

**T.C**  
**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POMZA TAŞLARININ X-IŞINI TOZ KIRINIM YÖNTEMİ**  
**İLE NİTEL ANALİZİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Tezi Hazırlayan**  
**Nadihan BAYRAK**

**Tezi Yöneten**  
**Doç. Dr. Sema ÖZTÜRK YILDIRIM**

**Fizik Anabilim Dalı**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**Temmuz 2005**  
**KAYSERİ**



**T.C**  
**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POMZA TAŞLARININ X-IŞINI TOZ KIRINIM YÖNTEMİ**  
**İLE NİTEL ANALİZİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Tezi Hazırlayan**  
**Nadihan BAYRAK**

**Tezi Yöneten**  
**Doç. Dr. Sema ÖZTÜRK YILDIRIM**

**Fizik Anabilim Dalı**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi**  
**tarafından FBT-05-08 kodu ile desteklenmiştir.**

**Temmuz 2005**  
**KAYSERİ**

**TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bana yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen hocam sayın Doç. Dr. Sema Öztürk Yıldırım' a en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

**POMZA TAŞLARININ X-IŞINI TOZ KIRINIM YÖNTEMİ İLE NİTEL  
ANALİZİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Nadihan BAYRAK**

**Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2005**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sema ÖZTÜRK YILDIRIM**

**ÖZET**

Teknolojinin gelişmesi ve çevresel bilince ulaşılması, günlük hayatta yalnızca topuk taşı olarak bilinen pomza (*bims*) taşının her alanda yaygın olarak kullanımına yol açmıştır. Su arıtma teknolojisinden, tarıma, tekstilden inşaat sektörüne kadar birçok alanda pomza taşından faydalanılmaktadır. Bu çalışmada, X-ışını toz kırınım yöntemi ile bir seri pomza taşının nitel analizleri yapıldı. Örneklerin kırınım desenleri oda sıcaklığında, *RIGAKU* marka *D-MAX 220* model toz difraktometresi ile ve bakır radyasyonu [ $\lambda(\text{CuK}\alpha) = 1.54056\text{Å}$ ] kullanılarak alındı. Toz kırınım desenlerinden elde edilen veriler değerlendirilerek, örneklerin yapılarına giren maddeler nitel olarak tayin edildi. Analiz sonucu örneklerde; kuartz (*syn-SiO<sub>2</sub>*), tobermorit-O (( $\text{Ca}_5\text{Si}_6(\text{O},\text{OH},\text{F})_{18}5\text{H}_2\text{O}$ )), kalsit (*syn-CaCO<sub>3</sub>*) ve bakır potasyum sülfür ( $\text{Cu}_3\text{KS}_2$ ) saptandı.

**Anahtar Kelimeler:** Pomza, kristal yapı analizi, X-ışını toz kırınım yöntemi

**QUALITATIVE ANALYSIS BY X-RAY POWDER DIFFRACTION METHOD  
AND THE INVESTIGATION OF STRUCTURAL PROPERTIES OF PUMICE  
STONES**

**Nadihan BAYRAK**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M.S. Thesis, July 2005**

**Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Sema ÖZTÜRK YILDIRIM**

**ABSTRACT**

Pumice stones known also as "heel stones", are widely used in every aspects of daily life with development of technology and ecological consciousness. Pumice stones have been used in many industries such as water treatment technology, agriculture, textile and construction. In this study, the qualitative analyses of a serie of pumice stones was made by using X-ray powder diffraction. The powder diffraction patterns of samples were taken by using copper radiation [ $\lambda(\text{Cu}K\alpha) = 1.54056\text{\AA}$ ] at room temperature by the *RIGAKU* type *D-MAX 220* model X-ray diffractometer. The data from the powder diffraction patterns were evaluated and the substances which the stones contain were qualitatively determined. At the result of the analyses it was found that the substances in the pumice stones were quartz (*syn*-SiO<sub>2</sub>), tobermorite-O ((Ca<sub>5</sub>Si<sub>6</sub>(O,OH,F)<sub>18</sub> 5H<sub>2</sub>O), calcite (*syn*-CaCO<sub>3</sub>) and copper potassium sulfide (Cu<sub>3</sub>KS<sub>2</sub>).

**Keywords:** Pumice, crystal structure analysis, X-ray powder diffraction method

## İÇİNDEKİLER

Kapak .....	i
Teşekkür .....	ii
Özet .....	iii
Abstact .....	iv
İçindekiler .....	v
Şekiller listesi .....	vii

### BÖLÜM 1

1.Giriş .....	1
---------------	---

### BÖLÜM 2

2. Kristal yapı .....	3
2.1 Kristal yapının tanımı .....	3
2.2 Kristal Düzlemleri ve Miller İndisleri.....	5
2.3 Bragg Yansıması .....	8
2.4 X Işınlarnın Elde Edilmesi ve Özellikleri.....	9
2.5 X- Işınlarnın Bulunuşu.....	9
2.6 X- Işınlarnın Yapısı.....	10
2.7 X-Işınlarnın Özellikleri.....	11
2.8 X – Işınlarnın Elde Edilmesi ve X-Işınları Tüpünün Çalışması.....	12
2.9 X- Işını Tüpleri.....	15
2.10 Toz kırınım yöntemi.....	18

### BÖLÜM 3

3. Pomza .....	21
3.1 Giriş .....	21
3.2 Pomzanın Yapısı ve Oluşumu .....	22
3.3 Pomzanın Kullanım Alanları .....	24
3.4 Ülkemizde Pomzanın Mevcut Durumu .....	26
3.5 Pomza Endüstrisinde Faaliyet Gösteren Ülkeler ve Organizasyonlar .....	29

## **BÖLÜM 4**

<b>4.Toz Kırınım Çalışmaları</b> .....	33
4.1 Hanawalt Yöntemi .....	33
4.2 Deneysel çalışmalar .....	34

## **BÖLÜM 5**

Sonuç ve Tartışma .....	46
Kaynaklar .....	48
Özgeçmiş .....	51

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Bir Örgü Örneği .....	3
Şekil 2.2 Hcp Yapının İlkel Birim Hücresi .....	4
Şekil 2.3 Birim Hücrede Atomların Yerleri .....	5
Şekil 2.4 Bcc Hücrede Atomların Yerleri .....	6
Şekil 2.5 Birim Hücrede Çeşitli Düzlemler .....	6
Şekil 2.6 (222), (111) Ve (110) Düzlemleri .....	7
Şekil 2.7 Negatif İşaretli Eksenlerin Gösterilmesi .....	7
Şekil 2.8 Bir Kristalin Yüzeylerinden X- Işınının Yansıması .....	8
Şekil 2.9 Elektromanyetik Spektrum .....	10
Şekil 2.10 Elektromanyetik Spektrumda X- Işınının Yeri .....	11
Şekil 2.11 X- Işınlarnın Elde Edildiği Düzenek .....	13
Şekil 2.12 Bremms Işınması .....	13
Şekil 2.13 Karakteristik Işınlarnın Oluşumu .....	14
Şekil 2.14 Bremss Işınları Ve Karakteristik X- Işını Piki .....	15
Şekil 2.15 Flamanlı Kapalı X- Işını Tüpünün Kesiti .....	16
Şekil 2.16 X-Işını Toz Difraktometre Sistemi .....	19
Şekil 3.1 Çeşitli Pomza Taşı Örnekleri .....	21
Şekil 3.2 Pomza Taşının Oluşumu .....	23
Şekil 3.3 Pomza Taşının Kullanım Alanları .....	24
Şekil 3.4 Türkiye Pomza Yatakları Haritası .....	29
Şekil 4.1 Toz Difraktometresinin Görünüşü .....	32
Şekil 4.2 1' nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni .....	36

<b>Şekil 4.3</b> 2'nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni .....	38
<b>Şekil 4.4</b> 3'nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni .....	40
<b>Şekil 4.5</b> 4'nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni .....	42
<b>Şekil 4.6</b> 5'nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni .....	44

## **BÖLÜM 1**

### **GİRİŞ**

Pomza, gözenekli yapısı, hafifliği, yüksek izolasyon etkileri, atmosferik şartlara karşı direnci ve yüksek puzzolanik aktivitesi sebebiyle, insanoğlunun eski çağlardan beri kullandığı en eski yapı malzemelerinden birisidir [1]. Antik Yunan ve Roma dönemlerinde pomza, amfi tiyatrolar, tapınaklar, su kemerleri, hamamlar, mahzenler, ve konut inşaatlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu tapınaklar zamana karşı hala direnmektedir [2].

Teknolojik özellikleri ve birçok endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajlara sahip olan pomza (bims) taşı giderek artan bir eğilimle, farklı endüstri dallarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda hafif yapı malzemelerine verilen önemin giderek artmasına paralel olarak, hammadde tüketiminde pomza taşı düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyet ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu gibi üstün özelliklerinden dolayı, inşaat ve yapı endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Pomza taşı, yalnızca inşaat sektöründe değil, tarım sektörü, kimya sektörü, tekstil sektörü, aşındırıcı sanayi gibi endüstri alanlarında da çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır [3].

Ancak, ne var ki pomza taşının kullanım kriterleri ve karakteristikleri, endüstri alanlarında uygulanabilirliği gibi konular üzerinde, ülkemizde deneysel ve gözlemsel incelemeler, pomza ile ilgilenen kuruluşlar tarafından, henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Bu bakımdan, pomzanın önemli rezerv potansiyeline sahip bir endüstriyel hammaddemiz olmasından dolayı, üzerinde yeterli incelemenin yapılması ve kullanım

alanlarının yaygınlaştırılması ile ülke ekonomisine yüksek oranda bir katma değer sağlanacağı şüphesizdir [4,5].

Rezerv bakımından dñyanın önde gelen ÷lkeleri arasında olmasına rağmen, yurdumuzda hala pomza taşı kullanımı beklenildiği kadar yaygın değildir. Kristal sistemi ve birim hücre parametreleri hakkında literatürde çok fazla bilgi bulunmaması, deneysel ve gözlemsel incelemelerin yeterli düzeyde olmaması bunun sebepleri arasında sayılabilir.

Bu bakımdan pomza taşının kristal özelliklerinin belirlenmesi, bu kayacın kullanım alanlarının yaygınlaşması bakımından önem arz edecektir.

Bizde bu çalışmayla ÷lke ekonomisi için bu denli önemli bir mineralin yapısal özelliklerini belirleyerek pomza kullanımının önemine değindik ve bir seri pomza taşının X- ışınları toz kırınım yöntemiyle nitel analizlerini yaptık.

Bu çalışma, bundan sonra pomza taşı üzerine yapılacak olan çalışmalara ışık tutacaktır.

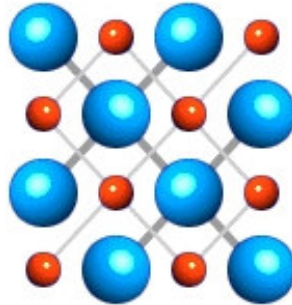
## BÖLÜM 2

### KRİSTAL YAPI

#### 2.1 Kristal Yapının Tanımı

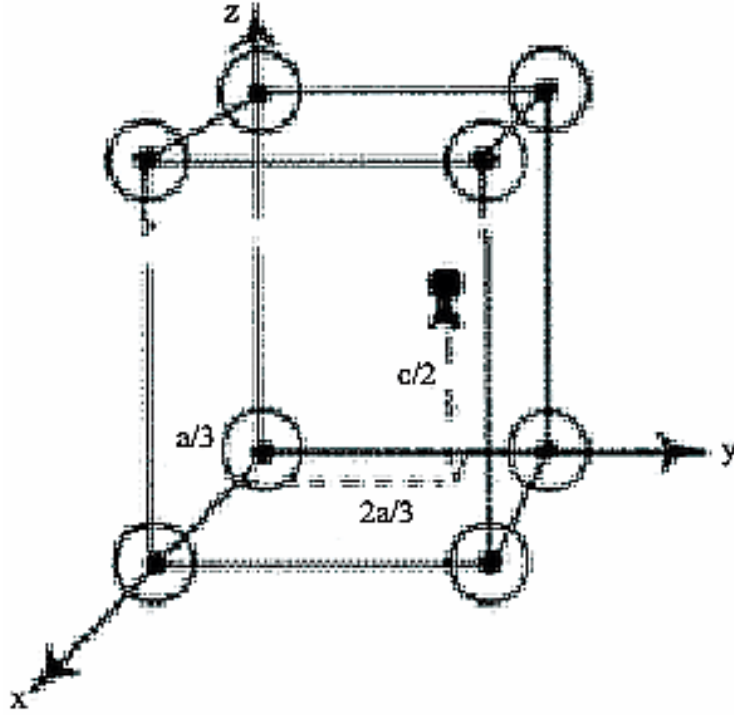
Kristal, üç boyutlu uzayda periyodik olarak tekrarlanan bir katı olarak tarif edilebilir. Bu tanıma göre, kristaller, gazlar ve sıvılardan çok farklıdır. Çünkü sıvılar ve gazlarda atomik düzenlemenin periyodik olarak sonsuz tekrarı şartı yoktur. Bunun yanı sıra bütün katılarda kristal değildir. Kristaller düzgün yüzeylere sahip olan yapılardır. Fakat bu özellikleri kristalleri tanımlamak için gerek ve yeter şart değildir. Bir parça cam veya plastiği keserek parlatmak mümkündür. Fakat bunlar düzgün yüz ve keskin köşelere sahip olmalarına rağmen kristal değildirler. Kısacası, maddelerin iç düzensizlikleri onların yüzeylerini parlatmak suretiyle giderilemez ve kristal olamazlar [6,7].

Bir örgü ile bütün kristallerin yapısını tanımlamak mümkündür. Örgü üç boyutlu uzayda periyodik olarak sıralanmış noktalar dizisidir. Bu örgünün her düğüm noktasında atomlar yer almaktadır. Bu atomlar grubuna 'baz' denir. Bu bazın uzayda tekrarlanmasıyla kristal yapı oluşur. Şekil 2.1'de bir örgü örneği görülmektedir.



Şekil 2.1. Bir Örgü Örneği

Bir kristal örgüsünün herhangi bir düğüm noktasından belirli bir doğrultuda bakıldığında, hep aynı şekilde görülür. Bundan dolayı şekil 2.2’ de görülen herhangi bir hücre “birim hücre” olarak seçilebilir [8,9].



Şekil 2.2. Hcp Yapının İlkel Birim Hücresi

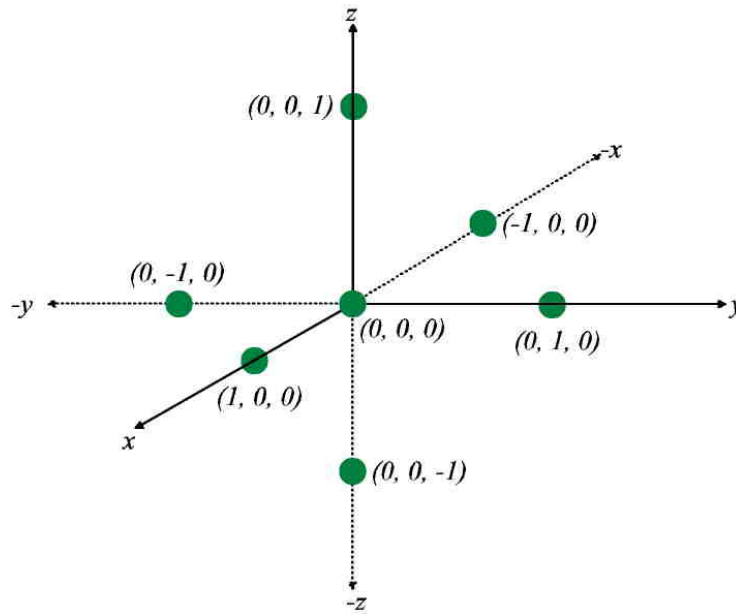
Bir birim hücrenin büyüklüğü ve şekli, orijin olarak alınan köşelerden çizilen **a**, **b**, **c**, vektörleriyle ifade edilirler. Bu vektörler hücreyi tarif ederler ve hücrenin “kristal eksenleri” olarak adlandırılır. Örgü içindeki bütün düğüm noktaları, orijin olarak alınan örgü noktalarından birindeki **a**, **b**, **c**, vektörlerinin tekrarlanan ötelenmeleriyle elde edilirler. Bu vektörler kullanılarak herhangi bir örgü noktasının yeri;

$$\mathbf{R} = u\mathbf{a} + v\mathbf{b} + w\mathbf{c} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilebilirler. Burada **R**, yer vektörü, *u*, *v*, *w*, ise tamsayı değerleri olan ifadelerdir.

