındaki materyal kullanılmıştır.

Nevşehir ilinde bulunan pomza yatakları Avanoz-Ürgüp-Derinkuyu ilçeleri arasında yayılım göstermektedir. Bu bölgede Orta Anadolu neojen volkanizması üst miyosende etkinliğe başlamış ve pleistocene sonuna kadar devam etmiştir. Bu evrede Kayseri ve Nevşehir çevresinde yer yer kalınlığı 1000 metreye ulaşan volkanik birimler oluşmuştur. Burada temeli oluşturan en eski kayaç birimleri üst kretase yaşlı serpantin, granit, granodiyorit gibi kayaçlardır. Bunların üzerine paleojen yaşlı kireç taşları gelmektedir. Yörede en genç olarak kuvaterner yaşlı alttan üste doğru traverten, pomza, volkan külü ve alüvyon gibi kayaç birimleri bulunmaktadır (Çevikbaş ve İlgün 1997).

Araştırmada kullanılan bazaltik pomza materyali inceleme alanını içine alan İskenderun Körfezi ile Ceyhan Nehri'nin dirsek yaptığı kısım arasında kalan NE-SW yönlü doğrultu boyunca genç kuvaterner yaşlı bazaltik volkanizma "plato bazaltları" yer almaktadır. Bölgesel ölçekte irili ufaklı lekeler halinde dağılım gösteren bazaltlar

morfolojik olarak yüksek noktalarda, konik tepeler ve bunu çevreleyen düzensiz ve karmaşık tipik yüzey şekli ile (morfolojik-topografya) devam ederek deniz seviyesine inerler (Bilgin ve Ercan 1961).

3.2.2. Zeolit materyalinin analize hazırlanması

Manisa-Gördes'ten temin edilen zeolit (tarımsal uygulamalarda kullanılan klinoptilolit türü) materyalleri, ince tanecik yapısına sahip IMF 9000 ticari adı ile piyasaya sunulmuş ve daha iri tanecik yapısına sahip materyal ise ZETA ticari adı ile piyasaya sunulmuştur. Her iki materyal de herhangi bir eleme işlemine tabii tutulmadan analizlerde kullanılmıştır.

3.2.3. Pomza ve zeolit materyallerinin birbirleriyle karışım oranları

Nevşehir ve Ceyhan yöresinden sağlanan pomza örneklerine iki farklı irilikte zeolit çeşitli oranlarda (hacimca %0, %10, %25, %50, %75 ve %100) karıştırılmıştır.

Asidik ve bazaltik pomza materyallerinin iki farklı irilikte zeolit materyalleri olan IMF 9000 ve ZETA ile karıştırılması sonucunda Çizelge 3.1'de belirtilen 20 adet uygulama konusu elde edilmiş ve analizler 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür.

Çizelge 3.1. Pomza ve zeolit materyallerinin birbirleriyle karışım oranları

Karışım Oranları hacimca, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri
Pomza	Zeolit	
100	0	P_N P_C
90	10	$P_N Z_1$ $P_N Z_2$ $P_C Z_1$ $P_C Z_2$
75	25	$P_N Z_1$ $P_N Z_2$ $P_C Z_1$ $P_C Z_2$
50	50	$P_N Z_1$ $P_N Z_2$ $P_C Z_1$ $P_C Z_2$
25	75	$P_N Z_1$ $P_N Z_2$ $P_C Z_1$ $P_C Z_2$
0	100	Z_1 Z_2

P_N : Nevşehir pomzası
 P_C : Ceyhan pomzası

Z_1 : İri taneli zeolit (ZETA)
 Z_2 : İnce taneli zeolit (IMF 9000)

3.2.4. Pomza ve zeolit örneklerinin analizlerinde uygulanan yöntemler

3.2.4.1. pH

2-6 mm iriliğindeki pomza ve iki farklı irilikteki zeolit örneklerinden 100 cm³ alınarak, üzerlerine 200 cm³ saf su eklenmiş 1 saat çalkalandıktan sonra Orion 720 A model cam elektrotlu pH/iyonmetresi ile pH değerleri ölçülmüştür. Saf su yerine aynı hacimde 0.01 M CaCl₂ çözeltisi konulduktan sonra benzer işlemler tekrarlanarak ayrıca pH-CaCl₂ değerleri de ölçülmüştür.

3.2.4.2 . Elektriksel iletkenlik (EC)

2-6 mm çaplarındaki 100 cm³ pomza ve iki farklı irilikteki 100 cm³ zeolit örnekleri üzerine 200 cm³ saf su konulmuş ve birkaç dakika çalkalandıktan sonra 6 saat bekletilmiş ve sonra süzölmüştür. (Whatman No:42 filtre kağıdı) Süzüğün elektriksel iletkenliği WTWLF92 model kondaktivitemetre ile ölçülmüş ve 25 °C sıcaklığa göre düzeltilerek ifade edilmiştir.

3.2.4.3. Toplam kireç

Asit nötralizasyonu yöntemi ile belirlenmiştir. 2-6 mm çapındaki 3 g pomza örneği ve iki farklı irilikteki 3 g zeolit örneği üzerine 25 ml 0.5 N H₂SO₄ çözeltisi eklenerek 5 dk. kaynatılmış, oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 75 ml saf su eklenmiş ve asidin aşırısı ayarlı NaOH çözeltisi ile geri titre edilmiştir (Allison ve Moodie 1965).

3.2.4.4. Aktif kireç

2-6 mm çaplarındaki 3g pomza örneği ve iki farklı irilikteki 3g zeolit örneği üzerine 75 ml 0.2 N amonyum oksalat çözeltisi eklenmiş ve 2 saat çalkalandıktan sonra süzölmüştür. Süzükten 10 ml alınarak üzerine 100 ml saf su ve 5 ml konsantre H₂SO₄ çözeltisi eklenmiştir. Hot-plate üzerinde 80-90 °C'a kadar kaynatıldıktan sonra amonyum oksalatın aşırısı ayarlı potasyum permanganat çözeltisi ile titre edilmiştir (Anonim 1981).

3.2.4.5 Suda çözünebilir fosfor

Çizelge 3.1. de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza-zeolit örnekleri hacimca 1:2 oranında saf su ile ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla 100 cm³ örnek alınarak, üzerine 200 cm³ saf su eklenmiş ve birkaç dakika çalkalandıktan sonra 6 saat beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra Whatman No:42 filtre kağıdı ile süzölmüş ve süzükte fosfor konsantrasyonu askorbik asit ile indirgemeye dayalı mavi renk yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.4.6. Değişebilir sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum

Değişebilir katyonlar pomza ve zeolit örneklerinde 1 N NH₄ OAc ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Bower ve ark. 1952). 3 g pomza örneği alınarak 33 ml 1 N NH₄ OAc (pH 7) çalkalanıp 5 dk. santrifüj edilmiş ve üst sıvı 100 ml'lik balon jöjeye toplanarak hacme tamamlanmış ve süzüklerde sodyum, potasyum ve kalsiyum Eppendorf Elex 6361 fleymfotometre ile, magnezyum ise Phillips 9200 X model atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) ile belirlenmiştir.

3.2.4.7. Suda çözünebilir demir, çinko, bakır, ve mangan

Bölüm 3.2.4.5.'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde demir, çinko, bakır ve mangan, Philips 9200 X model atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmiştir.

3.2.4.8. Katyon değişim kapasitesi

Pomza ve zeolit örneklerinden 2.5 g alınarak 1 N NaOAc (pH 8.2) ile doyurulmuş ve izopropil alkol ile yıkandıktan sonra değişebilir halde tutulmuş Na⁺ iyonlarını çözeltiye geçirmek üzere 1 N NH₄OAc (pH 7) çözeltisiyle ekstrakte edilmiş ve ekstraktın Na⁺ iyonu konsantrasyonu Eppendorf Elex 6361 fleymfotometre ile belirlenmiştir (Bower ve ark. 1952).

NH₄OAc yöntemiyle katyon değişim kapasitesinin belirlenmesinde ise 2.5 g alınan pomza ve zeolit örnekleri 1 N NH₄OAc (pH 7) ile doyurulmuş ve izopropil alkol ile yıkandıktan sonra adsorbe edilen NH₄⁺ %10'luk NaCl ile ekstrakte edilmiştir. Üst sıvı Kjeldalh balonunda toplanıp saf su ve 4 N NaOH ilavesiyle %4'lük borik asit içersine destile edildikten sonra borik asit içinde biriken amonyak standart HCl ile

bromkresol yeşili-metil kırmızısı karışık indikatörü ile pembe renge kadar titre edilmiştir (Peech 1962).

3.2.4.9. Karbonat ve bikarbonat konsantrasyonu

Bölüm 3.2.4.5.'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde CO_3^{2-} ve HCO_3^- konsantrasyonları fenolftaleyn ve metil oranj indikatörleri kullanılarak ayarlı H_2SO_4 çözeltisiyle titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir (Özgümüş 1999).

3.2.4.10 Bor konsantrasyonu

Bölüm 3.2.4.5.'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde bor konsantrasyonu azomethin-H yöntemi ile belirlenmiştir (John ve ark. 1975).

3.2.4.11 Klorür iyonu konsantrasyonu

Bölüm 3.2.4.5.'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde klorür iyonu konsantrasyonu Mohr yöntemi ile belirlenmiştir (Özgümüş 1999).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

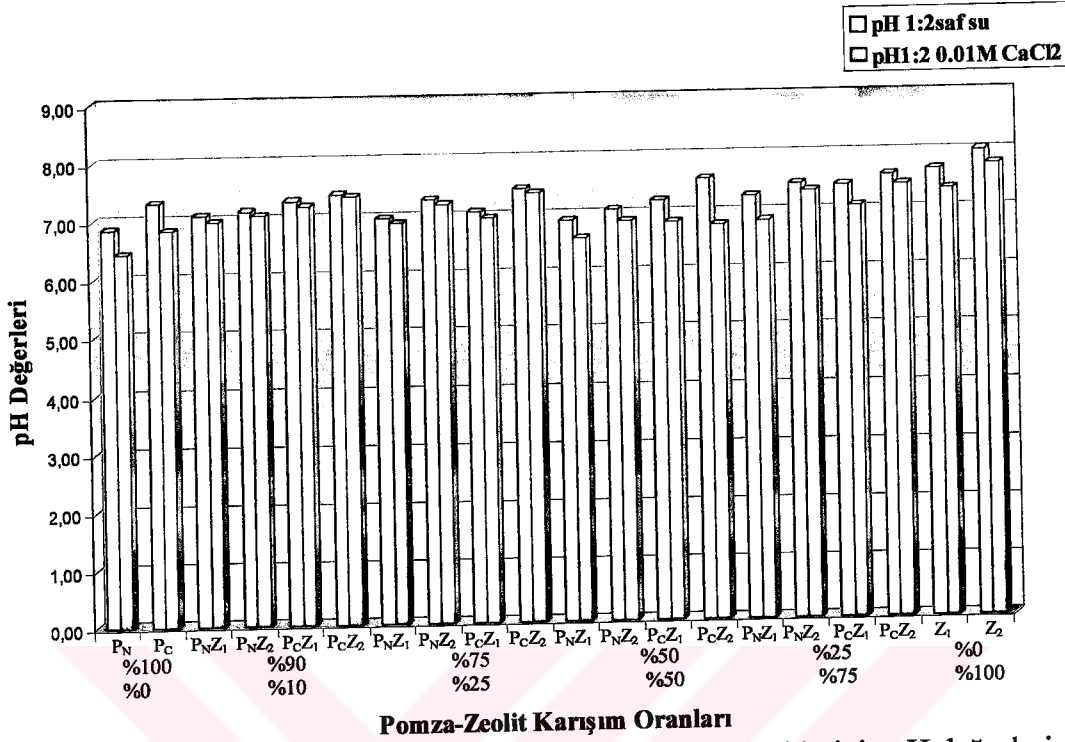
4.1. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin pH Değerleri

Bölüm 3.2.3. ve Çizelge 3.1.'de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin saf su ve 0.01 M CaCl₂ çözeltilerinde belirlenen pH değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin pH değerleri

Karışım Oranları Hacimce, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri	PH	
Pomza	Zeolit		1:2 Saf su	1:2 0.01M CaCl ₂
100	0	P _N	6.86	6.43
		P _C	7.30	6.83
90	10	P _N Z ₁	7.08	6.98
		P _N Z ₂	7.15	7.07
		P _C Z ₁	7.31	7.22
		P _C Z ₂	7.42	7.38
75	25	P _N Z ₁	6.99	6.90
		P _N Z ₂	7.31	7.22
		P _C Z ₁	7.08	6.98
		P _C Z ₂	7.46	7.39
50	50	P _N Z ₁	6.90	6.60
		P _N Z ₂	7.08	6.88
		P _C Z ₁	7.23	6.85
		P _C Z ₂	7.59	6.80
25	75	P _N Z ₁	7.29	6.86
		P _N Z ₂	7.48	7.36
		P _C Z ₁	7.45	7.08
		P _C Z ₂	7.61	7.45
0	100	Z ₁	7.70	7.36
		Z ₂	8.02	7.78
		Min:	6.86	6.43
		Max:	8.02	7.78

°Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır



Şekil 4.1. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin pH değerleri

Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1.'in incelenmesinden görüleceği gibi hacimce 1:2 oranında saf su içersinde ölçülen pH değerleri, 6.86-8.02, 0.01 M CaCl₂ içersinde ölçülen pH değerleri ise 6.43-7.78 değerleri arasında değişmektedir. Görüldüğü üzere 0.01 M CaCl₂ çözeltisi kullanılarak yapılan ölçümlerde daha düşük değerler elde edilmiştir.

