

**DIYARBAKIR-BİSMİL AŞAĞI SALAT HÖYÜĞÜ'NDE ELE GEÇEN  
ÇEŞİTLİ DÖNEMLERE AİT SERAMİKLERİN KÖKENLERİNİN  
X-IŞINLARI İLE TAYİNLERİ**

**PINAR KOÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2009  
ANKARA**

Pınar KOÇ tarafından hazırlanan Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü'nde Ele Geçen Çeşitli Dönemlere Ait Seramiklerin Kökenlerinin X-Işınları ile Tayinleri adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Pervin ARIKAN  
FİZİK, GAZİ ÜNİVERSİTESİ

.....

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Abdullah GÜNEN  
FİZİK, GAZİ ÜNİVERSİTESİ

.....

Prof. Dr. Pervin ARIKAN  
FİZİK, GAZİ ÜNİVERSİTESİ

.....

Doç. Dr. M. Akif BAKIR  
İSTATİSTİK, GAZİ ÜNİVERSİTESİ

.....

Doç. Dr. Mustafa KARADAĞ  
FİZİK, GAZİ ÜNİVERSİTESİ

.....

Yrd. Doç. Dr. Adem TATAROĞLU  
FİZİK, GAZİ ÜNİVERSİTESİ

.....

Tarih: 18 / 12 / 2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesi onanmıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Pınar KOÇ

**DİYARBAKIR-BİSMİL AŞAĞI SALAT HÖYÜĞÜ'NDE ELE GEÇEN  
ÇEŞİTLİ DÖNEMLERE AİT SERAMİKLERİN KÖKENLERİNİN  
X-IŞINLARI İLE TAYİNLERİ  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Pınar KOÇ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ARALIK 2009**

**ÖZET**

Bu çalışmada, kazı bölgesinden ve mezarlık alanından ele geçen çeşitli dönemlere ait 81 adet seramik parçası ile Dicle Nehri'nin kıyısından, Bismil yolunda göl kenarının çeşitli yerlerinden alınan 6 adet kil örneğinin kimyasal karakterizasyonu, dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi ile kantitatif analiz yapılarak incelenmiştir. Bu örnekler Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü kazısından ele geçirilmiştir. Seramikler, incelenmek üzere Gazi Üniversitesi Arkeolojik Çevre Değerleri Araştırma Merkezi (ARÇED)'den alınmıştır.

Elde edilen kantitatif elementel verilerini kümelendirilmek amacıyla Minitab 15.0 istatistik programı kullanılarak HCA (Hiyerarşik Kümeleme Analizi-Hierarchical Cluster Analysis) tekniği, kil örnekleri ile birlikte her bir yapı katından ve mezarlık alanından alınan seramiklere ve toplu halde tüm numunelere uygulanmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda, köken tayinleri için her bir yapı katı ve mezarlık alanı seramikleri kendi içlerinde sınıflandırılmıştır ve bu seramik örneklerinden bazılarının bu sınıflandırmaya girmediği belirlenmiştir. Bu sonuç, hiçbir sınıflandırmaya girmeyen numunelerin köken olarak, uzak veya yakın yerlerden gelmiş olan ithal malzeme olabileceğini göstermiştir.

**XRF tekniği ile elde edilen ve istatistik analizlerle değerlendirilen sonuçlar arkeolojik yorumlarla uyum göstermektedir. Kullanılan teknik hızlı, hassas, ekonomik, güvenilir ve tahribatsız olması sebebiyle arkeolojik eserlerin köken analizleri için son derece uygundur.**

**Bilim Kodu : 202.2.005**  
**Anahtar Kelimeler :X-ışınları floresans analizi,Seramik,Kil, Arkeometri, WDXRF spektrometresi, Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü**  
**Sayfa Adedi : 94**  
**Tez Yöneticisi :Prof. Dr. Pervin ARIKAN**

**PROVENANCE INVESTIGATION OF THE CERAMICS FROM  
DIFFERENT AGES THAT ARE OBTAINED FROM EXCAVATIONS OF  
DİYARBAKIR- BİSMİL AŞAĞI SALAT HÖYÜK  
BY X-RAYS  
(M.Sc. Thesis)**

**Pınar KOÇ**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCES TECHNOLOGY  
DECEMBER 2009**

**ABSTRACT**

**In this study, 81 ceramic samples dated to different ages and 6 clay pieces, as a raw material, from Dicle River and from different places of Bismil have been quantitatively analyzed by wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometer. The ceramics and clays are obtained from the excavation, sites in Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyük. These ceramic samples and clays are provided by the Gazi University Archaeological and Environmental Values Research Centre.**

**HCA (Hierarchical Cluster Analysis) is applied to the quantitative elemental data in order to cluster of samples by using Minitab 15.0 statistical programme. Statistical treatment is employed to the ceramics of each structure layer and grave yard with clays samples both individually and to all of the samples together. As a result of the statistical treatment, every ceramic sample of the structure layer and grave yard are classified for provenance of ceramics by themselves and it is indicated that some of these ceramic samples are not classified in groups. This conclusion shows us that these samples which are not classified, might be imported materials coming from near or far places as import materials.**

**The results that are obtained by XRF technique and evaluated by statical analysis, are in good agreement with archeological conclusions. WDXRF technique is non-destructive, rapid, precise and reliable. This indicates that it is very suitable for the characterization and cluster of the archeological materials.**

**Science Code :202.2.005**

**Key Words :X-Ray fluorescence analysis,Ceramic, Clay, Archeometer, WDXRFS, Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyük**

**Page Number : 94**

**Adviser : Prof. Dr. Pervin ARIKAN**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin gerçekleşmesi süresince her türlü imkanı sağlayarak, çalışmalarında bana yardımcı olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Pervin ARIKAN' a şükranlarımı sunarım.

Tezimin hazırlanmasında katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi ARÇED Müdürü Sayın Doç. Dr. S. Yücel ŞENYURT ve tüm ARÇED çalışanlarına teşekkür ederim.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi X-Işını Floresans laboratuvarındaki deneysel çalışmalarımın yapılmasında bana laboratuvar imkanlarını kullanma fırsatını veren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Abdullah ZARARSIZ, Rıdvan KIRMAZ ve Dr. Yakup KALAYCI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

İstatistik analiz çalışmalarında bana çok yardımcı olan Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Doç. Dr. M. Akif BAKIR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Her zaman yanımda olan ve bu süreçte de sürekli destekçim olan aileme çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ. ....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xvi
HARİTALARIN LİSTESİ .....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xviii
1. GİRİŞ .....	1
2. TEORİ .....	6
2.1. X-Işınlarmn Bulunuşu .....	6
2.2. X-Işınlarmn Tarifi .....	6
2.3. X-Işınlarmn Genel Özellikleri .....	7
2.4. X-Işınlarmn Parametreleri .....	7
2.5. X-Işınlarmn Meydana Gelişi .....	8
2.5.1. Sürekli X-ışınları .....	9
2.5.2. Karakteristik X-ışınları .....	10
2.6. X-Işınlarmn Madde ile Etkileşmesi .....	15
2.6.1. Fotoelektrik olay .....	17
2.6.2. Compton ve Rayleigh saçılmaları .....	18
2.7. X-Işınlarmn Soğurulması .....	19

	<b>Sayfa</b>
2.8. Birincil Floresans Şiddet Denklemi .....	23
2.9. X-Işını Floresans Spektrometreleri .....	26
2.10. X-Işını Floresans Uygulama Teknikleri .....	29
2.10.1. Nitel analiz ( Kalitatif analiz) .....	29
2.10.2. Nicel analiz (Kantitatif analiz) .....	29
2.10.3. İstatistik analiz .....	30
3. DENEYSEL KISIM .....	32
3.1. Kazı Bölgeleri ve Arkeolojik Numuneler .....	32
3.2. Numunelerin Hazırlanması .....	40
3.3. Deney Sistemi .....	41
3.3.1. Dalga boyu dağılımlı x-ışını floresans spektrometresi .....	41
4. ANALİZLER .....	45
4.1. Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü Seramik Numunelerinin Analizi ....	45
4.1.1. 1.Yapı katı analizi .....	47
4.1.2. 2.Yapı katı analizi .....	50
4.1.3. 3.Yapı katı analizi .....	54
4.1.4. 4.Yapı katı analizi .....	58
4.1.5. 5.Yapı katı analizi .....	62
4.1.6. 6.Yapı katı analizi .....	64
4.1.7. 7.Yapı katı analizi .....	67
4.1.8. 8.Yapı katı analizi .....	71
4.1.9. 9.Yapı katı analizi .....	75
4.1.10. Mezarlık alanı analizi .....	79

	<b>Sayfa</b>
4.1.11. Tüm numunelerin istatistik değerlendirilmesi .....	83
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR .....	90
ÖZGEÇMİŞ .....	94

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Geçiş kuralları ve kuantum sayıları.....	12
Çizelge 2.2. X-ışınlarının özellikleri ve madde ile etkileşmeleri.....	16
Çizelge 3.1. Yapı katları ve numuneler .....	39
Çizelge 3.2. Yapı katları ve tarihlendirilmiş muhtemel dönem.....	39
Çizelge 3.3.Kil numunelerinin kodları .....	40
Çizelge 3.4. Pro-Trace programına ait kalibrasyon standartları .....	43
Çizelge 3.5. IQ+ programına ait standartlar .....	44
Çizelge 4.1. Kil örneklerinin majör element ve eser element analiz sonuçları .....	47
Çizelge 4.2. 1.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları .....	48
Çizelge 4.3. 1.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	49
Çizelge 4.4. 2.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları .....	51
Çizelge 4.5. 2.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	53
Çizelge 4.6. 3.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları .....	55
Çizelge 4.7. 3.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	57
Çizelge 4.8. 4.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları .....	59
Çizelge 4.9. . 4.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	61

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.10. 5. Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları .....	62
Çizelge 4.11. 5. Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	64
Çizelge 4.12. 6.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4.13. 6.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	66
Çizelge 4.14. 7.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.15. 7. Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	70
Çizelge 4.16. 8.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.17. 8.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	74
Çizelge 4.18. 9.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.19. 9.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	78
Çizelge 4.20. Mezarlık alanına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları.....	80
Çizelge 4.21. Mezarlık alanı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	82
Çizelge 4.22. Tüm numunelerin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı.....	85

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum .....	6
Şekil 2.2. Sürekli X-ışını spektrumu .....	9
Şekil 2.3. Karakteristik X-ışını oluşumu .....	10
Şekil 2.4. Karakteristik X-ışınları .....	11
Şekil 2.5. Karakteristik X-ışını spektrumlarının uyarılma metodları ve bunu izleyen karakteristik floresans X-ışınları .....	13
Şekil 2.6. X-ışını spektrumunu oluşturan elektron geçişleri .....	14
Şekil 2.7. Atom numarası (Z) ile Moseley Yasası arasındaki ilişki .....	15
Şekil 2.8. X-ışınlarının madde ile etkileşmesi .....	16
Şekil 2.9. Fotoelektrik olay .....	17
Şekil 2.10. Compton saçılması .....	18
Şekil 2.11. X-ışınlarının soğurulması .....	19
Şekil 2.12. Gelen foton enerjisinin fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayısı ve soğurma kıyıları .....	22
Şekil 2.13. X-ışını floresans şiddeti hesaplamasındaki bileşenler .....	23
Şekil 2.14. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin temel planları .....	29
Şekil 3.1. WDXRF spektrometresi sistemi .....	42
Şekil 4.1. KİL 2 kodlu örneğin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumu .....	45
Şekil 4.2. 0017-2 kodlu örneğin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumu .....	46
Şekil 4.3. 0018-1 kodlu örneğin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumu .....	46

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.4. 1.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği.....	49
Şekil 4.5. 2.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği.....	53
Şekil 4.6. 3.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	57
Şekil 4.7. 4.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	61
Şekil 4.8. 5.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	63
Şekil 4.9. 6.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	66
Şekil 4.10. 7.yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	70
Şekil 4.11. 8.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	74
Şekil 4.12. 9.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	78
Şekil 4.13. Mezarlık alanı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	82
Şekil 4.14. Tüm numunelerin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği .....	84

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. Aşağı Salat Höyüğü ve Dicle Nehri .....	33
Resim 3.2. Aşağı Salat Höyüğü ve Dicle Nehri'nin doğudan görünümü .....	34
Resim 3.3. Aşağı Salat Höyüğünün güney kesiti .....	34
Resim 3.4. Mezarlık alanı .....	39
Resim 3.5. Spex markalı değirmen ve çelik hazneler .....	40
Resim 3.6. Pres ve dye takımı .....	41
Resim 3.7. Philips - Axios WDXRF spektrometresi .....	43



**HARİTALARIN LİSTESİ**

<b>Harita</b>	<b>Sayfa</b>
Harita 3.1. Proje kapsamında yapılan kazı bölgelerinin haritası .....	45

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\alpha$	Alfa ışınları
$\beta^-$	Beta ışınları
$e^-$	Elektron
$p^+$	Proton
$n$	Nötron
$\gamma$	Gama ışınları
$\lambda$	Dalga boyu
$c$	Işık hızı
$Z$	Elementin atom numarası
$A$	Elementin kütle numarası
$\text{Å}$	Angstrom
$h$	Planck sabiti
$E$	Saçılan fotonun enerjisi
$E_b$	Elektronun bağlanma enerjisi
$E_f$	Sökülen elektronun kinetik enerjisi
$\mu$	Çizgisel soğurma katsayısı
$\sigma$	Saçılma katsayısı
$\tau$	Fotoelektrik soğurma katsayısı

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\pi$	Çift oluşum katsayısı
$m_0$	Elektronun durgun kütlesi
$\lambda_{maks}$	Maksimum dalga boyu
$\lambda_{min}$	Minimum dalga boyu
$n$	Baş kuantum sayısı
$l$	Açısal momentum
$s$	Spin kuantum sayısı
$j$	Toplam kuantum sayısı
$\mu_m$	Kütle soğurma katsayısı
$\mu_a$	Atomik soğurma katsayısı
$\mu_{mol}$	Molar soğurma katsayısı
$I$	Foton demetinin şiddeti
$N$	Avagadro katsayısı
$D$	Numune kalınlığı
$\Phi_1$	Numuneye geliş açısı
$\Phi_2$	Fotonun numuneden çıkış açısı
$E_0$	Çıkan birincil floresans fotonunun enerjisi
$\omega_{K,i}$	K kabuğundaki floresans verim
$J_{K,i}$	K-L atlama faktörü
$f_i$	Yörüngesel elektronun geçiş olasılığı

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\varepsilon(E_i)$	Dedektör verimi
<b>G</b>	Geometri ve kaynak şiddetine bağlı orantı sabiti
$S_i$	i elementinin x-ışını spektrometreye hassasiyeti
$\chi_i$	Toplam kütle soğurma katsayısı
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>EDXRF</b>	Enerji dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometresi
<b>GÜ-ARÇED</b>	Gazi Üniversitesi Arkeolojik Çevre Değerleri Araştırma Merkezi
<b>HCA</b>	Hiyerarşik Kümeleme Analizi
<b>WDXRF</b>	Dalga boyu dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometresi
<b>XRF</b>	X-ışını Floresans Spektrometresi

## 1.GİRİŞ

X-Işınları, 1895 yılında Wilhelm Conrad Roentgen tarafından bulunmuş ve bu sayede fizikte yeni bir çığır açılmıştır [1-3]. 1896 yılında Perrin, iyonizasyon odası kullanarak X-ışını şiddetini ölçmüştür. Barkla, 1911 yılında emisyon çizgi serilerini açıklarken [4], 1912 yılında M.von Laue, W.Friedrich, E.P.Knipping X-ışınlarının kristalden saçıldıklarını göstermiştir. 1913 yılında Moseley X-ışını spektral çizgilerinin dalga boyunun atom numarasıyla orantılı olduğunu göstermiştir [5]. 1922 yılında Hadding, ilk kez X-ışını spektrumu kullanarak mineral analizi yaptığı sırada [6], 1923 yılında Hevesy, sekonder uyarma (floresans) ile kantitatif analizi denemiştir. 1928 yılında ise Glecker ve Shreiber X-ışını floresans spektrometresi (XRF) ile çalışmışlardır.

Friedman ve Birks, ilk ticari amaçlı prototip X-ışını floresans spektrometresini kurmuşlardır [7]. 1958 yılında yaklaşık 50 olan spektrometre sayısı, uygulama alanlarının genişlemesiyle beraber, 1971 yılında yaklaşık 10 000 olmuştur. Bu dönemde yarı iletken katı-hal dedektörlerinin ve değer analiz sistemlerinin gelişmiş olması, XRF spektrometrelerinin geliştirilmesine imkan sağlamıştır [8,9].

XRF spektroskopisi, temel fizik araştırmalarında (K,L ve diğer alt kabukların incelenmesi, geçiş olasılıklarının incelenmesi, temel parametre tayinleri), metallurjide, alaşım analizlerinde, maden filizlerinin analizlerinde, radyoaktif cevher analizlerinde, endüstride, plastik, lastik, cam ve kağıt gibi maddelerde safsızlık analizlerinde, petrol ürünleri, boya ve ince film analizlerinde, kömürlerde kül ve kalorifik değer, kükürt ve nem tayinlerinde, çeşitli bitki türlerinin incelenmesinde, çevre araştırmalarında (hava, su, toprak kirliliği), tıp, biyokimya, kan ve doku analizlerinde, ince metal foil ve film kaplama kalınlıklarının tayinlerinde, arkeolojik ve sanat eserlerinin tahribatsız olarak incelenmesinde kullanılmaktadır [10]. XRF tekniği analiz süresinin kısa olması, aynı anda birden çok elementin analizinin yapılabilmesi ve maliyetinin düşük olması gibi önemli avantajlara sahiptir [11]. Sanat ve arkeolojide XRF tekniği ile birlikte diğer nükleer analitik teknikler (PIXE,

NAA gibi) de kullanılmaktadır. X-ışını difraktometresi ise kristal yapının incelenmesinde kullanılmaktadır [12].

Arkeolojik kazılarla tarih öncesi çağlardan elde edilen eserlerin XRF tekniği ile kalitatif ve kantitatif analizi sonucunda ulaşılan bilgiler ve daha önce elde edilen arkeolojik bulguların yorumlanması tarih öncesi çağlara ait önemli ve yararlı tahminler yapılmasına imkan sağlamıştır. Arkeolojik seramik eserlerin analizi için hem yurt içi hem de yurt dışında yapılan çalışmaların amacı, farklı uygarlıkların yaşantısını anlamaya çalışmak ve eserlerin kökeni hakkında bilgi edinmektir [13].

Birgül ve arkadaşları NAA ve XRF tekniği ile elde edilen element konsantrasyonlarını kullanarak sonuçların istatistiksel davranışlarını karşılaştırmışlardır [14].

LaBrecque ve arkadaşları XRF ile Hollanda, İspanya ve Portekiz'den seramik örnekleri incelemişler ve istatistiksel analizlerini yapmışlardır [15].

Barone ve arkadaşları Sicilya'ya ait tarihi çanak çömleklerin XRF tekniği ile kimyasal karakterizasyonu ve çok değişkenli istatistik analizlerini yapmışlardır [16].

P.Moioli ve arkadaşları Portatif XRF spektrometresi ile sanat eserlerinin analizini yapmışlardır [17].

R.J.Speakman ve arkadaşları NAA tekniği ile Urartu dönemine ait çanak çömleklerin analizini yapmışlardır [18].

C.S.Munita ve arkadaşları Brezilya'da bulunan Rezende arkeolojik alandan çıkarılan tarih öncesi seramiklerin majör ve eser element karakterizasyonlarını INAA tekniğini kullanarak yapmışlardır [19].

T.Özal, H.Erten, D.Tezgör, A.Zararsız Sinop- Demirci yöresindeki kil kökenli arkeolojik mutfak eşyalarını PXRD, FT-IR, XRF spektroskopisi ve TGA teknikleriyle incelemişlerdir [20].

Ü.Köklü Bizans, Selçuk, İznik seramiklerinin sır ve renk malzemelerinin kimyasal bileşimini XRF ve XRD teknikleriyle incelemişlerdir [21].

F.Çoban, Ş. Kuş ve arkadaşları Ayasofya çinilerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini çeşitli tekniklerle incelemişlerdir [22].

P.Arıkan, B.Ender, S.Yücel Şenyurt, BTC ham petrol boru hattı projesi kapsamında yapılan Büyükardıç kazısından ele geçirilen çanak çömlek buluntularını X-ışını floresans tekniği ile inceleyerek köken tayinleri yapmışlardır[23].

P.Arıkan, A.Zararsız, S.Yücel Şenyurt, yine BTC HPBH projesi kapsamında yapılan Büyükardıç kazısından elde edilen metalurjiye yönelik arkeolojik buluntularını X-ışını floresans tekniği ile inceleyerek Erken Demir Çağ'a ait küçük ölçekli metal işleme atölyesinin varlığını ortaya koymuşlardır [24].

P.Arıkan, Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) ham petrol boru hattı projesi arkeolojik kurtarma kazılarında ele geçen kültürel mirasın X-ışınları ile köken karakterizasyonu ve bilimsel sonuçlar üzerine çalışmıştır [25].

Bu çalışmada Diyarbakır Müzesi Müdürlüğü tarafından yürütülen 2000, 2001 ve 2002 yılları Ilısu Barajı Kurtarma Kazıları Projesi kapsamında Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü'nde ve mezarlık alanında yapılan kazılar sonucu ele geçirilen çeşitli dönemlere ait toplam 81 adet seramik parçası ve Bismil yoluna 5 km ve 3 km uzaklıktaki göl kenarından ve Dicle Nehri'nin yanından alınan 6 adet kil örneği dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans tekniği (WDXRF) ile kimyasal karakterizasyonlarının elde edilmesi ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı ülkelerin kültürel mirasının korunmasının yanı sıra eski çağlara ait sağlıklı bilgiler edinilmesi sonucunda bu dönemlerdeki ekonomi, ticaret, sosyal yaşam ve bilimsel seviyeleri hakkında doğru yorumlar yapabilmektir. Bu çalışma Diyarbakır- Bismil Aşağı Salat Höyüğü kazı alanından elde edilen seramiklerin incelenmesi ilk kez nükleer analitik teknik ve istatistik analiz kullanılması açısından orijinal bir çalışmadır, kantitatif elde edilen elementel sonuçlar HCA istatistik tekniği ile kümelendirilerek seramiklerin köken karakterizasyonları yapılmıştır.

Çeşitli dönemlere ait bu seramikler ve killer Gazi Üniversitesi ARÇED (Arkeolojik Çevre Değerleri Araştırma Merkezi)'den alınmıştır. Analizleri yapılan seramiklerin tümü izinlidir XRF analizleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde bulunan X-ışınları floresans laboratuvarında dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi (WDXRF ) kullanılarak yapılmıştır.

Tezin birinci bölümünde giriş yapılarak, XRF tekniğinin kullanım alanları ve bu alanda yapılmış çalışmalar belirtilmiştir.

İkinci bölüm tezin teori kısmını oluşturmaktadır.Bu bölümde X-ışınları hakkında genel bilgi verilmiştir. X-ışınlarının meydana gelişi, özellikleri ve madde ile etkileşiminden bahsedilmiştir. Primer Floresans Denklemi çıkarılmıştır. Genel olarak XRF spektrometresi temel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde deneysel kısım anlatılmıştır. Bu bölümde kazı bölgeleri ve arkeolojik numunelerin yanı sıra numunelerin hazırlanışından ve deney sisteminden de bahsedilmektedir.

Dördüncü bölümde ise her döneme ait seramiklerin ve killerin WDXRF spektrometresi ile analizleri yapılmış, elde edilen analiz sonuçlarına istatistik değerlendirme uygulanmıştır.

Beşinci bölüm sonuç ve öneriler kısmıdır.Yapılan tüm elementel analizler ve bunlara uygulanan HCA istatistiksel metotla birlikte ele alınarak genel bir değerlendirme



yapılmıştır. Arkeolojik bulgular ile yaptığımız analiz sonuçlarının birbiriyle uyum sağladığı saptanmış ve XRF tekniğinin arkeolojik eserler için uygun bir teknik olduğu sonucuna varılmıştır.

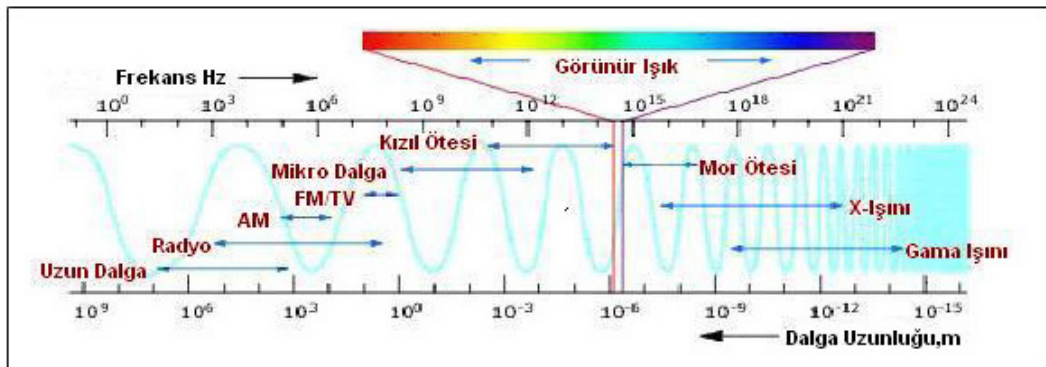
## 2. TEORİ

### 2.1. X-Işınlarının Bulunuşu

Alman fizikçi Wilhelm Conrad Roentgen'in bilime en önemli katkısı 1895 yılında X-ışınlarını keşfetmiş olmasıdır. Roentgen bir katot ışını tüpünü çalıştırdığında, belli mesafede bulunan baryum platin siyanürlü bir ekranın üzerinde garip bir flüorışmanın oluştuğunu görmüş ve tüp ile ekran arasına çeşitli kalınlıklarda maddeler koyarak deneyleri sürdürmüştür. Sonuçta floresansın zayıfladığını fakat kaybolmadığını fark etmiştir. Deneyler sırasında bu ışınların fotoğraf filmlerini etkilediğini ve gazları iyonlaştırdığını da gözlemlemiştir. Roentgen, gözle görülemeyen bu ışınları X-ışını adını vermiştir. Bu önemli buluşundan ötürü Roentgen'e 1896 yılında Londra'da Kraliyet Derneği'nin Rumford Madalyası verilmiş, 1901 yılında da Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmıştır [26,27].

### 2.2. X-Işınlarının Tanımı

X-ışınları elektromanyetik spektrumda ultraviyole ışınları ile gama ışınları arasında yer alır.  $\sim 10^{-5} \text{ \AA} - 100 \text{ \AA}$  dalga boylu elektromanyetik radyasyon olarak tarif edilen X-ışınları, yüksek enerjili elektronların yavaşlaması ve/veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelirler [11]. Şekil 2.1'de elektromanyetik spektrum görülmektedir.



Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum

### 2.3. X-Işınlarnın Genel Özellikleri

Elektromanyetik ışımadan dolayı X-ışınları çift karakterlidir. Dalga ve tanecik özelliği gösterirler. Fotoelektrik soğurulma, Compton saçılması (inkoherent saçılma), gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özellikleri, hız, polarizasyon ve Rayleigh saçılması (koherent saçılma) dalga özellikleridir [11].

X-ışınları kaynaktan çıkarken sapmadan yayılırlar. Elektrik ve manyetik alanların etkisiyle saptırılamazlar. X-ışınlarının bu davranışı yüklü tanecik olmadıklarını gösterir. Tanecik karakteri gösteren elektromanyetik radyasyona foton denir[27].