## 2.2 Kristal Düzlemleri ve Miller İndisleri

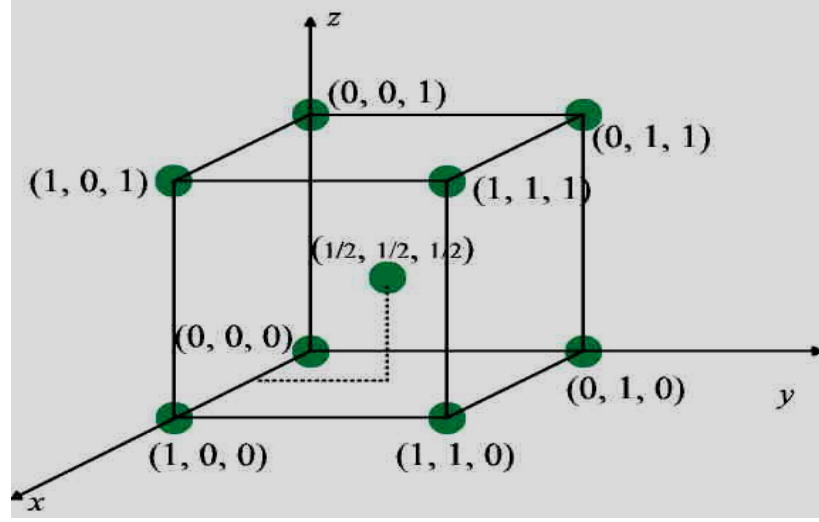
Düzlemlerin örgü içindeki yönelimleri , Miller tarafından geliştirilmiş bir yöntem ile gösterilebilir. Miller 'in yöntemine göre kristal içindeki yüzeyler ve düzlemler herhangi bir başlangıç noktası belirtilmeden tanımlanabilir. Bir düzlemin Miller indislerini bulmak için öncelikle düzlemin birim hücre eksenleri ile kesişme noktaları bulunur, sonra bu noktalara ait uzaklığın birim hücrenin koordinatlarına oranı belirlenir ve bu oranın tersi alınır. Bulunan sayılar hepsi küçük tamsayılar olacak şekilde ortak bir sayı ile çarpılır. Sonuçta bulunan sayılar ortak parantez içinde toplanır.



Şekil 2.3. Birim Hücrede Atomların Yerleri

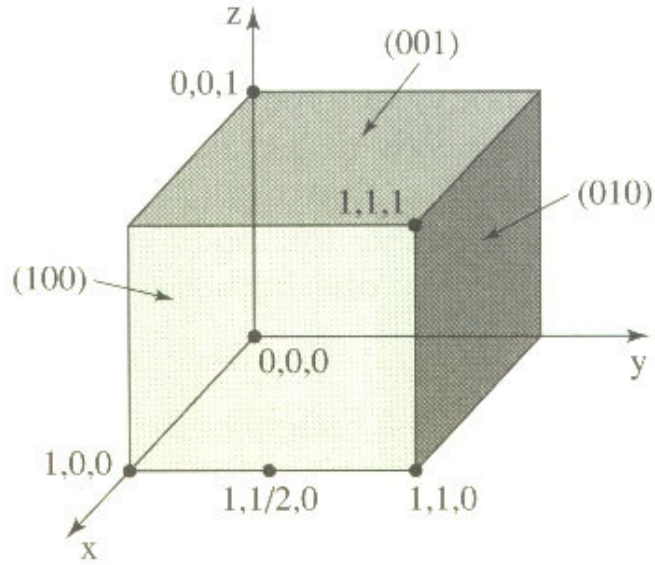
Kağıt düzleminden bize yönelen eksen genellikle +x eksenidir. Atom yerleri x, y ve z eksenleri boyunca birim mesafeler kullanılarak yerleştirilir.

bcc hücredeki atomların yerleri ise Şekil 2.4' de gösterilmiştir.



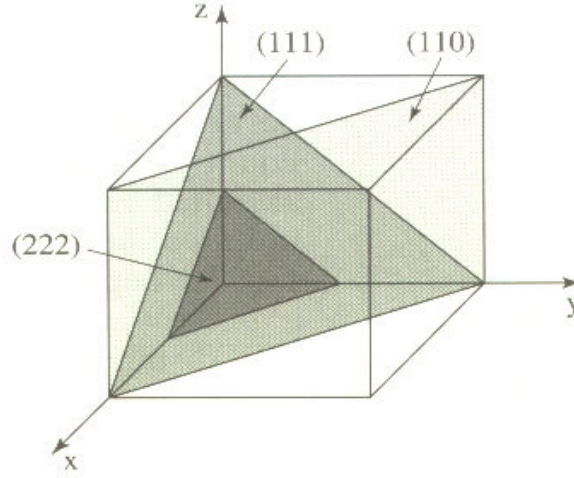
Şekil 2.4. Bcc Hücrede Atomların Yerleri

Eğer yüzey bir eksene paralel ise, eksen üzerindeki kesilim sonsuzdur. Bu durumda  $a/0$ ,  $b/0$  veya  $c/0$  olur ve ilgili indeks sıfırdır. Böylece birim hücrenin  $bc$ ,  $ca$  ve  $ab$  yüzlerine paralel yüzler sırasıyla  $(100)$ ,  $(010)$  ve  $(001)$  'dir (Şekil 2.5).



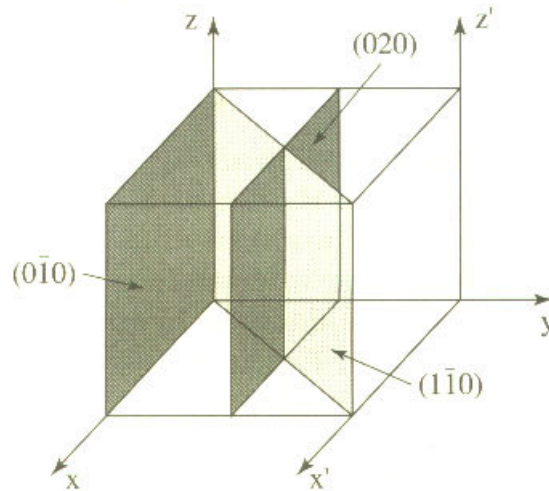
Şekil 2.5. Birim Hücrede Çeşitli Düzlemler

Bazı noktaların eksenleri kestiği noktaları bilirse kristal düzlemlerini çizebiliriz. Örneğin, (222) düzlemi hücreyi  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$  noktalarında keser. (111) düzlemi ise hücreyi 1,1,1 noktalarında keser. (110) köşegen düzlemi ise hücreyi  $11\infty$ (sonsuz) noktalarında keser. (şekil 2.6)



Şekil 2.6. (222), (111) ve (110) Düzlemleri

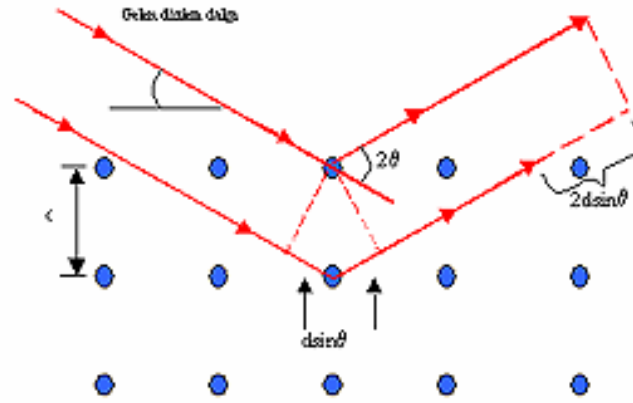
Eğer bir düzlem, koordinat sisteminin orijininin geçerse bu düzlemin indislerini tanımlamak için xyz eksen sistemini uygun şekilde  $x'y'z'$  eksen sistemine hareket ettirilmesi gerekir. Negatif sayıların gösterimi, Şekil 2.7'den görüldüğü gibi, sayının üzerine - işaretiyle sağlanır.



Şekil 2.7. Negatif İşaretili Eksenlerin Gösterilmesi

### 2.3 Bragg Kırınım Yasası

Bir düzlem aynadan yansıyan bir ışın gibi bir X-ışını yansıması için düz ve yatay bir düzlem düşünülebilir. Bu durumda gelen ve yansıyan ışınlar düzleme dik bir yüzey içinde uzanırlar, gelen ve yansıyan açılar eşittir. Yansıma düzlem aynadaki yansıma gibi olduğundan, radyasyonun çoğu geçirilir ve çok küçük bir oranı yansıtılır. Kristalde böyle düzlemlerin  $d$  aralıklarla sıralandığı varsayılır. Bir X-ışını demeti kristale geldiğinde düzlemlerden farklı doğrultularda yansıma yaparlar ve belli şartların sağlandığı durum haricinde birbirlerinin etkilerini azaltırlar. Kristali tanıttak olan kırınım deseninin olması için şekil 2.8'den görüldüğü gibi yansıma ışınlarının yapıcı girişim yapması gerekir [10].



Bragg Kırınım Eşitliği  $2d \sin \theta = n\lambda$

Şekil 2.8. Bir Kristalin Yüzeylerinden X-Işınının Yansıması

Şekilde örgü yüzeyinin bir parçası gösterildi. Her bir yüzeyden yansıyan dalgalar arasındaki yol farkı  $\overline{AB} + \overline{BC} = 2d \sin \theta$  ile ifade edilir. Yapıcı girişim olması için bu ifadenin dalga boyunun tam katlarına  $n\lambda$ , eşit olması gerekir.

Bunun için gerekli şart, komşu iki düzlemden yansıyan ışınlar arasındaki yol farkı  $2d \sin \theta$  olmalı ve yol farkı dalga boyunun tam katı olmalıdır. “Bragg Kanunu” olarak bilinen bu ifade aşağıdaki matematiksel eşitlikte verilmiştir:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2.2)$$

Bragg yansımasının gerçekleşebilmesi için  $\lambda \leq 2d$  olması gerekir.

## 2.4 X Işıklarının Elde Edilmesi ve Özellikleri

Fizik tarihi keşiflerle doludur. Bu keşifler kimi zaman ortaya atılan bir teoriyi kanıtlamak için yapılan sayısız deneyler sonrasında , kimi zamanda hiç beklenmedik bir anda, rastlantı sonucu karşımıza çıkmıştır. Radyolojinin doğmasına ve tıpta yeni bir çağın başlamasına neden olan X-ışınları, Alman fizik profesörü Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) tarafından keşfedilmiştir. Bugün yaşantımızla iç içe geçmiş birçok aygıtın temelini oluşturan X ışınlarını keşfeden Röntgen’de fizik dünyasındaki sayısız keşiflerden birine imza atmış bir bilim adamıdır [11].

X- ışınları diğer adıyla Röntgen ışınları, genellikle tıp biliminin önemli bir yardımcısı olarak tanınmıştır. Bununla birlikte bu ışınlar atom ve molekül fiziğinin gelişmesinde de önemli rol oynamıştır. X-ışınları madde yapısının analizi için şaşılabacak bir araçtır. Gerek maddenin en ufak yapısının sayısının tayininde; gerekse molekül veya kristal yapıda atomların durumunu tespitinde Röntgen’ in keşfinin önemini görmek mümkündür.

## 2.5 X- Işıklarının Bulunuşu

X ışınları 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedildi. Röntgen, Würzburg Üniversitesinde yaptığı deneyler esnasında her yanı siyah kartonlarla kaplı havası alınmış içinde katot ve anot isimli iki metal plaka bulunan Crookes tüpü ile çalışırken, rastlantı sonucu, masanın üzerindeki baryum platin siyanür kristallerinin flor ışıdığı fark etti. Tesadüfen bulduğu bu ışınlar, bilinmeyen anlamına gelen ‘X-ışınları’ adını verdi.

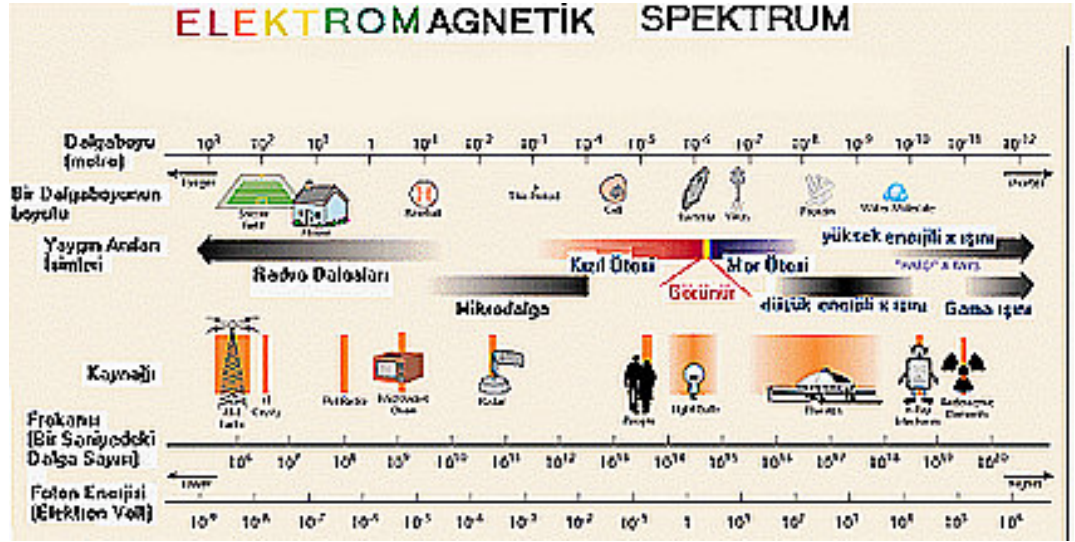
Çalışmaları sırasında emin olabilmek için tüple ekran arasına değişik bir çok nesne yerleştirdi ve fluoresans ışımaya, tüpten ekrana doğru düzgün bir yol izleyen fakat görünmeyen bir ışınımın neden olduğu sonucuna vardı. Keşfettiği bu ışınlar katı maddelerden geçmekte ve ışının geçtiği nesnelere ekran üzerinde gölgeler oluşturmaktaydı. Özellikle kurşun gibi ağır metallere yapılmış cisimler tahta, alüminyum ve kağıt gibi daha hafif maddelerden daha net görünür ve bu görüntüleri fotoğraf levhalarını tıpkı görünür ışık gibi etkilerler. Röntgen X-ışınlarının bu özelliğini fark ettikten sonra ilk X-ışını fotoğraflarını çekti.

Böylece X-ışınları saydam olmayan cisimlerin iç yapısını araştırmak isteyen fizikçiler ve daha sonra da mühendisler tarafından yapısı tam anlaşılmasa da kullanılmaya başlanmıştır [12].

1912 yılında X-ışınlarının kristallerden difraksiyonu keşfedildi ki bu keşifle birlikte o zamana kadar X-ışınlarının gerçek yapısının anlaşılması mümkün olmamıştır. Difraksiyonun keşfi ile birlikte bu ışınların dalga karakterinde olduğu kesinlik kazandı.

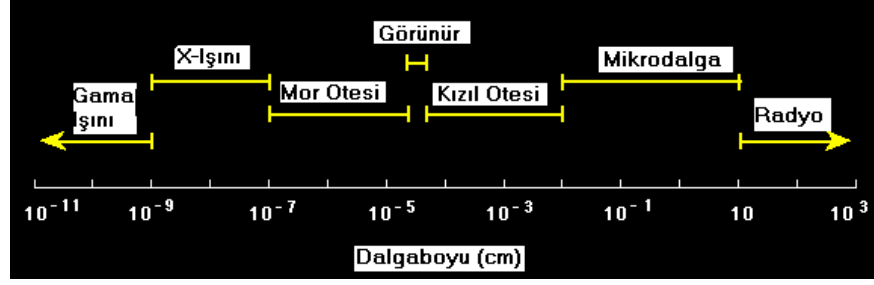
## 2.6 X- Işınlarının Yapısı

X-ışınları, elektrik ve manyetik alanların birbirine ve yayılma doğrultularına dik olan ‘elektromanyetik’ dalgadır. Bu nedenle elektromanyetik spektrumda yer alan tüm ışımaya şekilleriyle ve görünür ışıkla aynı özellikleri gösterir.



Şekil 2.9. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrumda yer alan ışınımın birbirinden farklı olmalarının en önemli nedeni dalga boylarının farklı olmasındandır. Örneğin; görünür ışığın dalga boyu , spektrumun 4000-7000Å aralığında kalan bölgeyi kapsar. Bir ucunda kırmızı, diğer ucunda mor ışığın bulunduğu görünür bölge içindeki dalga boylarında gökkuşağının diğer renkleri bulunur [13].



Şekil 2.10. Elektromanyetik Spektrumda X- Işıının Yeri

X- ışını ise elektromanyetik spektrumun mor ötesi bölgesinin de ötesinde , 1-0,001 Å aralığında yer alır ki bu da görünür ışığın dalga boyuna oranla çok kısadır. Dalga boyunun kısa olması, karşılık gelen fotonların daha fazla enerji ile yüklü olması demektir. Bu nedenle X-ışını fotonları, görünür ışığına oranla 100 ile 100.000 kat daha fazla enerjiye sahiptir. Diğer ışınım türlerinde olduğu gibi X-ışınlarının da tüm özellikleri kırınım ağlarıyla belirlenmesi mümkün olan dalga boyları ve enerjileriyle belirlenir.