Klinoptilolit zeolitinin amonyum adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisini araştıran Kithome ve ark. (1998), 1:2 zeolit:saf su karışımında pH 7.87 değerlerini elde ederken, 1 M KCl kullanılması durumunda pH değeri 5.84 olduğunu bildirmişlerdir.

Topraksız ortamlar için genel olarak pH 5.8-6.0 değerleri optimum olarak kabul edilmektedir (Özgümüş 1999). Bu değerler ile karşılaştırıldığında bütün karışımlarda ölçülen pH değerleri optimum değerlerin üzerinde bulunmuştur. Diğer taraftan Ceyhan yöresinden alınan bazaltik pomzanın pH değeri Nevşehir yöresinden sağlanan pomza örneğine göre daha yüksektir. Bu durum, bazaltik pomza içeren tüm karışımlarda da kendini göstermiştir. Ayrıca ince taneli zeolit örneklerinde belirlenen oransal olarak daha yüksek pH değeri, ince taneli zeolit içeren karışımların pH değerlerine de

yansımıştır. Dolayısıyla, daha iri taneli örneklerde oransal olarak daha düşük pH değerleri belirlenmiştir. Benzer olarak, Sezen (1995) tarafından yapılan bir araştırmada pomzada tanecik iriliğine bağlı olarak irilik arttıkça pH değerlerinde bir azalma olduğu bildirilmiştir.

Özgümüş (1999) tarafından, Türkiye'nin farklı yörelerinden temin edilen pomza örnekleri ile yapılan bir çalışmada, 1:2 pomza:saf su karışımında pH 7.22-8.50 değerleri arasında elde edilmiştir.

Ünver ve ark.(1989) tarafından, Balıkesir-Bigadiç yöresinden sağlanmış klinoptilolit zeoliti ile yapılan bir çalışmada, 1:2.5 zeolit saf su karışımında pH 8.05 değeri elde edilirken, topraklara hava kurusu ağırlık esasına göre 4 farklı düzeyde $Z_0=0$, $Z_1=12.5$, $Z_2=25$, $Z_3=50$ g kg^{-1} zeolit karıştırılması durumunda toprakların pH değerlerinde artış tespit edildiği ifade edilmiştir.

Pomzanın tamponlama kapasitesinin düşük olması, bu ortamın belirli bir süre sonra besin çözeltilisinin pH değerine uyum sağlayabileceği düşünülmektedir. Ancak, zeolit için bunu söylemek zordur. Bu nedenle yüksek oranda ince zeolit içeren karışımların topraksız yetiştiricilikte kullanılması durumunda pH yüksekliği sorununun ortaya çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

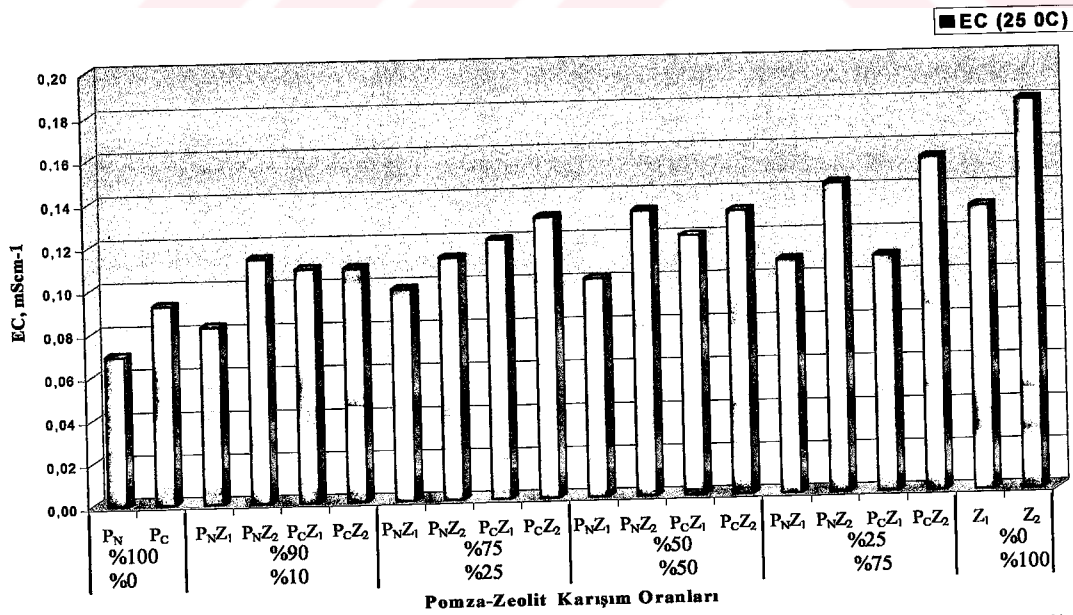
4.2. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri

Bölüm 3.2.3. ve Çizelge 3.1'de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinden ve Bölüm 3.2.4.5'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde belirlenen elektriksel iletkenlik değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri

Karışım Oranları Hacimce, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri	EC (25 °C) mScm ⁻¹
Pomza	Zeolit		
100	0	P _N	0.069
		P _C	0.092
90	10	P _N Z ₁	0.082
		P _N Z ₂	0.113
		P _C Z ₁	0.108
		P _C Z ₂	0.108
		P _N Z ₁	0.098
75	25	P _N Z ₂	0.112
		P _C Z ₁	0.120
		P _C Z ₂	0.130
		P _N Z ₁	0.101
50	50	P _N Z ₂	0.132
		P _C Z ₁	0.120
		P _C Z ₂	0.131
		P _N Z ₁	0.108
25	75	P _N Z ₂	0.143
		P _C Z ₁	0.109
		P _C Z ₂	0.154
		Z ₁	0.131
0	100	Z ₂	0.180
		Min:	0.069
		Max:	0.180

°Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır



Şekil 4.2. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri

Hacimce 1:2 oranındaki pomza saf su içersinde belirlenen EC değerleri 0.069 – 0.180 mScm⁻¹ arasında değişmektedir. EC değerleri pomza örneklerinde göze alındığında, bazaltik pomza örneğinde daha fazla tespit edilmiştir. Zeolit örnekleri karşılaştırıldığında ise, EC değerleri tane büyüklüğü artışına bağlı olarak azalmış, yani ZETA zeolit örneğinde IMF 9000 örneğine göre daha düşük saptanmıştır.

Seralarda, topraksız kültürde pomzanın kullanılabilirliği üzerine yapılan bir çalışmada ise (Angel 1981), Erzurum-Pasinler ve Van-Erciş pomzaları kullanılmış ve pomza örneklerinin EC değerlerinde tane büyüklüğü arttıkça bir azalma görülmüştür.

Daha ince tanecik iriliğinde daha yüksek değer elde edilmesi tanecik büyüklüğünün küçülmesiyle toplam yüzey alanının artmasından ve su ile temas eden yüzey alanının artmasına bağlı olarak da tuzların daha kolay çözünmesinden ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Özgümüş (1999) tarafından, ülkemizin çeşitli yörelerinden sağlanmış pomza örneklerinde 16-1801 μ Scm⁻¹ arasında değişen elektriksel iletkenlik değerleri elde edilmiştir.

Cihacek ve Bremner (1979) tarafından, 1:2 zeolit saf su ekstraktında ölçülen EC değeri 0.170dSm⁻¹ olarak belirlenmiş olup bu çalışmadaki IMF 9000 zeolit örneğinin EC değerleri ile paralellik göstermektedir.

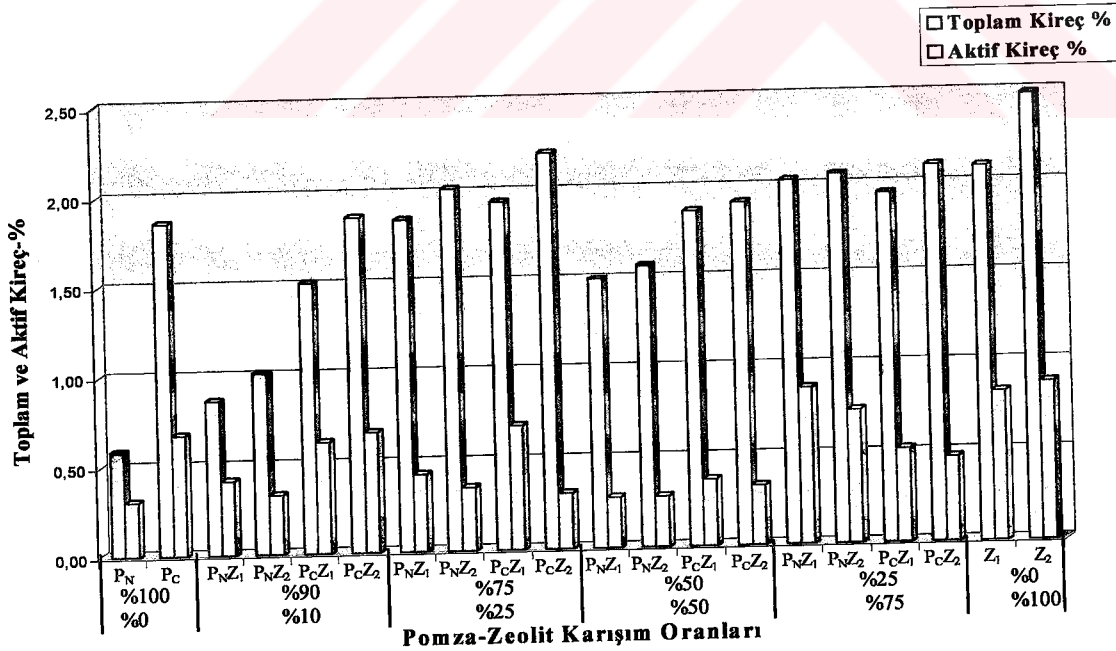
4.3. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Toplam Kireç ve Aktif Kireç Değerleri

Bölüm 3.2.3. ve Çizelge 3.1'de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinden ve Bölüm 3.2.4.5'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde belirlenen toplam ve aktif kireç değerleri Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin toplam kireç ve aktif kireç değerleri

Karışım Oranları Hacimce, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri	Toplam Kireç, %	Aktif Kireç, %
Pomza	Zeolit			
100	0	P _N	0.58	0.30
		P _C	1.85	0.67
90	10	P _{NZ₁}	0.86	0.41
		P _{NZ₂}	1.01	0.33
		P _{CZ₁}	1.51	0.62
		P _{CZ₂}	1.87	0.67
		P _{NZ₁}	1.85	0.43
		P _{NZ₂}	2.02	0.35
75	25	P _{CZ₁}	1.94	0.69
		P _{CZ₂}	2.21	0.31
		P _{NZ₁}	1.50	0.28
		P _{NZ₂}	1.57	0.28
50	50	P _{CZ₁}	1.87	0.37
		P _{CZ₂}	1.91	0.33
		P _{NZ₁}	2.03	0.87
25	75	P _{NZ₂}	2.06	0.74
		P _{CZ₁}	1.95	0.52
		P _{CZ₂}	2.10	0.47
0	100	Z ₁	2.09	0.83
		Z ₂	2.49	0.88
		Min:	0.58	0.28
		Max:	2.49	0.88

*Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır



Şekil 4.3. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin toplam kireç ve aktif kireç değerleri

Pomza ve zeolit örneklerinde belirtilen toplam kireç değerleri %0,58 ile %2,49 arasında değişirken, aktif kireç değerleri ise; %0,28 ile %0,88 arasında değişmektedir. Pasinler ve Erciş pomzaları ile yapılan bir çalışmada (Aydın ve Sezen 1995), kireç değerleri Pasinler pomzasında %0,12 belirlenirken, Erciş pomzasında %0,79 olarak belirlenmiştir. Erciş pomzası bu çalışmada elde edilen değerler ile benzerlik gösterirken, Pasinler pomzasının % CaCO₃ değeri daha düşük bulunmuştur.