### 2.4. X-Işınlarnın Parametreleri

*Frekans ( $\nu$ ):* Frekans saniyedeki titreşim sayısı olarak ifade edilir. Birimi Hertz'dir. Hz=tit./s [11].

*Dalga Boyu ( $\lambda$ ):* Dalga boyu iki dalga tepesi arasındaki uzaklıktır. Dalga boyu çoğunlukla Angstrom ( $\text{Å}$ ) ile ifade edilir.  $1\text{Å} = 10^{-10}$  m dir.

Dalga boyu ile frekans arasındaki bağıntı şudur.

$$\lambda_{\text{cm}} = c/\nu \quad \text{veya} \quad (2.1)$$

$$\lambda_{\text{Å}} = (c/\nu) \cdot 10^{10} \quad (2.2)$$

Burada c ışığın boşluktaki hızıdır ve değeri  $3 \cdot 10^8$  m/s dir.

*Enerji (E):* Bir X-ışını fotonunun enerjisi joule olarak verilir. Ancak eV sıkça kullanılmaktadır.

$$E_{\text{joule}} = h \cdot \nu = h \cdot (c/\lambda_{\text{m}}) \quad (2.3)$$

$$E_{ev} = h \cdot (c / \lambda_m \cdot e) \quad (2.4)$$

$$E_{ev} = 12,400 / \lambda_{A^0} \quad (2.5)$$

$$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J \quad (2.6)$$

olarak verilir. Burada

*eV*: Elektron Volt

*h*: Planck sabiti :  $6,62 \cdot 10^{-34}$  J.s

*Şiddet*: Bir X-ışının şiddeti birim zamanda birim alana düşen enerji olarak tarif edilir.

Genellikle  $m^2$  ye gelen enerji (joule) dir. X-ışını spektrometrik analizinde sayım (count/s) olarak verilir. Yani birim zamanda birim alan başına gelen foton sayısı olarak verilir [28,29].

## 2.5. X-Işınlının Meydana Gelişi

X-ışınları iki şekilde meydana gelir:

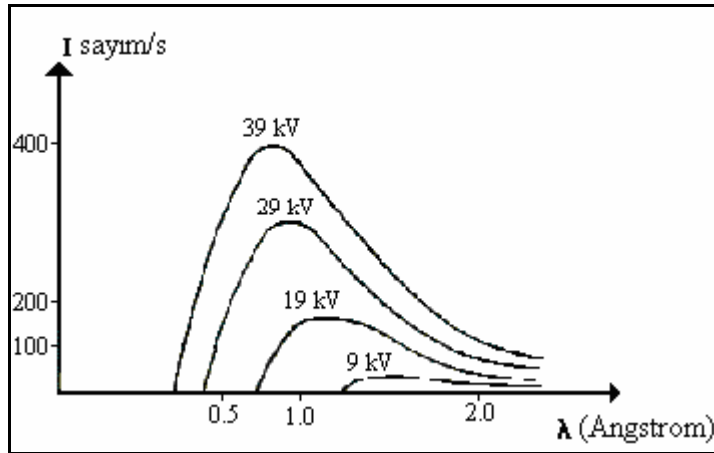
a)*Doğal X-ışınları*: Atom çekirdeği tarafından, K enerji seviyesindeki bir elektronun yakalanması, iç dönüşüm ve  $\beta$  bozunması olaylarıyla meydana gelir [30] .

b)*Yapay X-ışınları*: Maddenin fotonlarla veya parçacıklarla (proton, elektron,  $\alpha$  parçacıkları) etkileşmesinden elde edilir. Fotonlarla etkileşmesinden kesikli (karakteristik) spektrum, yüklü parçacıklarla etkileşmesinden hem karakteristik hem de sürekli spektrum elde edilir [29].

### 2.5.1. Sürekli X-ışınları

Hedefe gelen yüksek hızlı elektron, atomun çekirdeğine yaklaşırken elektronun negatif yükü ile çekirdeğin pozitif yükü etkileşir ve çekirdeğe doğru bir sapma olur. Sapan elektronun hızı dolayısı ile enerjisi azalmış olur. Bu enerji azalması sürekli X-ışını (Bremsstrahlung) olarak ortaya çıkar. Bu ışınlar sürekli denmesinin sebebi ise enerji spektrumlarının sürekli olmasındandır. Yani sürekli X-ışınlarının enerji aralığı hemen hemen, sıfırla yüksek hızlı elektronun maksimum enerjisi arasındadır.

Sürekli X-ışını spektrumları geniş bir frekans aralığını kapsayan sürekli bir ışımaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle sürekli X-ışınlarına beyaz X-ışınları denir. Sürekli X-ışınları spektrumu şekil 2.2'de verilmiştir.



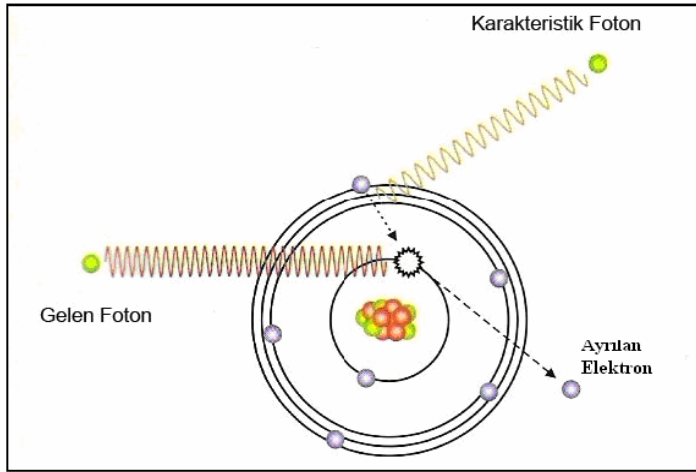
Şekil 2.2. Sürekli X-ışını spektrumu [31]

Bir X-ışını tüpünde elektronlar tarafından meydana getirilen sürekli X-ışını spektrumu şu özelliklerle karakterize edilir:

1. Kısa dalga boyu limiti  $\lambda_{\min}$  altında dalga boyu gözlenmez.
2. Maksimum şiddetin dalga boyu  $\lambda_{\max}$  yaklaşık olarak  $\lambda_{\min}/2$  dir.
3. Toplam şiddet, tüp voltajı ve hedef maddesinin atom numarası (Z) ile orantılıdır [32].

### 2.5.2. Karakteristik X-ışınları

Hedefe gelen yüksek hızlı elektron yörüngede bulunan bir elektronla çarpışabilir. Bu çarpışma sonucunda yüksek hızlı elektrondan yörünge elektronuna uyarılma enerjisi aktarılır. Yörünge elektronuna aktarılan bu uyarılma enerjisi ya elektronu atomdan dışarı atacak ya da bulunduğu yörüngeden bir üst yörüngeye çıkaracaktır. Her iki durumda da yüksek hızlı elektron, enerjisinin bir kısmını orbital elektronuna verir. Orbital elektronu aldığı bu fazla enerjiyi X-radyasyonu olarak verir. Bu şekilde iki elektronun çarpışmasından meydana gelen radyasyona “karakteristik radyasyon” adı verilir. Bu ad orbitalin karakteristik enerji seviyelerinden gelmektedir. Şekil 2.3’de karakteristik X-ışını oluşumu gösterilmektedir.

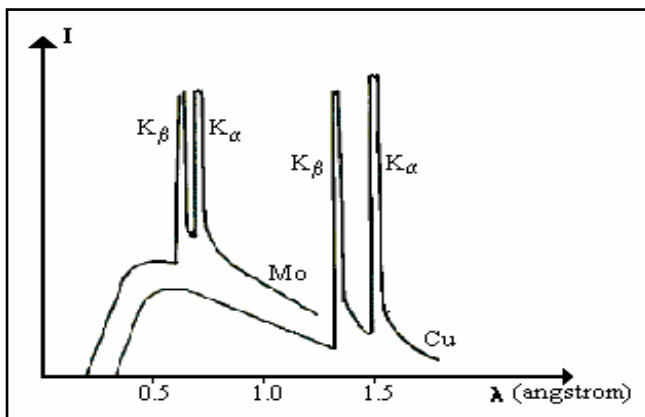


Şekil 2.3. Karakteristik X-ışını oluşumu [33]

Bir orbital elektronu atomdan çıkarsa yerinde bir boşluk kalacaktır. Bu boşluğu doldurmak için daha üst yörüngelerde bulunan bir elektron buraya geçer. Bu hareketlilik atomik denge için gereklidir. Çekirdekten daha uzaktaki orbitallerde bulunan elektronlar daha büyük enerjiye sahiptirler. Bu yüzden üst yörüngeden alt yörüngeye geçen bir elektron, aradaki enerji farkını elektromanyetik dalga yani X-ışını olarak verir. Genel olarak, orbital elektronlarının enerjileri yüksek hızlı elektrona göre oldukça düşüktür. Bu yüzden meydana gelen X-ışınlarının enerjileri orbital elektronlarının enerjilerini yansıtırlar, yani enerjileri düşüktür ve X-ışınları olan her yerde karakteristik X-ışınları vardır.

Diğer yandan, eğer elektron atomdan dışarı çıkamazsa sadece geçici olarak orbitalini değiştirecektir. Bunun nedeni bombardıman elektronunun enerjisinin orbital elektronunu atomdan tamamen atacak kadar olmamasıdır. Bu durumda elektron, enerjiye bağlı olarak üst yörüngelerden birine geçer ve yerinde bir boşluk bırakır. Bu boşluk bir üst seviyedeki elektron tarafından doldurulmalıdır. Fakat bu durumda fazla enerji, elektromanyetik dalga, yani X-ışını olarak verilmelidir [34].

Karakteristik X-ışınlarının enerjisi bombardıman elektronunun enerjisi ile tayin edilmez. Karakteristik X-ışınlarının enerjisi, bir orbital elektronunun bir yörüngede bulunan boşluğu doldururken verdiği enerjidir. Herhangi bir yolla bir atomdan elektron sökülürse veya daha üst enerji seviyelerine çıkarılırsa atom uyarılmış olur. Bu uyarma genellikle, hızlandırılmış elektronlarla, X-ışını tüpünden yayınlanan X-ışınları ile radyoizotop kaynaktan yayınlanan fotonlarla, proton, nötron ve  $\alpha$  parçacıklarıyla, sekonder X-ışınları ile gerçekleştirilir. Bu yöntemlerden biriyle atomun herhangi bir tabakasından sökülen elektronun yerine çok kısa bir zaman içerisinde üst tabakalardan bir elektron geçişi olur. Bu geçiş sırasında bir foton yayımlanır. İç tabakalar arasındaki elektron geçişinden yayımlanan bu fotona, o elementin karakteristik X-ışını fotonu denilir. Şekil 2.4'de K tabakasına ait karakteristik X-ışını grafiği verilmiştir.



Şekil 2.4. Karakteristik X-ışınları [31]

Kuantum mekaniğinde, X-ışınları spektral çizgilerine neden olan elektron geçişlerini düzenleyen kriterler verilmiştir. Bu kriterler  $\Delta n \neq 0$ ,  $\Delta \ell = \pm 1$ ,  $\Delta j = \pm 1, 0$  olup,

geçişlerdeki ilk ve son kuantum sayıları “geçiş kuralları” diye bilinen bu kriterlere uyarlar [28]. Geçiş kuralları ve kuantum sayıları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Geçiş kuralları ve kuantum sayıları

Sembolü	İsmi	Anlamı	Aldığı Değerler	Geçiş Kuralları
n	Baş	Esas bağlı olduğu enerji seviyesi	1,2,...n K,L,M,N	$\Delta n \neq 0$
$\ell$	Açısal	Orbital açısal momentumu orbital şeklini belirler	0,1,...(n-1) s,p,d,f	$\Delta \ell \neq \pm 1$
m	Magnetik	Magnetik alan üzerine ( $\ell$ ) açısal momentumun izdüşümü. Bir magnetik alandaki orbitalin dönme yönü	$-\ell, \dots, 0, \dots, +\ell$	
s	Spin	Spin yönünü işaret eder	$\pm 1/2$	
J	Toplam	$\ell$ ve S nin vektör toplamı	$\ell \pm 1/2;$ ( $j \neq 0, -1/2$ )	$\Delta j = \pm 1, 0$

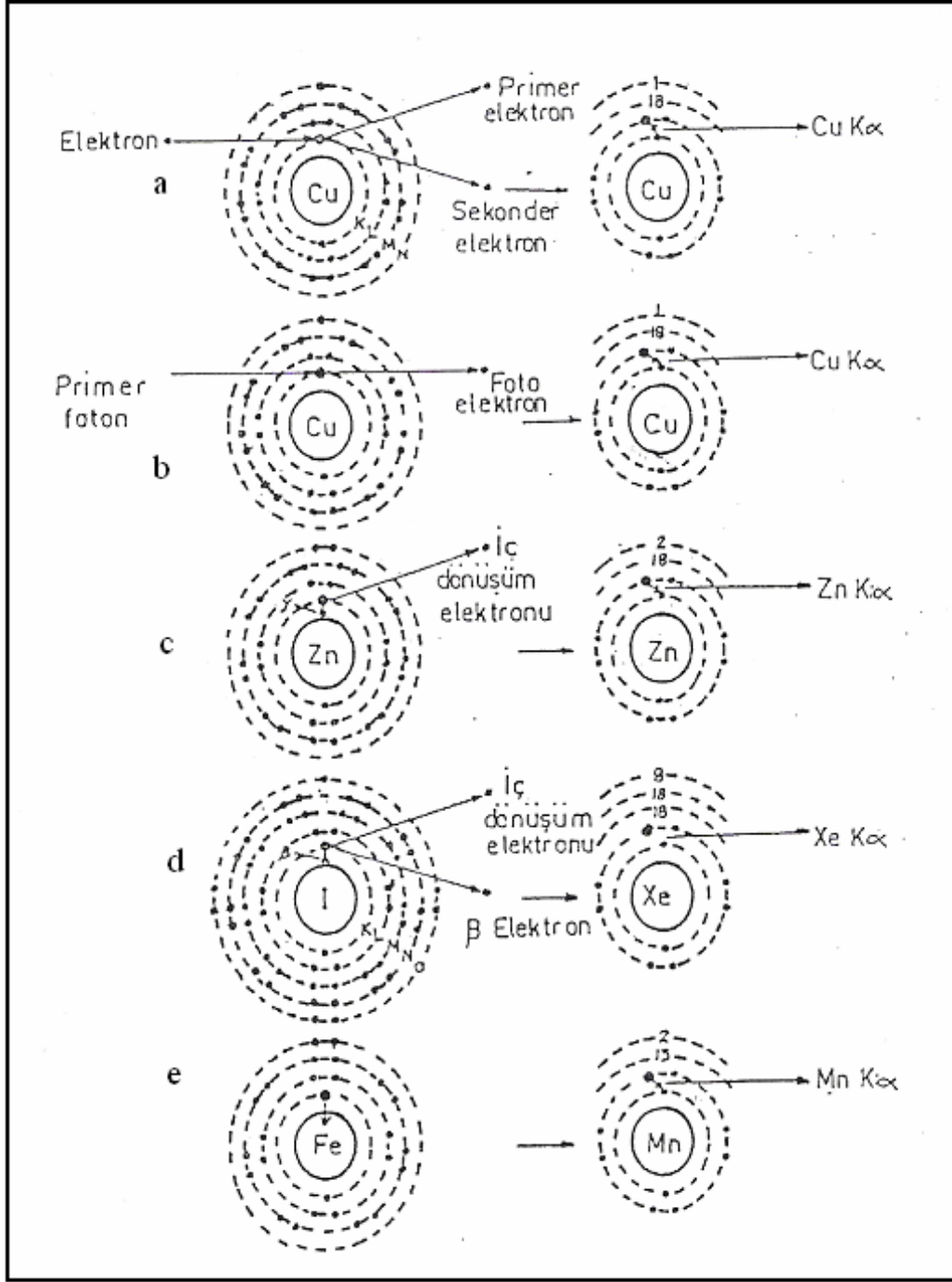
Şekil 2.5’de Karakteristik X-ışını spektrumlarının uyarılma metodları ve bunu izleyen karakteristik floresans X-ışınları görülmektedir.

Enerji düzeylerini belirleyen baş kuantum sayısı 0,1,2,...; yani tam sayılı değerler olabilir. Bu değerlere karşılık gelen yörüngeler K,L,M,N... olarak isimlendirilir. X-ışını spektrumunu oluşturan elektron geçişleri Şekil 2.6’ da verilmiştir [35].

X-ışınlarının dalga boyları atomun kimyasal bağ durumlarına bağlıdır. Çekirdeğin iç yörüngelere olan uzaklığı, dalga boyunun atom numarası üzerine bağımlılığını ortaya koyar. Bu Moseley Yasası ile verilir.

$$\sqrt{\nu} = \left( \frac{c}{\lambda_{cm}} \right)^{1/2} = k_1 (Z - k_2) \quad (2.7)$$



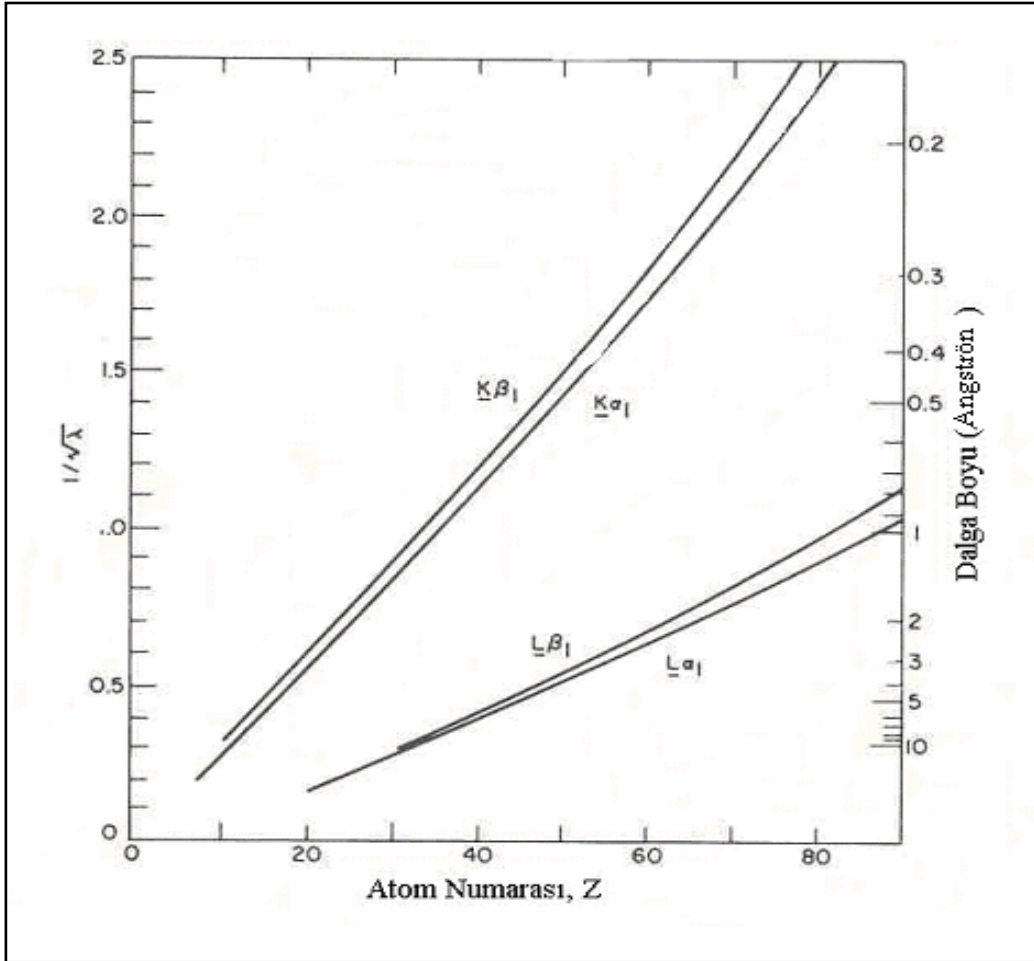


Şekil 2.5. Karakteristik X-ışını spektrumlarının uyarılma metodları ve bunu izleyen karakteristik floresans X-ışınları [11].

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>a.</b> Yüklü partikülle uyarma | <b>d.</b> İç beta dönüşümü             |
| <b>b.</b> Primer fotonla uyarma   | <b>e.</b> Yörüngeden elektron yakalama |
| <b>c.</b> İç gama dönüşümü        |  |



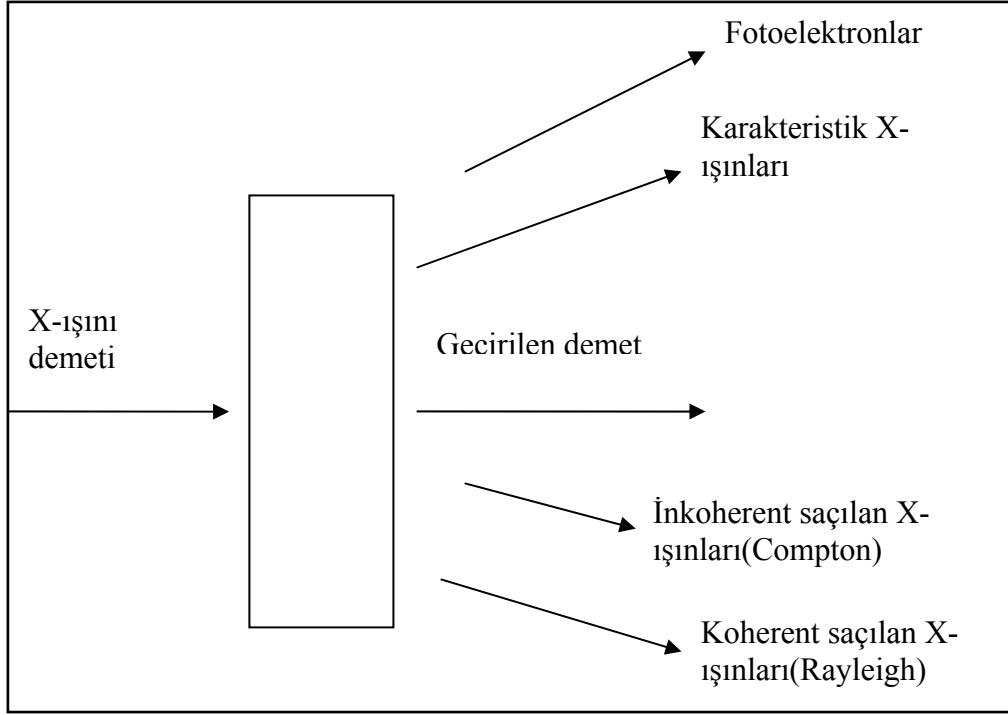
Burada  $\nu$ ,  $\lambda_{\text{cm}}$ ,  $Z$ , sırasıyla frekans, dalga boyu ve atom numarasıdır,  $k_1$  ve  $k_2$  her bir çizgi için farklı olan sabitleri temsil eder. Şekil 2.7, atom numarası ( $Z$ ) ile Moseley Yasası arasındaki ilişkiyi verir.



Şekil 2.7. Atom numarası ( $Z$ ) ile Moseley Yasası arasındaki ilişki [11].

## 2.6. X-Işınlarnın Madde İle Etkileşmesi

Paralel bir X-ışını demeti madde içinden geçerken, madde atomları ile etkileşirler. Şekil 2.8'de X-ışınlarının madde ile etkileşmesi görülmektedir [36]. X-ışınlarının bazı özellikleri ve madde ile etkileşmesi sırasında oluşan olaylar Çizelge 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.8. X-ışınlarının madde ile etkileşmesi

Çizelge 2.2. X-ışınlarının özellikleri ve madde ile etkileşmeleri [11]

Genel özellikler	Etkileşme sonucu çıkan tanecik
Sürekli spektrum verir. Kesikli spektrum verir. Işık hızı ile yayılır. Doğrular halinde yayılır. Elektrik ve magnetik alandan etkilenmezler.	İyon Fotoelektron Auger elektronu Geri tepme elektronu Elektron pozitron çifti
Yapabileceği fiziksel olaylar	X-ışını absorblanmasının kalıcı sonuçları
Transmisyon Kırılma Yansıma Polarizasyon Koherent saçılma İnkoherent saçılma Fotoelektrik olay	Radyasyon tahribatı Isının artması İyonlaşma Fotoelektrik etki Genetik değişme Hücrenin ölümü

X-ışınlarının madde ile etkileşmesinin en önemli sonuçları, fotoelektrik olay, Compton saçılması, Rayleigh saçılması ve çift oluşumudur. X-ışınları madde ile etkileşim anındaki fotoelektrik, Compton ve çift oluşum olaylarında enerji kaybeder [37].

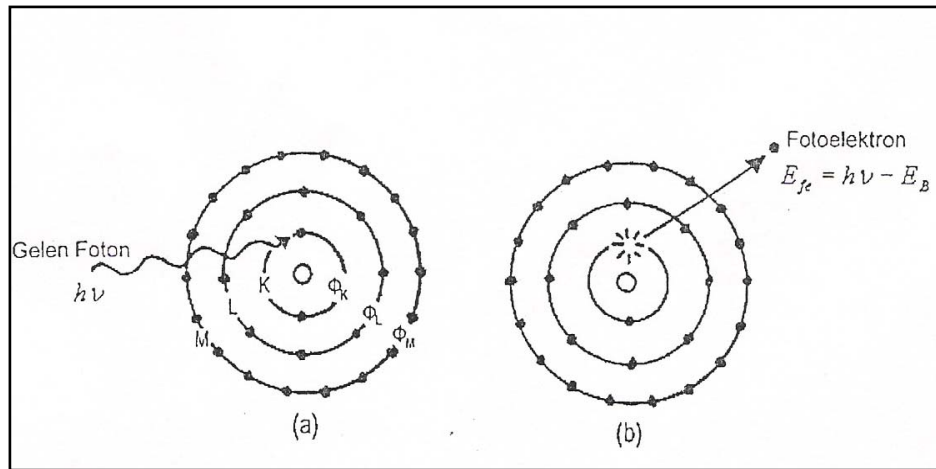
### 2.6.1. Fotoelektrik olay

$h\nu$  enerjili bir fotonun, atomun bağı elektronlarından biri tarafından soğurularak elektronun serbest hale geçmesi olayına fotoelektrik olay, serbest hale geçen elektrona da fotoelektron denir [38].

$h\nu$  enerjili bir fotonun madde elektronu tarafından soğurulması halinde fırlatılan elektronun kinetik enerjisi,

$$E_e = h\nu - E_b \quad (2.8)$$

olur. Burada  $E_b$ , elektronun yörüngeye bağlanma enerjisidir. Gelen fotonun enerjisi  $E_b$ 'ye ne kadar yakınsa, soğurulma ihtimali de o kadar büyük olur. Fotoelektrik olayı gelen X-ışını fotonlarının şiddetine ve enerjisine bağlıdır [26]. Düşük atom numaralı elementlerin bağlanma enerjileri de düşük olduğundan fotoelektrik etki sözü geçen fotonlar için güçsüz kalır. Atom numarası arttıkça bağlanma enerjisi de artar ve fotoelektrik etki artmış olur. Fotoelektrik olayı, atomun çevresindeki tüm yörüngelerde meydana gelebilir. Foton enerjisinin yüksek olduğu durumlarda bu olayın atomun iç yörüngelerde olma olasılığı daha fazladır. Şekil 2.9'da fotoelektrik olay gösterilmektedir [38].