### 2.7 X-Işınlının Özellikleri

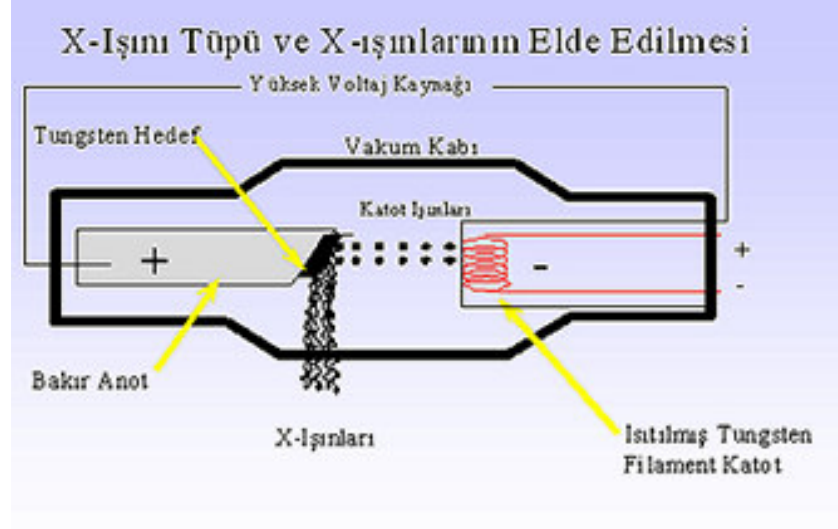
X-ışınları dalga boyları çok küçük (0.1-100 Å) olup, gözle görülmezler. Mor ötesi ışınlarıdır. Çok kısa dalga boylarına sahip olduklarından, enerjileri ve dolayısıyla giricilik dereceleri (penetrasyon kabiliyetleri) oldukça büyük elektromanyetik dalgalarıdır. Diğer bir ifadeyle, saydam olmayan ortamlardan geçerler. X-ışınları görünür ışıktan farklı olarak gözle görülmezler. Bu ışınlar, tüm elektromanyetik ışınlar gibi yüksüzdür ve bu nedenle elektromanyetik alan tarafından saptırılmazlar. Fakat kristalden yansıtılarak spektrumu elde edilebilir. X-ışınları elektronlarla etkileşme sonucu meydana geldiği için heterojen ışınlarıdır. Maddede (katı,sıvı, gaz) iyonlaşma yapar ve yalıtkan gazları, iletken duruma getirerek elektrik yüklü cisimlerin yükünü boşaltır. Bazı element ve bileşiklerle etkileştiği zaman gözle görülür bir ışımaya meydana getirirler.Bu olaya ise ‘Flouresans Olayı’ denir. Bu olaydan faydalanılarak birçok teknik geliştirilmiştir. X- ışınları madde içinden saçılırlar. Böylece madde üzerinde sekonder radyasyon meydana gelebilir. Geçtikleri maddesel ortamlarda, atom numarasının artması ile orantılı olacak biçimde soğurulurlar. X-ışınlarının şiddeti mesafenin karesi ile ters orantılı olarak azalır. Yüksüz olmaları sonucu elektrik ve manyetik alandan etkilenmeleri söz konusu değildir. Partikülsüz dalga ışınması olduğundan ağırlığı yoktur.

X-ışınları canlı hücrelerde mutasyonlar meydana gelmesine ve doku yapısının bozulmasına neden olabilirler. Üreme ve kan hücrelerini etkileyebilirler. X-ışınları kimyasal etkiye sahiptir. Suda iyonlaşma ile serbest radikaller oluşturur. X-ışınları aynı zamanda bazı kimyevi maddeleri etkileyerek parlamalarını sağlar. Işınlardan bu özelliğinden faydalanılarak 'radyoskopi' yapılır. Bilgisayarlı tomografi ve röntgen incelemelerinde X-ışınlarının transmisyon prensibinden yararlanır. X-ışınları ışık hızıyla yayılırlar. Maddeden geçişi sırasında X-ışınının bir kısmı soğurulur, bir kısmı saçılma uğrar, bu kısım sekonder radyasyon adı ile etkileşime devam eder.

### **2.8 X – Işınlarnın Elde Edilmesi ve X-Işınları Tüpünün Çalışması**

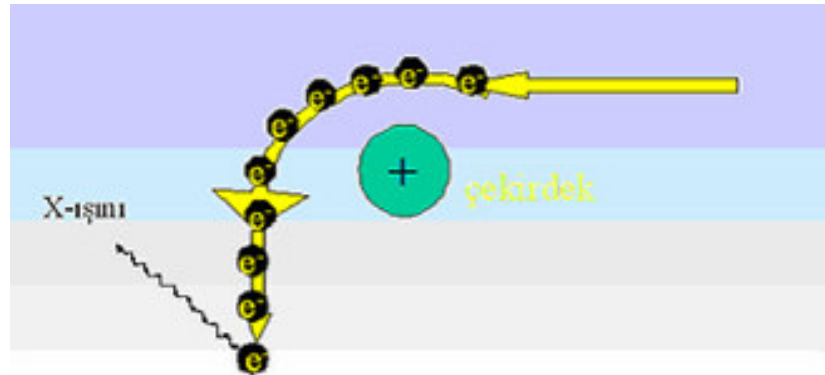
X – ışınları , röntgen tüpleri kullanılarak elde edilirler. Bir X- ışını tüpü :

Bir elektron kaynağı (katot), hızlandırıcı yüksek voltaj ve metal hedef (anot ) buldurmaldır. Ayrıca elektronların kinetik enerjilerinin çoğu hedefte ısı haline dönüştüğünden hedefin erimesine engel olmak için su ile soğutulması gerekir. X-ışınları, yeterli derecede kinetik enerjiye sahip olan yüklü bir parçacığın hızının birden azalmasıyla meydana gelir. Bu amaçla elektronlar kullanılır. Bu elektronları hızlandırmak için anot ile elektron kaynağı (katot) arasına yüksek voltaj uygulanır. Katot ile anot arasına, genellikle 25 kV-150 kV yüksek gerilim uygulandığında elektronlar filamandan hedefe doğru ivmelenirler. Elektronların çarparak X-ışınlarının üretildiği hedef bölgesine odak ya da odak noktası denir. Tüpe uygulanan yüksek gerilimin dalga biçimi sabit olmadığından, bir tepe değeri ile karakterize edilir. Bu tepe değeri kVp (kilo volt tepe) olarak ifade edilir ve X-ışını demetinin kalitesini belirler. Birkaç bin voltluk bir voltaj uygulanan elektronlar çabucak anoda çekilirler. Elektronlar buraya çok yüksek hızlarla çarpırlar. X-ışınları bu çarpma noktasında meydana gelirler ve her doğrultuda yayılırlar. Hedefe çarpan elektronların kinetik enerjilerinin büyük bir kısmı ısıya dönüşmekle birlikte ancak %1 den azı X-ışınlarına dönüşür. Böyle bir düzenek Şekil 2.11' de görülmektedir [14].



X-ışını tüp akımı mili amper (mA) ile ifade edilir ve filaman akımındaki değişikliklerle ayarlanır. Doz hızı tüp akımı ile ışın verme süresinin çarpımı olup mili amper saniye (mAs) ile ifade edilir. Üretilen X-ışını miktarı doğrudan mAs ile orantılıdır. X-ışınları tüpü ile, Bremsstrahlung (frenleyici) ve karakteristik olmak üzere iki farklı X-ışını üretilir.

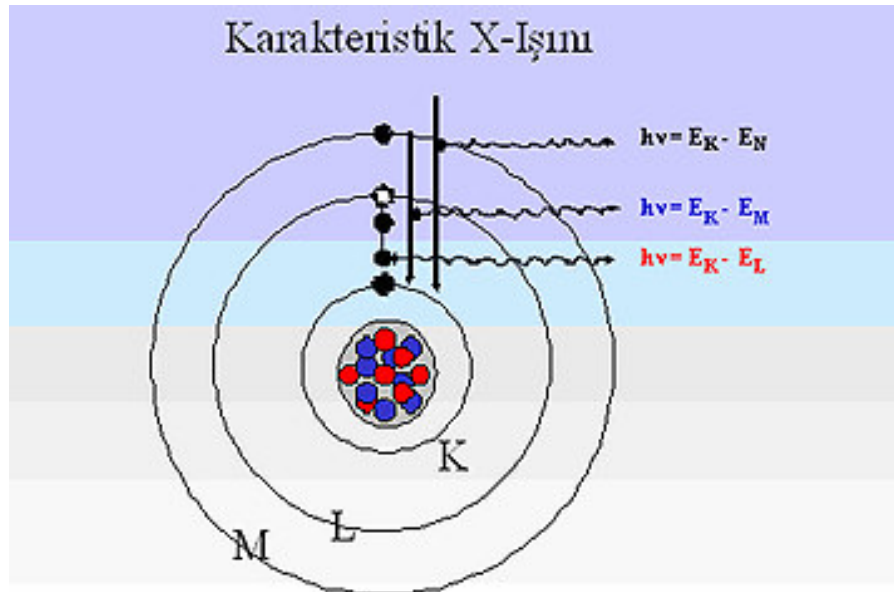
Bremsstrahlung radyasyonu elektronlar ile hedef atomların çekirdeği arasındaki etkileşimlerden kaynaklanır [15]. Her etkileşimde, sıfır ile anot ve katot arasına uygulanan gerilim ile belirlenen bir değer arasındaki enerjiye sahip olan X-ışını üretilir.(Şekil 2.12)



Örneğin, üzerinde 100 kVp gerilim olan bir tüp, enerjileri 0 ile 100 keV arasında değişen X-ışınları üretecektir. Hedefe çarpan hızlandırılmış elektronlar, hedef atomların iç yörüngelerinden (K yörüngesi) elektron sökerler ve geride bir boşluk kalır. Daha sonra üst yörüngelerden birinden (genellikle L yörüngesinden) bir elektron K yörüngesindeki bu boşluğu doldurur ve bu esnada X-ışını oluşur. Bu X ışını, enerjisi hedef elemente özgü olduğu için 'Karakteristik X-ışını' olarak adlandırılır. Tanısal radyolojide kullanılan X-ışınlarının çoğu Bremsstrahlung olup, kullanılan X-ışınlarının küçük bir yüzdesi karakteristik radyasyondur (ör. 100kVp'de %15). Elektronların kinetik enerjisinin yaklaşık %99'u termal enerjiye (ısı) dönüşür ve tüpün soğutulması gerekir. Bu nedenle X-ışınlarının üretim veriminin ancak %1 olduğu söylenebilir. Eğer atomun dış yörüngelerinden dışarıya foto-elektronlar atılmış ise atom denge durumuna geçerken yayınladığı ışınlar sürekli spektruma katkıda bulunur [16]. Çekirdeğe en yakın yörüngelerden (K yörüngesinden ) fırlatılan elektronlarla birlikte atom uyarılmış durumdadır. Atomun kararlı duruma dönebilmek için dış yörüngelerden bu boşluğun doldurulması sırasında meydana gelen X ışınları

$$E=h\nu=hc/\lambda \quad (2.3)$$

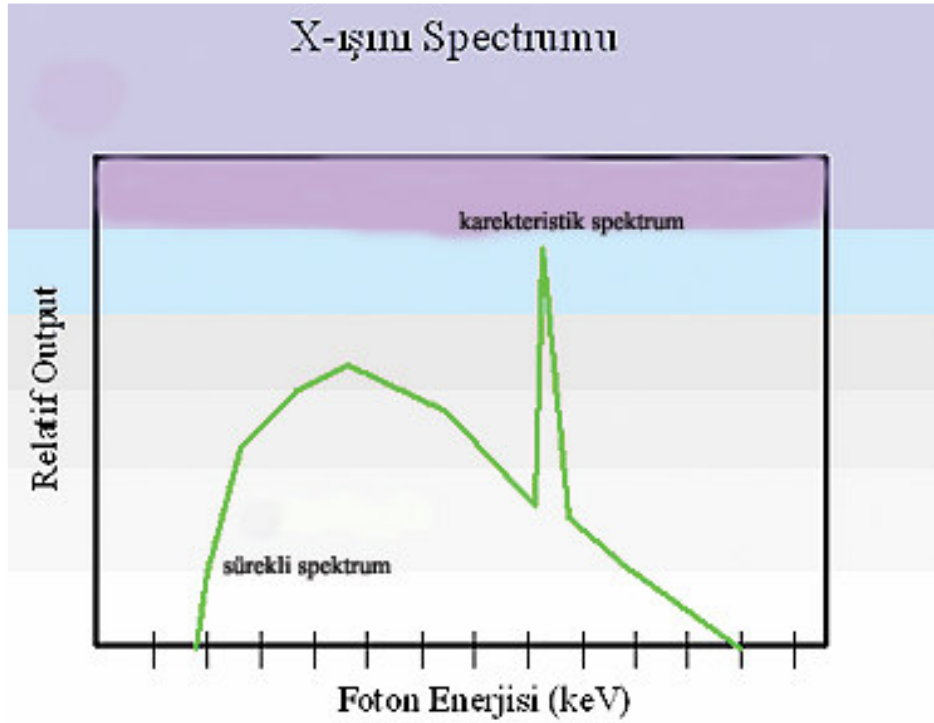
ile verilen enerjiye sahiptir. Şekil 2.13' de karakteristik ışının meydana gelişi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Karakteristik Işınlarda Oluşumu

Gelen elektron hedef atomun yörünge elektronlarının birine çarparak onu yörüngesinden fırlatır. Böylece boş kalan yörüngeye daha üst yörüngelerden bir elektron gelerek yerleşir. Bu arada iki yörünge enerjilerinin farkı kadar bir enerjiye sahip foton X-ışınları halinde ortaya çıkar. Buna ‘karakteristik ışın’ denir. Böylece atom normal durumuna dönmüş olur.

Şekil 2.14’ de Brems ışınları ve karakteristik X-ışınları piki bir arada gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Brems Işınları ve Karakteristik X-Işını Piki

## 2.9 X- Işını Tüpleri

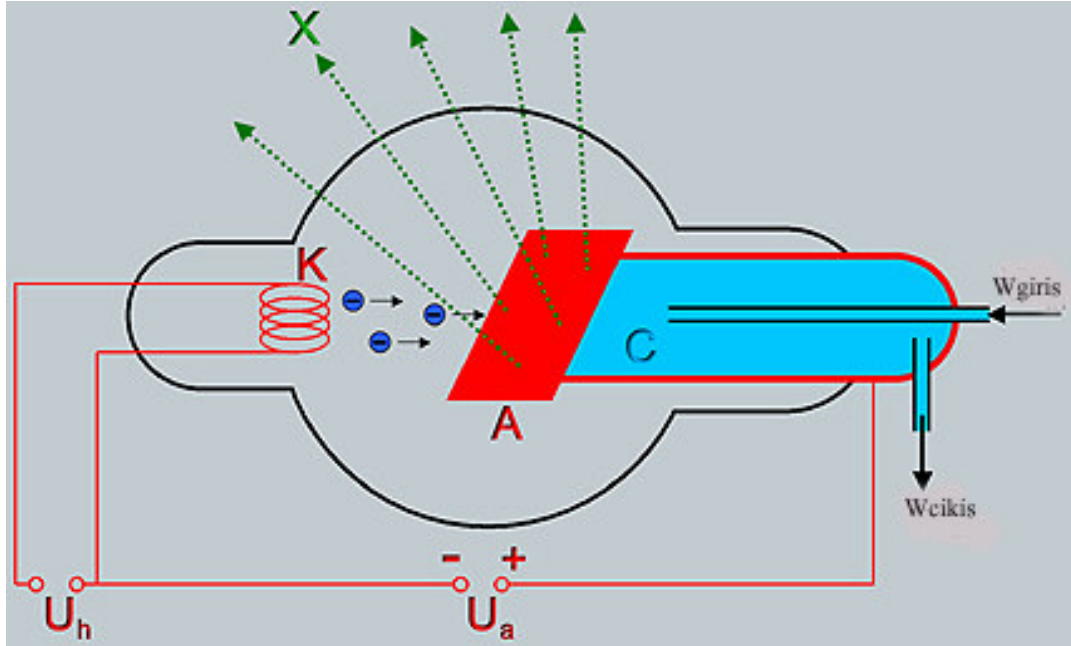
X-ışını tüpleri 2’ ye ayrılır:

1. İçerisinde X-ışınlarının meydana gelmesi için gerekli katot demetini sürdürme rolünü üstlenen bir miktar alçak basınçlı gaz bulunan **gazlı veya iyonlu tüpler**

2. Coolidge ampulü tipindeki **akkor katotlu tüpler (flamanlı tüpler)**

Akkor katotlu tüplerde katot demeti yardımcı bir akım vasıtasıyla yüksek bir sıcaklığa çıkarılmış bir fitilin termiyonik emisyonu vasıtasıyla meydana getirilmiştir [17].

Flamanlı tüpler, 1913 yılında Coolidge tarafından oluşturulmuştur ve en çok kullanılan tüplerdir. Bu tüpler, havası boşaltılmış ve bir ucundaki anodu diğer ucundaki katottan izole eden cam ampullerdir. Katot, tungsten bir flamanıdır. Anot ise bir ucuna istenilen hedef metal yerleştirilmiş, su ile soğutulan bakır bloktur. Böyle bir tüpün iç yapısı Şekil 2.15’ de gösterilmektedir.



- K: Flaman
- A: Anod
- $W_{giris}$  ve  $W_{cikis}$  : Su giriş ve çıkışı (C : Soğutma sistemi)

Şekil 2.15. Flamanlı Kapalı X-Işını Tüpünün Kesiti

Buna göre yüksek voltaj transformatörünün bir ucu toprağa bağlıdır ve hedef kendi soğutucu su bağlantısı ile topraklanmıştır. Flaman yaklaşık 3 amperlik flaman akımı ile ısıtılır ve elektronları yayınlar. Bu elektronlar tüp içinde mevcut yüksek potansiyel farkı ile hedefe çekilir. Flamanların etrafında flamanla aynı yüksek voltajda tutulan küçük bir metal kutu vardır. Bu kutu elektronları iter ve hedefin dar bir bölgesinde toplanmalarına yardım eder. X-ışınları bu bölgeden bütün doğrultulara yayılır.

Flamanlı X-ışınları tüpü iki tarzda elde edilir. Bunlar kapalı ve demonte edilebilen tüplerdir. Çalıştırılması en kolay tüp olmasına karşılık çok pahalıdır. Çünkü ne kadar hedef metale ihtiyaç varsa o kadar tüpe ihtiyaç vardır.