Özgümüş (1999) tarafından, Türkiye'nin farklı yerlerinden temin edilen çeşitli pomza örnekleri ile yürütülen bir çalışmada % CaCO₃ değerleri %0,21 ile %0,68 değerleri arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3.'ün birlikte incelenmesinden görüldüğü üzere, bazaltik pomzanın %CaCO₃ içeriği, asidik pomzaya göre IMF 9000 zeolit örneğinin %CaCO₃ içeriği de ZETA zeolit örneğine göre daha fazla belirlenmiştir. Pomza ve zeolit örneklerinin aktif kireç içerikleriyle toplam kireç içerikleri arasındaki ilişki incelendiğinde ise aktif kireç yüzdesi toplam kireç yüzdesinden daha düşük bulunmuş ve bu durum tüm karışımlara yansımıştır.

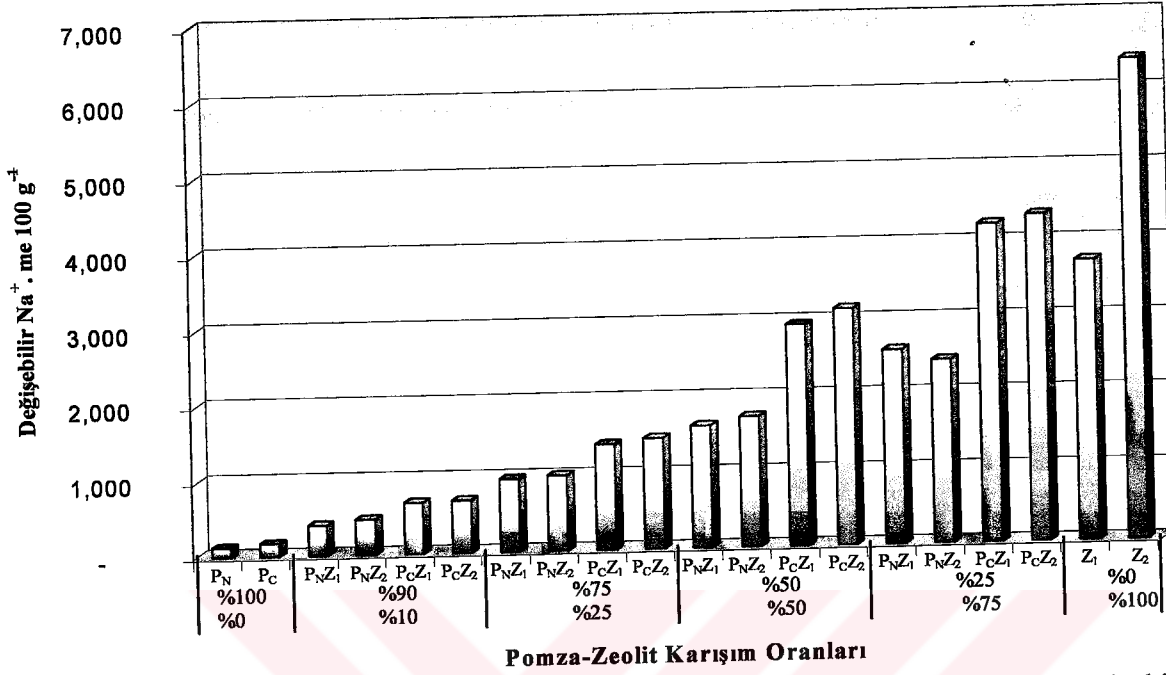
4.4. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Değişebilir Katyonlar (Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum) ile Katyon Değişim Kapasitesi Değerleri

Bölüm 3.2.3. ve Çizelge 3.1'de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinden ve Bölüm 3.2.4.6'da açıklandığı gibi, 1 N NH₄OAc ile ekstrakte edilen pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir katyonlar ile katyon değişim kapasitesi değerleri Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir kanyonlar (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) ile kanyon değişim kapasitesi değerleri

Karışım Oranları Hacimca, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri	Na^+	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	KDK (Na OAc)	KDK (NH_4OAc)
Pomza	Zeolit		me100g^{-1}	me100g^{-1}	me100g^{-1}	me100g^{-1}	me100g^{-1}	me100g^{-1}
100	0	P_N	0.13	0.10	0.22	0.15	1.12	1.22
		P_C	0.17	0.09	0.11	0.14	1.73	1.58
90	10	$\text{P}_\text{N}\text{Z}_1$	0.40	2.97	4.09	0.28	6.71	8.13
		$\text{P}_\text{N}\text{Z}_2$	0.68	3.61	3.75	0.26	7.21	9.12
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_1$	0.47	3.26	3.82	0.21	7.35	8.75
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_2$	0.70	3.32	3.78	0.31	7.85	9.24
75	25	$\text{P}_\text{N}\text{Z}_1$	0.97	7.99	8.21	0.51	15.21	19.12
		$\text{P}_\text{N}\text{Z}_2$	1.40	8.40	7.68	0.62	16.61	20.11
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_1$	1.00	8.01	7.99	0.56	15.95	19.18
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_2$	1.47	9.02	8.01	0.66	17.10	21.19
50	50	$\text{P}_\text{N}\text{Z}_1$	1.62	15.92	16.86	0.99	28.72	38.19
		$\text{P}_\text{N}\text{Z}_2$	2.94	16.90	15.21	1.05	31.75	40.32
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_1$	1.73	15.90	15.98	1.01	30.65	39.48
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_2$	3.14	16.92	15.99	1.12	32.25	41.27
25	75	$\text{P}_\text{N}\text{Z}_1$	2.58	22.81	26.21	1.36	42.81	57.16
		$\text{P}_\text{N}\text{Z}_2$	4.23	24.80	26.80	1.35	46.42	61.71
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_1$	2.44	23.00	26.30	1.41	45.15	50.12
		$\text{P}_\text{C}\text{Z}_2$	4.35	24.60	29.70	1.47	45.32	62.85
0	100	Z_1	3.72	31.72	39.41	1.93	59.45	81.21
		Z_2	6.39	33.81	37.50	2.03	69.33	85.44
Min:			0.13	0.09	0.11	0.14	1.12	1.22
Max:			6.39	33.81	39.41	2.03	69.33	85.44

°Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır



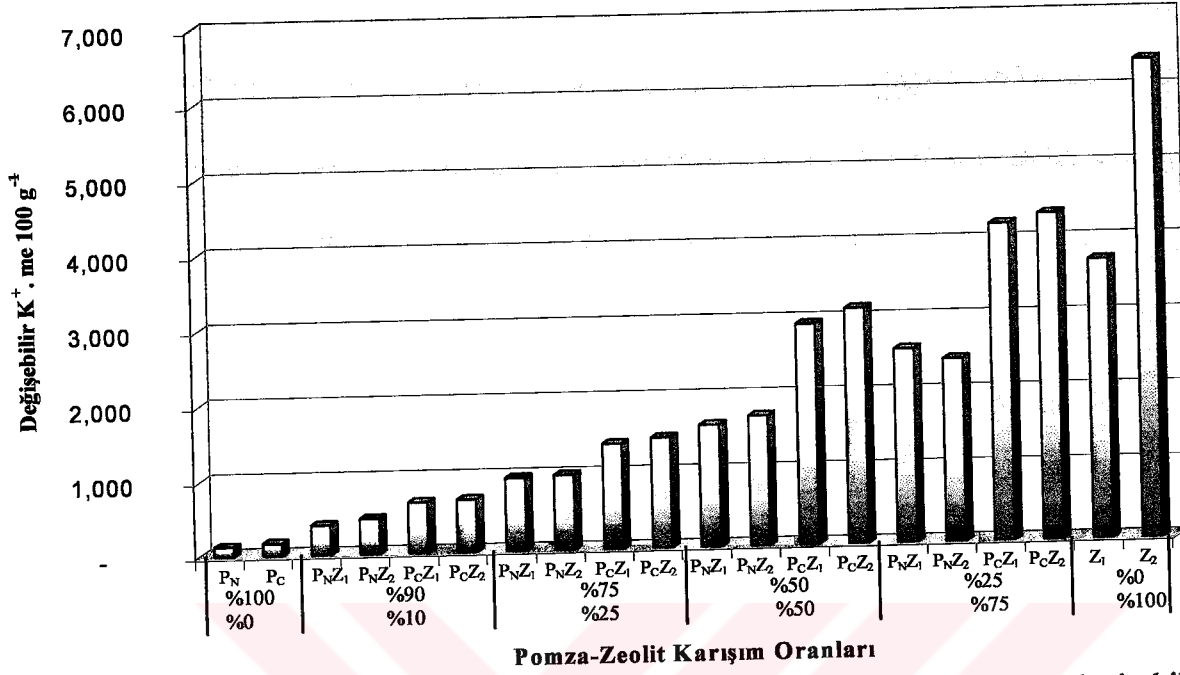
Şekil 4.4. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Na⁺ değerleri

Çizelge 4.4. ve Şekil 4.4. birlikte incelendiğinde pomza ve zeolit örneklerinde değişebilir Na⁺ miktarının 0.13-6.39 me 100 g⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Zeolit örneklerinin değişebilir Na⁺ içeriği oldukça yüksektir ve bu nedenle artan miktarlarda zeolit ilave edilmiş karışımlarda değişebilir Na⁺ içeriği yüksek bulunmuştur.

Özgümüş (1999) tarafından, farklı pomza türleri ile yapılan bir çalışmada suda çözünebilir Na⁺ değerleri 0,22 ile 88,42 ppm arasında değişim göstermiştir.

Bir başka çalışmada ise, toprağa zeolit ilavesinin NH₄⁺'ün NO₃⁻'a nitrifikasyonu üzerine etkisi incelenmiş ve zeolit örneğinin değişebilir Na⁺ içeriği 2.39 me 100 g⁻¹ olarak belirlenmiştir (Işıldar 1997).