Şekil 2.9. Fotoelektrik olay

### 2.6.2. Compton ve Rayleigh saçılmaları

Saçılma koherent ve inkoherent olmak üzere ikiye ayrılır. Koherent saçılma, fotonların atomdan enerjilerinde bir değişiklik olmadan saçılması olarak ifade edilir. Rayleigh saçılması olarak adlandırılır. Bu saçılmada gelen fotonla saçılan fotonun dalga boyu aynıdır.

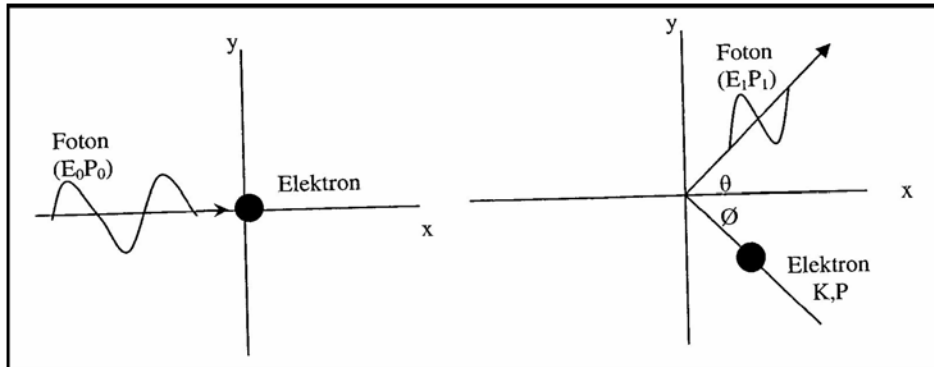
İnkoherent saçılmada gelen ve saçılan fotonlar arasında enerji farkı vardır. Yani gelen ve saçılan fotonların dalga boyları birbirinden farklıdır. Bu saçılmada fazlar arasında bir bağlantı yoktur. Saçılan dalgalar arasında girişim gözlenemez. Bunlardan en sık gözleneni Compton saçılmasıdır [39].

Enerji ve momentumun korunumu kanunlarına göre saçılan fotonun enerjisi şöyledir.

$$E' = E_0 / \left\{ 1 + \left[ \frac{E_0}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right] \right\} \quad (2.9)$$

$E_0$  ve  $E'$  gelen ve saçılan fotonların enerjileri,  $m_0 c^2$  elektronun durgun kütle enerjisidir.

Rayleigh saçılmasında gelen bir foton bağlı bir elektron üzerine düştüğünde, elektronun atomdan sökülecek kadar enerji alamadığı hallerde meydana gelir. Düşük foton enerjilerinde ve yüksek atom numaralı ağır elementlerde daha çok meydana gelir [11]. Şekil 2.10'da Compton saçılması verilmiştir.



Şekil 2.10. Compton saçılması

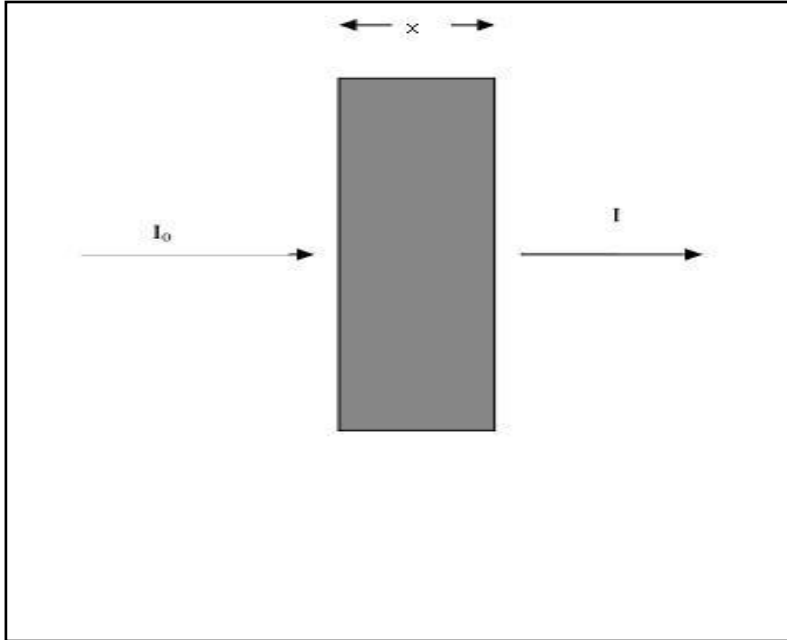
## 2.7. X-Işınlarının Soğurulması

$I_0$  şiddetinde paralel monokromatik X-ışını demeti,  $x$  kalınlığında  $\rho$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) yoğunluğunda homojen bir soğurucu üzerine gönderilir. Soğurucunun iki tarafına X-ışını geçirmeyen maskeler yerleştirilir. Çıkan demetin  $I$  şiddeti,  $I_0$  dan küçüktür. Bu Lambert kanunu ile verilir.

Şekil 2.11’de X-ışınlarının soğurulması görülmektedir.

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (2.11)$$

Burada  $\mu$ , cm başına lineer soğurma katsayısıdır. Bu eşitlikten dört soğurma katsayısı çıkarılır.



Şekil 2.11. X-ışınlarının soğurulması

a) Lineer soğurulma katsayısı, birim kalınlık başına soğurulmayı verir. Eş.2.11’den

$$I/I_0 = e^{-\mu x} \quad (2.12)$$

elde edilir. Doğal logaritması alınarak

$$\ln(I/I_0) = -\mu x \text{ ve } \ln(I_0/I) = \mu x \quad (2.13)$$

$$\mu = \ln(I_0/I) / x \text{ cm}^{-1} \quad (2.14)$$

elde edilir.

b) Kütle soğurma katsayısı  $\mu_m$ , birim kütle başına soğurmayı verir.

$$\mu_m = \mu / \rho \text{ (cm}^2/\text{g)} \quad (2.15)$$

c) Atomik soğurma katsayısı  $\mu_a$ , atom başına soğurmayı verir.

$$\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{A}{N_0} = \frac{\mu}{N} \text{ cm}^2/\text{Atom} \quad (2.16)$$

d) Molar soğurma katsayısı  $\mu_{\text{mol}}$ , mol başına soğurmayı verir ki bu atom-gram başına soğurmadır.

$$\mu_{\text{mol}} = (\mu/\rho) \cdot A \text{ cm}^2/\text{mol} \quad (2.17)$$

Bu dört katsayı şu şekilde birbirlerine bağlanır.

$$\mu = \mu_m \cdot \rho = \mu_a \cdot \rho (N_0/A) = \mu_{\text{mol}} \cdot \rho / A \quad (2.18)$$

Bu eşitliklerde;



$\rho$  : Yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )

$A$  : Atom ağırlığı ( $\text{g/mol}$ )

$N$  :  $\text{cm}^3$  başına düşen atom sayısı.

Bu dört soğurma katsayısının en çok kullanılanı, kütle soğurma katsayısı ( $\mu/\rho$ ) dır. Bu her elemente göre değişen katsayı enerjinin ve atom numarasının bir fonksiyonudur. Farklı maddeler için ( $\mu/\rho$ ) değerleri doğrudan karşılaştırılabilir veya bir bileşik, çözelti ya da karışım için ( $\mu/\rho$ ), bileşenlere ait değerlerden kolayca hesaplanabilir. Eş. 2.11 ( $\mu/\rho$ ) ya bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$I=I_0e^{-[(\mu/\rho)\rho x]} \quad (2.19)$$

Burada  $\rho$  yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ),  $x$  kalınlık (cm),  $\rho x$  alan konsantrasyonudur ( $\text{g/cm}^2$ ). Lineer soğurma katsayısı  $\mu$  üç katsayının toplamıdır.

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (2.20)$$

Burada,

$\tau$  =fotoelektrik soğurma katsayısı

$\sigma$  =saçılma katsayısı

$\kappa$  =çift oluşum katsayısıdır.

Eş. 2.20'deki denklem  $\rho$ 'ya bölünürse katsayılar kütle cinsinden tanımlanmış olur.

$$\mu/\rho = \tau/\rho + \sigma/\rho + \kappa/\rho \quad (2.21)$$

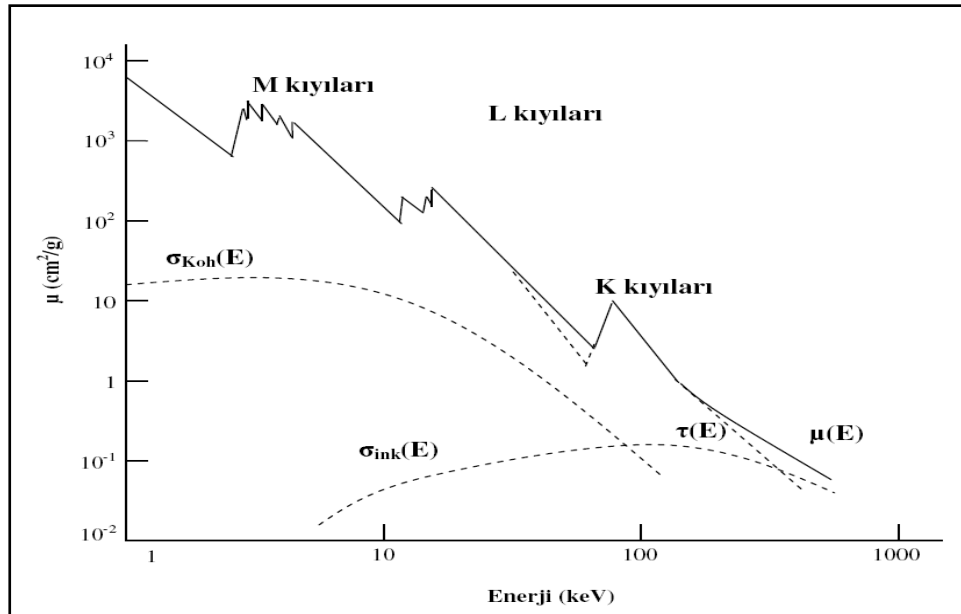
Fotoelektrik soğurmada fotonlar tam soğurulur. Bu soğurulan enerji orbital elektronlarını koparıp fırlatmaya harcanır.

Saçılma işleminde, fotonlar tamamen soğurulmaz. Fakat soğurucu içinde paralel demetten saptırılarak, çıkan demetin etkisini azaltırlar. Çok uzun dalga boylarında, çok hafif elementlerde  $\sigma/\rho > \tau/\rho$  olmasından dolayı fotoelektrik soğurmadan ziyade saçılma hakim olur.

Verilen Z atom numaralı bir element için  $\mu/\rho$ , Z ve  $\lambda$  arasındaki ilişki şöyledir:

$$\mu/\rho = \kappa Z^4 \lambda^3 \text{ (cm)} \quad (2.22)$$

Bir atomda bir elektron tabakasına ait en büyük X-ışını soğurma ihtimali, elektronların bağlanma enerjisine eşit X-ışınları ile bombardıman edildiği zamandır. Bu X-ışını enerjisine o tabakanın soğurulma sınırı denir [11]. Şekil 2.12'da gelen foton enerjisinin fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayısı ve soğurma kıyıları gösterilmiştir.

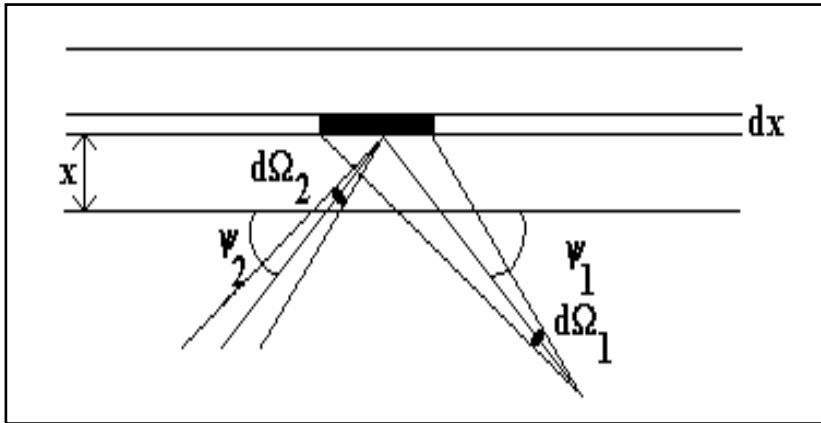


Şekil 2.12. Gelen foton enerjisinin fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayısı ve soğurma kıyıları [38].

## 2.8. Birincil Floresans Şiddet Denklemi

Birincil floresans, gelen X-ışınının demetinin veya oluşan birincil radyasyonun, analiz edilecek element (analit) ile etkileşmesi sonucu oluşur. Düzgün dağılımlı homojen ve D kalınlığındaki numunede analitin  $K_\alpha$  şiddet denklemi şu şekilde hesaplanır.

Yüzeyden x derinliğinde dx tabakası içinde i elementi tarafından yayımlanan  $K_\alpha$  şiddeti üç önemli faktöre bağlıdır. Radyasyon kaynağından çıkan  $E_0$  enerjili ışın demeti numuneye  $\varphi_1$  açısıyla gelerek numuneye etkileşip  $\varphi_2$  açısıyla numuneden ayrılır. X-ışını floresans şiddeti hesaplamasındaki bileşenler Şekil 2.13’de verilmiştir.



Şekil 2.13. X-ışını floresans şiddeti hesaplamasındaki bileşenler [11].

1.  $E_0$  enerjili uyarıcı kaynağından yayınladığı fotonların x menziline ulaşma olasılığı:

$$\exp\left[-\mu_m(E_0)\rho_m x/\sin\varphi_1\right] \quad (2.23)$$

Burada,  $\mu_m$ ,  $E_0$  enerjisine bağlı matrisin kütle soğurma katsayısı;  $\rho$ , yoğunluk;  $\varphi_1$ , geliş açısı;  $i$  analit, (analizi yapılan element);  $m$  ise matris; analit dışındaki tüm numuneyi ifade eder.

2. Uyarıcı fotonun  $x$  ile  $x+dx$  arasındaki tabakada bir  $i$  analitini uyarması sonucu bir

boşluk yaratarak  $K_{\alpha}$  floresans fotonu yayınlama olasılığı;

$$\tau_i(E_0)\omega_{kl}\left(1-\frac{1}{J_{k,i}}\right)f_i p_i dx \quad (2.24)$$

Burada;

$\tau_i$ :  $E_0$  enerjisine bağlı olarak  $i$  elementinin fotoelektrik kütle soğurma katsayısı

$\omega_{kl}$ : K-Kabuğundaki floresans verimi

$J_{k,l}$ : K-L atlama faktörü

$f_i$ : Analit ışını yayınlamasına sebep olan yörüngesel elektron geçiş olasılığı

$p_i dx$ :  $dx$  tabasındaki bir  $i$  elementinin birim alan başına düşen kütlesi ( $gr/cm^2$ ) dir.

Eşitlik 2.24'deki  $\tau_i(E_0)\omega_{kl}\left(1-\frac{1}{J_{k,i}}\right)f_i$  ifadesine  $K_i$  dersek eşitlik 2.24

$$K_i p_i dx \quad (2.25)$$

olur.

3.  $dx$  tabakasından yayımlanan floresans fotonların dedektöre ulaşma olasılığı:

$$\varepsilon(E_i)\exp[-\mu_m(E_i)\rho_m x/\sin\phi_2] \quad (2.26)$$

Burada;

$\varepsilon(E_i)$ : Dedektör verimi

$\mu_m(E_i)$ : Matrisin  $E_i$  enerjisinde kütle soğurma katsayısı

$E_i$  : i analitinin floresans foton enerjisi

$\varphi_2$  : Fotonun numuneden çıkış açısı

Toplam kütle soğurma katsayısını tanımlarsak,

$$\mu_m = \mu_m(E_0)/\sin\varphi_1 + \mu_m(E_i)/\sin\varphi_2 \quad (2.27)$$

Burada  $\mu_m$ , numuneyi meydana getiren bütün elementlerin kütle soğurma katsayılarının toplamı olarak verilmiştir.

$$\mu_m(E) = \sum_{j=1}^n c_j \mu_j(E) \quad (2.28)$$

Numunenin dx tabakasında i analitinin floresans şiddeti yukarıda hesaplanan üç formülün çarpımına eşittir.

$$dI_i = G\varepsilon(E_i)K_i\rho_i dx (\exp[-\mu_m(E_0)\rho_m x/\sin\varphi_1] + \exp[-\mu_m(E_i)\rho_m x/\sin\varphi_2]) \quad (2.29)$$

$$dI_i = G\varepsilon(E_i)K_i (\exp[-\mu_m(E_0)\rho_m x/\sin\varphi_1 - \mu_m(E_i)\rho_m x/\sin\varphi_2])\rho_i dx_i \quad (2.30)$$

Yukarıdaki denklemin D kalınlığındaki numune boyunca integralini alırsak;

$$dI_i = \int G\varepsilon(E_i)K_i (\exp[-\mu_m(E_0)/\sin\varphi_1 + \mu_m(E_i)/\sin\varphi_2]\rho_m x)\rho_i dx_i \quad (2.31)$$

x=0 dan D ye kadar yapılan integrasyon sonucunda i analitinin floresans şiddeti;

$$I_i = G\varepsilon(E_i)K_i\rho_i \frac{1}{x_i\rho_m} [1 - \exp(-x_i D \rho_m)] \quad (2.32)$$

G, geometriye ve kaynak şiddetine bağlı oran sabiti

$$\frac{\rho_i}{\rho_m} = C_i \quad (2.33)$$

i elementinin konsantrasyonu

$$I_i = G\varepsilon(E_i)K_i C_i \frac{[1 - \exp(-x_i D \rho_m)]}{x_i} \quad (2.34)$$

$G\varepsilon(E_i)K_i$  terimine  $S_i$  dersek,  $S_i$  i elementinin X-ışını spektrometresine hassasiyetidir.

Eşitlik 2.33'ü düzenlersek

$$I_i = S_i C_i \frac{1 - \exp[-x_i D \rho_m]}{x_i} \quad (2.35)$$

elde edilir.

$I_i$ , D kalınlığındaki numunenin genel primer floresans şiddet ifadesini  $\rho_m D$ , birim alan başına kütleyi göstermektedir [40].

## 2.9. X-Işını Floresans Spektrometreleri

XRF uyarılan bir numuneden yayımlanan karakteristik X-ışınlarının enerjilerine ya da dalga boylarına göre incelenerek, her türlü materyalin, kimyasal bileşenlerini belirlemek için kullanılan analitik bir yöntemdir. Kullanılan materyalin katı, sıvı, gaz veya başka bir halde bulunmasının bir öneminin olamaması XRF'nin en önemli avantajlarından biridir.

XRF tekniği, hızlı olması, uygulanmasının kolay olması, tahribatsız olması gibi son derece önemli özelliklere sahiptir.

X-ışını spektrometresi, karakteristik pik şiddetlerinin ölçülebilmesini ve numuneden gelen çok enerjili ışın demetini ayırmayı sağlar. Bir spektrometrenin, çizgileri ayırabilmesi için yeterli rezülasyona sahip olması gerekir. Aynı zamanda spektrometre, ilgilenilen dalga boyu ve enerji bölgesinde ölçüm yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu nedenle spektrometre seçiminde dört önemli faktör vardır;

1. Rezülasyon,
2. Karakteristik pik
3. Temel sayma seviyesi
4. Enerji veya dalga boyu aralığı

X-ışını floresans spektrometresi çalışma prensibine göre iki kısımda incelenmektedir.

- a) Dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi (WDXRF)
- b) Enerji dağılımlı X-ışının floresans spektrometresi (EDXRF)

Dalga boyu dağılımlı spektrometreler enerji dağılımlılardan daha hassastırlar. [41].

Dalga boyu dağılımlı spektrometreler bir kristal ve bir dedektörden meydana gelen tek kanallı analizör olarak kullanılabilceği gibi birçok kristal ve dedektörden meydana gelen çok kanallı spektrometre olarak da kullanılabilir. Bu durumda elementler eş zamanlı olarak ölçülebilir.

Bir WDXRF spektrometre sistemi, X-ışını tüpü, numune tutucu, kolimatör, kristal, filtre ve dedektörden oluşur.

EDXRF spektrometresi, WDXRF spektrometresine nazaran iki önemli avantajlara sahiptirler. İlk avantajı numunede yayınlama spektrumunu aynı zamanda oluşturması ve göstermesidir. İkinci avantajı ise, mekanik olarak kullanım kolaylığıdır [34,41].

Bütün spektrometreler bir kaynak, numune ve sayım sisteminden oluşur. Kaynaktan bir numuneye ışın gönderilir ve numuneden gelen karakteristik X-Işını bir detektörle ölçülür. Çoğu durumlarda kaynak olarak bir X-ışını tüpü, radyoizotop kaynak veya hızlandırıcı kullanılır. Enerji dağılımlı sistemler (EDXRF) ile dalga boyu dağılımlı sistemler (WDXRF) arasındaki farklılık dedeksiyon sistemindedir.

EDXRF spektrometrelerinin dedeksiyon sistemi, numuneden gelen karakteristik X-Işınlarını enerjilerine göre kanallara yerleştirir. Bu ayrılma işlemi, dispersiyon olarak ifade edilir.

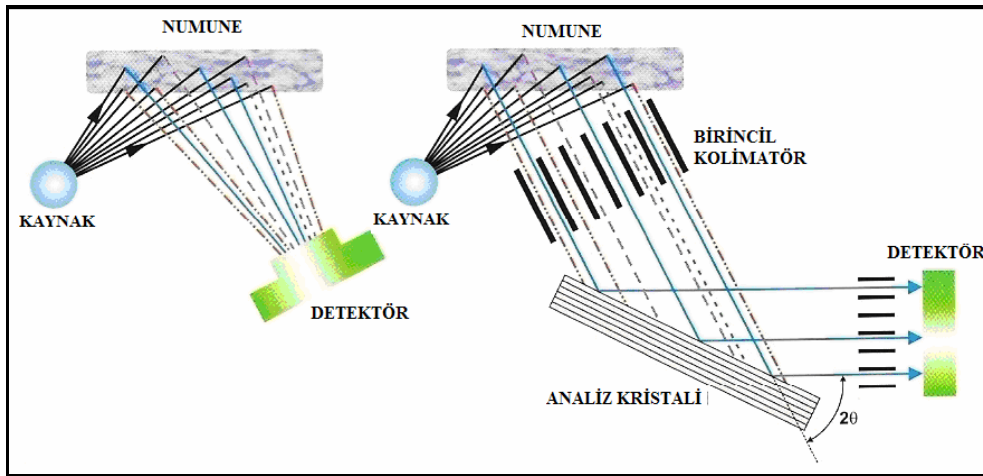
WDXRF spektrometreleri, farklı enerjileri dağınımını sağlamak için analiz kristali kullanır. Numuneden gelen karakteristik X-ışınları belirli açıda birbirine paralel olanlarını alabilmek için kolimatör seti kullanır. Numuneden yayımlanan paralel karakteristik X-ışınlar kristal üzerine belirli açıda düşürülerek dalga boylarına göre ayrılmaları sağlanır. Analiz kristali karakteristik X-ışınlarını enerjilerine göre belirli açılarda girişim maksimumu yapacak şekilde dağılmasını sağlar. Böylece karakteristik X-Işınlarının dalga boylarına göre çok hassas dağılması sağlanır.

Şekil 2.14'de EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin temel planları görülmektedir.

X-ışını floresans spektroskopisi çeşitleri X-ışını kaynağına göre de şöyle sınıflandırılabilir [42].

- a)Tüplü X-ışını floresans spektroskopisi
- b)Radyoizotop uyarmalı X-ışını spektroskopisi
- c)Sinkrotron ışınması X-ışını yayınımlı spektroskopisi (SRIXE)
- d)Parçacık hızlandırılmalı X-ışını yayınımlı (PIXE)





Şekil 2.14. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin temel planları [33].

## 2.10. X-Işını Floresans Uygulama Teknikleri

### 2.10.1. Nitel analiz (Kalitatif analiz)

Nitel analiz genel olarak numune içindeki elementleri belirlemek için kullanılır. Herhangi bir spektral analiz yönteminde olduğu gibi, bir grup spektral çizgi bir elementi temsil eder. X-ışınlarıyla tahribatsız analiz yapılırken sonuçlar nitel olarak ortaya çıkar.

Her bir element için elde edilen çizgi şiddetlerine karşılık gelen kanal numaraları belirlenir ve bu kanal numarası elementin enerjisine karşılık gelir. Sonunda elde edilen enerji-kanal numarası grafiğinin denklemi kalibrasyon denklemidir. Bu kalibrasyon denklemi  $y=mx+n$  şeklindedir. Burada  $m$  grafiğin eğimi,  $x$  kanal numarası ve  $y$  enerjiyi temsil etmektedir [38].

### 2.10.2. Nicel analiz (Kantitatif analiz)

Nicel analiz bir numunedeki elementlerin yüzde olarak oranının belirlenmesidir. Nicel analizlerde üç ana basamak vardır. İlk olarak analizi yapılacak olan numune hazırlanır. Daha sonra, analit uygun seviyelerde uyarılarak, yayınlanan floresans

ışınımının şiddeti ölçülür. Son olarak, ölçülen şiddet yüzde olarak elementel konsantrasyona dönüştürülür.

### 2.10.3. İstatistik analiz

Seramik ve kil numuneleri için WDXRF analizleri yapılarak, çeşitli kimyasal elementlerin konsantrasyon verileri elde edilmiştir. Bu verilere dayalı olarak, seramik ve kil numuneleri analizinde dikkate alınan 31 değişkene göre benzerlikleri/benzemezlikleri bakımından oluşturdukları kümelenme yapıları araştırılmıştır. Böylece, kimyasal yapısı bakımından birbirine benzeyen ve özellikle diğer seramik ve kil numunelerine oldukça benzemeyen numunelerin tespiti yapılmıştır.

Bu amaçla, istatistiksel kümeleme analizi bir yöntem olarak kullanılmıştır. Bu bağlamda, hiyerarşik kümeleme algoritması (HCA), uzaklık ölçüsü olarak Öklit uzaklık, kümelerin birleştirilmesi için ise tek bağlantı ve sadece bir durumda tam bağlantı yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Hiyerarşik kümeleme algoritması, başlangıçta her bir numuneyi kendi başına birer küme olarak alıp, adım adım birbirine en benzer numuneleri bir araya getirir. Böylece, küme sayıları azaltılarak, sonuçta bir kümeye indirger.

Gözlemlerin (numunelerin) benzerlerini bir araya getirirken, kullanılacak çeşitli benzerlik ya da uzaklık ölçüleri mevcuttur. Bunlardan bazıları Öklit uzaklık, Öklit kare uzaklık, Minkowski uzaklık gibi sıralanabilir. Bu çalışmada kullanılan Öklit uzaklık aşağıdaki gibi tanımlıdır.

$$\text{Öklit uzaklık} = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2}$$

$x_i$ , birinci gözlemin  $i$  nci değişken değerini;  $y_i$  ikinci gözlemin  $i$  nci değişken değerini;  $k$  ise değişken sayısını tanımlamaktadır.

Kümelerin birleştirilmesi yöntemi olarak kullanılan tek bağlantı yöntemi en yakın komşuluğa sahip kümeleri bir araya getirerek çalışan bir yöntemdir.

Analizler istatistik paket programı Minitab 15.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Her bir yapı katı ve mezarlık alanı için yapılan kümeleme analizlerinin sonuçları dendrogram grafikleri ve kümeleme planı (agglomeration schedule) tablosuyla özetlenmiştir. Dendrogram hiyerarşik küme yapılarını gösterirken, kümeleme planı tablosunda ise kümelerin oluşma adımları ile birlikte uzaklık ve benzerlik hesaplamaları yer almaktadır.