Ayrıca tüpün ömrü flamanın ömrü ile belirlenir. Demonte edilebilen tüplerde hem flaman hem de hedef değiştirilebilir. Flamanlar yerine yenisi yerleştirilebilir ve hedef istenildiği zaman değiştirilebilir.

Gazlı tüpler, ilk X-ışını tüpleridir. Bu tüpler elde edilecek en saf radyasyonu verirler.  nk n hedef hiçbir zaman yabancı bir metalle etkileşmez. Halbuki flamanlı tüplerde durum biraz daha farklıdır.

Bir röntgen tüpünün hedefinden çıkan X-ışınları veya radyasyon birkaç tiptedir. Bunlar: primer, sekonder, faydalı, saçılmış, sızıntı veya içe yaramayan radyasyonlardır.

**Primer radyasyon;** bir röntgen tüpünün hedefinden çıkan radyasyondur. Bu radyasyon çıktığı odak noktasından etrafa, doğrusal olarak yayılır.

**Sekonder radyasyon;** madde içinde herhangi bir radyasyonun absorpsiyonu sonucunda meydana gelir. Netliği bozduğu için radyografide kullanılmaz.

**Faydalı radyasyon;** bir röntgen tüpünün konum, diyafram penceresinden veya bir terapi cihazının penceresinden çıkan radyasyondur. Faydalı radyasyon, filmi etkileyen veya tümör hücrelerini tahrip eden radyasyondur.

**Saçılmış radyasyon** ise radyasyonun madde içerisinden geçerken yönünü değiştirmesidir.

**Sızıntı radyasyon** da röntgen tüpünden sızan radyasyondur. Radyasyon sağlığı bakımından sakıncalı olduğu en aşağı seviyeye indirilmelidir.

**Zararlı radyasyon** ise saçılmış ve sızıntı radyasyonu kapsar.

X- ışınlarının bulunmasından bu yana, kronolojik olarak sıralarsak, aşağıdaki aşamalar kaydedilmiştir:

1. 8 Kasım 1895 W.C.Röntgen, X- ışınlarını buldu.
2. 1 Aralık 1895 X-ışınları ilk kez tıp alanında kullanıldı.
3. 1896 X-ışınları ilk kez tedavi amacıyla kullanıldı. Thomas Edison, kalsiyum tungstatlı röntgenlerin kullanımındaki fizik prensiplerini ileri sürdü.
4. 1901 W.C.Röntgen, ilk fizik Nobel  d l n  aldı. X-ışınları ilk kez meme kanseri tedavisi amacıyla kullanıldı.
5. 1904 Canlı model üzerinde bizmut kullanılarak ilk sindirim sistemini görüntüleme çalışmaları gerçekleştirildi.
6. 1910 Kontrast madde olarak Baryum Sülfat geliştirildi.
7. 1913 G. Bucky, gridi geliştirdi.
8. 1916 Görüntü yükseltici ekranlar geliştirildi.

9. 1920 Potter, hareketli gridi tanımladı. İlk kez mamografi uygulandı.
10. 1922 Myelografi tekniği geliştirildi.
11. 1923 İlk anjiografi yapıldı.
12. 1929 Döner anotlu tüp bulundu, Üriner sistem için ilk kontrast kullanıldı (Üroselektion), W.Fossmann, kendi kalbine kateter yerleştirdi.
13. 1935 Lineer tomografi geliştirildi.
14. 1936 X-ışınları ile ilk olarak akciğer tüberkülozu için kitle taraması yapıldı.
15. 1938 Görüntü kuvvetlendirici geliştirildi.
16. 1946 Nükleer manyetik rezonansa ait ilk gözlemler ve çalışmalar yapıldı.
17. 1956 I. Donald ve T.Brown tarafından ultrasonografinin geliştirilmesinde ilk çalışmalar yapıldı. Otomatik banyo cihazı üretildi.
18. 1959 Mamografi tekniğinde önemli gelişmeler gerçekleştirildi.
19. 1972 Sir Godfrey Hounsfield, ilk bilgisayarlı tomografi cihazını geliştirdi.
20. 1973 P. Lauterbur, manyetik rezonansı (MR) geliştirdi.
21. 1976 Digital subtraksiyon anjiografiye ait ilk çalışma sonuçları yayınlandı.
22. 1977 Gruentzig, anjioplasti için özel katater geliştirdi.
23. 1981 Manyetik Rezonans görüntülemeye ait ilk hasta üzerindeki çalışmalar yayımlandı.
24. 1988 İlk olarak MR kontrastı kullanıldı.
25. 1989 Spiral BT geliştirildi.
26. 1990 Ultrafast MR görüntüleme tekniği ortaya kondu. Beynin fonksiyonel MR incelemesi geliştirildi.

### **2.10 Toz kırınım yöntemi**

Maddelerin çoğu doğada bileşik halinde bulunur. Maddeler üzerinde inceleme yapılırken bazen maddelerin bileşik haldeki durumu, bazen de onu oluşturan elementleri bilmek gerekir [18].

X ışınları toz kırınım metodu kullanılarak bir maddenin XRD ile kantitatif analizlerin yapılması yeni değildir; Gulbrandsen [19], Norrish ve Taylor [20], Schoen [21], Johnson ve Andrews [22], Graham [23], Gunatilaka ve Till [24] çalışmalarında, çeşitli minerallerin nitel analizlerini yapmışlardır. Bu tarihten sonra da XRD ile gerçekleştirilen birçok çalışma mevcuttur.

Günümüzde bilgisayarlı X-ışını emisyon spektrometresi ile 24 ayrı elementin kayaç veya cevherdeki değerini son derece kısa sürede bulmak mümkün olabilmektedir.

X-ışını toz difraktometresi günümüz teknolojisine göre tasarlanmış bilgisayar kontrollü sistemlerden biridir. Disiplinler arası kullanılan bir cihazdır. Ancak ülkemizde bu tip spektrometreler halen çok azdır ve mevcut X- ray difraktometrelerinin ekonomik olarak kullanılması gerekliliği vardır. Şekil 2.16’da bir difraktometre görülmektedir.



Şekil 2.16. X-İşını Toz Difraktometre Sistemi

Toz metodu, 1916’ da Almanya’ da Debye ve Scherrer ile bunlardan bağımsız olarak 1917’ de Amerika’ da Hull tarafından geliştirilmiştir. En çok kullanılan kırınım metodudur. Bu metot, monokromatik X- ışınlarının toz numunelerden difraksiyonudur. Burada monokromatik, genellikle hedef maddenin K uyarılma potansiyelinin üzerinde çalışan bir X- ışını tüpünün verdiği genel radyasyonun kuvvetli K karakteristik bileşenidir. Toz ise uygun bir bağlayıcı ile bir arada tutulan gerçek bir toz numunedir.

X- ışınları toz metodu, maddelerin yapısını araştırmak için kullanılan bir yöntemdir. Diğer yöntemlere göre bazı üstünlükleri vardır. Bunlardan en önemlisi bir cismi, kendisini oluşturan kimyasal bileşenleri cinsinden değil, numune içinde gerçekte

bulunduğu şekilde açıklamasıdır. Ayrıca daha çabuk olması, çok küçük bir numuneye ihtiyaç göstermesi ve numuneye zarar vermemesi diğer üstünlükleridir.

X-ışınları toz kırınım metodu uygulanacak maddenin mutlaka kristal yapıda olması gerekir. Maddenin kristal yapısı ve birim hücre parametrelerinin bulunabilmesi için ise madde tek fazlı olmalıdır. Bilinmeyen toz desenin analizinde ilk basamak spektrumda gözlenen tüm pikleri açıklayan bir kristal sistemi bulmaktır. İndisleme işleminde kırınım desenine ait düzlemler arası mesafe ( $d$ ), yansıma açısı ( $2\theta$ ) ve şiddet ( $I$ ) bilgileri kullanılır ve örgü sabitlerinin ( $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$ ) seti ve her bir pik için Miller indisleri ( $hkl$ ) bulunmaya çalışılır.

XRD sistemi; çoğunlukla ağır elementlerden oluşan, katı anorganik ve kristalin maddelerin araştırılmasına uygun bir aletsel yöntemdir. Yöntem, süper iletkenler, seramikler, metaller, alaşımlar, katı çözeltiler, heterojen katı karışımlar, korozif maddeler, çelik, kaplama malzemeleri, maden analizleri, toprak analizleri, safsızlık dope edilmiş yarı iletkenler, böbrek ve mesane taşları, bazı adli konularda, bazı boyar maddeler, pigmentler, çimentolar, doğal veya yapay mineraller, herhangi bir malzemenin içerdiği bileşik veya elementlerin tayini, inorganik polimerler, faz diyagramlarının ve faz dönüşümlerinin araştırılması, bazı kristalin veya amorf kompleks bileşiklerinin incelenmesi gibi bir çok konuda yaygın kullanım alanına sahiptir. Yaygın olmamakla birlikte bazı katı organik bileşiklerin, katı organik polimerlerin, plastiklerin, organik boyar maddelerin vb. analizlerinde de kullanılmaktadır.

## BÖLÜM 3

### POMZA

#### 3.1 Giriş

Pomza madeni , dünya endüstrisinde yeni olmamakla birlikte , ülkemiz endüstrisine son 20 yılda girmeye başlayan ve değeri yeni anlaşılan volkanik kökenli bir kayadır.



Şekil 3.1. Çeşitli Pomza Taşı Örnekleri

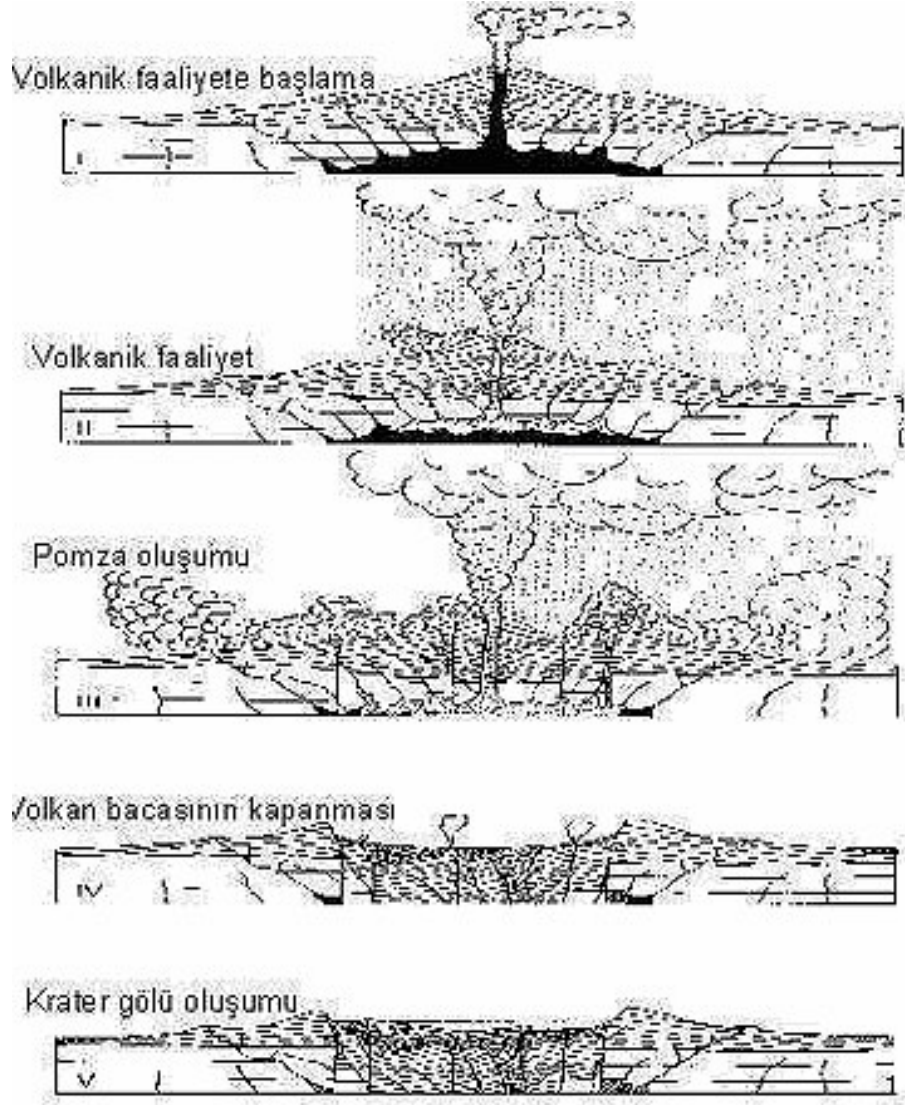
Pomza (ponza) terimi İtalyanca bir sözcüktür. Farklı dillerde değişik adlandırmaları vardır. Örneğin Fransızca'da Ponce, İngilizce'de (iri tanelisine) Pumice, (ince tanelisine) Pumicite, Almanca'da (iri tanelisine) Bims, (ince tanelisine) Bimstein denilmektedir. Dilimizde ise süngertaşı, köpük taşı, nasır taşı, hışır taşı, küvek, kisir gibi pek çok adla anılmaktadır [25].

### 3.2 Pomzanın Yapısı ve Oluşumu

Pomza, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuması nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeye kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genellikle bağıntısız boşluklu olduğundan, permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. Pomza kendisine özgü bazı özellikleri ile benzer volkanik camsı kayalardan (perlit, obsidyen, pektayn) ayrılır. Bunlardan rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. Sertliği Mohs skalasına göre 5-6'dır. Kimyasal olarak %75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Pomzanın genel kimyasal bileşimi; %60-75  $SiO_2$ , %13-17  $Al_2O_3$ , %1-3  $Fe_2O_3$ , %1-2 CaO, %7-8  $Na_2O - K_2O$  ve eser miktarda  $TiO_2$  ve  $SO_3$ ' den oluşmaktadır. Kayacın içerdiği  $SiO_2$  oranı kayaca abraziflik (sertlik) özelliği kazandırmaktadır. Bu özelliğinden dolayı çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergileyebilmektedir.  $Al_2O_3$  bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırmaktadır.  $Na_2O - K_2O$  tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir. Pomzanın fiziksel özellikleri; kuru birim hacim ağırlığı 600-150 ( $kg/m^3$ ), su emme oranı % 20-30, su nüfuz katsayısı 25, ses yutma özelliği (ort.) 0.44, ısı iletim katsayısı 0.16 ( $kcal/mh^{\circ}C$ ), su kapasitesi %0.06, boşluk oranı % 0.70'dir.

Asidik ve bazik volkanik faaliyetler neticesinde iki tür pomza oluşumu mevcuttur [26]: Bunlar asidik pomza ve bazik pomzadır. Diğer bir deyişle bazik pomzaya bazaltik pomza veya scoria da denilmektedir. Bazaltik pomza koyu renkli, kahverengimsi siyahımsı olabilmektedir. Özgül ağırlığı 1-2  $gr/cm^3$  civarındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan asidik pomza kirli beyaz görünümde ve grimsi beyaz renktedir. Asidik karakterli pomzalarda silis oranı daha yüksek olup, inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir.

Şekil 3.2' de volkanik faaliyetler sonucunda pomza taşının nasıl oluştuğu gösterilmektedir. Yanardağ volkanik faaliyete geçtikten hemen sonra bünyesindeki gazlar ani olarak ortamı terk ederler ve ani soğuma neticesinde pomza taşı oluşur. Volkan bacası kapanır ve kalan bölge krater gölü olarak adlandırılır.

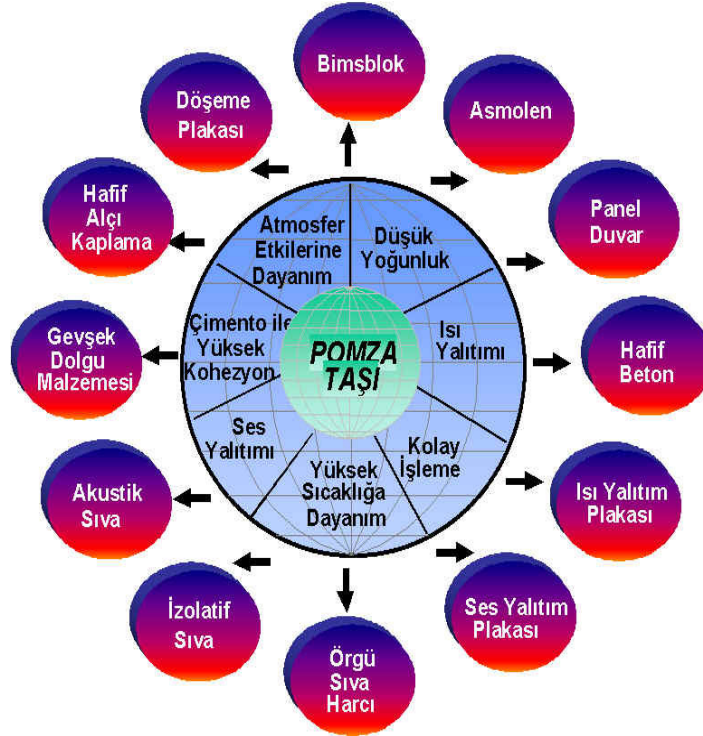


Şekil 3.2. Pomza Taşının Oluşumu

Diğer taraftan bazik karakterli pomzalar da alüminyum , demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenleri daha yüksek oranda bulunması nedeniyle diğer endüstriyel alanlarda kullanım alanı bulabilmektedir.