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir K⁺ değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir K⁺ değerleri

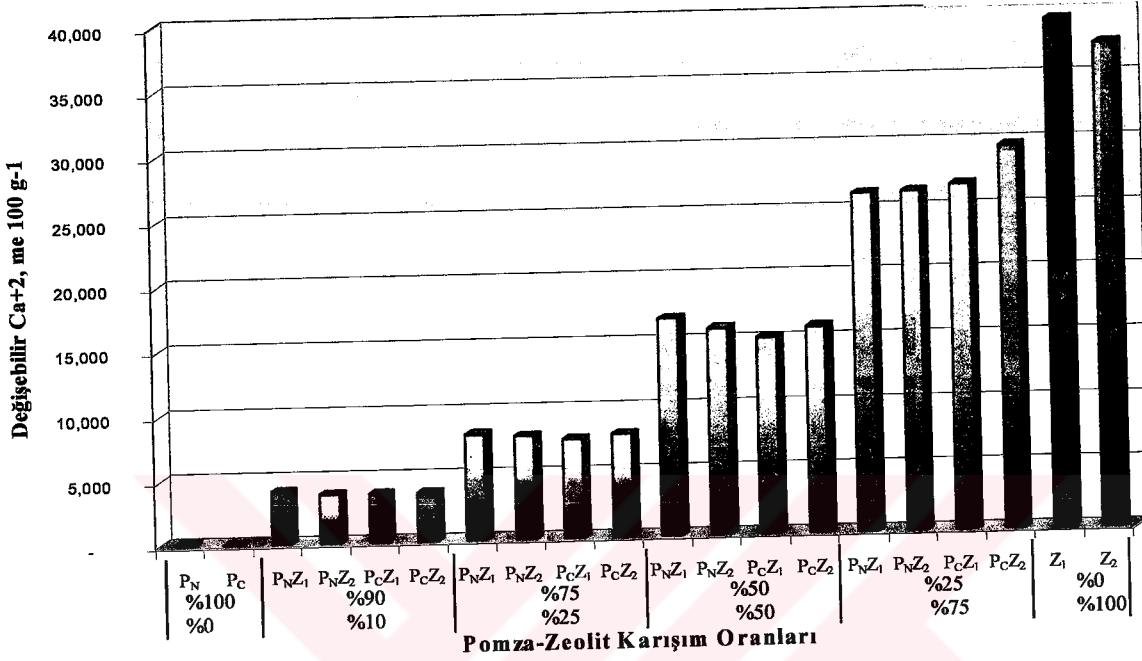
Çizelge 4.4. ve Şekil 4.5. birlikte incelendiğinde pomza ve zeolit örneklerinde değişebilir K⁺ miktarının 0,09-33,81 me100 g⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Zeolitin iki çeşidinde de değişebilir K⁺ içeriğinin yüksek olması nedeniyle artan miktarlarda zeolit ilave edilmiş bütün karışımlarda değişebilir K⁺ içerikleri yüksek bulunmuştur.

Özgümüş (1999) tarafından yapılan bir çalışmada pomza örneklerinde suda çözünebilir K⁺ miktarı kimi örneklerde iz miktarda belirlenirken, diğerlerinde ise 0,02 ile 22,22 ppm arasında belirlenmiştir.

Bir başka çalışmada ise Kithome ve ark. (1998) tarafından, klinoptilolitin NH₄⁺ adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi araştırılmış ve değişebilir K⁺ içeriği 10,40 cmol kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Toprağa zeolit karıştırılması sonucu NH₄⁺'un NO₃⁻'a nitrifikasyonu Işıldar (1997) tarafından araştırılmış ve zeolit örneğinin değişebilir K⁺ içeriği 37,64 me 100gr⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Ca^{+2} değerleri Çizelge 4.4.ve Şekil 4.6'da görülmektedir.



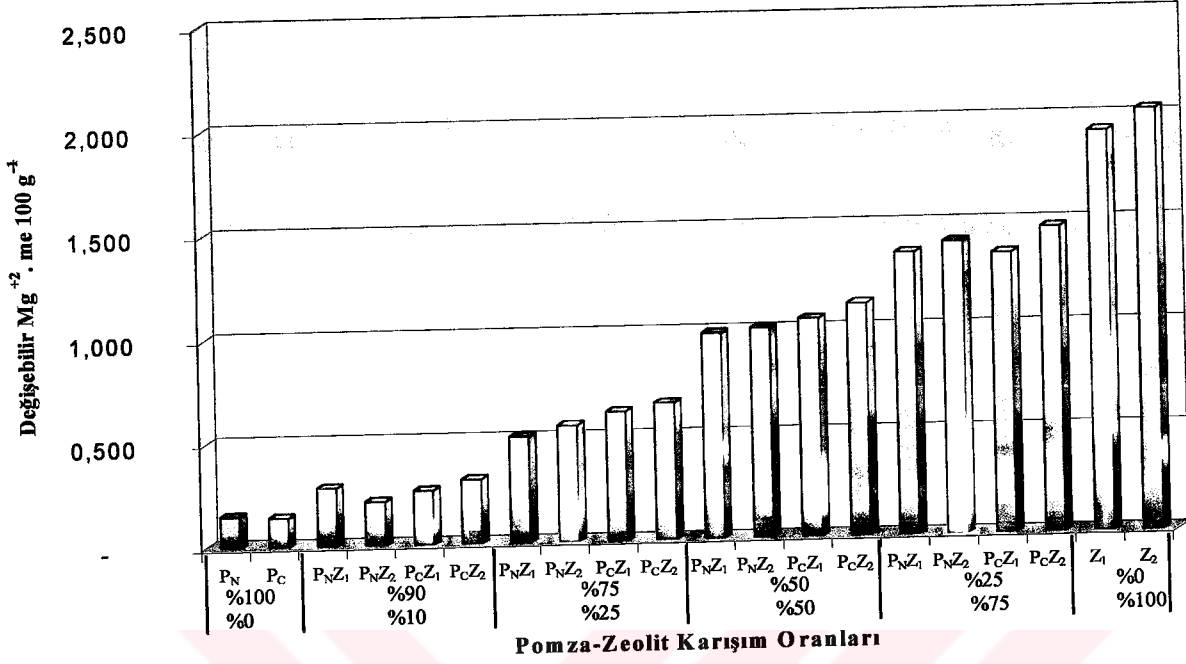
Şekil 4.6. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Ca^{+2} değerleri

Çizelge 4.4. ve Şekil 4.6'nın birlikte incelenmesinden görüldüğü gibi, pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Ca^{+2} içerikleri 0.11-39.41 me 100 g⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Her iki zeolit örneğinin de değişebilir Ca^{+2} içeriği yüksek olmakla birlikte IMF 9000 örneğinin diğerine göre çok az daha yüksek olması artan miktarda zeolit ilave edilmiş tüm karışımların değişebilir Ca^{+2} içeriklerinde görülmektedir.

Kithome ve ark. (1998) tarafından, klinoptilolitin NH_4^+ adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi araştırılmış ve değişebilir Ca^{+2} içeriği 44,79 cmol kg⁻¹ olarak saptanmıştır.

Özgümüş (1999) tarafından farklı pomza örnekleriyle yapılan bir çalışmada suda çözünebilir Ca^{+2} değerleri 0,02 ile 61,45 ppm arasında değişim göstermiştir.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Mg^{+2} değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.7'de görülmektedir.

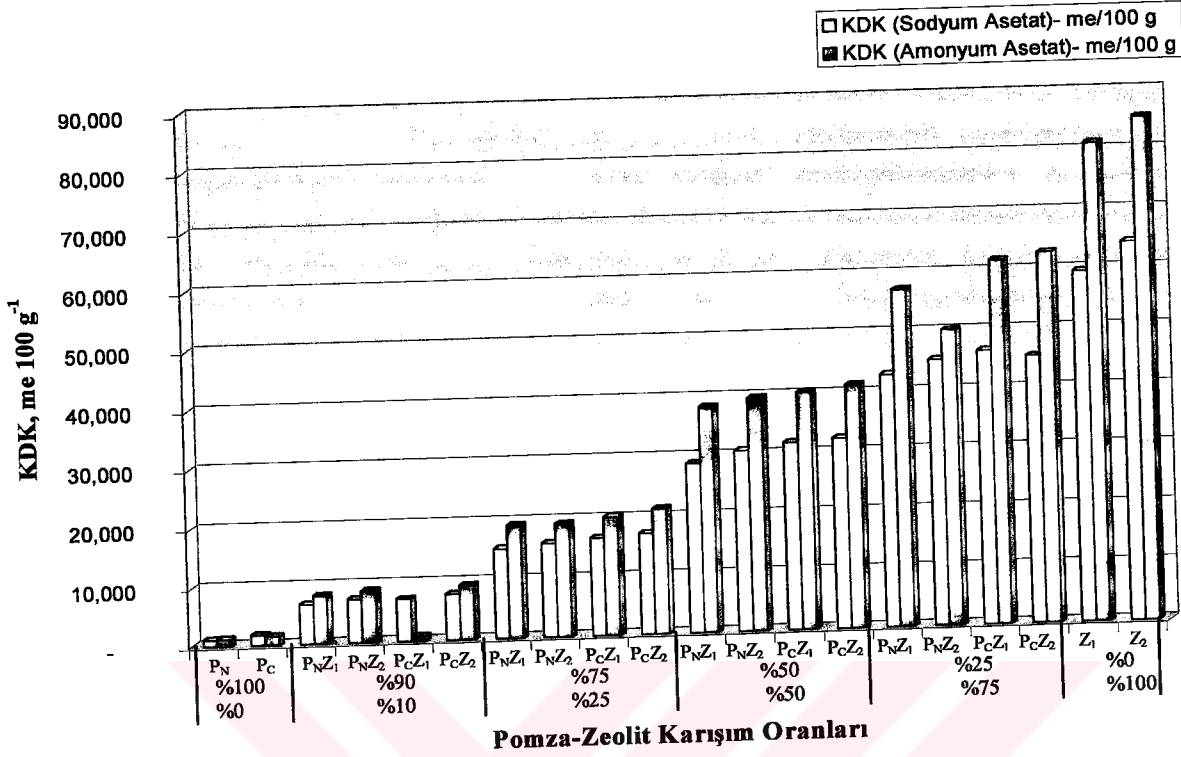


Şekil 4.7. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Mg⁺² değerleri

Çizelge 4.4. ve Şekil 4.7'nin birlikte incelenmesinden görüldüğü üzere pomza ve zeolit örneklerinin değişebilir Mg⁺² değerleri 0.14-2,03 me 100gr⁻¹ arasında değişmektedir.

Klinoptilolit tarafından NH₄⁺ adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisinin incelendiği bir araştırmada (Kithome ve ark. 1998), değişebilir Mg⁺² değeri 7,78 cmol kg⁻¹ olarak belirlenirken, Özgümüş (1999) tarafından yapılan bir araştırmada pomza örneklerinin suda çözünebilir Mg⁺² değerleri 0,03 ile 3,33 ppm arasında değişim göstermiştir.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin katyon değişim kapasitesi değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4.8. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin katyon değişim kapasitesi değerleri

Çizelge 4.4. ve Şekil 4.8'in birlikte incelenmesinden görüldüğü üzere pomza ve zeolit örneklerinin sodyum asetat metoduyla belirlenen katyon değişim kapasitesi değerleri 1.12-64,33 me 100gr⁻¹ arasında değişirken, amonyum asetat metoduyla belirlenen katyon değişim kapasitesi değerleri 1.22-85.44 değerleri arasında değişmektedir.

Zeolit materyalinin en belirgin özelliklerinden olan katyon değişim kapasitesinin yüksek olması, zeolit ilave edilmiş tüm karışımlarda belirgin bir şekilde görülmektedir.

Toprağa zeolit ilavesinin NH₄⁺'un NO₃⁻'a nitrifikasyonu üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmada (Işıldar 1997), zeolit örneğinin amonyum asetat metodu ile katyon değişim kapasitesinin 75.85 me 100 g⁻¹ olduğu belirlenmiştir.

Klinoptilolit tarafından NH_4^+ adsorpsiyonunun pH üzerine etkisinin araştırıldığı bir denemede, zeolit örneğinin katyon değişim kapasitesi amonyum asetat metodu ile $92.78 \text{ cmol kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Amonyum asetat metodu ile belirlenen katyon değişim kapasitesi değerlerinin, sodyum asetat metodu ile belirlenen katyon değişim kapasitesi değerlerinden yüksek olmasının nedenini, zeolitin amonyum adsorpsiyonunda etkili olması ile açıklamak mümkündür. .