Beldesi'ne bağlı olan ve yaklaşık 10–15 haneden oluşan modern Aşağı Salat Mahallesi yer almaktadır. Dicle Nehrinin kıyısında bulunan hyk, Salat ayı ile Dicle Nehri'nin birbirine kavuştuğu noktanın yaklaşık 2 km doğusunda yer almaktadır.

Bu bölge, Yukarı Mezopotamya'da, Güneydoğu Toroslar ile Mardin Dağları arasında kalan, Dicle Nehri ve kolları tarafından beslenen hafif engebeli ve geniş bir coğrafi alandır. Diyarbakır ile Batman arasında batıdan doğuya doğru akan Dicle Nehri'nin bu kesimdeki havzası deniz seviyesinden yaklaşık 500 m yüksekliktedir. Aşağı Salat Höyüğü, Dicle Nehri'nin kuzey kıyısında yer alan, nehir taşkınları nedeniyle güney kesimi aşırı derecede tahrip olmuş doğu, batı ve kuzey sınırları ise Salat ayı'nın ağlar boyunca oluşturduğu yoğun alüvyal dolgu nedeniyle belirsiz hale gelmiş olan 150 X 100 m boyutlarında bir hyktr. Aşağı Salat Höyüğü Dicle Nehri ve Salat ayı'nın taşkın alanı içerisinde oluşu ve üzerine köy evlerinin kurulu oluşu nedeniyle sadece hafif bir yükselti görünümündedir. Resim 3.1'de Aşağı Salat Höyüğü ve Dicle Nehri görülmektedir [43].



Resim 3.1. Aşağı Salat Höyüğü ve Dicle Nehri [43].

Resim 3.2'de Aşağı Salat Höyüğü ve Dicle Nehri'nin doğudan görünümü gösterilmiştir ve Resim 3.3'de ise Aşağı Salat Höyüğü'nn güney kesiti gösterilmiştir.



Resim 3.2. Aşağı Salat Höyüğü ve Dicle Nehri'nin doğudan görünümü [43].



Resim 3.3. Aşağı Salat Höyüğü'nün güney kesiti [43].

Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü'nde yapılan kazı çalışmalarında çeşitli dönemlere ait seramikler ele geçirilmiştir ve her bir yapı katı, o tabakadan çıkarılan malzemeler yardımıyla tarihlendirilmiştir .

Höyüğün en yüksek kesimlerinden biri oluşu nedeniyle seçilen alanda, yerleşim stratigrafisini anlamaya yönelik yapılan 2000 yılı çalışmalarında 3 yapı katı tespit edilmiştir. 2001 yılında gerçekleştirilen kazı çalışmaları sonucunda ise ana toprak seviyesine kadar inilmiş ve 6 yapı katı daha açığa çıkarılmıştır. Böylece ana toprak

seviyesini oluşturan nehir sekisi üzerinden modern yerleşmenin altındaki en üst tabakaya kadar yaklaşık 4 m.lik kültür toprağında toplam dokuz mimari tabaka tespit edilmiştir [43].

Aşağı Salat Höyüğü'nde yürütülen çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılan 1. yapı katı, doğu-batı doğrultusunda uzanan, tek sıradan oluşan ve çamur blokaj tekniğinde yapılmış kerpiç bir duvarla temsil edilmektedir. Bu tabakada ele geçen malzeme Ortaçağ özellikleri göstermektedir. Bu yapı katından dört adet seramik örneği tarafımdan incelenmiştir.

Orta Çağ, birçok siyasi, sosyal, ekonomik ve dini olayların meydana geldiği, insanlık tarihine yön veren kültür ve medeniyetlerin meydana getirildiği geniş bir zaman dilimini kapsamaktadır [44]. Orta Çağ, 375 yılı Kavimler Göçü ile başlayan 1453 yılında İstanbul'un Fethine kadar geçen döneme verilen addır.

1.Yapı katında olduğu gibi 2.yapı katından çıkarılan malzemelerin de Orta Çağ'a ait olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Aşağı Salat'ın bu kesiminde bulunmuş olan iki iskelet o dönemde bu bölgenin mezarlık alanı olarak kullanılmış olduğunu akla getirmektedir [43]. 2. yapı katına ait seramik örneklerinden on adeti, tarafımdan incelenmiştir.

3. Yapı katına ait herhangi bir duvar kalıntısı ele geçmemiştir. 3.yapı katından çıkarılan malzemelerin Orta Asur dönemine ait olması beklenmektedir. Bu yapı katı seramiklerinden sekiz adeti incelenmiştir.

Orta Asur Çağ'ı M.Ö.1500 ile 1000 yılları arasında uzun süre devam eden bir dönemdir. Asur'un siyasi ve kültürel bakımdan hayli değişik bir çağıdır. Bu dönemin en büyük özelliği, gelenek halinde yürürlükte olan hukuki esasların, M.Ö 1100 yıllarında bir hukuk kitabı halinde derlenmesidir [45].

4.Yapı katı kuzey-güney doğrultusunda uzanan geniş, kerpiç bir blokaj duvardan oluşan bir yapı ile temsil edilmektedir.Bu yapı katından çıkarılan malzemeler Erken Tunç Çağı'na aittir [43]. 4.yapı katına ait seramiklerin sekiz tanesi, tarafımdan incelenmiştir.

Anadolu'da ve Trakya'da yaklaşık M.Ö.3000-2000 yılları arasında tarihlendirilen Erken Tunç Çağı, genel karakteri ile üzerinde tapınak ve idari binaların da bulunduğu bağımsız şehir devletlerinden oluşan bir dönemi kapsar. Sosyal,dinsel ve teknolojik değişime tanıklık eder. Bu dönem önceki çağların tarım, hayvancılık, çömlekçilik gibi buluşlarına daha güçlü silahların üretilmesine, daha ince süs eşyalarının yapılmasına olanak veren bakır ve kalay alaşımı olan tuncun keşfini eklemiştir. Bakırın kalay ile karıştırılarak tuncun elde edilmesi dönemin madenciliği açısından önemli bir gelişmedir. Bu dönemde altın ve gümüş gibi değerli madenlerden yapılmış gömü hediyeleri içeren mezarlıklar toplumsal değişkenliğin kanıtıdır. Bu dönemde ayrıca ticaret de gelişmiştir. Ege, Orta Doğu ve Balkanları kapsayan geniş bir ticaret ağı kurulmuştur [46].

5. Yapı katı, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan toplama taşlardan oluşturulmuş bir duvar ve bu duvarla kesişen, kuzey-güney yönünde uzanan tek sıralı dağınık durumdaki bir duvar ile tanımlanmaktadır.Bu yapı katından çıkarılan malzemelerin Erken Tunç Çağı'nın başlarına ait olduğu düşünülmektedir [43]. 5. yapı katından beş adet seramik örneği, tarafımdan incelenmiştir.

6.Yapı katını düzgün taş temelli bir yapı kalıntısı karakterize etmektedir. Bu yapı katından elde edilen malzemelerin Geç Kalkolitik Dönem'den Erken Tunç Çağı'na geçiş evresi dönemine ait olduğu sanılmaktadır. Bu dönem M.Ö.3200 yılları dolaylarında olabilir. Bu dönem köy kültüründen kent kültürüne geçiş evresini gösterir. 6.yapı katından yedi adet seramik örneği, tarafımdan incelenmiştir.

7. Yapı katı, kuzeybatı güneydoğu doğrultusunda uzanan, orta boy toplama dere taşlarından yapılmış bir temel kalıntısından oluşmaktadır. Bu yapı katından çıkarılan



malzemeler Kalkolitik Dönem'e aittir. Bu yapı katına ait seramik örneklerinden sekiz adedi, tarafımdan incelenmiştir.

Adını taşın yanı sıra bakırın kullanımından da alan Kalkolitik Çağ, kültür tarihinde ilk ön kent kültürlerinin başladığı dönemdir. M.Ö.5000-3000 yılları arasında tarihlenen bu çağda tarım ve hayvancılık, insanın sosyal yapısındaki değişimleri çabuklaştırmıştır. Köy kültürünün görüldüğü dönemdir.

8.Yapı katı , 7.yapı katının yaklaşık 30 cm altında açığa çıkarılan ve döküntü olduğu anlaşılan orta boy birkaç toplama taş ve açmanın orta kesiminde yaklaşık 60 cm derinliğindeki çöp çukuru ile temsil edilmektedir [43]. 8.yapı katından elde edilen malzemeler Ubeyd Dönemi'ne aittir. 8.yapı katına ait seramik örneklerinden on bir adedi , tarafımdan incelenmiştir.

Ubeyd Dönemi M.Ö.5500-4000 yılları ile tarihlendirilir. Mezopotamya'da ortaya çıkmış ve geniş bir alana yayılmış bir kültürdür. Ubeyd kültürü, bugünkü anlamda kent dediğimiz oluşumların bir tür ön hazırlık evresi içerdiği için kentleşmenin temelini oluşturur. İnsanlık tarihinde tarıma geçişin bir devrimidir. Ayrıca bu kültürde mühür sanatı özel bir yere sahiptir.

9.Yapı katı, 8. yapı katı ile ana toprak seviyesi arasında, çanak çömlek parçaları, çakmaktaşı ve obsidyen alet ve yongaları haricinde taban ve benzeri mimari unsurlara rastlanmayan 80 cm kalınlığında bir kültür dolgusundan oluşmaktadır.Bu yapı katından çıkarılan malzemeler Halaf Dönemi'ne aittir. Bu yapı katından olan on adet seramik örneği, tarafımdan incelenmiştir.

Halaf kültürü M.Ö.6000 dolaylarında Mezopotamya'da öne çıkan bir kültürdür. Halaf Dönemi'nde insanlar dikdörtgen ve çok odalı evleri terk ederek yuvarlak kulubelerde yaşamaya başlamışlardır. Halaf kültürünün en göze çarpan özelliği iki gözlü fırınlarda pişirilmiş zarif desenli seramiklerdir. Hem Ubeyd kültürü hem de Halaf kültüründe köy yerleşimi hakimdir.

Bu çalışmada Aşağı Salat Höyüğü mezarlık alanından çıkarılan seramikler de incelenmiştir. Bu seramikler toprak renginde ve görüntü olarak birbirlerine çok benzeyen çanak çömlek parçalarıdır. On adet mezarlık alanına ait seramik örneği, tarafımdan incelenmiştir.

Aşağı Salat Höyüğü mezarları gerek mimari özellikleri, gerek ölü gömme adetleri gerekse mezar buluntuları açısından benzer özellikler gösteren aynı dönem mezarlarıdır. Tamamı sanduka mezar geleneği içerisinde değerlendirilebilecek bu taş kapaklı mezarlar farklı mimari özelliklere sahiptir.



Resim 3.4. Mezarlık alanı.

Kazı bölgelerinden ele geçirilen her bir yapı katına ve mezarlık alanına ait seramik numunelerinin kodları Çizelge 3.1’de, yapı katlarının tarihlendirilmiş muhtemel dönemleri Çizelge 3.2’de ve kil numunelerinin nereden alındıkları ve kodları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.1.Yapı katları ve numuneler

Yapı Katları	Numuneler
1.Yapı katı	0002-2, 0002-4, 0002-5, 0002-6
2.Yapı katı	0001-2, 0004-5, 0006-9, 0006-20, 0006-21, 0006-22, 0007-5, 0007-7, 0007-19, 0010-3
3.Yapı katı	0012-1, 0015-20, 0015-3, 0017-2, 0017-3, 0018-1, 0015-4, 0018-2
4.Yapı katı	1007-20, 1007-4,1007-5, 1012-20, 1012-21, 1025-1, 1026-C,1034-20
5.Yapı katı	1032-2, 1032-3, 1038-1, 1038-2, 1038-4
6.Yapı katı	1042-5, 1048-4, 1064-1, 1065-21, 1071-21, 1078-1, 1078-20
7.Yapı katı	1083-1, 1083-11, 1083-3, 1083-4, 1083-48, 1086-20, 1086-5, 1086-A
8.Yapı katı	1097-1, 1097-2, 1097-3, 1107-12, 1107-3, 1107-5, 1102-1, 1102-2, 1104-3, 1104-5, 1110-1
9.Yapı katı	1113-1, 1113-3, 1113-4, 1117-1, 1117-6, 1108-11, 1108-8, 1118-A, 1111-1, 1111-A
Mezarlık alanı	Mez 9b, Mez 17, Mez 50, Mez 8-1, Mez 10, Mez 16-3, Mez 23, Mez M/31-2, Mez 14-1, Mez 9

Çizelge 3.2. Yapı katları ve tarihlendirilmiş muhtemel dönemler

Yapı Katları	Tarihlendirilmiş Muhtemel Dönem
1.Yapı katı	Orta Çağ
2.Yapı katı	Orta Çağ
3.Yapı katı	Orta Asur
4.Yapı katı	Erken Tunç Çağı
5.Yapı katı	Erken Tunç Çağı başları
6.Yapı katı	Geç Kalkolitik Dönem'den Erken Tunç Çağı'na geçiş evresi
7.Yapı katı	Kalkolitik Dönem
8.Yapı katı	Ubeyd Dönemi
9.Yapı katı	Halaf Dönemi

Çizelge 3.3. Kil numunelerinin kodları

Killerin alındıkları yerler	Kodları
Aşağı Salat Dicle Nehrinin yanı	KİL 1
Salat Tepe'ye 5 km uzaklıkta Bismil yolunda, göl kenarı	KİL 2
Salat Tepe'ye 5 km uzaklıkta Bismil yolunda göl kenarı	KİL 3
Salat Tepe'ye 5 km uzaklıkta Bismil yolunda göl kenarı	KİL 4
Dicle Nehri'nin yanı	KİL 5
Köprü Üstü Salat Tepe'ye 3 km uzaklıkta Bismil yolu	KİL 6

### 3.2. Numunelerin Hazırlanması

Kazı bölgelerinden elde edilen 81 adet seramik numunesi ve 6 adet kil numunesi homojenlik kazanması ve aynı partikül büyüklüğüne sahip olması için ilk olarak Spex markalı değirmen ile birkaç dakika süre ile öğütülmüştür ve numuneler toz halini almıştır. Resim 3.5'de değirmen ve değirmenin çelik hazneleri ve bilyeleri gösterilmiştir.



Resim 3.5. Spex markalı değirmen ve çelik hazneler.

Toz haline gelen numunelerin hepsi ayrı ayrı 5 gram ağırlığında olacak şekilde 15 ton/cm<sup>2</sup> basınçla preslenerek pelet haline getirilmiştir. Resim 3.6'de pres ve dye takımı gösterilmiştir.



Resim 3.6. Pres ve dye takımı.

Pelet haline getirilmiş 81 adet seramik numunesine ve 6 adet kil örneğine dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi (WDXRF) kullanılarak kantitatif analizleri yapılmıştır.

### 3.3. Deney Sistemi

XRF analizleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde bulunan X-ışınları laboratuvarında yapılmıştır. SANAEM laboratuvarları kullanılan 11 adet deney metodu ile TÜRKAK tarafından 4 Mayıs 2009' da akredite olmuştur. Kullanılan sistem Philips- Axios marka dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresidir.

#### 3.3.1. Dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi

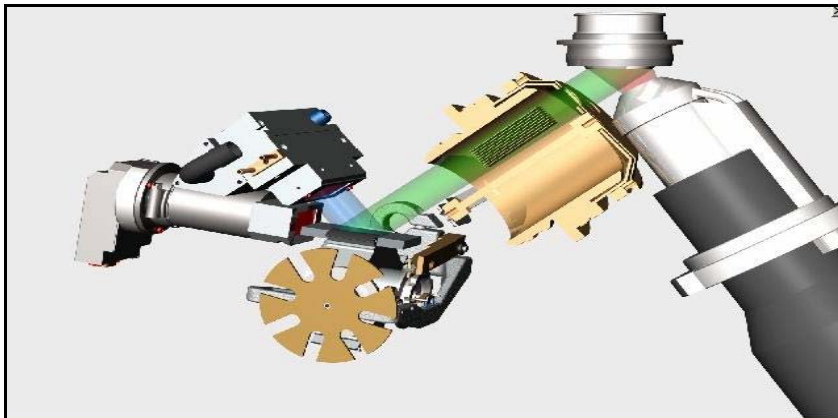
Kullanılan dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi sistemi, bir X-ışını tüpü, bir numune tutucu, bir birincil kolimatör, kristal ve iki dedektörden oluşur. Kolimatör seti ve bir kırılma kristali, gelen karakteristik ışınları dalga boylarına göre ayırabilmek için kullanılır. Kırılan ışınlar farklı doğrultularda yayılacaklarından belirli açılarda yerleştirilen dedektörler, belirli doğrultularda yayımlanan karakteristik ışınlarının ölçümlerini yapar. Kullandığımız sistemde iki dedektör bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi sintilasyon dedektörü, diğeri ise gaz akış dedektördür.

Sintilasyon dedektörü yüksek enerjili X-ışınları için kullanılır. Atom numarası 28'den daha büyük olan elementler için kullanılmaktadır. Gaz akış dedektörü, düşük enerjili X-ışınları için kullanılır. Yani atom numarası 28 ve daha küçük olan elementler için kullanılmaktadır. Gaz akış dedektörün içinde % 90 Argon ve % 10 CH4 karışımından oluşan P10 gazı bulunur.

Kolimatör, kristal üzerine tam olarak istenilen açıyla gelen paralel bir X-ışını demeti elde etmek için kullanılır. Birincil kolimatör numune ile kristal arasına yerleşmiştir. Kristaller enerjileri Bragg yasasına göre ayırmak için kullanılmıştır. Bragg yasası  $2d\sin\theta=n\lambda$  ile bilinir. WDXRF spektrometresinde kullanılan kristallerin isimleri LiF220, PE002-C, PX1, PX10, GE111-C, PX5 dir. Bu spektrometredeki X-ışını tüpü Rh hedefli X-ışını tüpüdür.

Şekil 3.1'de WDXRF spektrometresi sistemi gösterilmiştir ve Resim 3.7'de Axios WDXRF spektrometresi görülmektedir.

Dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresinde numunelerin analizleri iki program ile yapılmıştır. Majör element analizi için IQ+ programı ve eser element analizi için Pro -Trace programı kullanılmıştır.



Şekil 3.1. WDXRF spektrometresi sistemi

Pro-Trace programı toprak ve toz halindeki numunelerdeki Berilyum'dan Uranyum'a kadar olan tüm elementlerin analizi için kullanılan programdır. Eser element

analizinde kullanılır ve ölçümler doğru sonuçlar verir. Pro-Trace kalibrasyon standartları Çizelge 3.4’de verilmiştir.

IQ+ programı majör element analizinde kullanılan programdır. Katı, sıvı ve toz halindeki numunelerin standartsız kantitataif analizini yapar. IQ+ programında analizler Flor’dan Uranyum’a kadar olan elementleri kapsamaktadır.

IQ+ da kullanılan standartlar 15 adettir. Çizelge 3.5’de kullanılan standartlar verilmiştir.



Resim 3.7. Philips - Axios WDXRF spektrometresi

Çizelge 3.4. Pro-Trace programına ait kalibrasyon standartları

Standart Numuneler	Elementler
Trace-001&008	Sc, Zn, Cd, Sm, Pb, U
Trace-002&009	Ti, Ni, Mo, Sb, Ce, Bi
Trace-003&010	V, Cu, As, Rb, Nb, Te

Çizelge 3.4. (Devam) Pro-Trace programına ait kalibrasyon standartları

Trace-004&011	Cr, Ge, Br, Zn, Sn, La
Trace-005&012	Mn, Sr, Ba, Ta, Tl,
Trace-006&013	Co, Ga, I, Nd, W, Th
Trace-007&014	Se, Y, Ag, Cs, Yb, Hf
Trace-015&016	Hg

Çizelge 3.5. IQ+ programına ait standartlar

Standart numuneler	Elementler
A	Ga, Nd, Cs, Mg
B	Na, Cl, S, Y
C	Cr, U, Pd, Pt, Sn, Sm
D	Ge, Mo, Br, La
E	Al, Pr, Ta, Zr, K
F	Fe, P, Si, Zn, Ca, Sr
G	In, Nb, Ti, W, Bi
H	Ce, Co, Hf, Yb
I	Hg, Ni, Te,
J	F, Ba
K	Ag, As
L	Cd, Cu, Tl
M	V, Pb, I
N	Se, Sb
O	Rb, Mn, Si



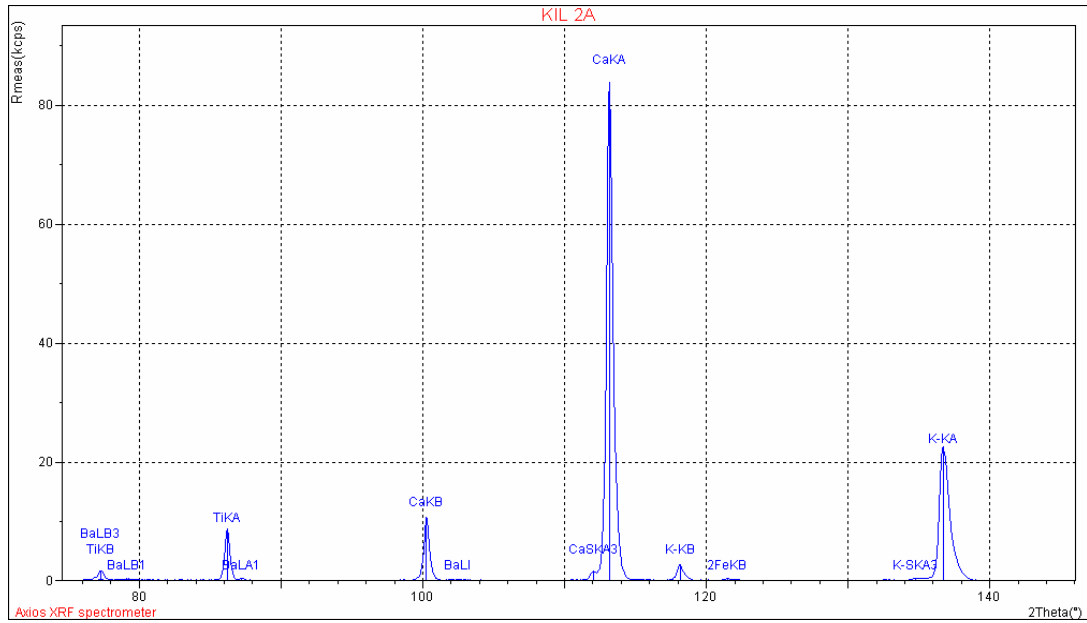
## 4. ANALİZLER

### 4.1. Diyarbakır-Bismil Aşağı Salat Höyüğü Seramik Numunelerinin Analizi

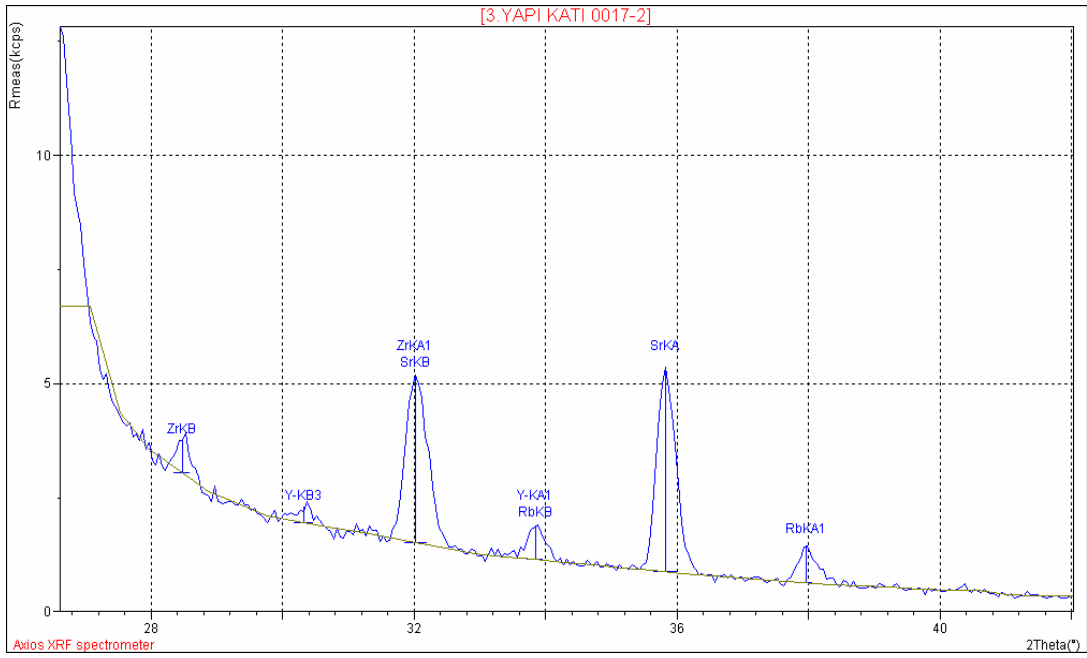
Diyarbakır ili Bismil ilçesi Aşağı Salat Höyüğü kazı bölgesinde yapılan kazı çalışmaları sonucu ele geçen 81 adet seramik örneği analiz edilmiştir. Bunlardan 10 adedi mezarlık alanına aittir. Bölgeye ait tüm numuneler iznlidir. Numuneler öğütüldükten sonra 31 mm çaplı pelet haline getirilmiştir ve her birine kantitatif analiz uygulanmıştır.

Dicle Nehri'nin yanından ve Bismil yolunda göl kenarının çeşitli yerlerinden alınan 6 adet kil örneği analiz edilmiştir. Bu kil numuneleri öğütülüp 31 mm çaplı pelet haline getirildikten sonra her birine kantitatif analiz uygulanmıştır.

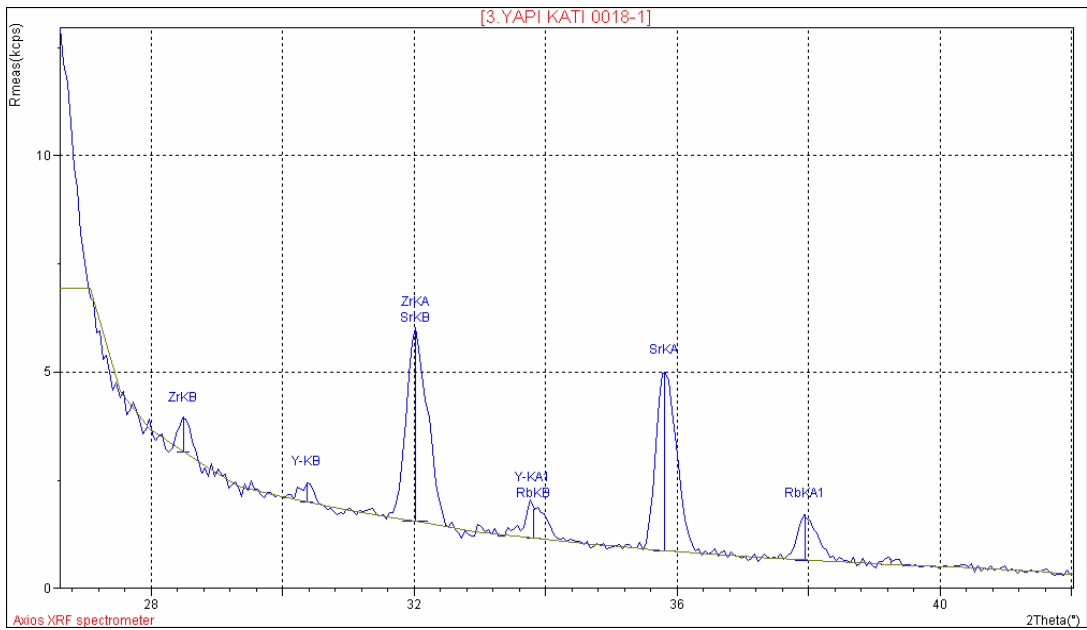
Aşağı Salat Höyüğü kazı bölgesinden alınan numunelerden KİL 2, 3.yapı katından 0017-2 ve 0018-1 kodlu örneklerin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumları Şekil 4.1, 4.2, ve 4.3'de sırasıyla verilmiştir.