### 3.3 Pomzanın Kullanım Alanları

Son yıllarda birçok sektörde kullanılmaya başlanılan pomza taşının bazı kullanım alanları Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Pomza Taşının Kullanım Alanları

Bunlardan bazılarını kısaca açıklamak istersek;

Ülkemizde üretilen pomzanın büyük bölümü inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Pomza, perlitin kullanıldığı alanların genellikle tümünde kullanılır. Perlitte kullanılan enerji ve yatırım pomzada gerekmediğinden, inşaat sektöründeki kullanımı son yıllarda hızla artış göstermektedir. Pomza normal kumun ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum pomza ile yapılan betonlarda da görülür. İnşaatlarda pomza betonunun normal betondan hafif olması (birim hacim ağırlığı 800-900 kg / m<sup>3</sup>) nedeni ile zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca temele binen yük azalacağından yaklaşık % 20 civarında demirden tasarruf sağlanması mümkündür.

Pomzanın ısı geçirgenlik kat sayısı ( 0.33 - 0.80 kcal / mh 0C ) normal betondan 5-7 kat daha fazla izolasyon sağlamakta ve bu özelliğinden dolayı da büyük çapta ısı ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Pomzanın gözenekli yapısından dolayı, pomzadan ve bimsten üretilen yapı elemanlarının ısı yalıtımı diğer malzemelerden üretilenden çok daha fazladır [27-29].

Tekstil sektöründe; yaygın olarak kot taşlama olarak bilinen işlemde ve kot kumaşlarının renklerinin açılması, ağartılması ve kumaşın yumuşatılması işlemlerinde kullanılmaktadır.

Tarım endüstrisinde; toprak ıslahında, az topraklı veya topraksız ortamlarda bitki yetiştiriciliğinde, su beslenimi kısıtlı tarımsal - yeşil alanlarda kullanılır

Kimya ve diğer endüstri alanlarında kullanımı; çimento üretiminde puzzolonik malzeme olarak, izolatif duvar boyası, pürüzlü kaplama, motifli boya, astar macunu ve vernik dolgusu, aşınmayan trafik boya ve kaplamalarında, plastik sanayi ve kağıt sanayisinde dolgu elemanı olarak, seramik endüstrisinde seramiklerin ısı yalıtım değerlerini arttırmada, pürüzlü seramik ve absorpsiyonlu seramik tanelerinin imalinde, gübre imalinde topraklanmayı önleyici katkı olarak, asfaltlarda bitüm kusmayı önleyici katkı olarak, ağır ve kirli ortamlarda yağ vs. akışkanları absorbe edici malzeme olarak, tavuk çiftliklerinde taban sergisi olarak, kaymaz tip oto lastik yapımında, farklı süs eşyalarının pürüzlülüğünün giderilmesi ve cilasında parlaticı olarak, tarım ilaçlarının toz halde kullanılmasında taşıyıcı eleman olarak, su, atık su arıtma ve hava temizleme teknolojisinde katkı elemanı olarak kullanılmaktadır.

Tüm bunların yanı sıra pomza üzerine endüstriyel alanlarda yapılan yeni araştırmalarda vardır. Bunlardan bazıları ise; yiyecekleri hijyenik ortamda koruma amaçlı, geçirgen film üretiminde, hijyenik ortamda yiyecek saklama kabı imalinde, polimer dolgulu fast-food paketleme malzemesi imalinde, silikondioksit imalinde, zeolitlerin hidrotermal sentezinde, tarihi eserlerin dış yüzeylerinin püskürtme metodu ile temizlenmesinde, gaz geçişli ve sıvı tutucu agregaların imalinde, hafif termoplastik reçine esaslı kalıpların yapımında, emprenye edici malzeme imalinde, pomza ile agarose jelinden DNA'nın geri kazanımında, granüler nem emici ve geri verici malzeme olarak, granül veya monolitik formlarda silikon kaplamaların imali ve geliştirilmesinde, konsolidasyona müsait inşaat alanlarına ait zeminlerini iyileştirilmesi ve su drenajında, protein emici malzeme imalinde, yazıcı mürekkebi imalinde, pvc kaplamada dolgu malzemesi olarak, uzay

teknolojisinde yüksek ısıya dayanıklı seramik ve kabin camı imalinde, otomobil endüstrisinde ısı ve ses yalıtımında dolgu malzemesi olarak kullanımı araştırılmaktadır [30-32].

Tablo 3.1 İllere Göre Pomza Rezervlerinin Durumu

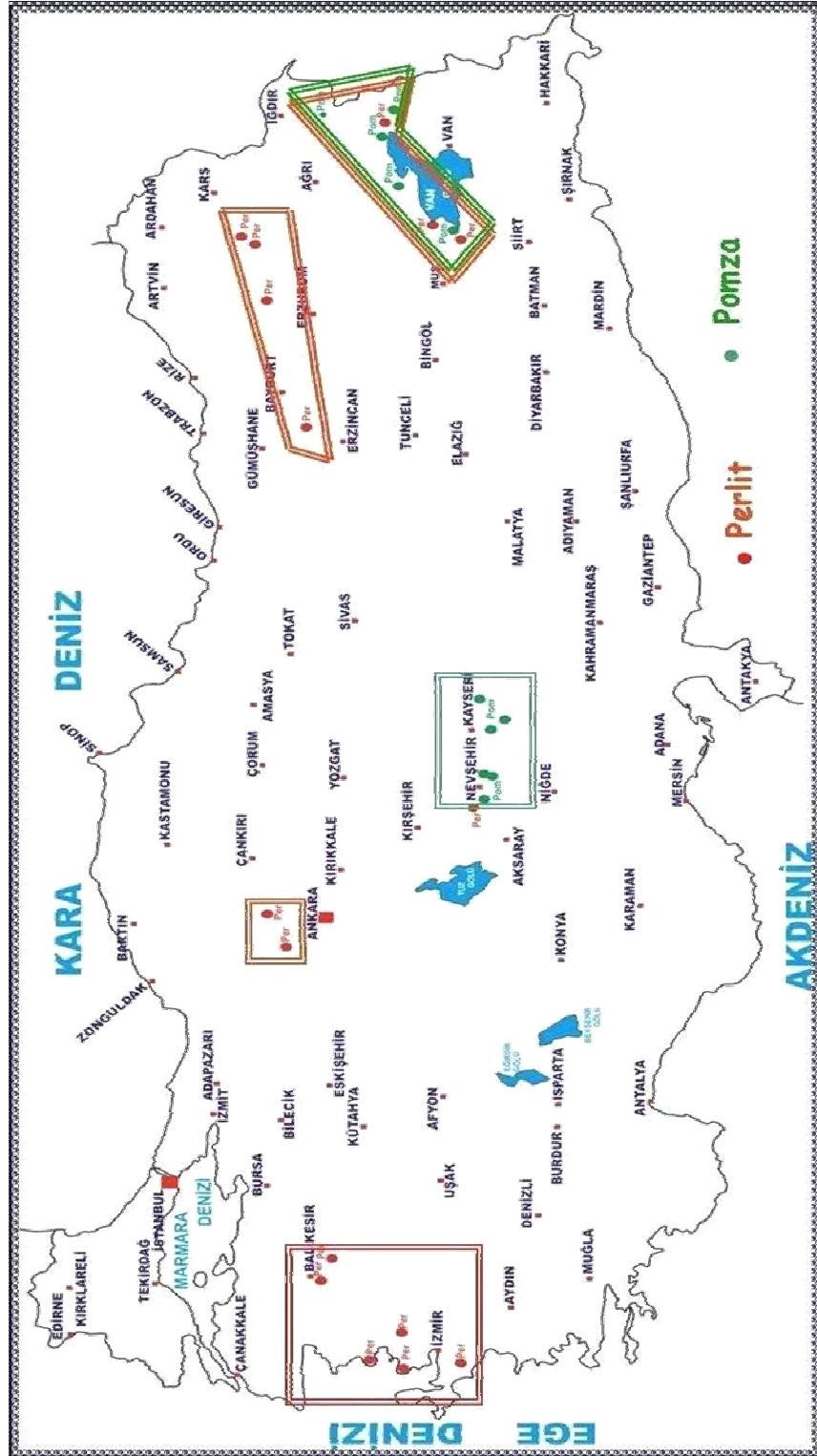
İLİ	İŞLETME RUHSATI SAYISI	%
Adana	7	7.14
Isparta	9	9.18
Burdur	1	1.02
Hatay	2	2.00
Kayseri	17	17.35
Konya	4	4.08
Nevşehir	23	23.47
Niğde	4	4.08
Aksaray	2	2.04
İzmir	2	2.04
Manisa	9	9.18
Muğla	2	2.04
Ağrı	3	3.06
Bitlis	6	6.12
Erzurum	1	1.02
Erzincan	1	1.02
Kars	2	2.04
Van	2	2.04
Urfa	1	1.02
Mardin	2	2.04

### 3.4 Ülkemizde Pomzanın Mevcut Durumu

Ülkemiz, pomza rezervleri açısından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Araştırılmış alanlarda yaklaşık 3 milyar  $m^3$  pomza rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Pomza rezervlerinin İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmış olmasına karşılık, Akdeniz ve Ege bölgelerinde de pomza rezervlerine rastlanılmakta ve üretim faaliyetleri görülmektedir. Dünya pomza rezervleri bakımından önemli bir yere sahip olan Türkiye, 10'a varan birim hacim ağırlığı, renk ve doku kalitesine sahip pomza türleri ile oldukça yüksek dış pazar şansına sahiptir. MTA Genel Müdürlüğü'nce ülke çapında yapılan pomza ile ilgili detaylı jeolojik etüt çalışmalarından elde edilen verilere göre ülkemizde varlığı bilinen pomza yatakları ve bunların rezerv durumları aşağıdaki Tablo 3.1 ve 3.2' de verilmiştir [3].

Tablo 3.2 Türkiye Pomza Rezerv Dağılımı

Yeri	Rezerv miktarı ( $m^3$ )
Nevşehir-Avanos-Ürgüp	404.412.834
Derinkuyu	48.660.500
Kayseri-Gömeç	13.250.000
Kayseri-Develi	58.500.000
Kayseri-Talas-Tomarza	241.000.000
Kayseri-Talas-Tomarza	284.000.000
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000
Van-Erciş-Kocapınar	154.625.000
Van-Mollakasım	5.950.000
Ağrı-Patnos	27.812.000
Ağrı-Doğubeyazıt	26.875.000
Kars-Iğdır-Kavaktepe	40.156.250
Kars-Digor	11.718.750
Kars-Sarıkamış	1.875.000
Ankara-Güdül-Tekköy	8.070.000
Isparta-Gölcük	30.983.250



Şekil 3.4. Türkiye Pomza Yatakları Haritası

### 3.5. Pomza Endüstrisinde Faaliyet Gösteren Ülkeler ve Organizasyonlar

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı'nın Dpt : 2434 – ÖİK: 491 nolu çalışma grubu raporuna göre dünya pomza rezervleri Tablo 3.3'de topluca verilmiştir.

Tablo 3.3 Dünya Pomza Rezervleri

		Milyon Ton
<b>Kuzey Amerika :</b>		
ABD		11.500
Diğerleri		500
	TOPLAM	12.000
<b>İzlanda :</b>		
Dominik		25
Guadelouphe		15
Diğerleri		15
Guatemela		25
	TOPLAM	80
<b>Güney Amerika :</b>		
Şili		60
Diğer		20
	TOPLAM	80
<b>Avrupa :</b>		
Yunanistan		500
İtalya		2.000
Türkiye		2.836
	TOPLAM	5.336
Okyanusya		500
<b>DÜNYA TOPLAMI</b>		<b>17.996</b>

#### İtalya

Volkanik kaynaklı üretimler İtalya ekonomisinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. İtalya'daki volkanlar genellikle Agenien Dağları ve Tiran kıyılarına paralel olarak gelişmiş bir hat boyunca görülürler. En önemli ticari Pomza yatağı Lipari adasında

işletilmektedir. Yüksek kalitedeki Pomza Lipari adasında yaklaşık 3 mil-karelik bir alan kaplamaktadır. Yaklaşık olarak % 70 SiO<sub>2</sub>, % 15 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 5.7 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> şeklinde kimyasal bileşime sahiptir.

Son yıllarda İtalya üretiminde büyük düşüşler gözlenmiş bu düşüşün Pomza rezervlerinin tükenmesinden kaynaklandığı tesbit edilmiştir.

### **Yunanistan**

Dünyanın en büyük üreticilerinden olan Yunanistan da Pomza madenciliği uzun bir tarihe sahiptir. Bir çok volkanik oluşumlarda Pomzalı materyaller gözlenmesine karşılık büyük oluşum ve rezervler Yali ve Thera adasında bulunmaktadır.

### **Almanya**

Almanya Pomza ticaretine uzun yıllar önce başlamış bugüne kadar sürdürmüştür . 1978 yılından bu yana 7 milyon ton'a yakın Scoria ve Pomza üretimi ile dünyanın önde gelen üreticilerinden olmuştur.

### **A.B.D.**

Batı tüketiminin liderliğini yapmaktadır. ABD'nin batı eyaletlerindeki volkanik faaliyetler doğu eyaletlerinden fazla olduğundan ABD'nin toplam Pomza üretiminin büyük kısmı tamamen dört batı eyaletinde üretilmektedir. Bunlar Kaliforniya, Idaho, New Mexico ve Oregon'dur.

### **İzlanda**

Buzul çağındaki püskürmeler, binlerce feet kalınlığındaki buz altında meydana gelmiştir. Bu İzlanda da "Palagonite" denilen ve su altındaki püskürmelerle ortaya çıkan öbür rezervlere benzer. Buzlar altı püskürmelerde Pomzada daha az büzülme görülmüş ve bunu takibende pomza içindeki boşluklar az miktarda kapanmıştır. Bu durum süper hafiflikte bir Pomzanın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Kuru olduğu zaman İzlanda Pomzasının yoğunluğu 400 kg/m<sup>3</sup> olup, bu da Yunan ve İtalyan pomzası kadar hafiftir.

Bu nedenle İzlanda Pomzası, hafif agregat beton blok yapımında oldukça büyük bir avantaja sahip olmuştur.

Geçmiş yedi yıl dünya pomza piyasasında İzlanda inşaat sektöründe en fazla Pomza üreten ülke olmuştur B.M. Valla; İzlanda'nın en büyük Pomza üreticisi ve ihracatçısı olup ülkenin toplam pomza üretiminin 2/3'ünü üretmektedir. Genel merkezi Reykjavikta olan şirkette 80 kişi çalışmaktadır, 1983 yılında 7 milyon dolar civarında bir sermayeye sahiptir. B.M.Valla şirketinin pomza kaynağı, İzlanda'nın güneyinde Reykjavik'in doğusunda halen aktif olan Mount Hecla isimli volkandan sağlanmıştır. 20 milyon m<sup>3</sup>'lük rezerv vardır. 1983 yılında, B.M.Valla şirketinin üretimi 50.000 m<sup>3</sup>'e ulaşmış olup, bu hekla pomzasının yoğunluğu yaş iken yaklaşık 700 kg/m<sup>3</sup> ve kuru olduğu zaman yoğunluğu 400 kg/m<sup>3</sup>'tür. Bu pomzanın çoğu ihraç edilmektedir. En büyük pazar ise; İskandinav ülkeleridir. Ayrıca ABD, İngiltere ve Batı Almanya'da yeni pazarlar tesis edilmiştir. 1983 yılında, İzlanda 10.104 ton miktarında pomza ihracatı ile Batı Almanya'nın %10 pomza ihtiyacını karşılamıştır. Aynı yıl kot kumaş yıkanmasında kullanılan 126 ton ve 24.917 sterlin değerindeki pomzayı İngiltere'ye ihraç etmiştir. şirketin Pomza ihracatının çoğu, prefabrik beton üretimi için hafif beton endüstrisinde torbalar haline getirilmiş bir kısmı cat-litter olarak kullanılmıştır.

### **Yeni Zelanda**

Yeni Zelanda'nın en büyük pomza üreten bölgesi Kuzey Adasının Rotorua Taupo bölgesindeki riyolitik volkanik kayaların bulunduğu yerlerdir. Ticari nitelikteki materyal Auckland'in hemen güneyinde bulunan The Waikato River'in altından tarakla taranarak çıkarılmaktadır. Bu şekilde çıkan malzemenin üçte ikisi kum ve üçte bir pomza olup, pomza eleme ve yoğunluk ayırma yolu ile kumdan ayrılmaktadır. Wanganui, Hamilton, Taurand ve Güney Auckland'da birçok işleyen ocak vardır. Bu pomzaların çoğu ülke içinde inşaat sektöründe kullanılmaktadır.

### **İngiltere**

İnşaat agregat pomzalarının en büyük pazarlarından birisi, zaman zaman (1979 yılında) yılda 400.000 ton pomza kullanan İngiltere olmuştur. Mamafih, geçmiş yılda beton blok

retiminde kullanılan pomza ithalatında düşüş olmuştur. Bu miktar 211.347 tona kadar düşmüştür. İngiltere'deki pomza pazarındaki Yunanistan ile İtalya arasındaki oldukça sıkı rekabete rağmen İngiltere'ye bu yılın başında Ranzo ortakları şirketi tarafından önemli miktarlarda pomza satılmıştır.

12 yıldan bu yana Londra'da ticaret yapan Ranzo şirketi, Moskova'da kurulmuş olan Rano Export ana şirketinin bir alt şirketidir. şirket genellikle çimento ve pencere camı üretiminde kullanılan endüstriyel mineraller konusunda tecrübeli olup bu materyalleri daha çok 3. dünya ülkeleri ile Orta Doğu ülkelerine satmaktadır. Bu şirkete Sovyet v/o Strojmaterialintora şirketi materyal sağlamaktadır. Runzo şirketi İngiltere pazarına yılda 400.000 ton pomza sokmayı amaçlamaktadır.