4.5 Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Suda Çözünebilir Demir, Çinko, Bakır, Mangan Değerleri

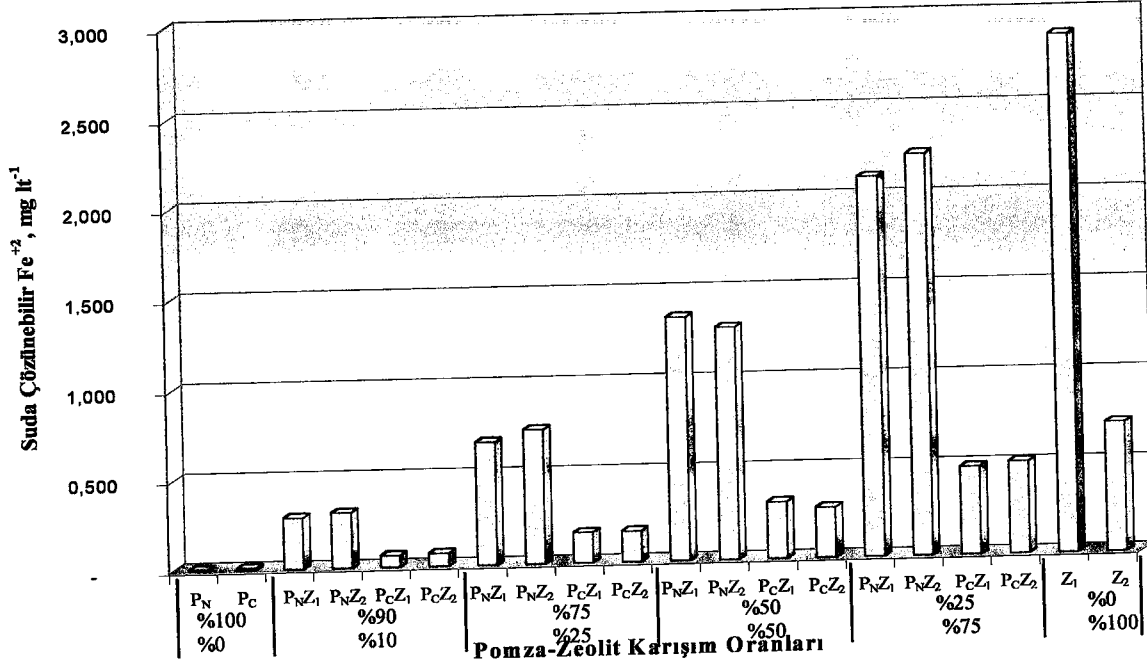
Bölüm 3.2.3. ve Çizelge 3.1'de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinden, Bölüm 3.2.4.5'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde belirlenen suda çözünebilir demir, çinko, bakır ve mangan değerleri Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin 1:2 oranında saf su ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen süzüklerde belirlenen suda çözünebilir Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} değerleri

Karışım Oranları Hacimca, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri	Fe^{+2} mg l^{-1}	Zn^{+2} mg l^{-1}	Cu^{+2} mg l^{-1}	Mn^{+2} mg l^{-1}
Pomza	Zeolit					
100	0	P_N	0.007	0.004	0.002	0.002
		P_C	0.01	0.008	0.006	0.001
90	10	P_NZ_1	0.28	0.05	0.02	0.08
		P_NZ_2	0.06	0.07	0.02	0.10
		P_CZ_1	0.31	0.09	0.02	0.08
		P_CZ_2	0.07	0.07	0.02	0.09
		P_NZ_1	0.68	0.11	0.04	0.20
		P_NZ_2	0.17	0.19	0.05	0.22
75	25	P_CZ_1	0.74	0.11	0.05	0.20
		P_CZ_2	0.17	0.26	0.05	0.24
		P_NZ_1	1.35	0.23	0.09	0.52
		P_NZ_2	0.31	0.39	0.09	0.48
50	50	P_CZ_1	1.29	0.20	0.11	0.43
		P_CZ_2	0.28	0.40	0.08	0.47
		P_NZ_1	2.11	0.39	0.15	0.68
		P_NZ_2	0.49	0.58	0.13	0.74
25	75	P_CZ_1	2.23	0.34	0.16	0.69
		P_CZ_2	0.51	0.61	0.14	0.79
		Z_1	2.88	0.47	0.21	0.94
		Z_2	0.72	0.81	0.18	1.01
Min:			0.007	0.004	0.002	0.001
Max:			2.88	0.81	0.21	1.01

°Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Fe^{+2} içerikleri Çizelge 4.5 ve Şekil 4.9.'da sunulmuştur.



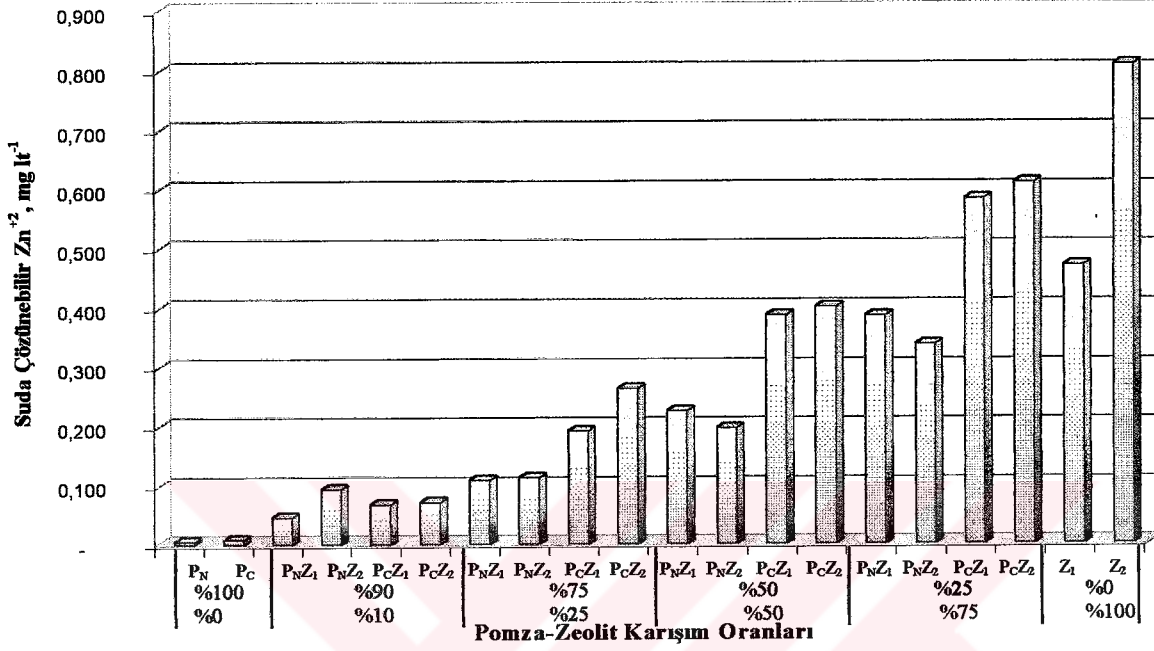
Şekil 4.9. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit materyallerinde Fe⁺² değerleri

Çizelge 4.5. ve Şekil 4.9'un birlikte incelenmesinden görüldüğü üzere pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Fe⁺² içerikleri 0.007-2.88 mg lt⁻¹ arasında değişim göstermektedir.

Şekilden de anlaşılacağı gibi özellikle ZETA zeolit çeşidinin suda çözünebilir Fe⁺² içeriği IMF 9000 zeolitine oranla oldukça yüksektir ve bu durum artan miktarlarda ZETA zeoliti eklenmiş tüm karışımlarda gözlenmektedir.

Özgümüş (1999) tarafından, çeşitli yörelerden temin edilen farklı pomza örneklerinde ise suda çözünebilir Fe⁺², Zn⁺², Cu⁺² ve Mn⁺² içerikleri çok düşük miktarlarda olduklarından belirlenememiştir.

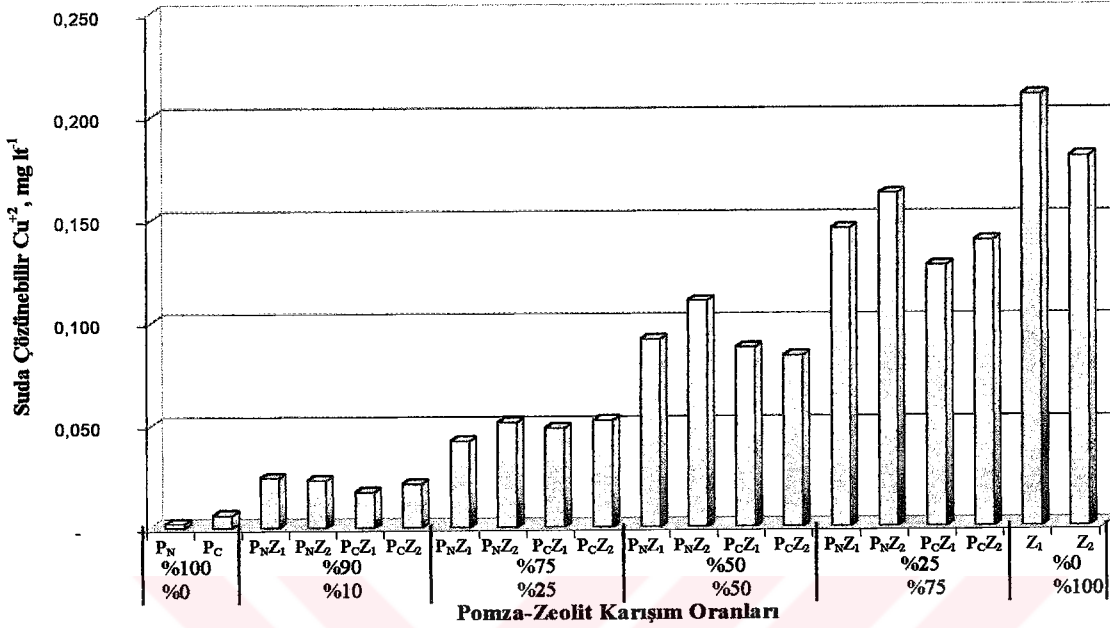
Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Zn⁺² içerikleri Çizelge 4.5. ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Zn^{+2} değerleri

Çizelge 4.5. ve Şekil 4.10.'un incelenmesinden de görüleceği gibi, pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Zn^{+2} içerikleri $0.004 - 0.81\ mg\ l^{-1}$ arasında değişmektedir.

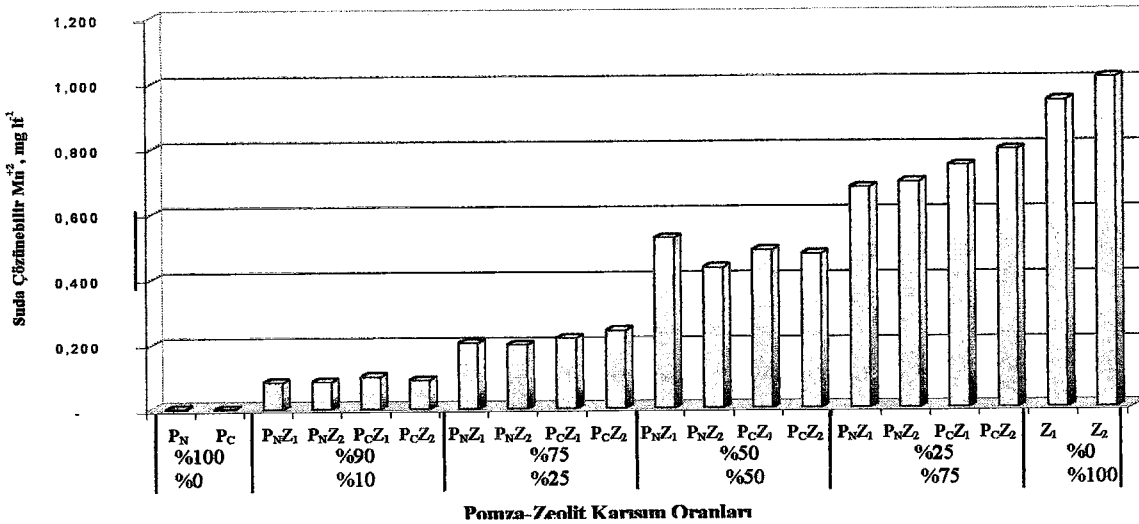
Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir Cu^{+2} içerikleri Çizelge 4.5. ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünbilir Cu^{+2} değerleri

Çizelge 4.5. ve Şekil 4.11.'in incelenmesinden de görüleceği gibi, pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünbilir Cu^{+2} içerikleri $0.002 - 0.21 \text{ mg l}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünbilir Mn^{+2} içerikleri Çizelge 4.5. ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünbilir Mn^{+2} değerleri

Çizelge 4.5. ve Şekil 4.12'nin incelenmesinde görüldüğü gibi, pomza ve zeolit örneklerinin Mn^{+2} içerikleri $0.001-1.01 \text{ mg lt}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir.