Şekil 4.1. KİL 2 kodlu örneğin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumu.



Şekil 4.2. 0017-2 kodlu örneğin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumu



Şekil 4.3. 0018-1 kodlu örneğin WDXRF spektrometresi ile alınmış spektrumu.

Çizelge 4.1'de kil örneklerinin majör element ve eser element analiz sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. Kil örneklerinin majör element ve eser element analiz sonuçları

		KİL 1	KİL 2	KİL 3	KİL 4	KİL 5	KİL 6
(%)	Na <sub>2</sub> O	1,02	1,655	1,09	0,885	0,99	0,845
	MgO	5,215	4,455	4,35	4,785	5,455	5,355
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,57	16,37	16,65	17,665	15,04	16,605
	SiO <sub>2</sub>	52,325	57,33	57,68	60,37	50,61	49,925
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3	0,3	0,235	0,22	0,24	0,115
	SO <sub>3</sub>	0,22	0,225	0,1	0,075	0,1	0,025
	K <sub>2</sub> O	1,865	2,035	1,925	1,88	2,39	1,275
	CaO	12,89	8,685	9,44	5,46	15,155	16,63
	TiO <sub>2</sub>	1,14	0,945	0,97	0,895	1,08	0,95
	MnO	0,135	0,16	0,13	0,16	0,2	0,125
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,955	7,255	7,215	7,38	8,465	7,975
ppm	Sc	21,15	15,15	17,25	15,4	20,4	22,4
	V	140,8	104,95	106,75	127,75	132,45	152,95
	Cr	547,6	180,55	167,95	162,85	365,8	179,1
	Co	29,6	17,4	17,1	19,85	28,15	18,25
	Ni	133,75	79,45	80,15	74,3	185,4	70,6
	Cu	82,8	29,15	27,75	31,55	34,6	32,95
	Zn	83,75	66	61,65	63,8	74,65	58,2
	Ga	12,0	12,15	12,25	12,8	12	10,55
	As	7,6	3,7	6,05	8,7	6,9	7,05
	Rb	46,2	55,45	55,95	58,35	44,65	32,95
	Sr	192,8	146,95	145,1	121,95	240,95	207,6
	Y	27,85	25,95	24,25	25,7	23,5	20,7
	Zr	380,65	207,25	199,8	189,1	165,95	139,05
	Nb	13,6	11,5	11,5	10,95	11,3	7,1
	Ba	268,05	305,9	297,95	325,5	230,3	236,05
	La	27,2	28	22,2	30,9	20,9	11,9
	Ce	41,8	36,65	53,95	49,8	41,3	25,0
	Nd	21,3	18,25	24,6	21,65	15,7	12,95
Pb	12,15	11,95	11,95	11,8	12,6	7,4	
Th	9,65	8,05	8,5	8,55	6,55	5,9	
U	2,15	2,1	1,75	1,3	2,45	2,0	

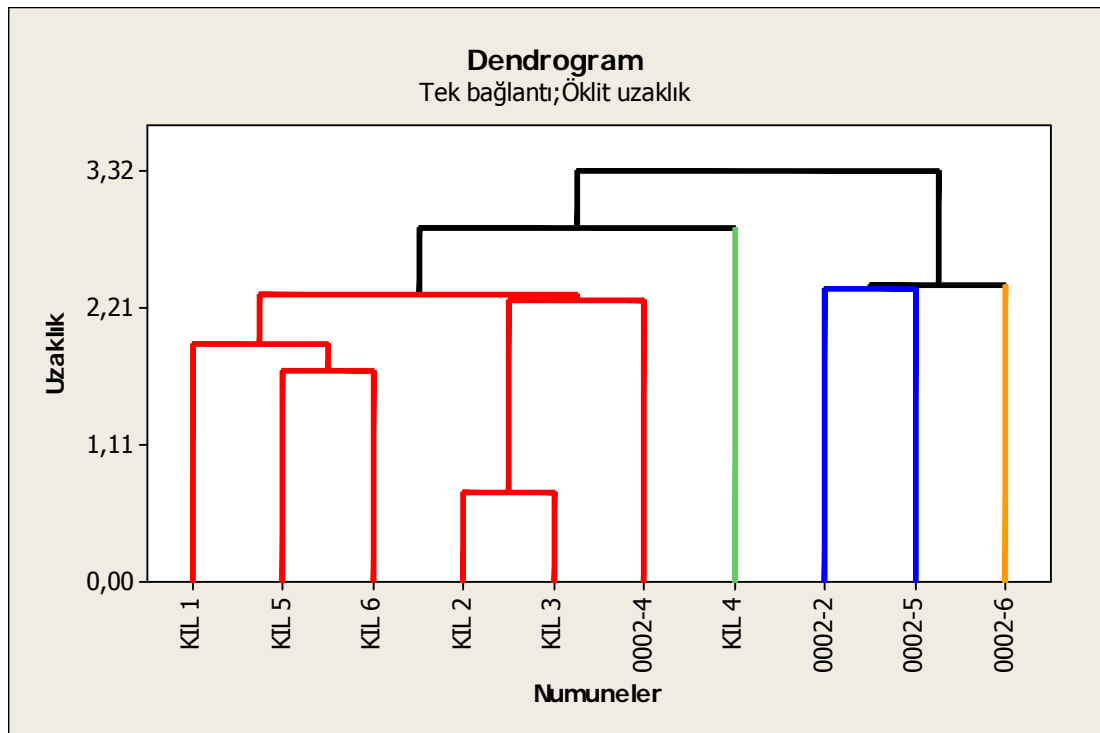
#### 4.1.1. 1.Yapı katı analizi

Çizelge 4.2’de Aşağı Salat Höyüğü’nün 1.yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları verilmiştir, Şekil 4.4’de bu sonuçların kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları ile bir arada kullanılarak çıkarılan dendrogram grafiği bulunmaktadır ve Çizelge 4.3’de kümelenme planı

gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. 1.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		0002-2	0002-5	0002-6	0002-4
%	Na <sub>2</sub> O	0,75	1,223	1,36	1,215
	MgO	6,15	4,595	7,41	4,82
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,49	13,151	14,56	15,581
	SiO <sub>2</sub>	46,23	47,417	47,63	54,339
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,42	0,406	0,28	0,413
	SO <sub>3</sub>	0,16	0,269	0,12	0,157
	K <sub>2</sub> O	3,49	1,767	2,10	2,816
	CaO	18,22	20,044	22,99	10,178
	TiO <sub>2</sub>	1,08	1,046	1,06	1,081
	MnO	0,14	0,177	0,20	0,145
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,55	9,516	9,25	8,942
ppm	Sc	29,7	25,2	25,7	19,8
	V	147,0	128,0	119,0	143,0
	Cr	265,0	325,0	190,0	410
	Co	31,6	29,2	24,7	27,9
	Ni	167,0	221,0	164,7	206,6
	Cu	43,7	41,4	27,6	41,3
	Zn	99,2	92,0	103,4	95,6
	Ga	13,4	12,5	14,9	14,6
	As	9,2	11,4	10,0	8,2
	Rb	51,2	43,8	75,2	58,7
	Sr	244,3	324,1	195,0	215,0
	Y	24,8	24,0	28,4	28,2
	Zr	138,0	140,0	181,0	181,0
	Nb	15,2	11,2	16,5	14,0
	Sn	3,8	2,6	5,4	4,3
	Ba	347,4	261,0	288,0	420,0
	La	20,6	18,0	35,3	23,2
	Ce	39,3	22,0	50,9	37,2
	Nd	24,5	13,8	23,9	19,4
	Pb	15,2	16,7	12,0	16,6
Th	6,0	6,2	12,1	8,4	
U	2,8	0	0	0	



Şekil 4.4. 1.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.3. 1.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümeleme planı

Adım	Küme sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni gözlem sayısı	kümelerin sayısı
1	9	94,4713	0,72940	2 3	2	2	2
2	8	87,0980	1,70217	5 6	5	2	2
3	7	85,4825	1,91530	1 5	1	3	3
4	6	82,8208	2,26646	2 10	2	3	3
5	5	82,4626	2,31372	1 2	1	6	6
6	4	82,0201	2,37210	7 8	7	2	2
7	3	81,8356	2,39644	7 9	7	3	3
8	2	78,3030	2,86250	1 4	1	7	7
9	1	74,8547	3,31744	1 7	1	10	10

Yapı katlarına ait numunelerin analiz sonuçları kullanılarak, bu numunelerin benzerliklerine göre nasıl küme yapıları oluşturduğu araştırılmıştır. Bu amaçla 1. Yapı katı için kümeleme analizi öklit uzaklık ve tek bağlantı yöntemlerini kullanarak hiyerarşik kümeleme algoritması ile gerçekleştirilmiştir. 1.Yapı katına ait numunelerin analiz sonuçları kullanılarak elde edilen dendrogram grafiğine bakıldığında, KİL 1, KİL 5, KİL 6 bir grup , KİL 2, KİL 3 ve 0002-4 kodlu numune başka bir grup oluşturmuştur ve bu numunelerin hepsi bir kümedir.0002-2 kodlu

numune ile 0002-5 kodlu numune bir küme oluşturmaktadır. KİL 4 ve 0002-6 kodlu numuneler bu yapı katında diğer tüm numunelerden ayrı özellik göstererek hiçbir gruba dahil değildirler.

Kümelenme planı tablosunda ise hiyerarşik kümeleme algoritmasının yapısı gereği her bir numunenin kendi başına bir küme olarak tanımlanıp, adım adım birleştirmeler yoluyla küme yapılarının nasıl oluştuğu ve kümeler oluşturulurken hesaplanan benzerlik düzeyi ve uzaklık düzeyleri yer almaktadır. Dendogramda dikey ekseninde yer alan uzaklık değerleri, kümelenme planındaki bu uzaklık düzeyi değerleridir. Uzaklık düzeyi değeri ne kadar küçük ise benzerlik düzeyi değeri o kadar büyüktür. Örneğin birinci adımda 0,7294 ile en düşük öklit uzaklığına sahip KİL 2 ve KİL 3 bir araya gelerek bir küme oluşturmaktadır. Bu küme benzerlik düzeyi en fazla olan kümedir.

#### **4.1.2. 2.Yapı katı analizi**

Çizelge 4.4'de Aşağı Salat Höyüğü 2.yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları verilmiştir. Şekil 4.5'da bu yapı katının numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kil örneklerinin analiz sonuçları ile birlikte kullanılarak elde edilen dendrogram grafiği görülmektedir ve Çizelge 4.5'de kümelenme planı verilmektedir.

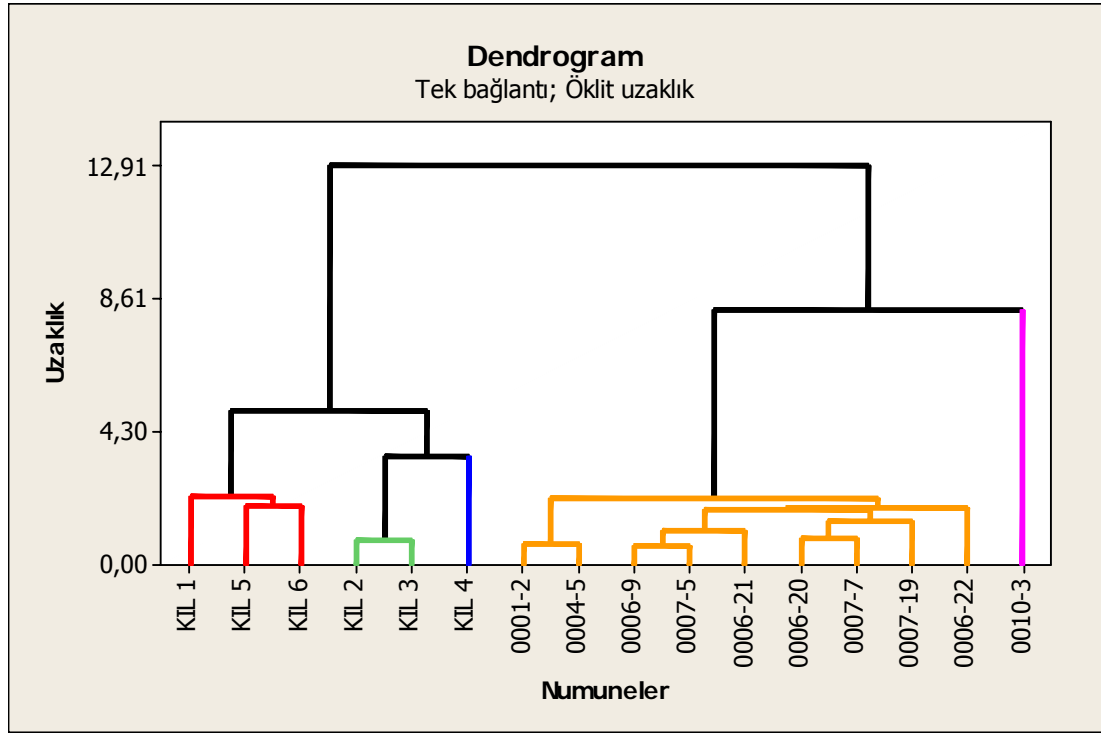
Çizelge 4.4. 2.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		0001-2	0004-5	0006-9	0006-20	0006-21	0006-22	0007-5	0007-7	0007-19	0010-3
(%)	Na <sub>2</sub> O	1,61	1,36	1,36	0,94	1,90	1,17	1,78	1,03	1,11	1,10
	MgO	6,93	5,15	5,15	4,95	4,33	4,92	4,68	4,03	4,64	2,45
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,92	15,03	15,03	15,16	14,19	15,67	14,66	15,67	15,21	24,02
	SiO <sub>2</sub>	46,74	50,20	50,20	53,33	49,99	54,60	50,44	54,15	52,08	56,29
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,49	0,32	0,32	0,31	0,55	0,42	0,37	0,30	0,39	0,17
	SO <sub>3</sub>	0,22	0,14	0,14	0,11	0,10	0,17	0,14	0,14	0,17	0,13
	K <sub>2</sub> O	1,81	1,93	1,93	2,95	1,95	2,81	2,33	2,46	2,35	4,79
	CaO	17,38	16,09	16,09	12,09	17,08	10,12	15,74	12,25	14,08	0,99
	TiO <sub>2</sub>	0,96	0,93	0,93	1,06	1,23	0,97	0,98	1,02	0,99	0,95
	MnO	0,19	0,19	0,19	0,15	0,17	0,14	0,16	0,15	0,18	0,05
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,39	8,37	8,37	8,61	8,23	8,66	8,27	8,48	8,42	8,77
ppm	Sc	21,4	22,5	24,3	18,8	24,3	22,5	24,2	21,8	22,4	17,5
	V	108,7	132,6	132,9	138,9	132,2	156,4	126,9	134,7	136,8	170,0
	Cr	203,0	211,5	282,4	360,5	176,0	492,7	222,5	285,9	261,4	125,2
	Co	24,3	27,2	26,8	27,4	24,1	38,5	24,6	26,9	26,3	21,1
	Ni	169,5	169,5	172,5	184,3	110,2	283,8	148,7	143,6	161,7	70,9
	Cu	25,9	34,7	48,5	50,0	18,1	586,6	38,2	37,1	38,4	50,7
	Zn	92,9	101,1	94,4	90,9	85,5	109,3	90,3	87,3	90,5	221,4
	Ga	16,0	16,3	13,8	12,5	14,9	10,4	14,1	14,6	14,3	26,9
	As	7,7	13,2	7,9	8,1	6,3	101,9	6,7	10,0	11,8	10,3
	Rb	83,4	74,5	56,7	45,9	59,9	67,2	66,9	65,1	59,4	178,5
	Sr	209,5	153,7	289,6	191,5	210,5	232,0	285,8	182,5	282,6	161,6
	Y	30,9	32,8	26,3	24,1	31,4	48,4	29,0	30,1	26,1	53,5
	Zr	193,3	209,6	162,8	179,3	213,4	195,9	182,4	195,5	170,3	199,9
Nb	17,4	19,3	12,2	13,0	15,3	11,8	14,0	13,9	13,0	19,4	

Çizelge 4.4.(Devam) 2.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Sn	18,9	9,8	6,3	5,5	5,5	11,6	5,2	5,3	3,3	8,3
Ba	314,3	369,9	291,0	240,7	345,2	326,0	380,7	387,9	327,7	748,9
La	34,7	32,7	30,3	18,5	30,5	18,8	27,7	24,5	20,2	52,8
Ce	53,4	54,8	43,8	38,5	54,1	62,8	47,2	59,7	43,8	94,0
Nd	27,0	27,1	19,4	21,1	24,1	27,1	20,6	25,8	18,1	43,3
Pb	10,3	31,0	14,7	14,1	4,4	9257,2	56,7	135,7	15,8	53,6
Th	14,5	16,2	6,8	7,5	10,6	0	7,8	9,7	7,4	22,3
U	2,7	2,5	3,5	0	3,3	0	0	2,4	0	6,2





Şekil 4.5. 2.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.5. 2.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelene planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	15	97,4610	0,6388	9 13	9	2
2	14	97,4084	0,6520	7 8	7	2
3	13	96,8612	0,7897	2 3	2	2
4	12	96,6274	0,8485	10 14	10	2
5	11	95,7080	1,0798	9 11	9	3
6	10	94,2751	1,4403	10 15	10	3
7	9	92,9883	1,7641	9 10	9	6
8	8	92,7628	1,8208	9 12	9	7
9	7	92,4024	1,9115	5 6	5	2
10	6	91,4074	2,1618	7 9	7	9
11	5	91,1821	2,2185	1 5	1	3
12	4	86,1446	3,4858	2 4	2	3
13	3	80,0925	5,0085	1 2	1	6
14	2	67,0964	8,2782	7 16	7	10
15	1	48,6690	12,9143	1 7	1	16

Aynı döneme ve aynı yapı katına ait olan örneklerin dendrogram grafiği dikkate alındığında KİL 1, KİL 5 ve KİL 6 bir grup oluşturmaktadır. Aynı şekilde KİL 2 ve KİL 3 diğer bir grubu oluşturmaktadır. 0001-2,0004-5, 0006-9, 0007-5, 0006-21, 0006-20, 0007-7, 0007-19, 0006-22 kodlu numunelerin hepsi bir kümedir. 2. yapı katından alınan numunelerden sadece 0010-3 kodlu numune diğer tüm numunelerden ayrı özellik göstererek hiçbir gruba dahil değildir. Kil numunelerinden ise KİL 4 kendi başına bir kümedir ve diğer kümelere dahil değildir.

2.yapı katı numunelerinin analizlerinin kümelenme planına bakılırsa, ilk adımda 0,6388 ile en düşük öklit uzağına sahip 0006-9 ile 0007-5 kodlu numuneler bir küme oluşturmuştur. Diğer adımlarda da uzaklık düzeylerine göre oluşan kümeler verilmiştir.

#### **4.1.3. 3. Yapı katı analizi**

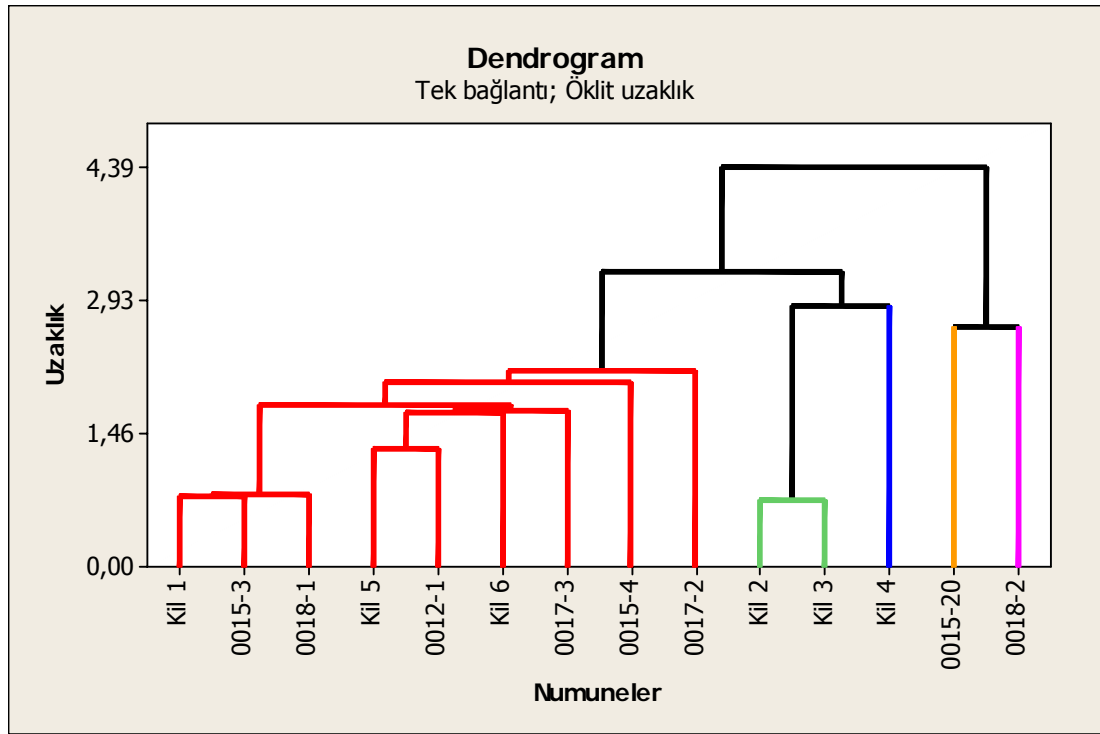
Çizelge 4.6'de Aşağı Salat Höyüğü 3.yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlar ve kil örneklerinin analiz sonuçları kullanılarak elde edilen dendrogram grafiği ve bu kümelenme planı sırasıyla Şekil 4.6'da ve Çizelge 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.6. 3.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		0012-1	0015-20	0015-3	0017-2	0017-3	0018-1	0015-4	0018-2
(%)	Na <sub>2</sub> O	0,77	0,50	1,12	0,70	1,56	1,12	0,90	1,53
	MgO	4,23	4,14	4,63	4,29	3,61	4,15	3,61	3,51
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,55	12,18	15,78	15,02	12,84	16,03	13,13	13,82
	SiO <sub>2</sub>	52,26	45,84	53,08	49,15	52,23	53,10	46,22	55,50
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,33	0,19	0,27	0,39	0,34	0,31	0,40	0,29
	SO <sub>3</sub>	0,13	0,12	0,10	0,16	0,41	0,14	0,11	0,20
	K <sub>2</sub> O	3,12	2,90	2,30	3,25	2,63	2,65	2,46	2,71
	CaO	14,96	26,31	12,27	17,76	16,63	12,88	23,30	14,00
	TiO <sub>2</sub>	1,02	0,81	1,02	0,90	0,95	0,90	0,97	0,91
	MnO	0,16	0,16	0,17	0,11	0,16	0,13	0,18	0,15
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,14	6,55	8,93	8,00	8,24	8,24	8,39	7,00
ppm	Sc	21,5	22,1	21,3	22,1	15,9	22,6	26,6	18,1
	V	119,7	94,5	148,4	119,6	86,0	145,4	135,7	109,2
	Cr	260,3	182,5	322,6	174,2	181,0	178,4	269,1	280,6
	Co	26,3	17,5	28,2	21,0	17,1	24,4	25,6	19,4
	Ni	166,4	107,5	185,7	116,0	92,5	106,5	164,9	110,3
	Cu	36,1	30,9	38,3	38,2	22,5	33,8	27,6	25,6
	Zn	86,0	64,0	88,1	82,5	75,0	85,3	70,3	69,4
	Ga	12,4	10,0	14,5	12,3	10,9	15,8	11,8	11,9
	As	8,7	4,4	10,7	14,0	8,3	13,0	19,4	8,8
	Rb	45,8	37,6	62,0	52,5	55,5	68,6	44,1	52,0
	Sr	231,8	265,9	195,5	250,3	125,7	243,2	235,0	214,7
	Y	23,3	20,4	28,5	24,4	27,1	29,3	22,9	25,8
	Zr	148,5	143,2	178,7	146,0	186,8	178,2	132,6	208,9
Nb	12,2	11,3	13,6	10,9	13,3	12,9	11,0	13,1	

Çizelge 4.6. (Devam) 3.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Sn	1,8	5,0	3,8	5,8	2,1	7,1	1,5	4,7
Ba	401,3	247,1	317,9	495,9	245,2	430,8	348,5	317,7
La	24,5	20,0	26,3	28,0	12,4	30,9	23,9	24,3
Ce	35,5	32,7	49,1	38,9	33,4	46,7	37,8	39,8
Nd	15,1	13,5	22,8	15,1	16,4	24,5	20,9	25,1
Pb	13,6	11,9	20,4	14,6	18,6	17,0	13,3	35,3
Th	7,5	8,5	9,4	8,5	8,7	11,3	6,6	8,8
U	2,6	2,7	00	2,3	2,2	2,2	2,6	0



Şekil 4.6. 3.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.7. 3.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümeleme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	13	95,6161	0,73069	2 3	2	2
2	12	95,3457	0,77575	1 9	1	2
3	11	95,2533	0,79115	1 12	1	3
4	10	92,2168	1,29727	5 7	5	2
5	9	89,8143	1,69771	5 6	5	3
6	8	89,7435	1,70950	5 11	5	4
7	7	89,2951	1,78425	1 5	1	7
8	6	87,7794	2,03687	1 14	1	8
9	5	87,1019	2,14980	1 10	1	9
10	4	84,2228	2,62969	8 13	8	2
11	3	82,7869	2,86901	2 4	2	3
12	2	80,5750	3,23767	1 2	1	12
13	1	73,6680	4,38890	1 8	1	14

Aynı dönem ve aynı yapı katına ait olan bu numunelerin dendrogram grafiği değerlendirilecek olursa, KİL 1, 0015-3, 0018-1, KİL 5, 0012-1, KİL 6, 0017-3, 0015-4 ve 0017-2 kodlu numuneler bir küme oluşturmaktadır. KİL 2 ve KİL 3 diğer bir kümeyi oluşturmaktadır. 3. yapı katında 0015-20 ve 0018-2 kodlu numunelerin

ikisi de hiçbir kümeye dahil olmayarak ayrı özellikler taşımaktadır. Aynı şekilde kil numunelerinden KİL 4 de hiçbir kümeye katılmamıştır.

Kümelenme planında birinci adımda en düşük öklit uzaklığı 0,73069 dur. Bu uzaklığa sahip KİL 2 ve KİL 3 numuneleri bir araya gelerek benzerliği en çok olan kümeyi oluşturmuştur.

#### **4.1.4. 4. Yapı katı analizi**

Çizelge 4.8'de Aşağı Salat Höyüğü'nün 4.yapı katı seramik parçalarının majör ve eser element analiz sonuçları verilmektedir. 4.yapı katının bu sonuçları ile kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları birlikte kullanılarak dendrogram grafiği çıkarılmıştır. Şekil 4.7'de bu dendrogram grafiği, Çizelge 4.9'da kümelenme planı verilmiştir.