## BÖLÜM 4

### TOZ KIRINIM ÇALIŞMALARI

#### 4.1 Hanawalt Yöntemi

Bugüne kadar yapılan incelemeler sonucu, üç düzlem uzaklığı da aynı olan iki kristal gözlenmemiştir.

Bunu dikkate alan *Hanawalt*  $d$  düzlemler arası uzaklık değerlerini ve bu  $d$  değerlerine karşı gelen yansıma şiddetlerini tespit ederek maddeyi karakterize etti. En kuvvetli, ikinci derecede kuvvetli ve üçüncü derecede kuvvetli piklerin sırasıyla  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  değerleri ve bağlı şiddetleri, bilinmeyen maddenin difraksiyon deseninin hangi maddeye ait olduğunu bulmak için ilk adımdır.

Bu amaç için kısa adı *ASTM* olan kartlar  $d_1$  mesafesine gruplara ayrılmıştır. Bu gruplar  $d$  mesafesinin azalan değerlerine göre bir sıra takip edilmiştir.

*ASTM* kartlarından maddenin tayin edilmesi zaman alıcı olduğundan firhist kitapları kullanılır. Günümüzde ise bilgisayar ortamında *JCPDS* data dosyaları kullanılmaktadır. *Hanawalt* metoduna göre bileşik analizi, aşağıda verilen yol takip edilerek yapılır;

- ❖ En şiddetli üç yansıma karşılık gelen düzlemler arası uzaklık değerleri, sırası ile  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  olarak alınır.
- ❖ Sayısal (nümerik) indekse bakılarak  $d_1$  değerinin içinde bulunduğu grup belirlenir. Grup içinde hesaplanan  $d_1$  için yakın  $d_1$  değerleri seçilir.
- ❖ Belirlenen gruptan  $d_2$  değerine en yakın değer ikinci sütundan seçilir.
- ❖ Belirlenen gruptan  $d_3$  değerine en yakın değer ise üçüncü sütundan seçilir.

- ◆  $d_1, d_2, d_3$  değerlerine en yakın değerler indekste bulunduktan sonra, bu  $d'$  lere ait bağıl şiddetlerin indekstekiler ile uygunluğu araştırılır.
- ❖ En şiddetli üç yansıma için en yakın  $d_1, d_2, d_3$  değerleri indekste bulunduktan sonra, *ASTM* kart numarasına bakılarak, karttaki tüm değerler ile spektrumdan hesaplanan tüm değerler karşılaştırılır.
- ❖ En iyi uygunluk sağlandığında, o kart numarasına sahip maddenin numunede mevcut olduğuna karar verilir ve inceleme sonuçlanır.

Eğer örnek bu çalışmada olduğu gibi birden çok fazın karışımından oluşmuş ise, işlem daha uzun ve uğraştırıcıdır. Bu durumda da yine tek fazlı numune incelemesinde olduğu gibi, en şiddetli üç yansıma karşılık gelen  $d_1, d_2, d_3$  değerleri alınıp, *Hanawalt* indeksine gidilir. Ancak bu kez  $d$  değerlerinin üçüne birden sahip bir madde bulunmayabilir. Bu durumda  $d_1, d_2$ 'nin aynı fazda  $d_3$ 'ün ise başka bir faza ait olduğu düşünülür.  $d_3$ 'den sonraki ilk en şiddetli yansımanın  $d$  değeri  $d_3$  olarak kabul edilir. Uygunluk sağlanıncaya kadar, değiştirme işlemi ( $d_1, d_3$ 'ün aynı fazda  $d_2$ 'nin başka bir faza ait olduğu veya  $d_2$  ve  $d_3$ 'ün aynı fazda  $d_1$ 'in başka faza ait olduğu düşünülür) yapılır. Uygunluk sağlandığında, yani ilk faza ait üç en şiddetli yansıma karşılık gelen  $d_1, d_2, d_3$  değerleri alınıp, nümerik indekste bulunduğu yine bu faza ait *ASTM* kartına gidilir. Karttaki veriler tüm  $d$  değerleri ile karşılaştırılır, uyuşum sağlanması halinde, desenden bu maddeye ait pikler ayıklanır. Açıkta kalan pikler, tekrar kendi aralarında sıralanarak en şiddetli ilk üç yansımanın  $d_1, d_2, d_3$  değerleri ikinci faza ait düşünülür. Aynı işlemler yapılarak ikinci faza ait tüm  $d$  değerleri de ayıklanır. Gözlenen desende yine bazı yansımalar açıkta kalmış ise, aynı işlemler bütün yansımaların ait olduğu maddeler bulununcaya kadar devam ettirilir. Böylece incelenen örnekteki bütün fazlar saptanmış olur [33].

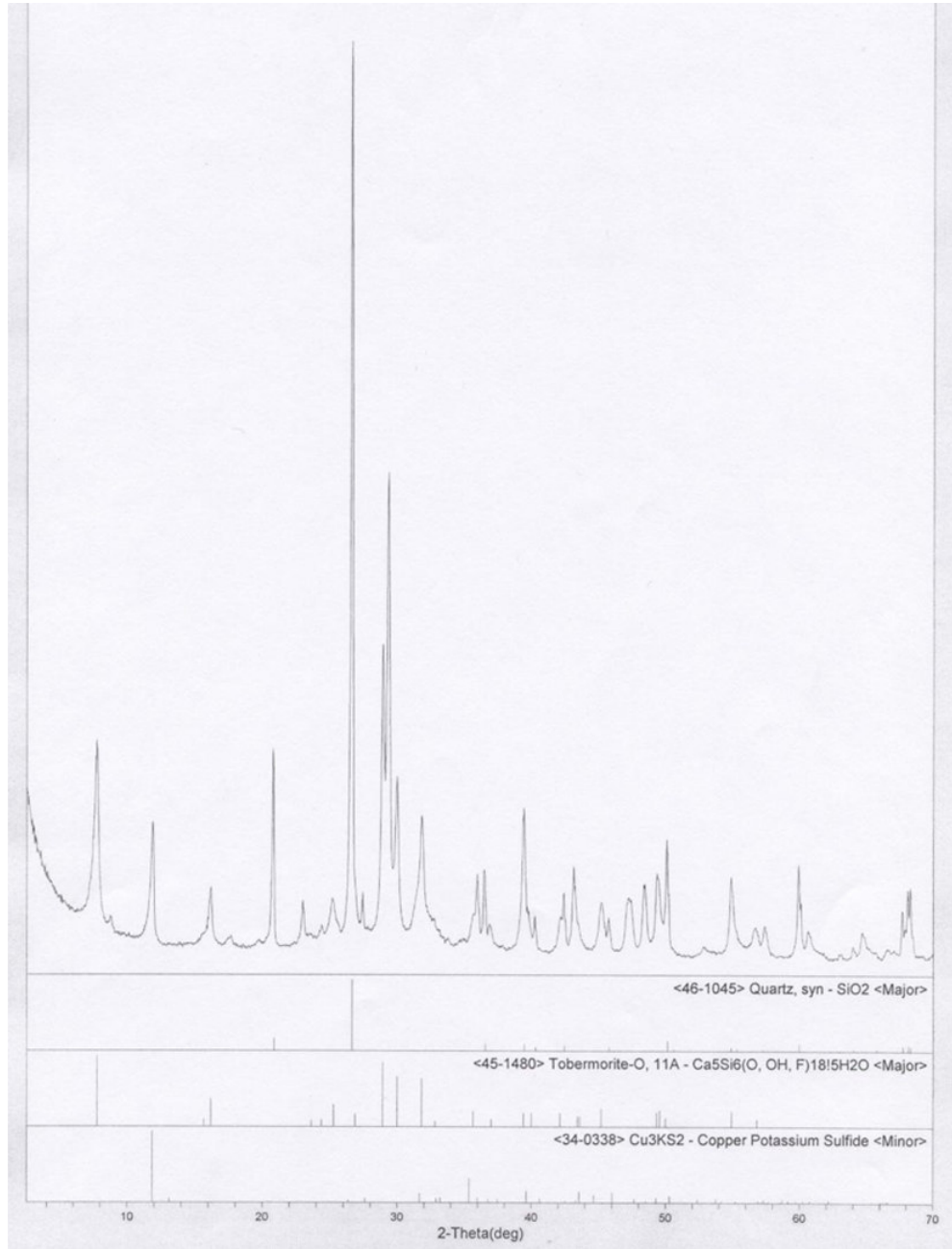
## 4. 2 Deneysel çalışmalar

Örneklerin kırınım desenleri oda sıcaklığında, *RIGAKU* marka *D-MAX 220* model toz difraktometre sisteminde ve bakır radyasyonu [ $\lambda$  ( $\text{CuK}\alpha$ ) = 1.54056Å] kullanılarak  $2\theta = 2.5 - 70.0^\circ$  tarama aralığında ve 0.01 °/dak. tarama hızında alındı. Kırınım desenlerinin analiz edilmesinde *Hanawalt* metoduna göre çalışan *JADE* (Ver. 3.01) programı kullanıldı. Şekil 4.1'de toz difraktometresi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Toz Difraktometresinin Görünüşü

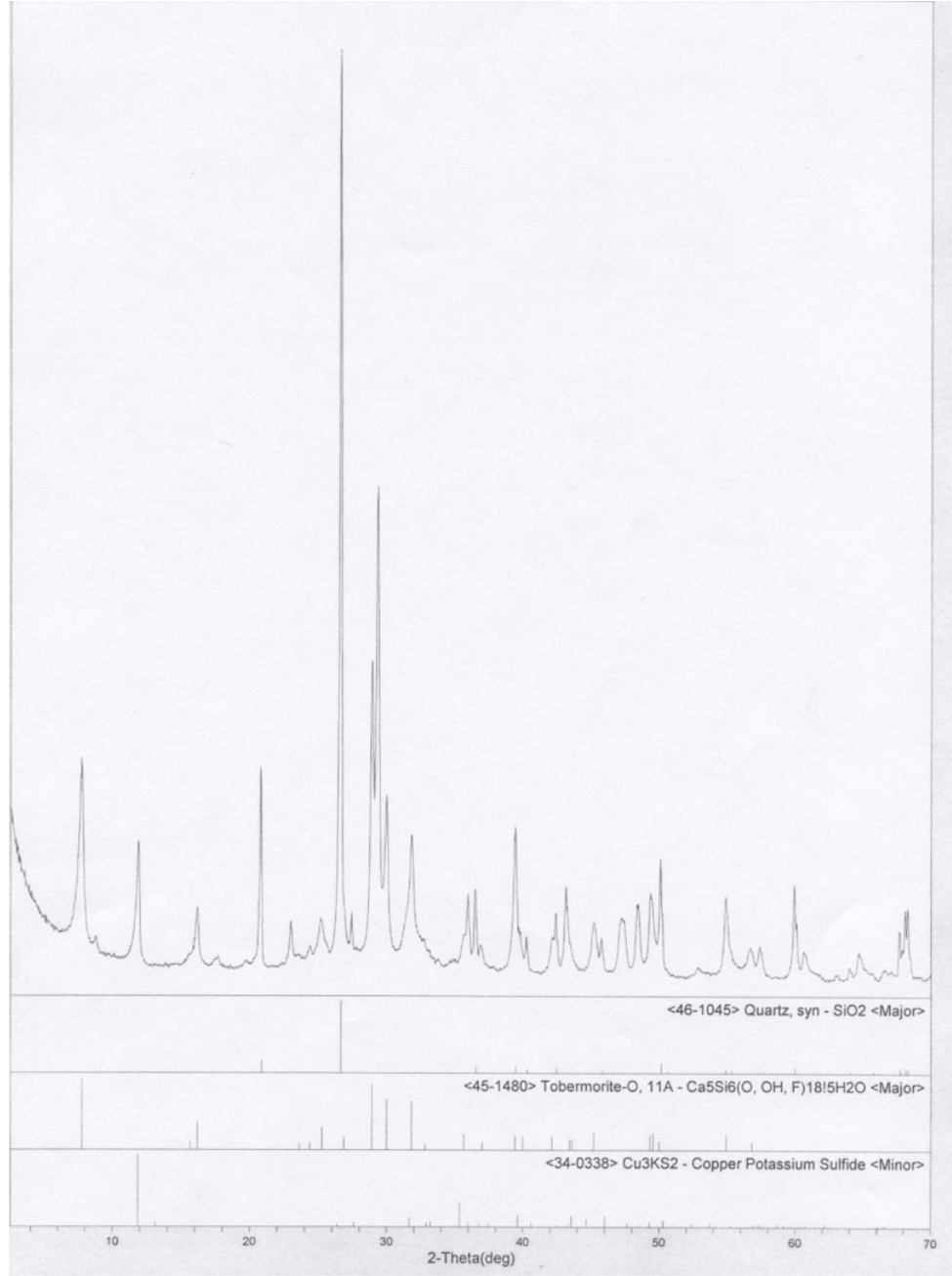
Elde edilen kırınım desenlerinde, öncelikle soğurma(absorpsiyon), fon(background),  $K_{\alpha 2}$  düzeltmeleri yapıldı. Daha sonra gerekli düzeltme yapılan bu kırınım deseninden yola çıkılarak, piklerin  $2\theta$ ,  $d$ ,  $I/I_1$ ,  $hkl$  Miller indisleri her bir pomza taşı için hesaplandı. 1, 2, 3, 4, 5 nolu pomza taşlarının kırınım desenleri ve elde edilen analiz sonuçları Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. 1'olu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni.

Tablo 4.1 1'nolu Pomza Taşının Analiz Sonuçları.

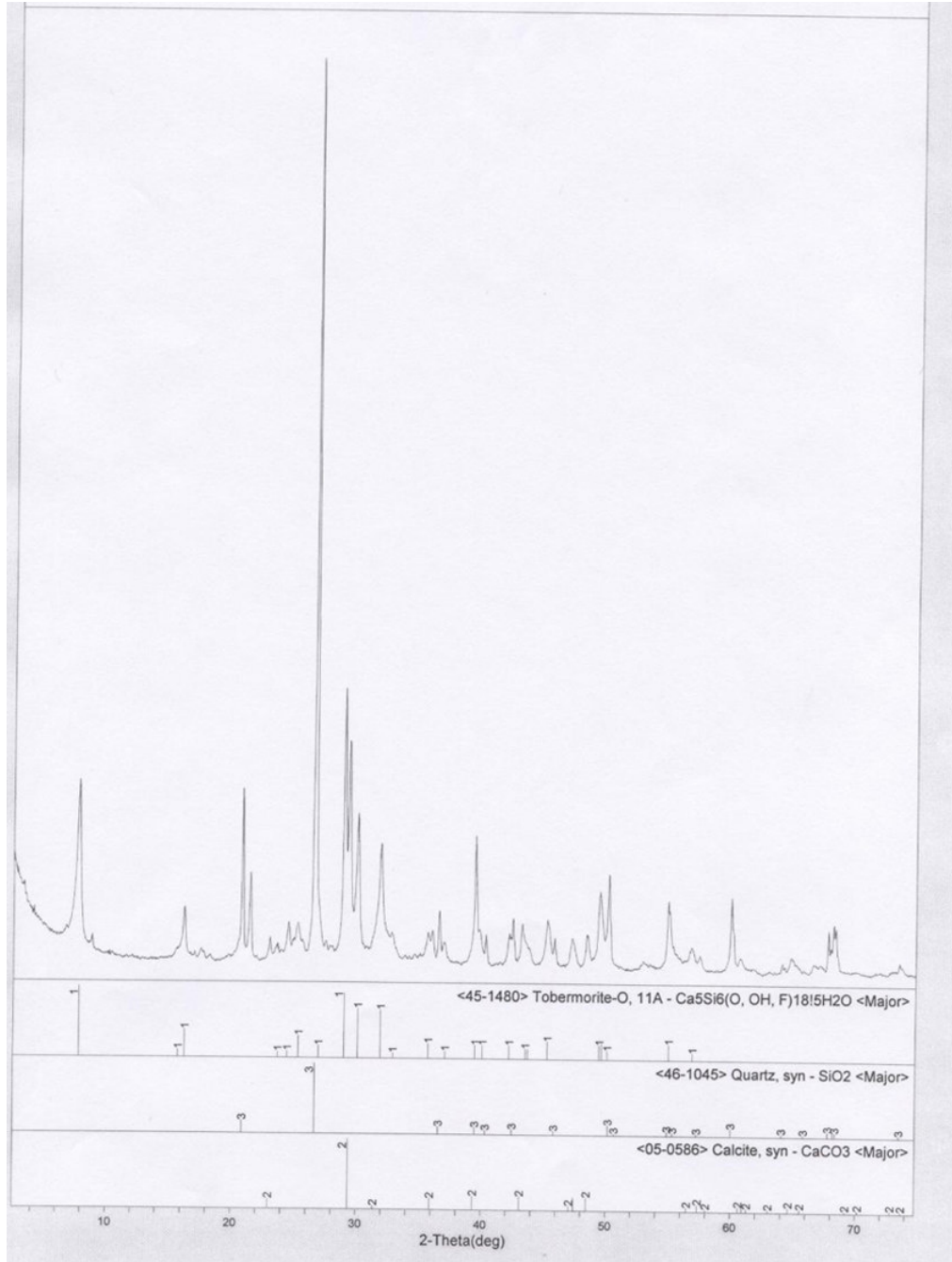
No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	I (sa./s)	% I/I <sub>1</sub>	JCPDS Kart No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	% I/I <sub>1</sub>	h	k	l
1	7.700	11.472	717	20.9	1480	7.817	11.300	100	0	0	2
2	11.830	7.475	731	21.3	0338	11.799	7.494	100	0	0	1
3	16.130	5.490	231	6.7	1480	16.250	5.450	38	2	0	1
4	20.740	4.279	618	18.0	1045	20.860	4.255	16	1	0	0
5	22.950	3.872	98	2.9	0586	23.022	3.860	12	0	1	2
6	25.340	3.512	423	12.3	1480	25.324	3.514	30	2	0	5
7	26.540	3.356	3433	100.0	1045	26.639	3.344	100	1	0	1
8	26.790	3.325	271	7.9	1480	26.922	3.309	16	0	2	3
9	28.850	3.092	1206	35.1	1480	28.966	3.080	92	2	2	0
10	29.230	3.053	1137	33.1	0586	29.405	3.035	100	1	0	4
11	29.920	2.984	624	18.2	1480	30.043	2.972	70	2	2	2
12	31.770	2.814	442	12.9	1480	31.866	2.806	68	4	0	0
13	32.680	2.738	79	2.3	0338	32.839	2.725	4	-2	0	3
14	35.550	2.523	96	2.8	1480	35.699	2.513	20	4	0	4
15	35.920	2.498	146	4.3	0338	35.898	2.490	5	0	0	3
16	36.431	2.464	294	8.6	1045	36.543	2.457	9	1	1	0
17	36.880	2.435	59	1.7	1480	37.057	2.424	9	0	2	7
18	39.340	2.288	357	10.4	0586	39.401	2.285	18	1	1	3
19	39.730	2.267	143	4.2	0338	39.560	2.276	15	-5	1	2
20	40.208	2.241	101	2.9	1045	40.299	2.236	4	1	1	1
21	42.080	2.146	127	3.7	1480	42.173	2.141	18	5	1	1
22	43.090	2.098	191	5.6	0586	43.145	2.095	18	2	0	2
23	43.730	2.068	86	2.5	1480	43.670	2.071	13	5	1	3
24	45.180	2.005	205	6.0	1480	45.257	2.002	24	4	2	5
25	45.681	1.984	127	3.7	1045	45.792	1.980	4	2	0	1
26	47.130	1.927	144	4.2	0586	47.123	1.927	5	0	2	4
27	48.310	1.882	152	4.4	0338	48.498	1.876	1	0	0	4
28	48.539	1.874	54	1.6	0586	48.512	1.875	17	1	1	6
29	49.290	1.847	224	6.5	0338	49.239	1.849	5	-7	1	2
30	49.409	1.843	166	4.8	1480	49.410	1.843	19	0	4	0
31	50.040	1.821	471	13.7	1480	50.048	1.821	11	2	2	10
32	54.810	1.675	346	10.1	1045	54.873	1.672	4	2	0	2
33	55.200	1.663	92	2.7	0338	55.157	1.664	1	6	0	2
34	56.530	1.627	49	1.4	0586	56.553	1.626	4	2	1	1
35	57.350	1.605	50	1.5	0586	57.400	1.604	8	1	2	2
36	59.890	1.543	401	11.7	1045	59.958	1.542	9	2	1	1
37	60.600	1.527	50	1.5	0586	60.676	1.525	5	2	1	4
38	60.750	1.523	38	1.1	0338	60.698	1.525	1	-6	2	2