4.6. Farklı Oranlarda Karıştırılan Pomza ve Zeolit Örneklerinin Suda Çözünebilir Fosfor, Karbonat, Bikarbonat, Klor ve Bor Değerleri

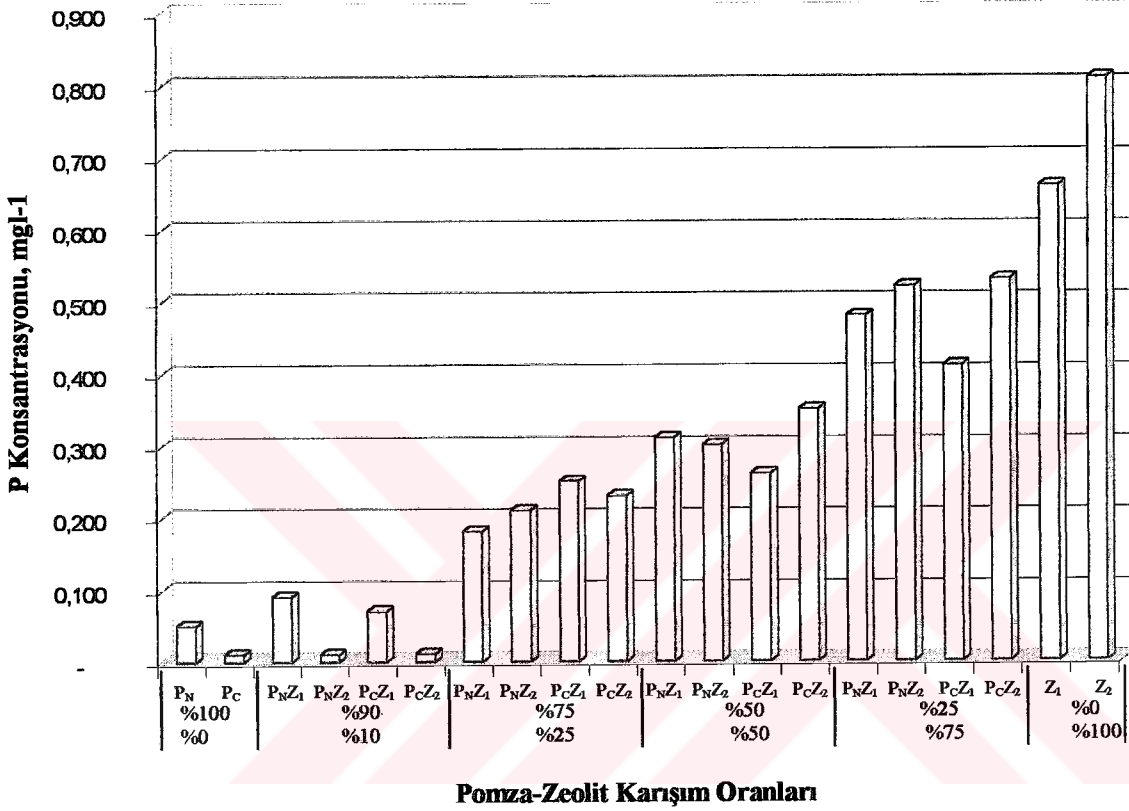
Bölüm 3.2.3. ve Çizelge 3.1'de belirtilen oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinden, Bölüm 3.2.4.5'te açıklandığı gibi elde edilen süzüklerde belirlenen suda çözünebilir fosfor, karbonat, bikarbonat, klor ve bor değerleri Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir

Çizelge 4.6. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin 1:2 oranında saf su ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen süzüklerde belirlenen suda çözünebilir P, CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Cl⁻ ve B değerleri

Karışım Oranları Hacimca, %		Pomza ve Zeolit Çeşitleri	P mg ^l ⁻¹	CO ₃ ⁻² mg ^l ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg ^l ⁻¹	Cl ⁻ mg ^l ⁻¹	B mg ^l ⁻¹
Pomza	Zeolit						
100	0	P _N	0.05	-	6.75	1.04	0.03
		P _C	0.01	-	6.90	1.23	0.05
90	10	P _{NZ1}	0.09	-	6.90	2.00	0.09
		P _{NZ2}	0.07	-	6.00	2.01	0.06
		P _{CZ1}	0.01	-	6.78	2.00	0.07
		P _{CZ2}	0.01	-	6.05	2.02	0.02
75	25	P _{NZ1}	0.18	-	6.90	2.02	0.10
		P _{NZ2}	0.25	-	6.00	2.00	0.08
		P _{CZ1}	0.21	-	6.00	2.02	0.09
		P _{CZ2}	0.23	-	6.75	2.01	0.07
50	50	P _{NZ1}	0.31	-	7.70	2.00	0.06
		P _{NZ2}	0.26	-	7.70	2.00	0.05
		P _{CZ1}	0.30	-	7.70	2.05	0.05
		P _{CZ2}	0.35	-	7.70	1.99	0.05
25	75	P _{NZ1}	0.48	-	9.75	2.51	0.08
		P _{NZ2}	0.41	-	9.10	2.40	0.05
		P _{CZ1}	0.52	-	9.10	2.55	0.07
		P _{CZ2}	0.53	-	9.10	2.48	0.05
0	100	Z ₁	0.66	-	13.30	3.50	0.21
		Z ₂	0.81	-	18.20	4.61	0.17
Min:			0.01	-	6.00	1.04	0.02
Max:			0.81	-	18.20	4.61	0.21

°Değerler 3 yinlemenin ortalamasıdır

Hacimca 1:2 oranında örnek:saf su karışımı ile elde edilen süzüklerde P içerikleri Çizelge 4.6 ve Şekil 4.13'te görülmektedir.



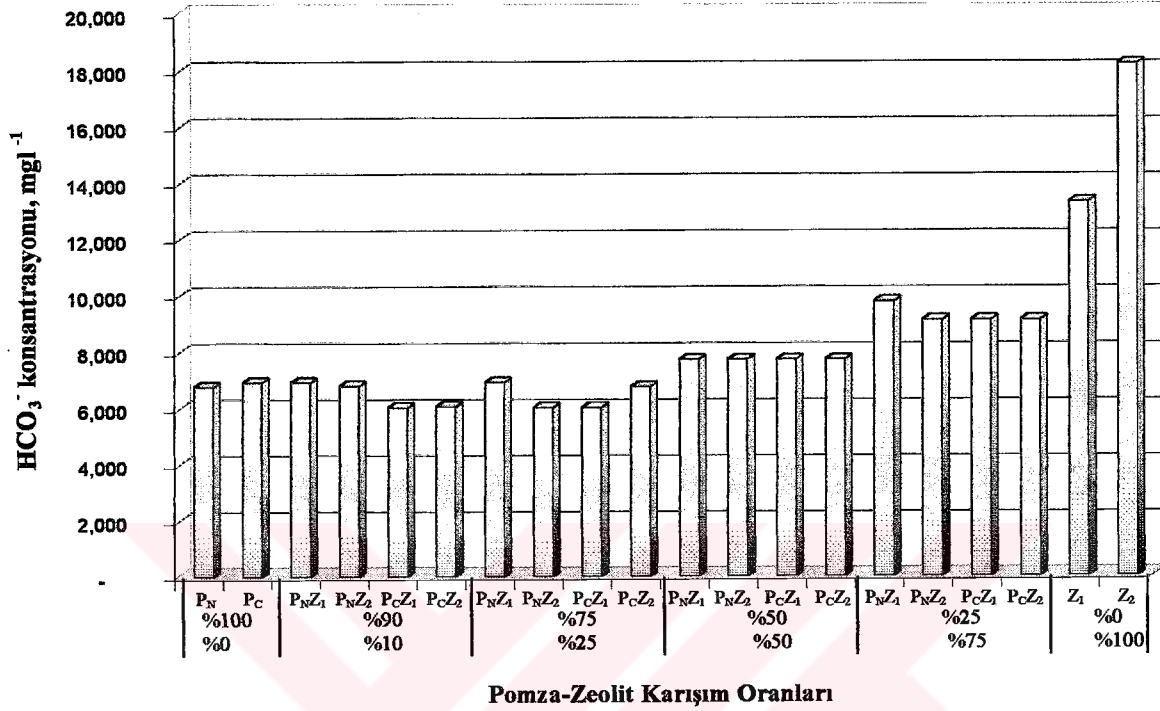
Şekil 4.13. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir P konsantrasyonları

Çizelge 4.6. ve Şekil 4.13.'ün birlikte incelenmesinden görüldüğü gibi pomza ve zeolit örneklerinin suda çözünebilir P içerikleri 0,01-0,81 mg/l⁻¹ arasında değişmektedir.

Özgümüş (1999) tarafından, değişik yörelerden temin edilmiş farklı pomza örnekleri ile yapılan bir araştırmada P değerleri bazı örneklerde hiç belirlenemezken, bazı örneklerde de 0,02 ile 0,16 mg/l⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örnekleri ile yürütülen bu çalışmada örneklerde CO₃⁻² değerleri iz miktarda olduğundan belirlenememiş ve dolayısıyla Çizelge 4.6.'da yer almamıştır.

Hacımca 1:2 oranında örnek:saf su karışımı ile elde edilen süzüklerde HCO_3^- iyonu konsantrasyonları Çizelge 4.6. ve Şekil 4.14'te görülmektedir

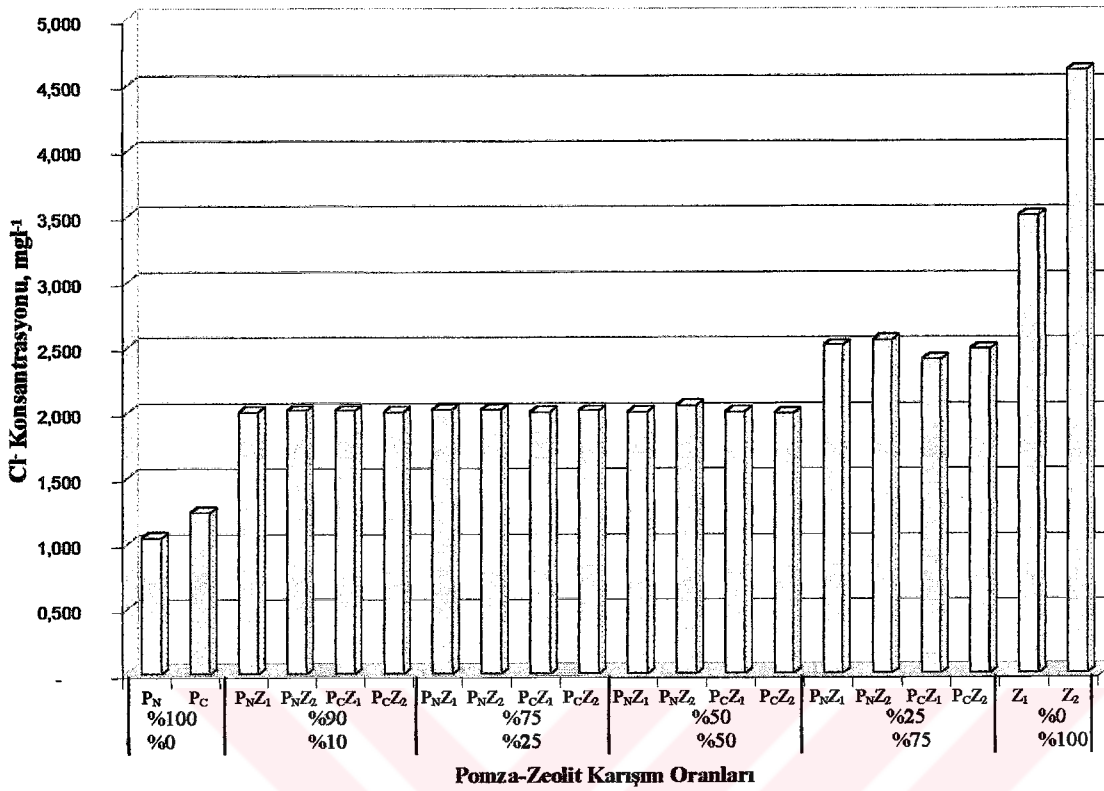


Şekil 4.14. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin HCO_3^- iyonu konsantrasyonları

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.14.'ün birlikte incelenmesinden görüleceği gibi, pomza ve zeolit örneklerinin HCO_3^- içerikleri $6.00-18.20 \text{ mg l}^{-1}$ arasında değişmektedir.