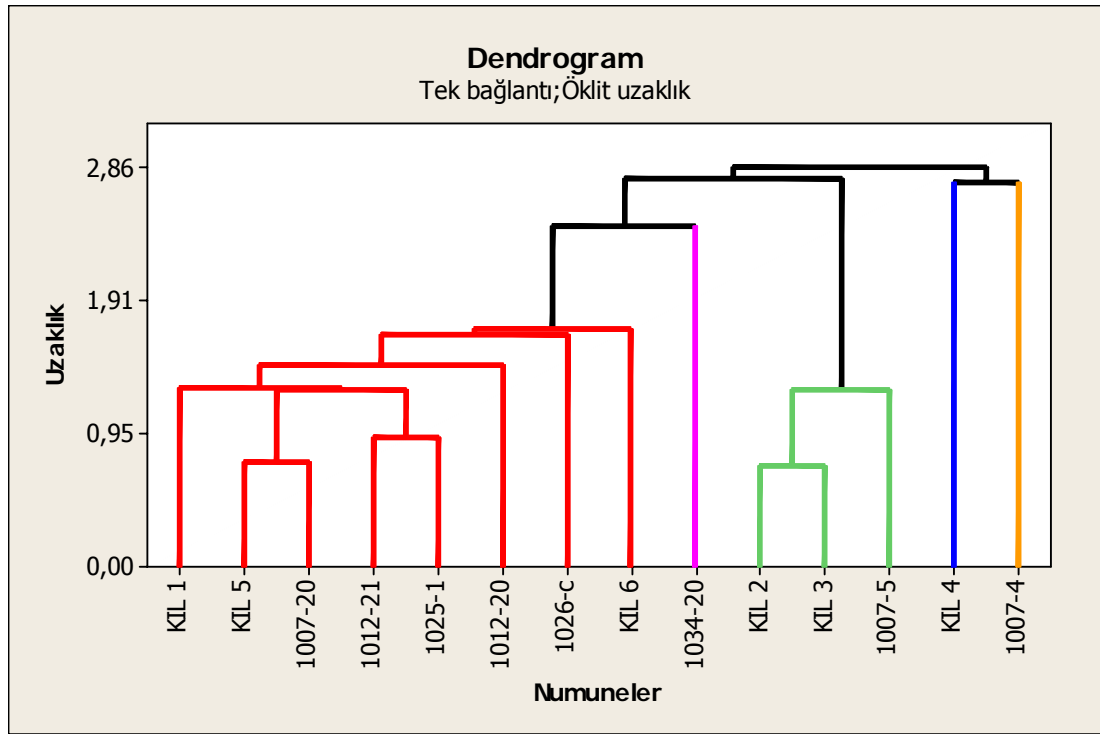
Çizelge 4.8. 4. Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		1007-20	1007-4	1007-5	1012-20	1012-21	1025-1	1026-C	1034-20
(%)	Na <sub>2</sub> O	0,99	0,75	0,66	0,81	0,74	0,98	1,11	0,65
	MgO	4,53	3,51	4,55	4,53	4,27	4,48	5,44	7,66
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,87	16,29	15,16	16,61	15,71	14,87	16,49	15,38
	SiO <sub>2</sub>	50,66	63,06	58,23	53,39	52,83	52,86	52,86	49,57
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,32	0,45	0,53	0,42	0,52	0,38	0,43	0,22
	SO <sub>3</sub>	0,23	0,05	0,10	0,09	0,14	0,10	0,08	0,06
	K <sub>2</sub> O	2,58	3,59	2,27	2,58	2,88	2,32	2,74	3,50
	CaO	14,97	3,15	8,82	11,53	13,43	14,31	9,65	12,44
	TiO <sub>2</sub>	0,99	0,93	0,88	0,90	0,92	0,98	1,05	0,87
	MnO	0,14	0,15	0,18	0,14	0,16	0,19	0,14	0,04
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,43	7,85	8,23	8,73	8,14	8,25	9,76	9,42
ppm	Sc	23,2	16,2	18,7	23,7	24,8	24,8	26,5	26,6
	V	141,2	118,5	132,5	148,4	142,0	142,0	160,4	153,2
	Cr	182,0	236,5	251,9	206,9	223,1	223,1	277,8	239,2
	Co	22,9	25,2	24,6	25,4	24,9	24,9	35,4	36,1
	Ni	116,9	148,7	153,7	126,8	120,8	120,8	230,9	250,5
	Cu	43,5	46,7	46,6	43,1	33,4	33,4	55,2	107,4
	Zn	88,9	96,7	83,1	96,9	87,9	87,9	118,9	112,6
	Ga	15,3	15,5	12,6	16,1	13,2	13,2	15,9	15,3
	As	13,7	7,5	16,6	15,7	5,4	5,4	4,6	10,7
	Rb	66,5	51,2	50,5	71,0	52,9	52,9	64,6	88,2
	Sr	223,8	138,6	342,6	223,8	320,9	320,9	263,0	258,1
	Y	28,4	29,5	24,1	29,6	25,7	25,7	32,1	22,7
	Zr	161,1	194,0	142,5	161,0	149,4	149,4	158,5	121,1
Nb	12,4	14,8	11,6	12,8	10,8	10,8	13,7	10,4	

Çizelge 4.8.(Devam) 4. Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Sn	4,7	3,9	3,3	5,8	3,9	3,9	3,8	2,6
Ba	425,0	326,0	940,2	456,0	556,8	556,8	270,6	302,5
La	26,1	29,9	24,5	29,5	26,0	26,0	23,7	12,9
Ce	52,0	47,2	41,8	58,8	46,5	46,5	46,1	42,2
Nd	22,7	18,2	20,9	23,3	22,0	22,0	21,2	16,0
Pb	17,3	15,6	10,9	25,1	10,9	10,9	17,3	16,1
Th	10,7	8,3	8,1	12,3	7,9	7,9	9,4	8,1
U	0	0	3,4	2,5	0	0	4,8	3,9





Şekil 4.7. 4.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.9. 4.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	13	93,7336	0,72940	2 3	2	2
2	12	93,5783	0,74748	5 7	5	2
3	11	91,9920	0,93212	11 12	11	2
4	10	89,1020	1,26851	2 9	2	3
5	9	89,0355	1,27625	5 11	5	4
6	8	89,0015	1,28021	1 5	1	5
7	7	87,5541	1,44869	1 10	1	6
8	6	85,7099	1,66335	1 13	1	7
9	5	85,3764	1,70217	1 6	1	8
10	4	78,9583	2,44923	1 14	1	9
11	3	76,3689	2,75063	4 8	4	2
12	2	76,1197	2,77963	1 2	1	12
13	1	75,4078	2,86250	1 4	1	14

Aynı dönem ve dolayısıyla aynı yapı katına ait olan bu numunelerin dendrogram grafiği incelendiğinde KİL 1, KİL 5, 1007-20, 1012-21, 1025-1,1012-20, 1026-c ve KİL 6 kodlu numuneler bir küme meydana getirmektedirler. KİL 2, KİL 3 ve 1007-5

kodlu numuneler başka bir küme oluşturmaktadır. 1034-20 ve 1007-4 kodlu numunelerin ikisi de diğer tüm numunelerden ayrılarak kendi başlarına birer kümedirler, dolayısıyla ikisi de hiçbir gruba dahil olmayan numunelerdir. Aynı şekilde kil örneklerinden KİL 4 de kendi başına bir kümedir ve diğer kümelere dahil olmamaktadır.

Kümelene planına bakıldığında birinci adımda 0,72940 ile öklit uzaklığı en düşük olan KİL 2 ve KİL 3 bir araya gelerek bir küme oluşturmaktadır.

#### 4.1.5. 5.Yapı katı analizi

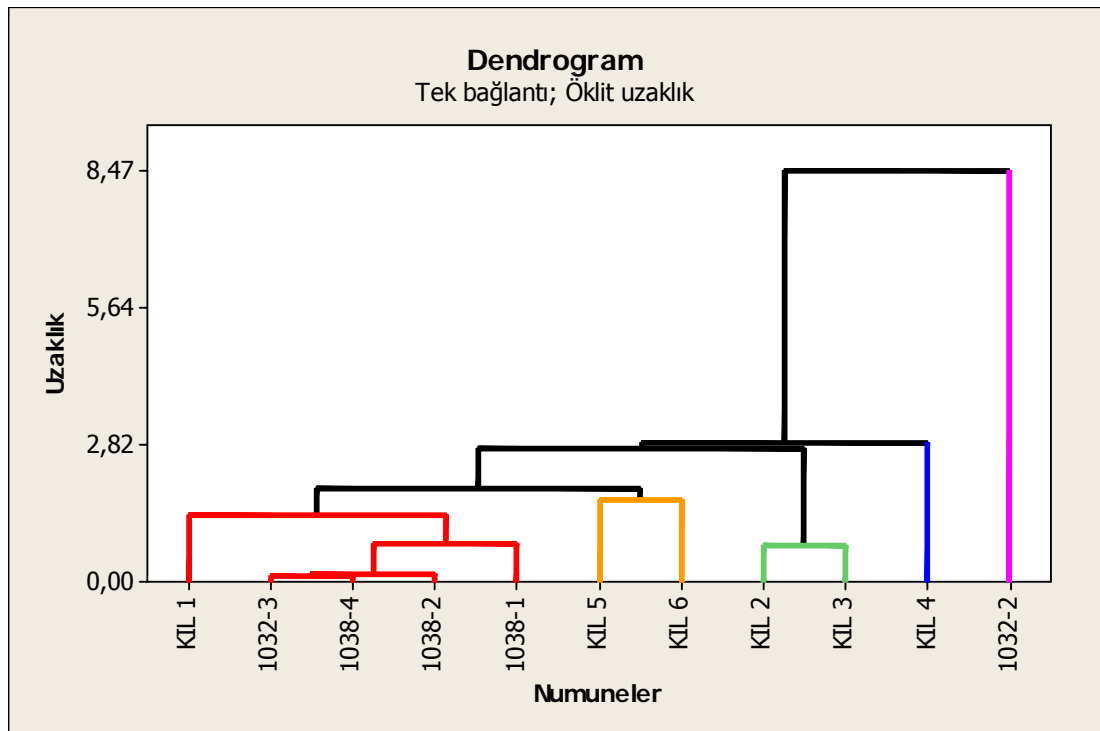
Çizelge 4.10, Aşağı Salat Höyüğü'nün 5. yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçlarını göstermektedir. Kil örneklerinin analiz sonuçları ile birlikte yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda çıkarılan dendrogram grafiği Şekil 4.8'de, kümelene planı ise Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. 5.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		1032-2	1032-3	1038-1	1038-2	1038-4
(% )	Na <sub>2</sub> O	1,27	1,33	0,81	1,23	1,27
	MgO	4,62	4,73	4,10	4,61	4,65
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,48	15,15	15,63	15,36	15,26
	SiO <sub>2</sub>	53,60	53,87	53,42	53,86	53,78
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,38	0,37	0,93	0,37	0,36
	SO <sub>3</sub>	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09
	K <sub>2</sub> O	2,51	2,46	2,90	2,46	2,50
	CaO	11,51	11,38	12,05	11,51	11,45
	TiO <sub>2</sub>	1,09	1,03	0,94	1,05	1,04
	MnO	0	0,20	0,19	0,22	0,20
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,06	8,99	8,64	8,88	9,04
ppm	Sc	23,4	22,5	20,9	21,8	21,9
	V	137,0	137,0	129,4	138	138
	Cr	318,9	315,3	190,8	317	312
	Co	31,8	30,3	25,5	30,9	29,3
	Ni	189,8	189,7	136,6	190	189
	Cu	39,5	40,0	37,0	39,4	38,9
	Zn	104,6	104,7	95,9	105	104,1

Çizelge 4.10.(Devam) 5.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Ga	14,2	15,3	14,4	14,4	14,7
As	4,6	6,5	6,3	6,7	9,4
Rb	67,7	66,8	59,5	67,1	67,1
Sr	358,9	358,8	224,2	360	358
Y	28,4	28,9	27,1	28,4	29
Zr	178,0	178,8	160,8	178	179
Nb	14,1	14,2	12,7	14,2	14,3
Sn	4,7	3,2	2,8	2,6	3,2
Ba	408,9	417,2	471,7	417	414
La	25,0	20,7	19,5	25,4	23,7
Ce	46,8	59,9	45,2	55,8	46,9
Nd	23,1	24,0	19,6	22,8	28,8
Pb	23,8	24,9	13,1	24,6	25,5
Th	8,2	10,4	9,0	8,8	9,2
U	23,4	3,7	0	3,1	4,3



Şekil 4.8. 5. Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.11. 5. Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	10	98,7787	0,11980	8 11	8	2
2	9	98,5079	0,14637	8 10	8	3
3	8	92,5642	0,72940	2 3	2	2
4	7	91,9093	0,79365	8 9	8	4
5	6	85,8800	1,38508	1 8	1	5
6	5	82,6476	1,70217	5 6	5	2
7	4	80,4748	1,91530	1 5	1	7
8	3	72,2012	2,72689	1 2	1	9
9	2	70,8188	2,86250	1 4	1	10
10	1	13,7002	8,46548	1 7	1	11

Aynı dönem ve aynı yapı katından olan bu numunelerin dendrogram grafiğini yorumlanacak olursa , KİL 1, 1032-3, 1038-4, 1038-2, 1038-1 kodlu numuneler bir küme oluşturmaktadırlar. Bu yapı katında KİL 5 ve KİL 6 ikinci kümeyi , KİL 2 ve KİL 3 ise üçüncü kümeyi oluşturmuştur. 1032-2 kodlu numune ve KİL 4 diğer tüm numunelerden ölçtüğümüz değişkenler bakımından ayrı özellik göstermektedirler, dolayısıyla 1032-2 ve KİL 4 numunelerinin ikisi de hiçbir kümeye dahil değildirler.

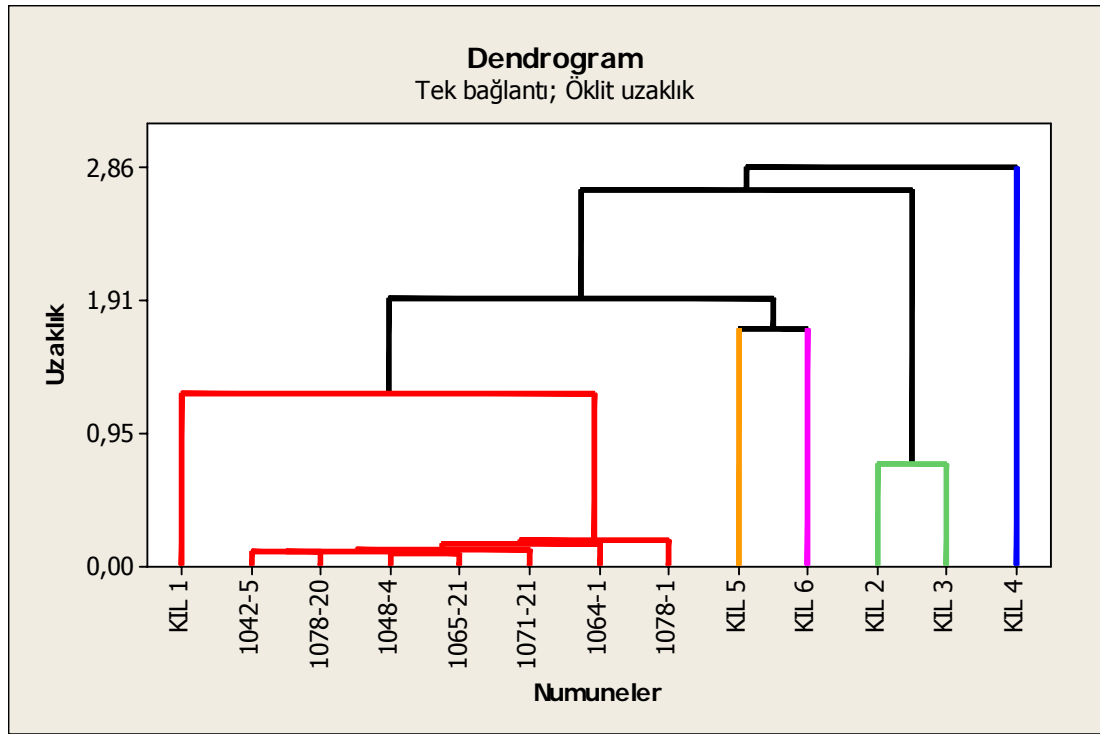
Kümelenme planına göre ilk adımda en düşük öklit uzaklığı 0,11980 ile bir araya gelerek küme oluşturan numuneler 1032-3 ile 1038-4 kodlu numunelerdir.

#### 4.1.6. 6.Yapı katı analizi

Çizelge 4.12’de Aşağı Salat Höyüğü’nün 6.yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element sonuçları verilmektedir.Diğer yapı katlarında olduğu gibi 6.yapı katının bu numunelerinin kantitatif analiz sonuçları kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları ile birlikte kullanılarak dendrogram grafiği elde edilmiştir. Şekil 4.9’de bu dendrogram grafiği ve Çizelge 4.13’de kümeleme planı gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. 6.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		1042-5	1048-4	1064-1	1065-21	1071-21	1078-1	1078-20
(% )	Na <sub>2</sub> O	1,30	1,30	1,28	1,28	1,31	1,25	1,32
	MgO	4,64	4,65	4,63	4,71	4,68	4,54	4,67
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,20	15,33	15,42	15,26	15,19	15,33	15,27
	SiO <sub>2</sub>	53,79	53,88	53,55	53,92	53,89	53,58	53,69
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,37	0,37	0,38	0,37	0,37	0,37	0,38
	SO <sub>3</sub>	0,09	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,08
	K <sub>2</sub> O	2,51	2,48	2,45	2,49	2,54	2,46	2,56
	CaO	11,43	11,38	11,54	11,42	11,48	11,72	11,46
	TiO <sub>2</sub>	1,07	1,04	1,02	1,03	1,04	1,12	1,03
	MnO	0,22	0,21	0,21	0,18	0,22	0,21	0,24
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,99	8,97	9,06	8,89	8,80	8,97	9,05
ppm	Sc	20,4	22,3	22,8	21,6	21,7	22,7	22,0
	V	139,0	139,0	136,0	138,0	136,0	136,0	137,1
	Cr	317,0	313,0	315,0	316,0	317,0	314,0	313,5
	Co	30,4	29,3	31,0	31,3	29,0	30,4	28,7
	Ni	191,0	188,0	189	188,0	189,0	190,0	187,8
	Cu	39,1	40,3	40,1	41,1	39,5	40,6	40,3
	Zn	104,5	103,8	104,6	103,8	104,8	104,4	103,4
	Ga	14,4	14,4	14,0	14,2	14,3	14,6	14,5
	As	7,4	8,0	6,8	2,4	4,6	4,7	2,0
	Rb	67,1	66,8	67,3	67,7	66,9	67,2	67,1
	Sr	359	359,0	358,0	360	359	360	359,1
	Y	28,9	29,0	28,2	28,6	29,3	28,6	28,7
	Zr	179,0	179,0	178,0	178	179,0	178,0	179,1
	Nb	14,5	14,3	13,8	14,3	14,2	14,0	14,0
	Sn	6,4	4,3	5,4	6,5	2,3	3,2	5,3
	Ba	416,0	413,0	410,0	417,0	412,0	404,0	409,6
	La	24,2	26,9	23,6	28,4	27,4	26,6	25,2
	Ce	48,4	40,7	57,5	65,2	47,8	45,6	37,6
	Nd	18,8	25,2	23,8	21,7	25,8	22,3	22,3
Pb	25,1	26,4	24,7	23	24,1	23,7	23,3	
Th	8,2	9,9	8,8	9,9	9,0	8,5	8,9	
U	3,6	3,8	0	0	4	3,3	3,3	



Şekil 4.9. 6.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.13. 6.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	12	99,0576	0,08861	8 10	8	2
2	11	98,9967	0,09434	7 13	7	2
3	10	98,9892	0,09504	7 8	7	4
4	9	98,8889	0,10447	7 11	7	5
5	8	98,3407	0,15602	7 9	7	6
6	7	98,1542	0,17355	7 12	7	7
7	6	92,2424	0,72940	2 3	2	2
8	5	86,9358	1,22836	1 7	1	8
9	4	81,8966	1,70217	5 6	5	2
10	3	79,6298	1,91530	1 5	1	10
11	2	71,2802	2,70037	1 2	1	12
12	1	69,5559	2,86250	1 4	1	13

Aynı dönem ve aynı yapı katından olan bu numunelerin dendrogram grafiğine bakılacak olursa, KİL 1,1042-5, 1078-20, 1048-4, 1065-21, 1071-21, 1064-1 ve 1078-1 kodlu numuneler bir küme oluşturmuştur. KİL 2 ve KİL 3 diğer bir kümeyi oluşturmaktadır. Ölçtüğümüz değişkenler bakımından yapılan bu değerlendirmeye göre bu yapı katında KİL 5, KİL 6 ve KİL 4 numunelerinin her biri diğer tüm

numunelerden ayrı özellikler göstererek hiçbir kümeye dahil olmamışlardır.Yani KİL 5, KİL 6 , KİL 4 ayrı ayrı birer kümedirler.

Kümelenme planı incelendiğinde, birinci adımda en düşük öklit uzaklığı 0,08861 olan 1048-4 ve 1065-21 kodlu numuneler bir araya gelmiştir ve bir küme oluşturmuştur.

#### **4.1.7. 7.Yapı katı analizi**

Çizelge 4.14'de Aşağı Salat Höyüğü'nün 7.yapı katına ait olan seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları verilmektedir. Bu analiz sonuçları ile kil örneklerinin analiz sonuçları bir arada kullanılarak çıkartılan dendrogram grafiği ve kümelenme planı sırasıyla Şekil 4.10'da ve Çizelge 4.15'de gösterilmektedir.

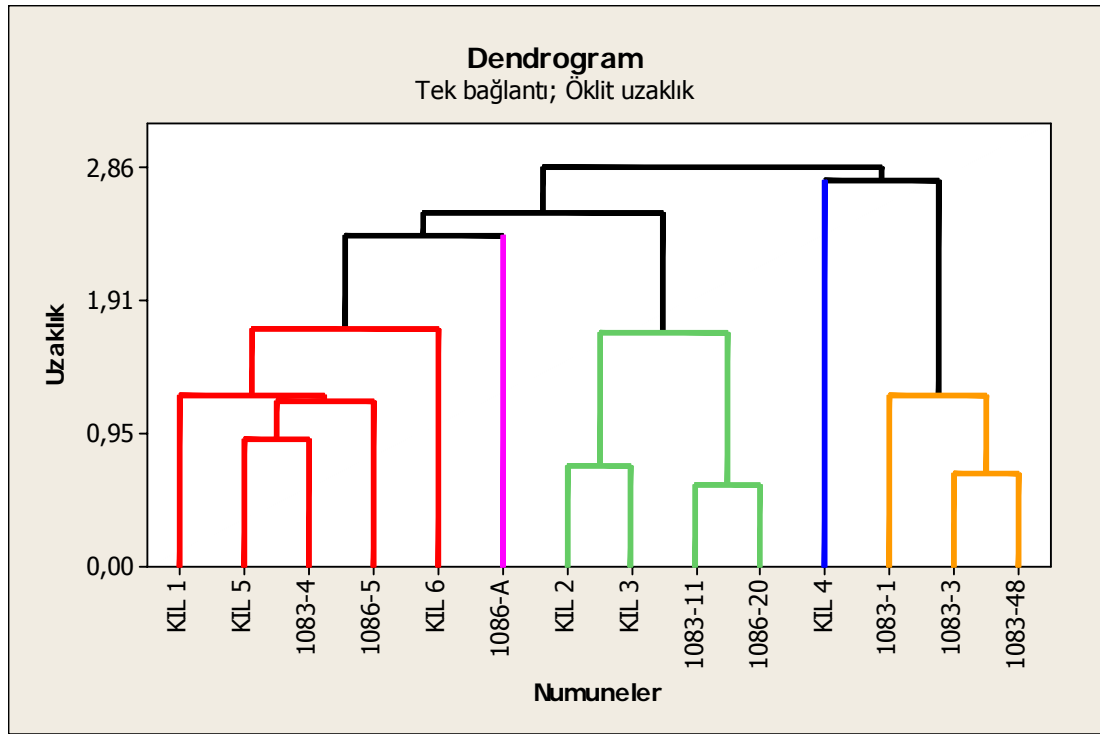
Çizelge 4.14. 7.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		1083-1	1083-11	1083-3	1083-4	1083-48	1086-20	1086-5	1086-A
(%)	Na <sub>2</sub> O	0,94	1,51	1,13	0,72	1,06	1,09	0,64	0,77
	MgO	2,36	4,70	2,95	5,08	2,94	4,41	4,59	4,67
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,81	16,11	18,77	15,00	19,00	15,95	15,57	14,22
	SiO <sub>2</sub>	62,29	55,16	59,96	51,62	60,24	55,36	52,62	48,85
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,26	0,31	0,35	0,53	0,35	0,34	0,31	0,25
	SO <sub>3</sub>	0,03	0,02	0,05	0,12	0,08	0,07	0,07	0,14
	K <sub>2</sub> O	2,63	2,13	2,02	2,55	2,46	2,58	3,39	2,36
	CaO	2,41	10,00	2,83	14,21	2,85	9,78	13,50	18,95
	TiO <sub>2</sub>	1,14	0,97	1,13	0,98	1,04	1,04	0,92	0,99
	MnO	0,20	0,17	0,23	0,19	0,19	0,17	0,14	0,17
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,70	8,67	10,25	8,72	9,50	8,93	8,01	8,34
ppm	Sc	18,6	22,4	18,7	23,2	20,8	21,9	20,9	23,3
	V	127,7	142,9	148,7	146,3	149,4	141,2	114,5	132,1
	Cr	267,5	354,2	289,4	227,4	253,1	304,6	161,3	193,7
	Co	28,0	29,4	31,2	24,6	29,1	29,6	21,6	21,5
	Ni	143,7	181,1	166,1	158,4	160,8	200,9	117,8	105,7
	Cu	41,8	41,1	45,6	36,1	45,2	39,5	42,5	31,2
	Zn	78,8	96,7	100,3	96,8	96,4	95,7	90,0	76,6
	Ga	16,0	15,7	17,7	13,5	18,1	15,4	13,4	11,6
	As	8,4	8,0	12,9	10,5	11,6	6,3	4,6	8,3
	Rb	52,0	69,5	68,4	60,5	62,9	65,3	51,0	43,0
	Sr	136,3	241,8	117,9	329,9	135,9	205,8	208,1	310,6
	Y	29,4	30,2	36,7	25,9	33,9	29,0	24,4	23,0
	Zr	213,1	196,0	223,3	158,8	202,2	190,6	159,7	125,9
Nb	14,7	15,2	17,4	12,4	16,1	15,0	11,9	8,7	



Çizelge 4.14.(Devam) 7.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Sn	4,1	2,0	5,3	6,0	3,8	2,4	1,9	0,9
Ba	317,2	443,5	346,7	539,2	331,3	337,6	366,2	300,1
La	29,0	30,2	34,1	23,9	30,4	16,2	29,2	17,7
Ce	47,2	56,2	67,4	43,5	66,6	58,6	40,8	44,6
Nd	24,7	33,9	37,1	20,1	33,2	25,4	22,1	18,0
Pb	13,8	13,3	13,4	13,6	15,2	15,4	12,2	9,7
Th	9,5	9,9	9,6	8,4	8,9	10,1	9,5	5,4
U	3,4	0	3,1	0	2,9	0	0	0



Şekil 4.10. 7.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği.