Şekil 4.3. 2'nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni.

Tablo 4.2 2'nolu Pomza Taşının Analiz Sonuçları.

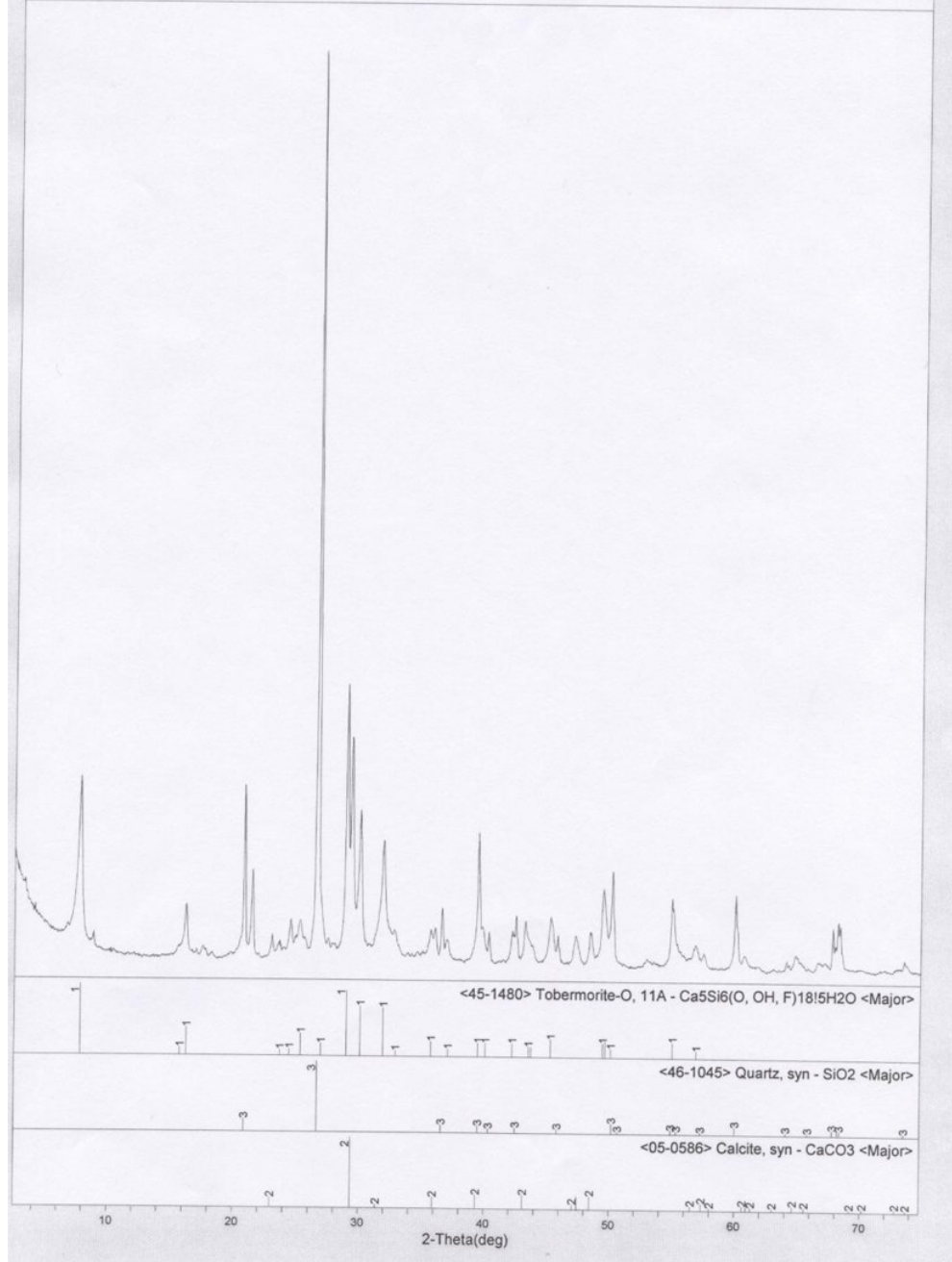
No	$2\theta$ (°)	$d$ (Å)	I (sa./s)	% I/I <sub>1</sub>	JCPDS Kart No	$2\theta$ (°)	$d$ (Å)	% I/I <sub>1</sub>	$h$	$k$	$l$
1	7.780	11.354	861	17.6	1480	7.817	11.300	100	0	0	2
2	16.210	5.463	279	5.7	1480	16.250	5.450	38	2	0	1
3	20.810	4.265	886	18.1	1045	20.860	4.255	16	1	0	0
4	23.019	3.860	102	2.1	0586	23.022	3.860	12	0	1	2
5	24.490	3.631	142	2.9	1480	24.420	3.642	8	1	1	5
6	25.240	3.525	141	2.9	1480	25.324	3.514	30	2	0	5
7	26.620	3.346	4900	100.0	1045	26.639	3.343	100	1	0	1
8	26.869	3.315	280	5.7	1480	26.922	3.309	16	0	2	3
9	28.930	3.084	1439	29.4	1480	28.966	3.080	92	2	2	0
10	29.300	3.045	1146	23.4	0586	29.405	3.035	100	1	0	4
11	30.000	2.976	745	15.2	1480	30.043	2.972	70	2	2	2
12	31.520	2.836	168	3.4	0586	31.418	2.845	3	0	0	6
13	31.850	2.807	545	11.1	1480	31.866	2.806	68	4	0	0
14	35.640	2.517	137	2.8	1480	35.699	2.513	20	4	0	4
15	35.960	2.495	144	2.9	0586	35.965	2.495	14	1	1	0
16	36.530	2.458	261	5.3	1045	36.543	2.457	9	1	1	0
17	36.970	2.423	61	1.2	1480	37.057	2.424	9	0	2	7
18	39.420	2.283	684	14.0	0586	39.401	2.285	18	1	1	3
19	39.760	2.265	188	3.8	1480	40.040	2.250	18	4	0	6
20	40.269	2.237	119	2.4	1045	40.299	2.236	4	1	1	1
21	42.140	2.142	161	3.3	1480	42.173	2.141	18	5	1	1
22	42.449	2.128	238	4.9	1045	42.449	2.128	6	2	0	0
23	43.180	2.093	210	4.3	0586	43.145	2.095	18	2	0	2
24	45.200	2.004	252	5.1	1480	45.257	2.002	24	4	2	5
25	45.780	1.980	97	2.0	1045	45.792	1.980	4	2	0	1
26	47.200	1.924	155	3.2	0586	47.123	1.927	5	0	2	4
27	48.351	1.880	158	3.2	0586	48.512	1.875	17	1	1	6
28	49.410	1.843	307	6.3	1480	49.410	1.843	19	0	4	0
29	50.130	1.818	513	10.5	1045	50.138	1.818	13	1	1	2
30	54.880	1.671	349	7.1	1045	54.873	1.671	4	2	0	2
31	55.270	1.660	102	2.1	1045	55.324	1.659	2	1	0	3
32	56.740	1.621	93	1.9	1480	56.858	1.618	9	6	0	7
33	57.410	1.603	52	1.1	0586	57.400	1.604	8	1	2	2
34	59.940	1.542	384	7.8	1045	59.958	1.541	9	2	1	1
35	60.630	1.526	46	0.9	0586	60.676	1.525	5	2	1	4
36	64.750	1.438	81	1.7	0586	64.677	1.440	5	3	0	0
37	67.711	1.382	217	4.4	1045	67.742	1.382	6	2	1	2
38	68.150	1.375	248	5.1	1045	68.142	1.375	7	2	0	3
39	68.320	1.371	239	4.9	1045	68.316	1.372	5	3	0	1
40	73.450	1.288	65	1.3	1045	73.466	1.288	2	1	0	4
41	73.660	1.285	42	0.9	0586	73.726	1.284	1	3	0	6



Şekil 4.4. 3' nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni.

Tablo 4.3 3' nolu Pomza Taşının Analiz Sonuçları

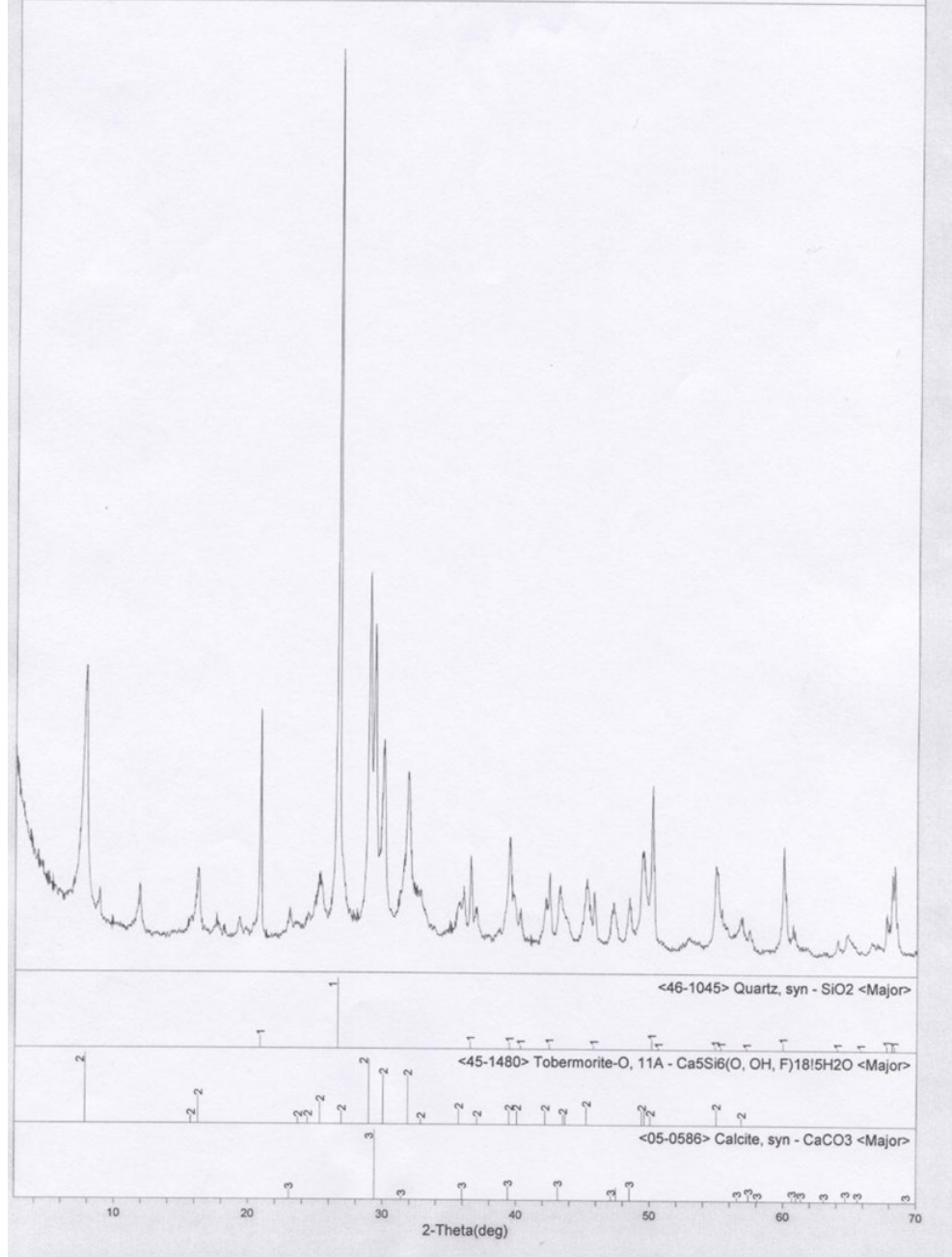
No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	I (sa./s)	% I/I <sub>1</sub>	JCPDS Kart No	$2\theta$ ( $^{\circ}$ )	$d(\text{Å})$	% I/I <sub>1</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
1	7.707	11.461	539	18.3	1480	7.817	11.300	100	0	0	2
2	11.856	7.458	331	11.2	0338	11.799	7.494	100	0	0	1
3	15.549	5.694	55	1.9	1480	15.727	5.630	9	0	0	4
4	16.154	5.482	206	7.0	1480	16.250	5.450	38	2	0	1
5	20.771	4.273	554	18.8	1045	20.860	4.255	16	1	0	0
6	24.382	3.648	101	3.4	1480	24.420	3.642	8	1	1	5
7	25.165	3.536	185	6.3	1480	25.324	3.514	30	2	0	5
8	26.581	3.351	2953	100.0	1045	26.639	3.344	100	1	0	1
9	27.415	3.251	84	2.8	0338	27.541	3.236	4	-4	0	2
10	28.879	3.089	785	26.6	1480	28.966	3.080	92	2	2	0
11	29.936	2.982	430	14.6	1480	30.043	2.972	70	2	2	2
12	31.774	2.814	455	15.4	1480	31.866	2.806	68	4	0	0
13	33.128	2.702	56	1.9	0338	33.159	2.700	5	-3	1	2
14	35.632	2.518	126	4.3	1480	35.699	2.513	20	4	0	4
15	35.934	2.497	242	8.2	0338	35.898	2.500	5	0	0	3
16	36.456	2.462	265	9.0	1045	36.543	2.457	9	1	1	0
17	36.851	2.437	90	3.0	0338	36.699	2.447	3	-6	0	1
18	39.374	2.286	474	16.1	1480	39.455	2.282	18	1	3	3
19	40.232	2.240	95	3.2	1045	40.299	2.236	4	1	1	1
20	42.147	2.142	178	6.0	1480	42.173	2.141	18	4	2	3
21	43.132	2.095	328	11.1	0338	43.260	2.090	2	2	0	3
22	45.175	2.005	202	6.8	1480	45.257	2.002	24	4	2	5
23	45.735	1.982	135	4.6	1045	45.792	1.980	4	2	0	1
24	48.387	1.880	268	9.1	0338	48.498	1.876	1	0	0	4
25	49.346	1.845	314	10.6	1480	49.410	1.843	19	0	4	0
26	50.090	1.820	423	14.3	1480	50.048	1.821	11	2	2	10
27	54.853	1.672	318	10.8	1045	54.873	1.671	4	2	0	2
28	56.686	1.622	142	4.8	0338	56.839	1.619	2	-8	0	4
29	57.350	1.605	143	4.08	0338	57.299	1.606	3	-2	0	5
30	59.606	1.550	52	1.8	0338	59.640	1.549	1	0	2	3
31	59.912	1.542	346	11.7	1045	59.958	1.541	9	2	1	1
32	60.626	1.526	125	4.2	0338	60.698	1.524	1	-6	2	2
33	63.966	1.453	68	2.3	1045	64.034	1.459	2	1	1	3
34	65.716	1.420	51	1.7	1045	65.784	1.418	1	3	0	0
35	66.567	1.404	65	2.2	0338	66.557	1.403	1	-9	1	4
36	67.684	1.383	191	6.5	1045	67.742	1.382	6	2	1	2
37	68.108	1.376	256	8.7	1045	68.142	1.375	7	2	0	3
38	68.287	1.372	249	8.4	1045	68.316	1.372	5	3	0	1



Şekil 4.5. 4' nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni.