Özgümüş'ün (1999) çalışmasında ise, pomza örneklerinde HCO_3^- değerleri $3.05-47.45 \text{ mg l}^{-1}$ arasında bulunmuştur.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin Cl^- iyonu konsantrasyonu Çizelge 4.6. ve Şekil 4.15'te sunulmuştur.



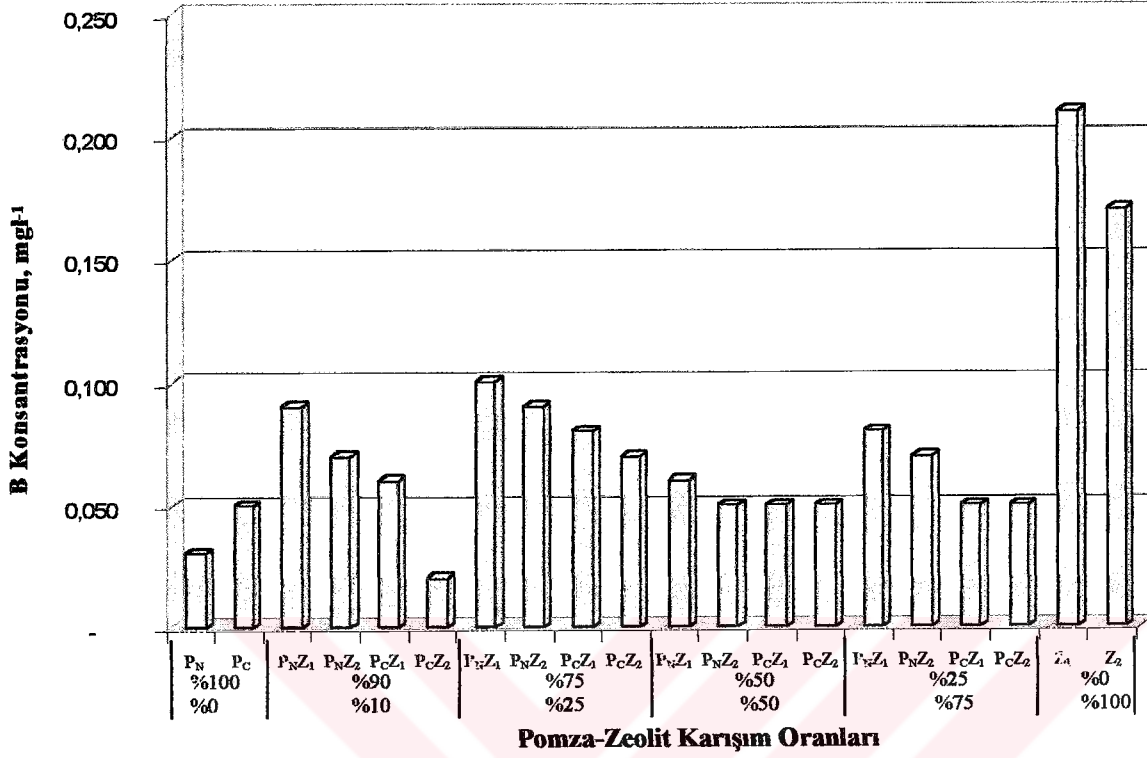
Şekil 4.15. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin Cl⁻ iyonu konsantrasyonu

Hacımca 1:2 oranında örnek:saf su karışımı ile elde edilen süzüklerde Cl⁻ iyonu konsantrasyonları Çizelge 4.6. ve Şekil 4.15'in birlikte incelenmesinden de görüleceği gibi 1.04-4.61 mg/l⁻¹ arasında değişmektedir.

Özgümüş'ün (1999) farklı pomza örnekleri ile yaptığı çalışmasında, bazı örneklerde Cl⁻ iyonu konsantrasyonu iz miktarda belirlenirken, genel olarak 3,55 ile 402 mg/l⁻¹ arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir.

Cl⁻ iyonunun bitki yetiştirilmesinde toksik etki yaratabilecek bir element olmasından dolayı analiz sonuçlarının titizlikle değerlendirilmesi, bu element açısından önem taşımaktadır.

Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin B konsantrasyonları Çizelge 4.6. ve Şekil 4.16.'da sunulmuştur.



Şekil 4.16. Farklı oranlarda karıştırılan pomza ve zeolit örneklerinin B konsantrasyonları

Hacımca 1:2 oranında örnek:saf su karışımı ile elde edilen süzüklerde B konsantrasyonu Çizelge 4.6. ve Şekil 4.16'nın birlikte incelenmesinden de görüleceği gibi 0.02-0.21 mg/l değerleri arasında değişim göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Değişik oranlarda karıştırılan pomza-zeolit örneklerinin analiz sonuçları aşağıda özet olarak değerlendirilmiş, ve bu ortamların topraksız yetiştiricilikte kullanılmaları konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Çeşitli özellikleri (suya verdikleri iyonlar, kireç içerikleri, ve kation değişim kapasiteleri) yönünden incelendiklerinde karışımlarda kullanılan her iki pomza örneğinin de tam inert olarak kabul edilemeyecekleri, ancak kısmen inert materyaller olarak değerlendirilebilecekleri anlaşılmaktadır. Ceyhan yöresinden sağlanan bazaltik pomzanın pH, EC, kireç yüzdesi, KDK, değişebilir kationlar ve suda çözülebilir iyon konsantrasyonları Nevşehir yöresinden sağlanan pomzaya oranla genellikle daha yüksek bulunmuştur.

Zeolit örneklerinin ise kimyasal olarak çok aktif oldukları, özellikle kation değişim kapasitelerinin ve değişebilir kation içeriklerinin çok yüksek olmasıyla kendini göstermektedir. İnce taneli zeolitin kation değişim kapasitesi, değişebilir kation içerikleri, suda çözülebilir iyon konsantrasyonları, kireç içerikleri, pH ve EC değerleri iri taneli zeolite oranla çoğunlukla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum doğal olarak ince taneli zeolit içeren pomza – zeolit karışımlarına da benzer şekilde yansımıştır.

Uzun süre toprakta yetiştiricilik yapmış bir üreticinin topraksız yetiştiriciliğe geçişi çoğu kez kolay olmamaktadır. Çünkü topraksız yetiştiricilik belirli bir bilgi birikimini ve deneyimi gerektirmektedir. Bu açıdan tamponluk özelliği yüksek olan zeolit gibi bir materyalin ortamda belli oranlarda bulunması kimi durumlarda avantaj yaratmaktadır.

Pomzaya karıştırılan zeolit oranı arttıkça karışımın kation değişim kapasitesi de doğal olarak artmaktadır. İnce taneli zeolitin karıştırıldığı ortamlarda bu artış biraz daha belirgin olmaktadır. Pomzaya belirli oranlarda zeolit katılması, inert ortamlarda yetiştiricilik deneyimi kazanamamış olan ve kök ortamındaki besin dengesinin iyi kontrol edilebileceği teknik donanımdan yoksun bulunan üreticilere önerilebilir. Ancak, zeolitin pH değerinin pomzaya oranla daha yüksek olarak belirlenmiş olması, tamponluk kapasitesi yüksek olan bu materyali fazla oranda içeren ortamlarda pH düzenlenmesi yönünden sorunlar oluşabileceğini göstermektedir. Bu nedenle pomzaya

kariştirilacak zeolit oranının yüksek tutulmaması önerilebilir. Pomzanın topraksız yetiştiricilikte substrat olarak yalnız başına kullanılması durumunda pH yüksekliği (özellikle bazaltik pomzada olmak üzere)başlangıçta bir sorun yaratabilir. Ancak pomzaların tamponluk özelliğinin düşük olması nedeniyle, bitki dikiminden önce ortamda pH düzenlemesi kolaylıkla yapılabilir.

Burada dikkat çekilmesi gereken diğer bir nokta da zeolitin kökeni ve niteliği ile ilgilidir. Bu çalışmada kullanılan Gördes (Manisa) zeoliti kalsiyumca zengin bir klinoptilolit olup yapısında lifsi kristaller olmadığı rapor edilmiştir. Lifsi yapıdaki kimi zeolitlerin sağlık yönünden zararlı etkileri olabileceği belirtilmektedir. Diğer taraftan sodyumca zengin veya bitkilere toksik etki yapabilecek düzeyde bor ve benzeri elementleri içeren zeolitlerin tarımsal amaçlı kullanılmalarında dikkatli olunmalıdır.

KAYNAKLAR

- AKYILDIZ, A.R. 1980. Yeni Yem Kaynakları. Türkiye. 1. Yem Sanayii Kongresi, 21-22 Şubat, Ankara. s. 78-96.
- ALAN, R. 1990. Serada Kullanılan Bazı Yetiştirme Ortamları ve Özellikleri. Türkiye 5. Seracılık Semp. Bild. , İzmir, 17-19 Ekim 1990, s. 401-410.
- ALLISON, L.E. and C.D. MOODIE. 1965. Carbonate. In C.A. Black et. Al.(ed). Methods of Soil Analysis, Part2. Agronomy, 91:1379-1400. Am. Soc. of Agron., Inc., Media, Wis.
- ANGEL, L.L. 1981. Physical and Phiysochemical Properties of the Volcanic Materials Used in Hydropony. Acta. Hort. 126:51-56.
- ANONİM. 1981. Methodenbuch-Bodenuntersuchungen 2. Auflage. Eidgenossiche Forschungsonstat für Agrikultur Chemie und Umwelthygiene. 3097 p. Leibefeld, Deutschland.
- ANONİM. 1996. Çimento Ham Maddeleri ve Yapı Maddeleri. 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyon Raporu, Cilt 1-2-3, DPT, 1996. Ankara-Türkiye.
- AYDIN, A. ve Y. SEZEN. 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:174. s. 58.
- BİLGİN, A., M. KÖSEOĞLU ve G. ÖZKAN. 1990. Isparta-Gölcük Yöresi Kayaçlarının Mineroloji, Petrografi ve Jeokimyası. Doğa TR. T. of Eng. And Env. Sci., 14. TUBITAK, p. 342-361.
- BİLGİN, A.Z. ve T. ERCAN. 1961. Ceyhan-Osmaniye Yöresindeki Kuvaterner Bazaltların Petrolojisi. TJK Bülteni, C.24. s. 21-30.
- BLANCHARD, G., M. MOUNAGÉ and G. MARTIN. 1984. Removal of Heavy Metals from Waters by Means of Natural Zeolites. Water Res. 18:1501-1507.
- BOWER, C.A., R.F. REITEMEIR and M. FIREMAN. 1952. Exchangeable Cation Analysis of Saline and Alkali Soils. Soil Sci., 73: 251-261.
- BRECK , D.W. 1974. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use, J. Soil Sci.25:242-255.

BRECK, D.W. 1979. The properties and application of zeolites. The city university. London. April. 18th –20th: 20 :1-8.

BURRIESCI, N., S. VALANTE, R. OTTANA, G. CIMINO and C. ZIPELLI. 1984. Utilization of Zeolites in Spinach Growing, V:4:p.5-8.

BÜYÜKAKYOL, M. 1988. Doğal Zeolitler. Etibank Bülteni. 108-109, 30-32. Ankara.

CHEN, Y., A. BANIN and V. DEVENALD. 1980. Characterization of Particles and Pores Hydraulic Properties and Water-Air Ratios of Artificial Growth Media and Soil. ISOSC Proceedings, 18-24 May. Wageningen, The Netherlands, p.63-68.