Çizelge 4.15. 7. Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelendirme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	13	95,7175	0,58592	8 12	8	2
2	12	95,1111	0,66890	9 11	9	2
3	11	94,6688	0,72940	2 3	2	2
4	10	93,2941	0,91749	5 10	5	2
5	9	91,3418	1,18460	5 13	5	3
6	8	91,0596	1,22321	7 9	7	3
7	7	91,0064	1,23049	1 5	1	4
8	6	87,6956	1,68347	2 8	2	4
9	5	87,5589	1,70217	1 6	1	5
10	4	82,6231	2,37748	1 14	1	6
11	3	81,4415	2,53914	1 2	1	10
12	2	79,7467	2,77101	4 7	4	4
13	1	79,0781	2,86250	1 4	1	14

Aynı yapı katı ,dolayısıyla aynı döneme ait olan bu yapı katındaki numunelerin dendrogram grafiği incelenecek olursa, KİL 1, KİL 5, 1083-4, 1086-5 ve KİL 6 kodlu numuneler bir küme oluşturmuştur.KİL 2, KİL 3, 1083-11 ve 1086-20 kodlu numuneler diğer bir kümeyi oluşturmuştur. 1083-1, 1083-3 ve 1083-48 kodlu

numuneler ise gruplaşarak üçüncü bir kümeyi meydana getirmiştir. Bu yapı katında ölçülen değişkenler bakımından diğer tüm numunelerden ayrı özellik gösteren bir seramik numunesi ve bir kil numunesi vardır. 1086-A kodlu numune hiçbir kümeye dahil değildir. Aynı şekilde kil örneklerinden KİL 4 numunesi de hiçbir kümeye katılmamıştır.

Kümelenme planına göre öklit uzaklığının en düşük değeri 0,58592 dir. Bu değere göre ilk adımda 1083-11 ve 1086-20 kodlu numuneler bir araya gelerek benzerliği en çok olan kümeyi oluşturmuştur.

#### **4.1.8. 8.Yapı katı analizi**

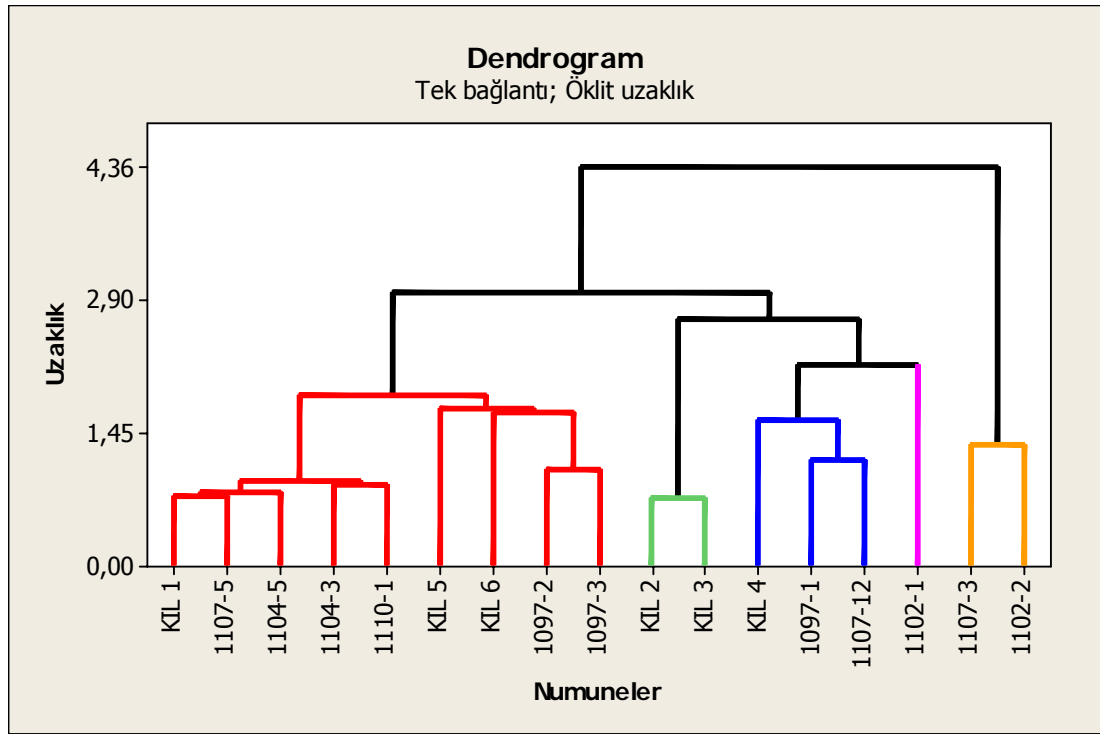
Çizelge 4.16'da Aşağı Salat Höyüğü'nün 8.yapı katı seramik parçalarının ait majör element ve eser element analiz sonuçları bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları ile birlikte kullanılarak dendrogram grafiği çıkarılmıştır. Şekil 4.11'de 8.yapı katının kantitativ analiz sonuçlarının dendrogram grafiği ve Çizelge 4.17'de kümelenme planı verilmiştir.

Çizelge 4.16. 8.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		1097-1	1097-2	1097-3	1107-12	1107-3	1107-5	1102-1	1102-2	1104-3	1104-5	1110-1
(%)	Na <sub>2</sub> O	1,00	1,04	0,70	0,99	0,46	1,10	1,07	0,63	1,24	1,04	0,89
	MgO	4,75	4,41	4,67	4,42	6,60	4,40	3,25	5,48	3,68	4,21	4,75
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,46	14,28	14,82	16,74	11,39	15,63	15,28	12,80	15,24	15,77	14,84
	SiO <sub>2</sub>	58,52	49,63	49,59	60,06	45,58	53,25	56,41	44,70	54,17	54,01	53,12
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,39	0,29	0,26	0,38	0,43	0,27	1,02	0,36	0,47	0,28	0,35
	SO <sub>3</sub>	0,08	0,19	0,12	0,05	0,45	0,10	0,10	0,39	0,14	0,12	0,10
	K <sub>2</sub> O	2,88	2,22	2,67	2,77	2,88	2,34	3,59	2,69	2,59	2,46	3,06
	CaO	5,58	18,49	17,32	4,40	23,81	12,59	7,35	23,41	13,34	12,58	13,54
	TiO <sub>2</sub>	0,98	0,90	0,93	0,96	0,83	1,04	1,62	0,94	0,98	0,94	1,08
	MnO	0,17	0,24	0,16	0,10	0,13	0,16	0,17	0,14	0,17	0,14	0,15
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,88	8,05	8,49	8,84	7,10	8,79	9,83	7,99	7,69	8,18	7,83
ppm	Sc	18,2	27,0	24,6	17,6	22,7	21,1	20,4	25,7	20,6	21,1	19,0
	V	149,4	118,0	139,0	135,9	113,6	139,6	142,8	118,0	115,8	125,8	134,5
	Cr	373,7	192,4	181,3	179,2	216,4	310,5	136,4	210,4	248,8	201,4	318,2
	Co	31,0	24,1	24,1	23,4	20,7	29,4	23,1	24,7	25,1	24,2	24,1
	Ni	203,8	106,4	132,7	106,2	136,7	168,1	85,2	154,6	132,0	126,7	149,6
	Cu	46,4	35,2	32,4	35,5	26,1	34,5	28,9	30,9	30,9	35,0	45,6
	Zn	101,8	74,4	82,8	84,7	79,6	85,7	100,3	87,8	77,3	87,7	85,8
	Ga	15,4	12,0	13,9	16,8	10,6	14,3	16,5	12,2	13,0	15,0	11,2
	As	12,0	7,7	7,0	14,1	8,1	10,6	20,0	10,0	8,0	7,3	5,6
	Rb	67,0	44,1	55,6	85,2	48,1	60,1	49,6	64,0	61,6	70,9	49,8
	Sr	168,0	319,7	295,7	112,7	337,2	240,4	243,0	1285,3	244,4	254,0	182,7
	Y	29,1	22,9	25,1	34,2	22,8	28,1	35,7	25,7	27,5	29,7	24,5
	Zr	196,7	131,0	144,4	218,8	150,6	189,2	207,9	165,2	207,2	198,8	189,1
Nb	14,5	8,0	11,4	17,3	12,3	14,2	14,8	13,5	13,8	14,6	12,3	

Çizelge 4.16.(Devam) 8.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Sn	3,3	0,8	2,0	5,0	3,1	6,6	6,5	4,8	3,6	3,0	1,9
Ba	363,3	392,9	410,3	370,6	329,6	335,9	529,2	314,1	450,3	404,4	233,2
La	32,0	17,9	19,8	34,1	31,0	21,5	26,8	27,4	22,1	33,7	21,8
Ce	54,7	36,2	42,9	56,5	35,1	56,5	54,0	37,1	39,9	49,9	41,7
Nd	26,1	18,6	19,3	28,6	18,8	23,1	25,2	17,6	23,9	26,2	19,9
Pb	18,0	10,3	11,6	14,8	11,7	14,0	12,6	9,6	13,4	15,2	12,2
Th	8,3	5,4	8,2	10,9	8,2	9,3	9,4	10,2	8,2	11,2	7,5
U	2,7	2,8	0	0	2,8	3,0	2,8	6,3	2,8	2,7	0



Şekil 4.11. 8.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.17. 8.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler		Yeni küme	Yeni kümeleri gözlem sayısı
1	16	95,3839	0,72940	2	3	2	2
2	15	95,1814	0,76141	1	12	1	2
3	14	95,0353	0,78449	1	16	1	3
4	13	94,3933	0,88593	15	17	15	2
5	12	94,1952	0,91723	1	15	1	5
6	11	93,3362	1,05297	8	9	8	2
7	10	92,7732	1,14192	7	10	7	2
8	9	91,7310	1,30660	11	14	11	2
9	8	90,0259	1,57603	4	7	4	3
10	7	89,3782	1,67837	6	8	6	3
11	6	89,2276	1,70217	5	6	5	4
12	5	88,2906	1,85023	1	5	1	9
13	4	86,1395	2,19013	4	13	4	4
14	3	82,9103	2,70038	2	4	2	6
15	2	81,1711	2,97519	1	2	1	15

Aynı yerden alınan ve aynı döneme ait olan 8.yapı katının numunelerinin dendrogram grafiğine göre, KİL 1, 1107-5, 1104-5, 1104-3, 1110-1, KİL 5, KİL 6, 1097-2 ve 1097-3 kodlu numuneler ilk kümeyi oluşturmuştur.KİL 2 ve KİL 3 ikinci kümeyi, KİL 4, 1097-1, 1107-12 kodlu numuneler ise üçüncü kümeyi

oluşturmaktadır.1107-3 ve 1102-2 kodlu numuneler başka bir kümedir.Bu yapı katında hiçbir gruba dahil olmayan, diğer tüm numunelerden farklı özellikler taşıyan seramik örneği 1102-1 kodlu numunedir.

Kümelenme planı tablosuna göre, birinci adımda 0,72940 ile en düşük öklit uzaklığına sahip KİL 2 ve KİL 3 bir araya gelerek bir küme oluşturmaktadır. Dolayısıyla benzerlik düzeyi en yüksek olan küme bu kümedir.

#### **4.1.9. 9.Yapı katı analizi**

Çizelge 4.18’da Aşağı Salat höyüğünün 9.yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları görülmektedir. Diğer yapı katlarında olduğu gibi 9.yapı katı için de elde edilen kantitatif analiz sonuçları ile birlikte kil örneklerinin analiz sonuçları bir arada kullanılarak dendrogram grafiği çıkarılmıştır ve Şekil 4.12’da verilmektedir ve kümelenme planı Çizelge 4.19’da görülmektedir.

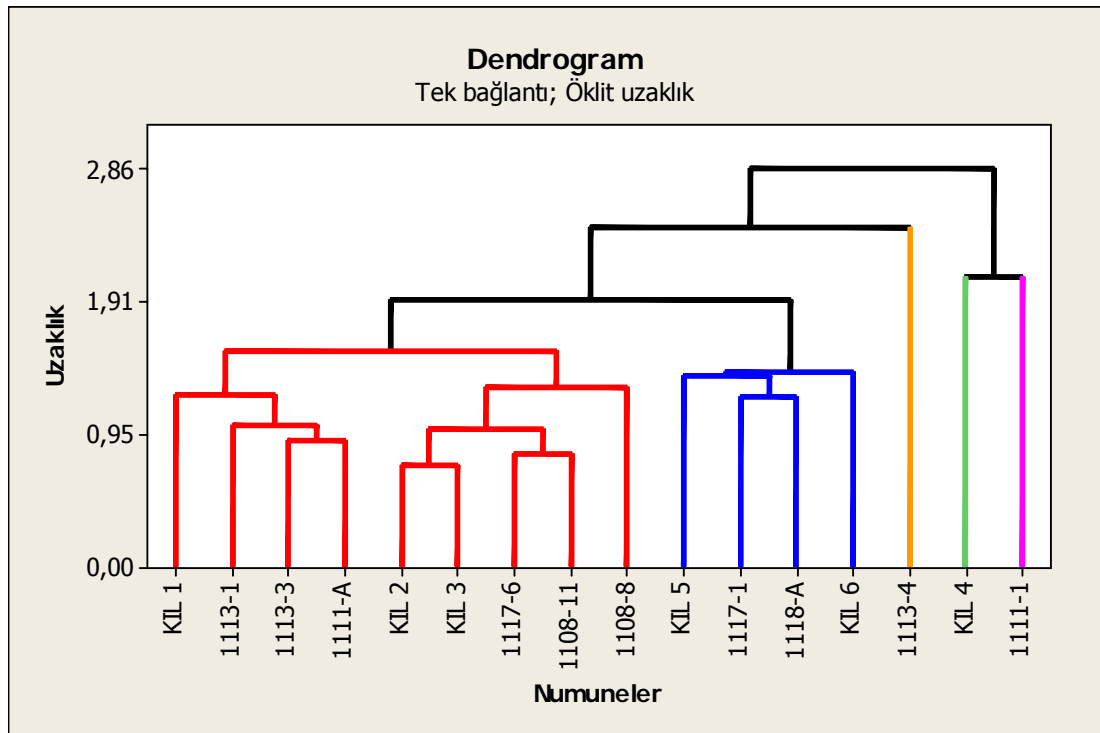
Çizelge 4.18. 9.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		1113-1	1113-3	1113-4	1117-1	1117-6	1108-11	1108-8	1118-A	1111-1	1111-A
(%)	Na <sub>2</sub> O	1,06	0,70	1,56	0,83	1,48	1,23	0,62	0,65	1,49	0,76
	MgO	5,19	5,06	3,13	4,69	4,47	4,19	4,47	4,54	3,35	4,54
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,09	15,79	13,76	14,60	16,13	16,02	16,39	14,71	17,05	15,96
	SiO <sub>2</sub>	53,19	53,71	56,14	50,93	56,33	56,33	55,44	51,04	61,53	52,71
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41	0,41	0,25	0,25	0,28	0,32	0,31	0,26	0,42	0,43
	SO <sub>3</sub>	0,10	0,10	0,03	0,07	0,05	0,07	0,08	0,16	0,06	0,07
	K <sub>2</sub> O	2,31	2,90	2,05	1,66	2,20	2,45	3,49	2,90	2,18	2,91
	CaO	10,37	11,04	12,91	17,39	9,28	9,11	9,55	16,59	3,56	11,96
	TiO <sub>2</sub>	1,03	0,97	1,13	0,93	1,07	0	0,87	0,91	1,00	0,97
	MnO	0,20	0,12	0,16	0,19	0,19	0,16	0,15	0,17	0,16	0,19
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,78	8,89	8,58	8,21	8,29	8,80	8,38	7,81	8,88	9,23
ppm	Sc	24,2	21,5	18,1	23,7	21,0	21,1	19,7	24,2	17,7	22,9
	V	150,7	138,2	131,1	130,7	127,5	140,9	132,1	113,2	141,2	149,8
	Cr	270,8	211,4	320,7	200,8	350,5	287,2	241,3	172,2	388,9	238,8
	Co	32,8	26,4	26,1	23,8	26,2	30,6	24,0	20,4	26,9	28,3
	Ni	221,3	151,4	138,7	104,1	177,7	179,3	140,3	99,8	161,1	160,0
	Cu	52,1	40,3	32,6	38,0	42,1	36,6	46,6	34,7	28,5	40,1
	Zn	117,9	102,2	72,9	76,8	88,7	87,1	90,5	83,0	82,4	98,8
	Ga	14,9	15,0	13,9	12,7	14,7	14,7	14,3	11,5	15,9	15,4
	As	9,6	14,0	0,9	7,9	3,7	5,7	5,0	5,4	7,4	14,8
	Rb	57,4	63,3	61,6	44,2	61,0	61,8	57,1	35,5	54,9	64,5
	Sr	243,1	331,6	206,5	306,3	191,9	198,6	164,5	296,5	132,6	253,8
	Y	28,7	26,6	30,5	24,5	27,9	28,2	25,1	20,8	29,9	27,4
	Zr	153,2	146,8	247,1	143,2	233,8	181,1	144,5	121,0	190,0	151,8
	Nb	13,0	12,1	15,2	8,5	15,1	14,0	11,5	7,7	13,5	13,2
Sn	3,3	4,7	3,5	4,2	4,6	5,5	4,6	1,9	3,0	1,7	



Çizelge 4.18.(Devam) 9.Yapı katına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Ba	389,8	403,1	361,6	368,6	324,5	325,8	376,9	428,8	295,1	358,5
La	19,5	26,7	21,4	16,2	28,2	30,5	26,4	19,0	27,5	23,1
Ce	39,1	51,5	55,9	43,2	54,8	52,4	45,2	18,6	44,7	52,5
Nd	21,3	19,0	22,6	18,1	21,5	24,1	20,8	12,3	19,5	24,3
Pb	14,8	15,4	7,0	9,7	14,5	16,0	13,9	8,0	12,1	14,1
Th	9,2	9,9	9,7	6,2	7,4	7,3	9,4	5,2	8,1	10,4
U	0	3,5	18,1	0	0	0	3,0	2,8	0	2,8



Şekil 4.12. 9.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.19. 9.Yapı katı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	15	93,4822	0,72940	2 3	2	2
2	14	92,7197	0,81474	11 12	11	2
3	13	91,9126	0,90507	8 16	8	2
4	12	91,1315	0,99248	2 11	2	4
5	11	90,9596	1,01172	7 8	7	3
6	10	89,0641	1,22384	10 14	10	2
7	9	88,9461	1,23704	1 7	1	4
8	8	88,5325	1,28333	2 13	2	5
9	7	87,6942	1,37715	5 10	5	3
10	6	87,5650	1,39160	5 6	5	4
11	5	86,1790	1,54671	1 2	1	9
12	4	82,8854	1,91530	1 5	1	13
13	3	81,3222	2,09024	4 15	4	2
14	2	78,2217	2,43722	1 9	1	14
15	1	74,4215	2,86250	1 4	1	16

Aynı dönem ve aynı yerden olan 9.yapı katı numunelerinin dendrogram grafiği yorumlanacak olursa, KİL 1, 1113-1, 1113-3, 1111-A, KİL 2, KİL 3, 1117-6, 1108-

11, 1108-8 kodlu numuneler birinci kümeyi oluşturmuştur. KİL 5, 1117-1, 1118-A ve KİL 6 kodlu numuneler ise ikinci kümeyi oluşturmuştur. 1113-4 kodlu numune, KİL 4 numunesi ve 1111-1 kodlu numune , diğer tüm numunelerden ölçülen değişkenler bakımından ayrı özellik göstermektedirler. Dolayısıyla, 1113-4, 1111-1 ve KİL 4 numunelerinin üçü de hiçbir kümeye dahil değildir.

Kümelenme planına bakıldığında, 0,72940 ile en düşük öklit uzaklığına sahip olan numuneler KİL 2 ve KİL 3 dür. Dolayısıyla ilk adımda bu numuneler bir küme oluşturmaktadır.

#### **4.1.10. Mezarlık alanı analizi**

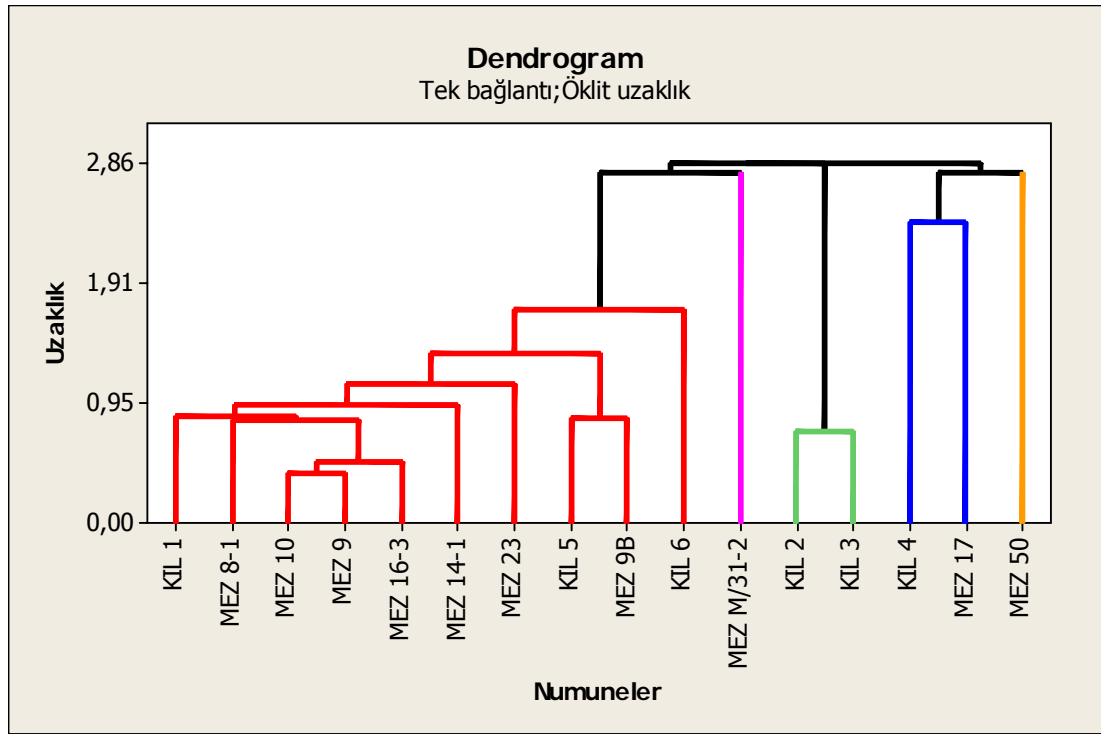
Çizelge 4.20’de Aşağı Salat höyüğünün mezarlık alanına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları verilmektedir. Mezarlık alanının numunelerinin kantitatif analiz sonuçları kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları ile birlikte kullanılarak dendrogram grafiği elde edilmiştir ve Şekil 4.13’de görülmektedir. Kümelenme planı ise Çizelge 4.21’de verilmektedir.

Çizelge 4.20. Mezarlık alanına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

		Mez 9b	Mez 17	Mez 50	Mez 8-1	Mez 10	Mez 16-3	Mez 23	Mez M/31-2	Mez 14-1	Mez 9
(%)	Na <sub>2</sub> O	0,98	0,66	1,70	0,64	1,33	1,45	0,70	2,21	1,19	1,32
	MgO	4,79	3,14	2,09	3,97	4,34	4,30	4,23	6,72	4,58	4,36
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,95	18,26	21,45	15,65	15,77	15,61	15,65	14,35	16,21	15,55
	SiO <sub>2</sub>	50,90	61,11	59,42	54,64	53,52	53,56	52,71	47,40	51,78	53,52
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,33	0,29	0,19	0,41	0,55	0,58	0,41	0,18	0,26	0,40
	SO <sub>3</sub>	0,11	0,07	0,06	0,15	0,09	0,15	0,12	0,01	0,13	0,08
	K <sub>2</sub> O	2,22	2,93	4,17	2,06	1,95	2,25	2,28	0,45	2,72	1,97
	CaO	14,83	3,20	1,19	12,74	12,21	11,69	13,93	18,84	12,89	12,70
	TiO <sub>2</sub>	1,04	0,96	0,93	0,96	1,02	0,98	1,00	0,73	0,89	0,98
	MnO	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,19	0,14	0,19	0,15	0,21
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,40	8,90	8,32	8,25	8,76	8,92	8,51	8,67	8,89	8,62
ppm	Sc	23,9	16,8	11,9	21,4	21,5	21,7	22,0	30,2	21,2	22,2
	V	133,3	123,7	90,2	143,1	131,1	134,1	142,6	171,1	128,2	124,2
	Cr	285,5	247,3	112,9	195,4	264,8	302,9	201,1	226,2	206,1	281,6
	Co	31,4	26,1	16,3	22,5	26,6	28,7	23,4	37,3	23,4	29,2
	Ni	209,8	156,7	65,8	124,4	157,3	169,3	128,8	278,4	139,7	172,3
	Cu	43,7	46,8	21,1	34,3	37,7	37,6	38,8	66,5	48,9	46,9
	Zn	95,9	88,2	99,9	86,2	89,7	97,4	98,4	87,1	91,6	88,9
	Ga	13,8	15,8	25,1	13,7	15,8	14,3	14,9	14,8	15,1	15,1
	As	6,9	4,1	10,1	25,3	5,1	6,4	15,9	0,5	3,8	5,3
	Rb	58,9	49,4	117,7	58,9	66,9	55,9	68,5	26,4	75,0	66,0
	Sr	361,5	235,5	135,6	495,0	312,2	221,9	364,1	677,0	248,9	285,1
	Y	26,7	28,5	45,8	26,2	29,9	28,3	29,3	20,6	26,4	28,1
	Zr	148,8	183,9	529,6	159,5	186,6	188,0	175,5	111,5	154,0	193,8
	Nb	12,7	14,4	44,4	13,2	15,1	13,5	14,6	9,2	11,1	14,5
Sn	4,1	5,1	7,0	6,3	4,0	4,5	4,5	4,3	4,2	4,3	

Çizelge 4.20.(Devam) Mezarlık alanına ait seramik parçalarının majör element ve eser element analiz sonuçları

Ba	386,0	695,0	708,6	1203,0	490,1	528,3	541,0	155,2	485,2	447,9
La	18,3	17,8	53,5	26,2	25,9	23,6	33,9	20,1	21,2	29,2
Ce	39,8	45,9	105,2	44,5	57,8	53,5	52,1	43,1	53,0	58,5
Nd	18,3	22,6	45,3	21,1	24,5	27,7	23,7	16,8	24,6	26,2
Pb	12,6	13,3	23,1	13,0	14,4	12,8	14,0	0,5	15,0	14,2
Th	7,5	10,0	19,2	10,0	11,5	8,5	11,2	7,7	11,2	9,4
U	23,9	3,1	8,4	2,7	3,9	0	3,9	3,7	2,9	0



Şekil 4.13. Mezarlık alanı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği

Çizelge 4.21. Mezarlık alanı numunelerinin kantitatif analiz sonuçlarının kümelene planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler	Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	15	97,3798	0,39073	11 16	11	2
2	14	96,7796	0,48023	11 12	11	3
3	13	95,1086	0,72940	2 3	2	2
4	12	94,5180	0,81747	10 11	10	4
5	11	94,4493	0,82771	5 7	5	2
6	10	94,2757	0,85360	1 10	1	5
7	9	93,7335	0,93445	1 15	1	6
8	8	92,6162	1,10106	1 13	1	7
9	7	90,9617	1,34778	1 5	1	9
10	6	88,5852	1,70217	1 6	1	10
11	5	83,9473	2,39376	4 8	4	2
12	4	81,3313	2,78387	1 14	1	11
13	3	81,3173	2,78595	4 9	4	3
14	2	80,8171	2,86054	1 2	1	13
15	1	80,8040	2,86250	1 4	1	16