Tablo 4.4 4' nolu Pomza Taşının Analiz Sonuçları

No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	I (sa./s)	% I/I <sub>1</sub>	JCPDS Kart No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	% I/I <sub>1</sub>	h	k	l
1	70820	11.296	788	27.3	1480	7.817	11.30	100	0	0	2
2	16.200	5.467	220	7.6	1480	16.250	5.450	38	2	0	1
3	20.850	40257	756	26.2	1045	20.860	40255	16	1	0	0
4	23.030	3.8590	89	3.1	0586	23.022	3.860	12	0	1	2
5	25.281	3.520	159	5.5	1480	25.324	3.514	30	2	0	5
6	26.620	3.346	2890	100.0	1045	26.639	3.344	100	1	0	1
7	26.950	3.306	195	6.7	1480	26.922	3.309	16	0	2	3
8	28.940	3.083	1153	39.9	1480	28.966	3.080	92	2	2	0
9	29.311	3.045	963	33.3	0586	29.405	3.035	100	1	0	4
10	30.010	2.975	591	20.4	1480	30.043	2.972	70	2	2	2
11	31.531	2.835	152	5.3	0586	31.418	2.845	3	0	0	6
12	31.860	2.807	450	15.6	1480	31.866	2.806	68	4	0	0
13	35.740	2.510	90	3.1	1480	35.699	2.513	20	4	0	4
14	36.000	2.493	137	4.7	0586	35.965	2.495	14	1	1	0
15	36.520	2.458	240	8.3	1045	36.543	2.457	9	1	1	0
16	36.990	2.428	66	2.3	1480	37.057	2.424	9	0	2	7
17	39.111	2.301	68	2.4	0586	39.401	2.285	18	1	1	3
18	39.430	2.283	326	11.3	1480	39.455	2.282	18	1	3	3
19	39.770	2.265	142	4.9	1480	40.040	2.250	18	4	0	6
20	40.271	2.238	66	2.3	1045	40.299	2.236	4	1	1	1
21	42.141	2.143	139	4.8	1480	42.173	2.141	18	4	2	3
22	42.440	2.128	216	7.5	1045	42.499	2.128	6	2	0	0
23	43.231	2.091	169	5.8	0586	43.145	2.095	18	2	0	2
24	43.690	2.070	73	2.5	1480	43.670	2.071	13	0	2	9
25	45.230	2.003	208	7.2	1480	45.257	2.002	24	4	2	5
26	45.790	1.980	116	4.0	1045	45.792	1.978	4	2	0	1
27	47.221	1.923	135	4.7	0586	47.123	1.927	5	0	2	4
28	47.539	1.911	49	1.7	0586	47.489	1.913	17	0	1	8
29	48.529	1.874	101	3.5	0586	48.512	1.875	17	1	1	6
30	49.470	1.840	218	7.5	1480	49.410	1.843	19	0	4	0
31	49.570	1.837	153	5.3	1480	49.611	1.836	22	4	2	7
32	50.130	1.818	536	18.5	1045	50.138	1.818	13	1	1	2
33	54.870	1.672	257	8.9	1045	54.873	1.672	4	2	0	2
34	55.330	1.659	108	3.7	1045	55.324	1.660	2	1	0	3
35	56.731	1.621	76	2.6	0586	56.553	1.626	4	2	1	1
36	56.880	1.618	89	3.1	1480	56.858	1.618	9	6	0	7
37	57.430	1.603	45	1.6	0586	57.400	1.604	8	1	2	2
38	59.960	1.541	339	11.7	1045	59.958	1.541	9	2	1	1
39	60.660	1.525	66	2.3	0586	60.676	1.525	5	2	1	4
40	64.040	1.453	47	1.6	1045	64.034	1.453	2	1	1	3
41	64.780	1.438	64	2.2	0586	64.677	1.440	5	3	0	0
42	67.739	1.382	87	3.0	1045	67.742	1.382	6	2	1	2
43	68.141	1.375	258	8.9	1045	68.142	1.375	7	2	0	3
44	68.311	1.372	289	10.0	1045	68.316	1.372	5	3	0	1



Şekil 4.6. 5'nolu Pomza Taşının X-Işınları Kırınım Deseni

Tablo 4.5 5' nolu Pomza Taşının Analiz Sonuçları

No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	I (sa./s)	% I/I <sub>1</sub>	JCPDS Kart No	$2\theta(^{\circ})$	$d(\text{Å})$	% I/I <sub>1</sub>	h	k	l
1	7.660	11.531	843	23.2	1480	7.817	11.300	100	0	0	2
2	11.760	7.519	123	3.4	0338	11.799	7.494	100	0	0	1
3	16.140	5.487	228	6.3	1480	16.250	5.450	38	2	0	1
4	20.740	4.279	793	21.9	1045	20.860	4.255	16	1	0	0
5	22.930	3.875	112	3.1	0586	23.022	3.860	12	0	1	2
6	25.150	3.538	1425	3.9	1480	25.324	3.514	30	2	0	5
7	26.530	3.357	3626	100.0	1045	26.639	3.344	100	1	0	1
8	26.889	3.313	189	5.2	1480	26.922	3.309	16	0	2	3
9	28.830	3.094	1010	27.9	1480	28.966	3.080	92	2	2	0
10	29.270	3.049	758	20.9	0586	29.405	3.035	100	1	0	4
11	29.860	2.990	578	15.9	1480	30.043	2.972	70	2	2	2
12	31.740	2.817	384	10.6	0338	31.619	2.827	11	-1	1	2
13	31.940	2.800	159	4.4	1480	31.866	2.806	68	4	0	0
14	32.730	2.734	58	1.6	0338	32.839	2.725	4	-2	0	3
15	35.580	2.521	87	2.4	1480	35.699	2.513	20	4	0	4
16	35.908	2.499	151	4.2	0338	35.898	2.500	5	0	0	3
17	36.460	2.462	197	5.4	1045	36.543	2.457	9	1	1	0
18	36.781	2.441	54	1.5	0338	36.699	2.447	3	-6	0	1
19	39.331	2.289	406	11.2	0586	39.401	2.285	18	1	1	3
20	40.160	2.244	114	3.1	1480	40.040	2.250	18	4	0	6
21	40.239	2.239	72	2.0	1045	40.299	2.236	4	1	1	1
22	42.311	2.134	328	9.0	1480	42.173	2.141	18	5	1	1
23	43.061	2.099	182	5.0	0586	43.0145	2.095	18	2	0	2
24	45.120	2.008	143	3.9	1480	45.257	2.002	24	4	2	5
25	45.689	1.984	124	3.4	1045	45.792	1.980	4	2	0	1
26	47.130	1.927	119	3.3	0586	47.123	1.927	5	0	2	4
27	47.350	1.918	102	2.8	0586	47.123	1.927	5	0	2	4
28	47.500	1.913	65	1.8	0586	47.489	1.913	17	0	1	8
29	48.420	1.878	151	4.2	0338	48.498	1.876	1	0	0	4
30	49.270	1.848	172	4.7	0338	49.239	1.849	5	-7	1	2
31	49.429	1.842	133	3.7	1480	49.410	1.843	19	0	4	0
32	49.990	1.823	468	12.9	1480	50.048	1.821	11	2	2	10
33	50.110	1.819	286	7.9	1045	50.138	1.818	13	1	1	2
34	54.751	1.675	247	6.8	1045	54.873	1.672	4	2	0	2
35	55.169	1.664	75	2.1	0338	55.157	1.664	1	6	0	2
36	56.500	1.628	45	1.2	0586	56.533	1.626	4	2	1	1
37	57.321	1.606	49	1.4	0338	57.299	1.607	3	-2	0	5
38	59.580	1.550	45	1.2	0338	59.640	1.549	1	0	2	3
39	59.859	1.544	353	9.7	1045	59.958	1.541	9	2	1	1
40	60.511	1.529	43	1.2	0586	60.676	1.525	5	2	1	4
41	63.880	1.456	45	1.2	1045	64.034	1.453	2	1	1	3
42	64.650	1.440	66	1.8	0586	64.677	1.440	5	3	0	0
43	66.499	1.405	33	0.9	0338	66.557	1.404	1	-9	1	4
44	67.638	1.384	97	2.7	1045	67.742	1.382	6	2	1	2
45	68.020	1.377	291	8.0	1045	67.742	1.382	6	2	1	2
46	68.210	1.374	226	6.2	1045	68.142	1.375	7	2	0	3
47	68.390	1.370	70	1.9	1045	68.316	1.372	5	3	0	1

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmamızın ilk kısmında yurdumuzun çeşitli yerlerinden toplanan pomza taşlarının toz kırınım desenlerinin çekilmesi için gerekli ön hazırlıklar yapıldı. Numuneler hazırlanırken özellikle safsızlığa sebep olan maddelerin ortamdaki ayrılmasına özen gösterildi. Toz haline getirilen örneklerin **RIGAKU D/MAX 220** model X-ışınları toz difraktometresinde kırınım desenleri  $\theta$ - $2\theta$  tarama modunda alındı ve X-ışını toz kırınım deseni elde edildi. Elde edilen kırınım desenlerinde, öncelikle absorpsiyon, background,  $K_{\alpha 2}$  düzeltmeleri yapıldı. Daha sonra gerekli düzeltme yapılan bu kırınım deseninden yola çıkılarak, piklerin  $2\theta$ ,  $d$ ,  $I/I_1$ ,  $hkl$  Miller indisleri her bir pomza taşı için hesaplandı. Maddenin X-ışını kırınım deseni verilerinin **JADE (Ver.3.01)** software programı kullanılarak nitel analizleri yapıldı. Bu programda **JCPDS** kart numaralarına sahip yaklaşık **120.000 civarında** maddenin veri dosyası bulunmaktadır. Örneklerde tespit edilen maddelerin örnek numaralarına göre sıralanmaları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Analiz sonucu örneklerde; quartz (*syn*-SiO<sub>2</sub>) [JCPDS # 46-1045], tobermorite-O ((Ca<sub>5</sub>Si<sub>6</sub>(O,OH,F)<sub>18</sub> 5H<sub>2</sub>O) [JCPDS # 45-1480], calcite (*syn*-CaCO<sub>3</sub>) [JCPDS # 05-0586], copper potassium sulfide (Cu<sub>3</sub>KS<sub>2</sub>) [JCPDS#34-0338] gibi maddelerinin yer aldığı saptandı. 1 ve 5 nolu pomza taşlarında maddelerin dördü birlikte, farklı yoğunluklarda olsalar da, bulunurken 2, 3 ve 4 nolu pomza taşlarında calcite (*syn*-CaCO<sub>3</sub>) maddesine rastlanmamıştır.

Yapılan literatür çalışmasına göre, sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görüldü [34-35].

Tablo 4.6 Örneklerde Bulunan Maddeler

Pomza Taşı No	Pomza taşlarında tespit edilen maddeler			
	Kuartz ( <i>syn</i> -SiO <sub>2</sub> )	Tobermorit-O	Bakır potasyum sülfat	Kalsit ( <i>syn</i> -CaCO <sub>3</sub> )
1 (Nevşehir yöresi)	✓	✓	✓	✓
2 (Kayseri yöresi)	✓	✓	✓	-
3 (Isparta yöresi)	✓	✓	✓	-
4 (Ağrı yöresi)	✓	✓	✓	-
5 (Bitlis yöresi)	✓	✓	✓	✓

## KAYNAKLAR

1. Pomza teknolojisi 1. ve 2. ciltler , 1998 1. Isparta pomza sempozyumu bildiriler kitabı.
2. Wallace P. Bolen , Pumice and Pumicite , U.S Geological Survey Minerals Yearbook 2002.
3. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu , Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri 3, Ankara 2001.
4. Akbal, F. Ö., Akdemir, N. and Onar, A. N., FT-IR Spectroscopic Detection of Pesticide After Sorption Onto Modified Pumice, Talanta. 53(1), 131-135, 2000.
5. Onar, A. N., Baklaya, N. and Akyüz, T., Usage of pumice in water treatment technology, Environ. Tech., 17, 207-213, 1996.
6. Durlu, T.N., Katıhal Fiziğine Giriş, s. 8, Ankara Üniversitesi Yayınları , Ankara, 1992.
7. Gezici, S., Katıhal Fiziği, s.2-19 , İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Gümüşsuyu , 1992.
8. Kittel, C., Çeviren: Bekir Karaoğlu, Katıhal Fiziğine Giriş, s.22, Güven Kitap Yayınevi, İstanbul,1996.
9. Hook, J., Hall, H., Çevirenler: Köksal, F., Altuntaş, M., Dinçer, M., Başaran, E., Katıhal Fiziği, s.6, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1999.
10. Cullity , B.D., elements of X- ray Diffraction , p.1-8 , Addison- Wesley Publishing Company Inc., London, 1967.
11. Brensen, B.H., Joahin, B.J., Atom ve Molekül Fiziği , Çev:Köksal, F., Gümüş H., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun,1989.
12. <http://chandra.harvard.edu/resources/illustrations/X-rayVmed-1.html>, Nisan2005.
13. Analytical Instrumentation Handbook, Parsons, M.L., X- Ray Methods, p. 557-574 Revised and Expanded G. W. Ewing , Los Angles, California.
14. Azaroff, V., Buerger, M., The Powder Method in X-Ray Crystallography, p.92-99, Mc. Graw- Hill Book Company , New York, 1958.
15. Beiser, A., Çeviren: Öngüt, G., Modern Fiziğin Kavramları, s.66, Akademi Yayınları, İstanbul, Aralık 1997.

16. Aygün, E., Zengin, M., Kuantum Fiziği, s.69, Ankara Üniversitesi Yayını , Ankara, 1994.
17. Hammond, C., The Basics of Crystallography and Diffraction, p. 134-136, Oxford University Pres, New York, 1998.
18. Barbier, B. , Euler, H., X- ray powder diffraction for calcium galactarate tetrahydrate  $CaC_6H_8O_8.4H_2O$  and Rietveld refinement of the crystal structure, Powder diffraction 15(3) , September 2000.
19. Gulbrandsen, R.A., 1969; A method of X-ray analysis for determining the ratio of calcite to dolomite in mineral mixture: US, Geol.Surv.Bull., 1111-D, 147-152.
20. Norrish, K., Taylor, R.M., 1962; Quantitative analysis by X-ray diffraction: Clay Minerals Bull., 5, 98-109.
21. Schoen, R., 1962; Semi-quantitative analysis of chlorites by X—ray diffraction: Am.Mineralogist, 47, 1384.
22. Johnson, W., Andrevvs, K.W., 1962; X-ray examination of aluminosilicates: Trans. Brit. Ceram.Soc., 61, 724.
23. Graham, A.R., 1969; Quantitative determination of hexagonal and monoclinic pyrrhotite by X—ray diffraction: Can. Mineralogist, 10,4-24.
24. Gunatilaka, H.A., Till, R. 1971; A precise and accurate method for the quantitative determination of carbonate minerals by X—ray diffraction using a spiking technique: Mineral Mag., 38, 481-487.
25. <http://www.pomzamer.sdu.edu.tr>, Mayıs2005.
26. A. Martorana, G. Deganello, D. Duca, A. Benedetti and G. Fagherazzi. A Model of Structural Disorder and Size Distribution for Palladium Supported on Pumice, J. Appl. Cryst. 25, 31-38, 1992.
27. <http://www.isbasbims.com.tr/arge>, Şubat 2005.
28. <http://www.metaspumice.com> , Ocak 2005.
29. <http://www.tekcanlar.ltd.sti.com>, Ocak 2005.
30. <http://www.taek.com.tr>, Aralık 2004.
31. <http://www.canerlerltd.sti.com>, Mart 2005.
32. [http:// www.webmineral.com/X-ray.shtml](http://www.webmineral.com/X-ray.shtml), 14.02.2005
33. Wilson, A.J.C., Internationals Tables For X-Ray Crystallography, Volume 2, p. 74, D. Repiel Publising Company, Boston, 1985.

34. Hemni, C., Cashman K V, Bacon. CR, Bulletin of Volcanology , 64(7):486-501 OCT 2002.
35. Floriano, M.A., Venezia, A.M., . Deganello, G., Svensson, E. C., Root J. H., 1994;. The Structure of Pumice by Neutron Diffraction, J. Appl. Cryst. 27, 271-277.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nadihan Bayrak

Baba Adı : Mahmut

Ana Adı : Semra

Doğum Yeri : Kayseri

Doğum Tarihi : 1980

İlköğrenimini Feridun Cıngıllı İlkokulu'nda, orta öğrenimini 50.yıl Dedeman Ortaokulu'nda ve Melikgazi Lisesi'nde tamamladı.1998 yılında Erciyes Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nü kazandı. 2002 yılında mezun oldu. 2003 yılında aynı fakültede yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen fizik öğretmeni olarak görev yapmaktadır.