CIHACEK, L.J. and J.M. BREMNER. 1979. A Simplified Ethylene Glycol Monoethyl Ether Procedure for Assessment of Soil Surface Area. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:821-822

CLARKE, G. 1980. Zeolites-Take off for the Tuff Guys. Industrial Minerals. Feb. 1980. 149:21-38.

CLEMENS, G. and A. SINGER. 1992. Amelionating Chlorosis-Inducing Soils with Rock Materials of Varying Porosity and Iron Content. Soil Sci. , 56(3), 807-813.

ÇETİNEL, G. 1993. Dünyada ve Türkiye’de Zeolit. Hizmet İçi Eğitim Çalışması M.T.A. Ankara. 37 s.

ÇEVİKBAŞ, A. ve F. İLGÜN. 1997. Türkiye Pomza Yataklarının Jeolojisi ve Ekonomisi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildirileri. Isparta, 26-28 Haziran 1997. s.13-18.

DYER, A. 1984. Chemistry-Industry, 2 April. Pp. 241-245.

EDSON, G.M. 1977. Some Bedded Zeolites, San Simon Basin, Southeastern Arizona: Unpublished MS Thesis. University of Arizona. 65 p.

EINARSSON, S., J. GUDMUNSSON, H. SVERRISSON, J.K. KRISTJANSSON and S. RUNOLFSSON. 1993. Production of Rhizobium Inoculants for *Lupinus nootkatensis* on Nutrient-Supplemented Pumice. Appl. 59(11).3666-3668.

EYDE, T.H. 1959. Bowie zeolite-on Arizona industrial maineral: Arizona Bureau of Geology and Mineral Technology, Fieldnotes, V.8, No.4, p.1-5.

EYDE, T.H. 1982. Zeolite deposits in the Gila and San Simon Valleys of Arizona and New Mexico. New Mexico Bur. Mines Mineral Resources Circ. 182: 65-71.

EYDE, T.H. 1984. GSA Resources Inc. The Application of Geology to Problems of Geology and Gade Control Unique to Industrial Minerals. Proceeding of Symposium of SME-AIME. Fall Meeting. Oct. 24-26. p.12.

FLANIGEN, E.M. 1975. Crystal Structure and Chemistry of Natural Zeolites in Minerology and Geology of Natural Zeolites. Minerogical Society of America, Short Course Notes. V:4, p.19-52.

FLANIGEN, E.M. 1977. Crystal Structure and Chemistry of Natural Zeolites. V.4, pp. 19-52.

FREDERICKSON,P. 1985. A Review of the Properties and Uses of Natural Zeolites. 45: 689-700.

GRIFFITS, J. 1987. Zeolites Cleaning up from the laundry to Three Mile Island. Industrial Minerals. January. pp. 19-33.

GÜL, A. 1990. Topraksız Tarım Uygulamaları. Türkiye 5. Seracılık Semp. Bild. İzmir 17-19 Ekim 1990, s. 411-420.

GÜNGÖR, N. 1988. Pomza ve Perlitin Özellikleri ve Kullanım Alanları , Ankara. (yayımlanmamış)

GWOREK, B. 1992. Lead Inactivation in Soil by Zeolites. Department of Soil Science. Warsaw Agricultural University. 24:305-315.

HERSHEY, D.R., J.L. PAUL and R.M. CARLSON. 1980. Evaluation of Potassium-Eriched Clinoptilolite as a Potassium Source for Potting Media. Hort. Science 15:87-89.

INOSE, K. 1971. Pumice as a Rooting Medium. International Plant Propagators Society (21):82-83.

IŞILDAR, A.A. 1997. Efect of the Addition of zeolite to the Soil on Nitrification. Tr. J. of Agriculture and Forestry. 23: 363-368.

İLHAN, S. 1996. İmmobilize Hücrelerle Penisilin Üretiminde Taşıyıcı Olarak Pomza Partiküllerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enst., İzmir. 112 s.

- İŞCAN, M. 1989. Pomza Taşı Pazar Araştırması. Pazar Araştırma Dizisi. 1. İGEME 22s.
- JOHN, M.K., H.H. GHUAH and J.H. NEUFELD. 1975. Application of Improved Azomethine-H method to the Determination of Boron in Soils and Plants. Anal. Lett. 8: 559-568.
- KARAMAN, M.R. and A.R. BROHİ. 1995. Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Pomza Taşının Farklı N Dozlarında Mısır Bitkisinin Su Tüketimi ve Gelişimine Etkisi. TÜBİTAK of Tr. J. of Agric. And Forestry, 19. 355-360.
- KARTAL, G., O. SARIGAN, H. BAŞ, H. ERGÜL ve F. ILGÜN. 1988. Türkiye Pomza Yatıklarının Özellikleri ve Kullanım Alanları. Türkiye Pomza Taşı Semineri, İstanbul. 12-20
- KHELIFA, N., D. JUNG and R. SICMAN. 1980. Zeolites for Long Term Storage of Solar Energy Applicable to Temperature Heating. Tagungsbercht Des.3. Internatioalen Sonnenforums, Hamburg. 24-27 Juni, 674-682.
- KITHOME, M., J.W. PAUL, L.M. LAVKULICH and A.A. BOMKE.1998. Kinetics of Ammonium Adsorption and Desorption by the Natural Zeolite Clinoptilolite. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 622-629.
- LANGMUIR, I. 1918. The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. J. Am. Chem. Soc. 40:1361-1403.
- LEQUE, A. 1981. Retention of Ions by Volcanic Sand Uses in Hydroponic Cultures. Acta Hort. ,126. 57-64.
- MACKOWN, C.T. 1978. Role of Mineral Zeolites as Soil Amendments. Ph. D. Dissertation. Department of Soils. Water and Engineering University of Arizona, Tucson, Az. 31:209-213.
- MACKOWN, C.T. and T.C. TUCKER. 1985. Ammonium Nitrogen Movement in Coarse Textured Soil Amended with Zeolite Soil. Sci. Soc. Am. J. 49:235-238.
- MINIYEV, N.G., A.V. KOCHETAVKIN and V.B. NGUYEN.1980. Use of Natural Zeolites to Prevent Heavy Metal Pollution of Soil and Plants. Soviet Soil Science. 22; 72-79.

MUMPTON, F.A. 1978. Natural Zeolites: A New Industrial Mineral Commodity: Occurance, Properties, Use. Pergamon Press. Elmsford, New York p. 3-27.

MUMPTON, F.A. 1983. The Role of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture. P. 3-27.

MUMPTON, F.A. 1981. Utilization of Zeolites in Agriculture: In Background Papers for Innovative Biological Technologies for Lesser Developed Countries. Report Prepared for the Committee on Foreign Affairs, U.S. House of Representatives, 97th. Congress, 1st. Session. P.425-483.

NISHITA, H. and R.M. HAUG. 1972. Influence of Clinoptilolite on Sr⁹⁰ and Cs¹³⁷ Uptakes by Plants. Soil Sci. V:114. P.149-157.

OLANDER, P.A. and R.C. SURDAM. 1979. In Preparation Minerology, Chemistry, Depositional Environment and Cation Exchange Capacity of the Buckhorn Zeolite Bed. (New Mexico): Dept. of Geology, University of Wyoming. 193 p.

OLVER, M.D. 1989. Effect of Feeding Clinoptilolite to Three Strains of Laying Hens. British Polity Sci.30: 115-121.

ONAR, A.N. ve B.T. ÖZTÜRK. 1993. Phosphate Removal by Adsorption. Environ. Tech. 15: 1081-1087.

ÖZGÜMÜŞ, A. 1999. Analitik Kimya 1. Uygulama Klavuzu (3. Baskı). U.Ü. Ziraat Fakültesi, Uygulama Klavuzları. No.6. BURSA. 84 s.

ÖZGÜMÜŞ, A. ve M. KAPLAN. 1992. Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Perlitin Önemi ve Topraksız Kültürde Perlitten Yararlanma Olanakları. Türkiye 1. Tarımda Perlit Semp. Bild. İzmir. 29-30 Haziran 1992. s.49-57.

PACKARD, R.Q. 1956. Trials on Soilless Cultivation of Tomatoes in the Greenhouse. 83: 273-289.

PEECH, M. 1962. A Critical Study of the BaCl₂-TEA and Ammonium Acetate Methods for Determining the Exchangeable Hydrogen Content of Soils. Soil Sci. Soc. of Am.Proc. 26:37-40.

- PEOPLES, M.B. and J.R. FRENEY. 1995. Minimizing Gaseous Losses of Nitrogen. p. 565-602. In: P.E. Bacan (eds). Nitrogen Fertilization in the Environment. Marcel Dekker, Inc. New York. N.Y.
- RIVERO-GONZALES, L.A. and F. RODRIGUEZ. 1988. Cuban Experience with the Use of Natural Zeolite Substrates in Soilless Culture. Proc. Intern. Congress on Soilless. 65:797-800.
- SCOTT, J. 1980. Zeolite Technology and Applications. Recent Advances, Data Corporation. 97:391-399.
- SEZEN, Y. 1995. Toprak Kimyası. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:322. s. 75.
- SHAW, J. 1994. National Zeolite Industries, Inc. Personal Interview.
- SHEPPARD, R.A. 1971. Clinoptilolite of Possible Economic Value in Sedimentary Deposits of the Conterminous United States: U.S. Geol. Surv. Bull. 1332, 15p.
- SHEPPARD, R.A. AND A.J. GUDE. 1968. Distribution and Genesis of Authigenic Silicate Minerals in Tuffs of Pleistocene Lake Tecopa. Inyo Country, California.: U.S. Geol. Surv. Proc. Rep. 597, 38 p.
- SHEPPARD, R.A. and A.J. GUDE. 1982. Mineralogy, Chemistry Gas Adsorption and NH_4^+ Exchange Capacity for Selected Zeolitic Tuffs. From the Western United States U.S. Geological Survey Open-File Report. 82-969.
- SONGI, S. 1990. Traditional and Alternative Substrates for Cultivation in Containers. Soil and Fertilizers. 53, 1123p.
- TOWNSEND, R.P. 1980. Properties and Applications of Zeolites. Chemical Society. p.441-449.
- ÜNVER, I., Y. ATAMAN, M.R. ÇANGA ve N. MUNSUZ. 1898. Buffering Capacities of Some Mineral and Organiz Substrates. Acta Hort., 238: 83-97.
- VELICHKA, V.A. 1993. Control of Stronium Migration and Translocation in Chemically Ameliorated Acidic Soils. Russian-Agricultural Sciences. No:8, 7-17.
- VENUTO, P.B. and Jr. E.T. HABIB. 1979. Fluid Catalytic Cracking with Zeolites Catalysts, Marcel Dekkar, N.Y. 24:290-292.

VERDONCK, O. 1984. New Developments in the Use of Graded Perlite in Horticultural Substrates. *Acta Hort.* 150: 575-581.

WEBER, M.A., K.A., BARBARICK and D.G., WESTFALL. 1983. Ammonium Adsorption by a Zeolite in Static and a Dynamic System. *S. Environ Qual.* 12:549-555.

WINDSOR, C.M. 1998. Computational Studies of Zeolite Catalysis. *Faraday Discussions.* 106:p.79-92.

ZEOPRO. 1999. Zeoponi-X, Inc. and Boulder Innovative Technologies, Inc. p.2-18



TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamda konunun titizlikle seçilmesinden sonlandırılmasına kadarki katkılarından dolayı Sayın Danışman Hocam Prof. Dr. Ahmet ÖZGÜMÜŞ'e , bölüm imkanlarını kullanmama olanak veren fakültemiz dekanı Sayın Prof. Dr. A. Vahap KATKAT'a, tüm mesai arkadaşlarıma, yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaőım Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Ilker Ercan'a içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde maddi ve manevi yardımlarını esigemeyen aileme de teşekkür ederim.



ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Karşıyaka-İzmir’de doğdu. İlköğrenimini Karşıyaka Aydoğdu İlkokulu, orta ve lise öğrenimini Karşıyaka Gazi Lisesinde tamamladı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünü 1990 yılında kazandı ve 1994 yılı bahar yarıyılında mezun oldu. 1998 yılı Şubat ayından bu yana Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı üniversitede görevine devam etmektedir.