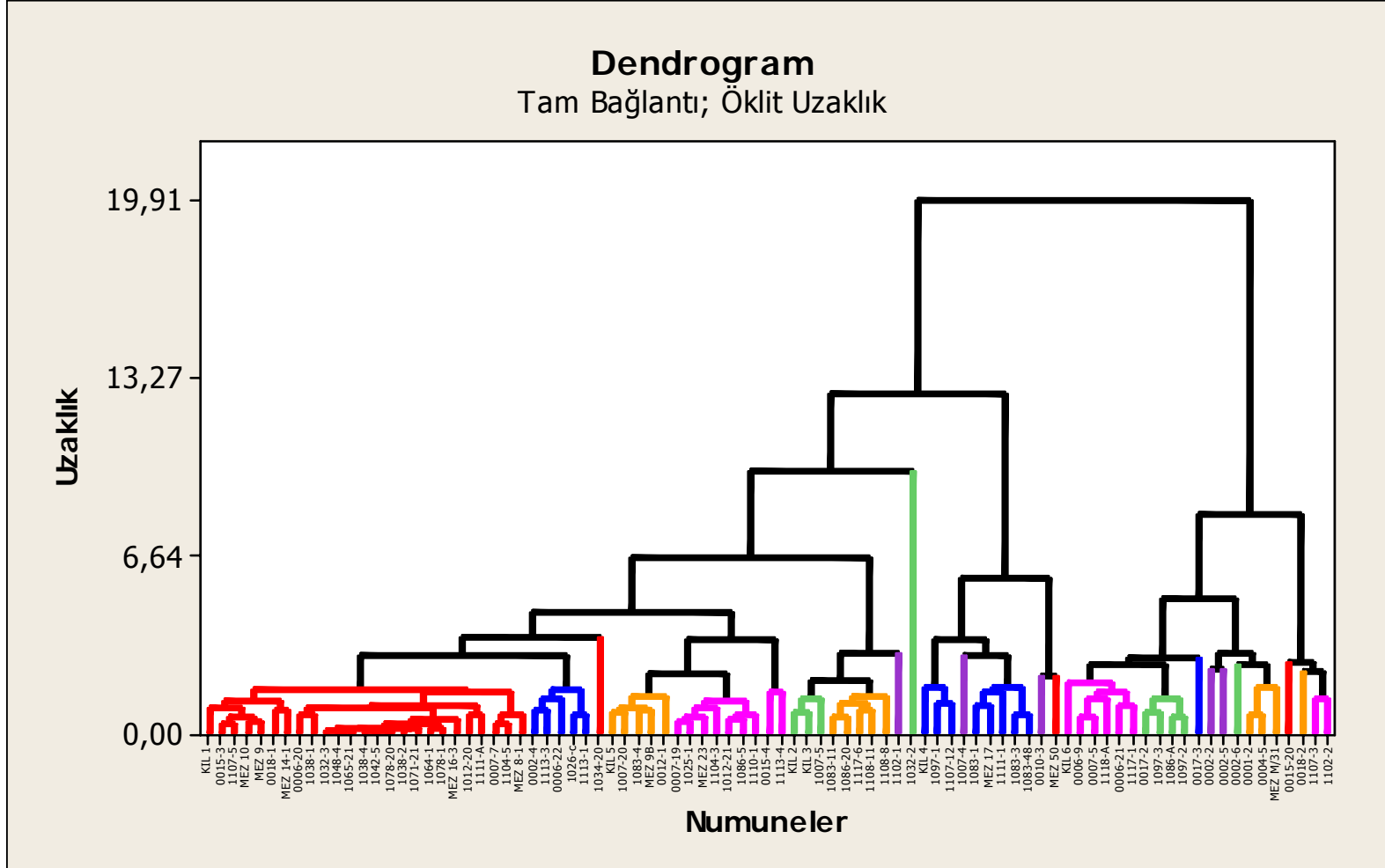
Aynı dönem ve aynı yere ait olan mezarlık alanının numunelerinin majör element ve eser element analiz sonuçlarının kil örneklerinin analiz sonuçları ile birlikte kullanılarak elde edilen dendrogram grafiği incelenecek olursa, KİL 1, MEZ 8-1, MEZ 10, MEZ 9, MEZ 16-3, MEZ 14-1, MEZ 23, KİL 5, MEZ 9B kodlu seramik

numuneleri bir küme oluşturmaktadırlar. KİL 2 ve KİL 3 diğer bir kümeyi oluşturmaktadır. Aynı şekilde KİL 4 ve MEZ 17 kodlu numune ise yine bir kümedir. Mezarlık alanının tüm numunelerinden ayrılarak farklı özellik gösteren iki adet seramik örneği vardır. MEZ M/31-2 kodlu numune ile MEZ 50 kodlu numune ölçülen değişkenler bakımından ayrı özellik göstermektedirler ve ikisi de hiçbir gruba dahil olmamaktadır.

Mezarlık alanı seramikleri için kümelenme planına bakılırsa, birinci adımda 0,39073 ile en düşük öklit uzaklık düzeyine sahip olan MEZ 10 ile MEZ 9 kodlu numuneler bir araya gelerek bir küme oluşturmuştur.

#### **4.1.11. Tüm numunelerin istatistik değerlendirilmesi**

Şekil 4.14'de tüm numunelerin kantitatif analizlerinin sonuçları kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları ile birlikte kullanılarak elde edilen dendrogram grafiği verilmiştir ve Çizelge 4.22'de kümelenme planı görülmektedir.



Şekil 4.14. Tüm numunelerin kantitatif analiz sonuçlarının dendrogram grafiği



Çizelge 4.22. Tüm numunelerin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Birleştirilmiş kümeler		Yeni küme	Yeni kümelerin gözlem sayısı
1	86	99,6863	0,0625	41	42	41	2
2	85	99,5825	0,0831	43	45	43	2
3	84	99,5341	0,0927	41	48	41	3
4	83	99,4251	0,1145	38	43	38	3
5	82	99,2566	0,1480	40	46	40	2
6	81	99,1099	0,1772	44	47	44	2
7	80	99,1084	0,1775	38	41	38	6
8	79	98,9916	0,2007	38	40	38	8
9	78	98,4361	0,3113	23	62	23	2
10	77	98,3631	0,3259	38	44	38	10
11	76	98,2300	0,3524	18	66	18	2
12	75	98,0273	0,3927	82	87	82	2
13	74	97,8590	0,4262	19	34	19	2
14	73	97,5269	0,4924	38	83	38	11
15	72	97,4680	0,5041	33	55	33	2
16	71	97,0623	0,5849	50	54	50	2
17	70	97,0350	0,5903	19	84	19	3
18	69	97,0131	0,5946	23	82	23	4
19	68	96,9596	0,6053	56	58	56	2
20	67	96,7953	0,6380	13	17	13	2
21	66	96,7823	0,6406	33	67	33	3
22	65	96,7674	0,6436	18	81	18	3
23	64	96,7317	0,6507	11	12	11	2
24	63	96,7121	0,6546	14	39	14	2
25	62	96,6233	0,6723	51	53	51	2
26	61	96,5390	0,6890	35	68	35	2
27	60	96,3963	0,7174	32	77	32	2
28	59	96,3297	0,7307	2	3	2	2
29	58	96,2674	0,7431	24	59	24	2
30	57	96,2392	0,7487	5	29	5	2
31	56	95,9296	0,8104	10	69	10	2
32	55	95,9080	0,8147	72	73	72	2
33	54	95,8917	0,8179	26	86	26	2
34	53	95,8318	0,8298	52	78	52	2
35	52	95,2363	0,9484	14	38	14	13
36	51	95,2174	0,9521	5	52	5	4
37	50	95,1470	0,9662	1	23	1	5
38	49	95,0940	0,9767	19	65	19	4
39	48	94,9307	1,0092	14	32	14	15
40	47	94,8075	1,0338	49	79	49	2
41	46	94,8021	1,0348	15	71	15	2
42	45	94,3785	1,1192	50	72	50	4
43	44	94,2469	1,1453	57	60	57	2
44	43	94,1294	1,1687	19	33	19	7
45	42	94,0307	1,1884	1	26	1	7
46	41	93,7699	1,2403	13	75	13	3
47	40	93,5890	1,2763	10	16	10	3
48	39	93,5660	1,2809	24	56	24	4
49	38	93,5249	1,2891	2	31	2	3
50	37	93,4448	1,3050	61	64	61	2
51	36	93,0532	1,3830	50	74	50	5
52	35	93,0032	1,3929	5	21	5	5
53	34	92,4727	1,4986	13	15	13	5
54	33	92,4515	1,5028	14	18	14	18
55	32	92,4032	1,5124	28	70	28	2
56	31	92,2855	1,5358	49	76	49	3

Çizelge 4.22.( Devam)Tüm numunelerin kantitatif analiz sonuçlarının kümelenme planı

57	30	92,0341	1,5859	10	35	10	5
58	29	91,7582	1,6408	1	14	1	25
59	28	91,5250	1,6872	49	51	49	5
60	27	91,3465	1,7228	4	57	4	3
61	26	91,2462	1,7428	11	85	11	3
62	25	90,7404	1,8434	6	13	6	6
63	24	90,1688	1,9572	2	50	2	8
64	23	89,1834	2,1534	20	80	20	2
65	22	88,9045	2,2089	5	19	5	12
66	21	88,3461	2,3201	27	61	27	3
67	20	88,0944	2,3702	7	8	7	2
68	19	87,3738	2,5137	9	11	9	4
69	18	87,2795	2,5324	6	24	6	10
70	17	86,7911	2,6297	22	27	22	4
71	16	85,9447	2,7982	6	25	6	11
72	15	85,6685	2,8532	1	10	1	30
73	14	85,2710	2,9323	30	49	30	6
74	13	84,8967	3,0068	7	9	7	6
75	12	84,8625	3,0136	2	63	2	9
76	11	82,6640	3,4513	5	28	5	14
77	10	82,6474	3,4546	4	30	4	9
78	9	82,0454	3,5745	1	36	1	31
79	8	77,5264	4,4741	1	5	1	45
80	7	74,7404	5,0288	6	7	6	17
81	6	70,7703	5,8192	4	20	4	11
82	5	67,2855	6,5129	1	2	1	54
83	4	59,1827	8,1261	6	22	6	21
84	3	50,8717	9,7807	1	37	1	55
85	2	36,4550	12,6508	1	4	1	66
86	1	0,0000	19,9084	1	6	1	87

Tüm numunelerin ve kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçlarının bir arada kullanılarak çıkarılan dendrogram grafiği incelendiğinde, yirmi beş adet küme bulunmaktadır. 0002-6, 0015-20, 0018-2, 0010-3, 1034-20, 1007-4, 1032-2, 1102-1, 1111-1 ve MEZ 50 kodlu numunelerin tüm kümelerden ayrıldığı görülmüştür. MEZ M/31-2 numunesi ise sadece 2.yapı katına ait 0001-2 ve 0004-5 kodlu numunelerle küme yapmıştır.

Tüm numunelerin kümelenme planı tablosuna göre, ilk adımda 0,0625 ile en düşük öklit uzaklığına sahip 1038-4 ve 1042-5 kodlu numuneler bir araya gelerek benzerlik düzeyi en fazla olan kümeyi oluşturmaktadır.

Verilerin kümelendirilmesi için uygulanan istatistiksel analiz metodunun güvenilirliği yüksek olduğu için sonuçların doğruluğunun kesin olması beklenmektedir.

## 5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Seramik hamuru, çanak çömlek, kap çeşitleri kültürel yörelere ve dönemlere göre farklılıklar gösterir. Bundan ötürü çanak çömlek, seramik hamurları ait olduğu arkeolojik dönem tarihini ve kültürünü belirlemede kullanılan bir ölçüttür.

Diyarbakır ili Bismil ilçesi Aşağı Salat Höyüğü arkeolojik kazı ve değerlendirme çalışmalarından ele geçen çeşitli dönemlere ve mezarlık alanına ait seramik parçalarından 81 adet numune ve Dicle Nehri'nin yanından ve Bismil yolunda göl kenarının çeşitli yerlerinden alınan 6 adet kil örneği dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi ile incelenmiştir. Seramikler ve kil örnekleri, Gazi Üniversitesi Arkeolojik Çevre Değerleri Araştırma Merkezi (ARÇED)'den alınmıştır.

Bu çalışmada verilen seramiklerin tümü izinlidir. Tüm numuneler öğütülerek toz hale getirilmiş ve 5'er g alınarak her biri 31 mm çaplı pelet yapılarak analize hazır hale gelmiştir. Bu seramik numunelerinin ve kil örneklerinin analizleri, dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresinde IQ+ ve Pro-Trace programları kullanılarak yapılmıştır. Kil örneklerine ve seramiklere kantitatif analiz uygulanmıştır.

Analizi yapılan seramik parçaları çeşitli dönemlere aittir. Her bir yapı katı bir dönemi temsil etmektedir. Verilen seramikler 9 adet yapı katından ve mezarlık alanından alınmıştır.

Amacımız köken tayini yapmak olduğu için her bir yapı katından ve mezarlık alanından alınan seramik parçalarına ait kantitatif sonuçlar, Dicle Nehri'nin çeşitli yerlerinden ve Bismil yolunda göl kıyısından alınan kil örneklerine ait kantitatif sonuçlarla birlikte istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Minitab 15.0 istatistik programından yararlanılarak hiyererşik kümeleme analizi (HCA) uygulanmıştır. Bu sayede dendrogram grafikleri ve kümeleme planı (agglomeration schedule) elde edilerek istatistik sonuçlar yorumlanmıştır.

Diyarbakır Bismil Aşağı Salat Höyüğü kazısından ele geçen 1.yapı katına ait seramiklerin kümeleme analizi sonucu, 0002-6 kodlu numune ile kil örneklerinden KİL 4 numunesi hiçbir kümeye dahil olmamıştır.

2.Yapı katı seramik parçalarının ve kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçları ile elde edilen istatistik değerlendirmeye göre 0010-3 kodlu numune ile kil örneklerinden KİL 4 numunesi diğer kümelerden ayrılmıştır.

3.Yapı katının seramik parçalarına ve kil örneklerine uygulanan istatistik değerlendirmeye göre, 0015-20, 0018-2 kodlu numuneler ile KİL 4 numunesi hiçbir kümeye dahil olmamıştır.

4.Yapı katına ait seramiklerin analiz sonuçlarının kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçlarıyla beraber yapılan istatistik analizin sonucuna göre, 1034-20, 1007-4 kodlu numuneler ve killerden KİL 4 numunesi diğer gruplardan ayrılmıştır .

5.Yapı katına ait seramik parçalarının ve kil örneklerinin analiz sonuçlarının bir arada yapılan istatistik analiz değerlendirmesi ele alınırsa, 1032-2 kodlu seramik numunesi ile KİL 4 kodlu kil numunesi diğer kümelerden ayrılmıştır.

6.Yapı katının seramik parçalarının ve kil örneklerinin analiz sonuçlarına uygulanan istatistike göre, kil örneklerinden KİL 4, KİL 5 ve KİL 6 kodlu numuneler hiçbir kümeye dahil olmamıştır.

7.Yapı katının seramik parçalarının ve kil örneklerinin sonuçlarıyla yapılan istatistik değerlendirmeye göre, seramik örneklerinden 1086-A kodlu numune ile KİL 4 numunesi tüm gruplardan ayrılmıştır.

8.Yapı katına ait seramiklerin ve kil örneklerinin analiz sonuçlarına uygulanan istatistik analiz ele alındığında, sadece 1102-1 kodlu seramik numunesinin diğer kümelerden ayrıldığı görülmüştür.

9.Yapı katının seramik parçalarının analiz sonuçlarının kil örnekleri ile olan analiz sonuçlarına uygulanan istatistik değerlendirme, seramik numunelerinden 1113-4, 1111-1 kodlu numunelerin ; kil örneklerinden ise KİL 4 numunesinin hiçbir kümeye dahil olmadıklarını bize göstermektedir.

Mezarlık alanına ait seramik parçalarına ve kil örneklerine uygulanan istatistik analiz sonucu, MEZ M/31-2 ve MEZ 50 kodlu numunelerin diğer tüm kümelerden ayrıldığı görülmüştür.

Tüm yapı katları,mezarlık alanı ve kil örneklerinin kantitatif analiz sonuçlarına toplu halde istatistik analiz uygulandığında, 0002-6, 0010-3, 0015-20, 0018-2, 1034-20, 1007-4, 1032-2, 1102-1, 1111-1, MEZ 50 kodlu numunelerin tüm kümelerden ayrıldığı gözlenmiştir. MEZ M/31-2 numunesi ise sadece 2.yapı katına ait 0001-2 ve 0004-5 kodlu numunelerle küme yapmıştır.

Yapılan istatistik analiz değerlendirmelerine göre, her bir yapı katından ve mezarlık alanından alınan seramik örnekleri kil örnekleri ile beraber sınıflandırılmış ve yukarıda kodları verilen numunelerin küme dışı kaldığı gözlenmiştir. Dönemler içerisinde hiçbir kümeye ve kil örneğine uymayan seramik parçalarının köken olarak yakın veya uzak bölgelerden gelmiş olan ithal malzeme olabileceği düşünülmektedir.Bunun yanı sıra hiçbir kil örneğiyle küme yapmayan fakat başka seramik örnekleriyle küme yapan numunelerin de ithal olabileceği veya Aşağı Salat çevresinde bulunan kil yataklarına ait killer kullanılarak üretilmiş seramikler olabileceği sonucuna varılmaktadır.Bu da bize eski çağlara ait tarih, sosyal ve teknolojik özellikler hakkında güvenilir bilgiler vermiştir.

Sonuç olarak, seramiklerin köken tayinleri için kullanılan dalga boyu dağılımlı X-ışınları floresans tekniği , diğer analiz tekniklerine göre bazı üstün özelliklere sahiptir.Elde ettiğimiz sonuçlar arkeolojik yorumlarla oldukça uyumludur. Dolayısıyla tekniğimiz güvenilir, hassas, hata kaynağı az ve hızlı bir tekniktir. Bunların yanı sıra tahribatsızdır ve arkeolojik eserlerin karakterizasyonu için oldukça uygundur.

## KAYNAKLAR

1. Roentgen, W.C. , “ On a new kind of rays” , *Ann. Phys.Chem .* , 64, 1 (1898).
2. Roentgen, W.C. , “ On a new kind of rays- second communication” ,*Ann. Phys. Chem.* , 64: 12 (1898) .
3. Roentgen, W.C. , “ Further observations on the properties of the x-rays ” , *Ann.Phys. Chem.* , 64: 18 (1898) .
4. Barkla, C.G., “Spectra of the fluorescent Roentgen radiation” , *Phill.Mag.*, 22, (1911).
5. Moseley, H.G.J., “High-frequency spectra of elements” *Phill.Mag.*, 26, (1913)
6. Hadding, A., “Mineral analysis by X-ray spectroscopic methods”*Z.Anorg.Chem.* 122: (1928).
7. Glocker, R., Shreiber, H., “Quantitative Roentgen spectrum analysis by means of cold excitation of the spectrum” *Ann. Phys.*, 85, (1928).
8. Price, W.J., “Nuclear radiation detection” , *Mc Graw-Hill* , New York, (1958).
9. Bowman, H.R., Hyde, E. K., Thompson, S. G., “Application of high-resolution semiconductor detectors in X-ray emission spectrography” , *Science*, 151: 562 (1966).
10. İnternet:Türkiye Atom Enerjisi Kurumu,“SANAEM, Ölçme ve Enstrümantasyon Bölümü- Analitik Ölçme ve Analiz Birimi” <http://www.taek.gov.tr/sanaem/html/xisin.html> (2009)
- 11.Bertin Eugene P., “ Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis”, *Plenium Press*, New York, 6-20, 29-32, 51-60, 100-120, (1975)
12. Topaksu, M., Yeğingil, Z., Sakarya, N., Arık, R., Ukav, İ., Kubadabad Seramik ve Çinilerinin Analiz Sonuçları, *XIX. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, Ankara, 73-78(2003).
13. Birgül, O., “Eser Element Bileşiminden Giderek Seramiklerin Gruplandırılması” *Arkeometri I.Toplantı Sonuçları*, 31-33 (1985).
14. Birgül, O., Diksic, M., Yaffe, L., “ A Comparison of the Statistical Treatment of Result Using Concentrations of Elements Determined by Neutron Activation and X-Ray Fluorescence Analysis Methods” ,*Journal of Radioanalytical Chemistry*, 55(1): 101-109 (1980).

15. LaBrecque, J.J., Vaz, J.E., Cruxent, J.M., Rosales, P.A. "A Simple Radioisotope X-Ray fluorescence method for provenance studies of archeological ceramics employing principal component analysis" , *Spectrochimica Acta*, 53, 95-102, (1998).
16. Barone, G.,Lo Guidice, A., Mazzoleni, P., Pezzini, A., Barilaro, D., Crupi, V., Triscari, M., "Chemical characterization and statistical multivariate analysis of ancient pottery from Messina, Catana, Lentini and Siracusa (Sicily)", *Archaeometry* 47, (4): 745-762, (2005).
17. Moioli, P., Seccaroni, C., "Analysis of Art Objects Using a Portable X-Ray Fluorescence Spectrometer "*X-Ray Spectrometry*,29:48-52 (2000).
18. Speakman, R.J., Stone, E.C., Glascock, M.D., Çilingiroğlu, A., Zimansky, P.,Neff, H., "Neutron activation analysis of Urartian pottery from eastern Anatolia", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 119-127 (2004).
19. Munita C.S., Paiva, R.P., Alves, M.A., de Oliveira, P. M.S., Momose, E.F., "Major and trace element characterization of prehistoric ceramic from Rezende archaeological site", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 93-96 (2001).
20. Özal, T.A., Erten, H.N., Tezgör, D.K., Zararsız, A. "Sinop yöresinde bulunan kil kökenli arkeolojik mutfak eşyalarının PXRD, FT-IR, XRF spektroskopisi ve TGA yöntemleri ile incelenmesi", **8. Nükleer Bilimler ve Uygulamaları Kongresi**, Kayseri, 1-4,(2003).
21. Köklü, Ü., Akman, S., Kunç, Ş., Çukur, A., Bizans, Selçuk,"İznik Seramiklerinin Sır ve Renk Malzemelerinin Kimyasal Bileşimi", **IX.Arkeometri Sonuçları Toplantısı**, Ankara, 111-117 (1993).
22. Çoban, F., Köklü, Ü., Akman, S., Kunç, Ş., Çukur, A., "Ayasofya Çinilerinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Çeşitli Metotlarla İncelenmesi", **VIII.Arkeometri Sonuçları Toplantısı**, Ankara, 331-335 (1992).
23. Arıkan, P., Ender, B., Şenyurt, S.Y., "Büyükardıç Kazısı Çanak Çömlek Buluntularının X-ışını Floresans Tekniği İle İncelenmesi",**Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi Arkeolojik Kurtarma Kazıları Yayınları Serisi 2**,Ankara (2006).
24. Arıkan, P., Zararsız, A., Şenyurt, S.Y., "Büyükardıç Kazısından Elde Edilen Metalurjiye Yönelik Arkeolojik Bulguların X-ışını Floresans Tekniği İle İncelenmesi", **Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi Arkeolojik Kurtarma Kazıları Yayınları Serisi 2**, Ankara (2006).

25. Arıkan, P., Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) ham petrol boru hattı projesi arkeolojik kurtarma kazılarında ele geçen kültürel mirasın X-ışınları ile köken karakterizasyonu, *International Physics Congress, Turkish Physical Society*, Bodrum, Muğla (2008).
26. Temel Britannica Temel Eğitim ve Kültür Ansiklopedisi, “Röntgen, Wilhelm Conrad” *Ana Yayıncılık*, 14: 291 (1993).
27. Semat, E., “Atom ve Çekirdek Fiziğinin Temelleri”, Nasuhoğlu, R. *Ank. Ün. Fen. Fak.*, 173-177, (1967).
28. Doru, T., Kahramanmaraş-Minnetpınarı, Erzincan-Akmezar, Çilhoroz, Erzurum-Güllüdere, Tasmador, Ardahan-Sapezler Kazılarında Ele Geçen Ortaçağ’a Ait Seramiklerin XRF ile Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-85, (2007).
29. Efe, N., X-Işını Floresans Tekniği İle Britolit Cevherinde Toryum ve Lantanitlerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-90, (1986).
30. Eisberg, J.L., Fundamentals of Modern Physics, *John Wiley and Sons Inc.* New York, (1961).
31. Gündüz, E., “Modern Fiziğe Giriş” *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi*, İzmir, 110 (1995).
32. Aygün, E., Zengin, M., Atom ve Molekül Fiziği, *Ankara Üniversitesi*, Ankara, 273, (1998).
33. Brouwer, P., Theory of XRF, *Panalytical B.V. Netherlands*, (2003).
34. Şahin, M., Bazı elementlerin M tabakası X-ışınlarının Üretim Tesir Kesitleri ve Açılmal Dağılımlarının Enerji ayrımlı X-ışını Spektrometresi ile Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi*, 47-63, (1998).
35. Ergün, N., Adana-Yüceören, Urfa-Teleilat ve Sivas-Ziyaretsuyu Kazılarında Ele Geçen Helenistik Döneme Ait Arkeolojik Buluntuların XRF Tekniği İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-74, (2006).
36. Adler, I., “X-Ray Emission Spectrography in Geology”, *Elsevier*, New York (1961).
37. Tertian, R., Claisse, F., Principles of Quantitative X-ray Fluorescence Analysis, *Heyden*, London, 385, (1982).



38. Demir, H., Urfa-Teleilat Kazısından Ele Geçen Demir ve Neolitik Çağlara Ait Arkeolojik Çanak-Çömlek Buluntularının XRF Tekniği İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-74, (2007).
39. Küçükönder, E., Radyoizotop X-Işını Floresans Tekniği İle Numune Analizi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi**, Kahramanmaraş, 35-37, (1999).
40. Arıkan, P., “ Uranite Cevherinin Radyoizotop Uyarmalı X-Işını Floresans Tekniği ile Uranyum Analizi İçin Optimum Metotların Araştırılması” , Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-117 (1986).
41. Van Grieken, R.E., Markowicz, A.A., Handbook of X-ray Spectrometry **Marcell Decker, Inc.**, New York:1-9 (1992).
42. Jenkins, R., Gould, R.W., Gedcke D., “Quantitative X-Ray Spectrometry”, **Marcel and Dekker Inc.**, NewYork-USA, 1-7, 9-42, 89-100, (1981).
43. Koçerdin, E., Aşağı Salat Höyüğü Erken Tunç Çağı Seramikleri, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Ana Bilim Dalı**, Ankara,1-287, (1996).
44. Bedirhan, Y., “Ortaçağ Tarihi”,**Çizgi Yayınevi**, Konya, 8,316 (1994).
- 45.İnternet: Türkçe Bilgi, “Asurlular hakkında bilgi”  
<http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Asurlular> (2008).
- 46.İnternet: Türkçe Bilgi, “Erken Tunç Çağı hakkında bilgi”,  
[http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Erken\\_Tunç\\_Çağı](http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Erken_Tunç_Çağı) (2008).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KOÇ, Pınar  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 10.03.1984 Ankara  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 418 35 71

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/Fizik Bölümü	2006
Lise,Ortaokul	TED Ankara Koleji Vakfı Özel Lisesi	2002

### Yabancı Dil

İngilizce