



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Antropoloji Anabilim Dalı

**FARKLI ARKEOLOJİK KEMİK TÜRLERİNDE ELEMENT
BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ: TEPECİK-ÇİFTLİK ÖRNEĞİ**

Ebru Emre SEVDİN

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2017

FARKLI ARKEOLOJİK KEMİK TÜRLERİNDE ELEMENT BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ: TEPECİK-ÇİFTLİK ÖRNEĞİ

Ebru Emre SEVDİN

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Antropoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

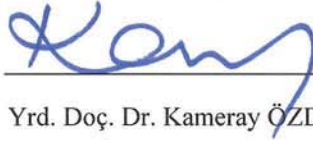
Ankara, 2017

KABUL VE ONAY

Ebru Emre SEVDİN tarafından hazırlanan “Farklı Kemik Türlerinde Element Birikimlerinin Belirlenmesi: Tepecik-Çiftlik Örneği” başlıklı bu çalışma, 16 Ocak 2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Handan ÜSTÜNDAĞ (Başkan)



Yrd. Doç. Dr. Kameray ÖZDEMİR (Danışman)



Yrd. Doç. Dr. Ali Metin BÜYÜKKARAKAYA

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Sibel BOZBEYOĞLU

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Hazırladığım tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim/Raporum sadece Hacettepe Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☒ Tezimin/Raporumun ..1.. yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

16/01/2017



Ebru Emre SEVDİN

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarımı bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

o Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

o Tezimin/Raporumun 09/02/2018 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

o Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

o Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi



Ebru Emre SEVDİN

16/02/2017

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Tez Danışmanının Yard. Doç.Dr. Kameray ÖZDEMİR danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Ebru Emre SEVDİN

TEŞEKKÜR

Başta tezimi hazırladığım tüm aşamalarda fikirleri ve bilgileri ile bana destek veren ve bana inanan tez danışmanın Yrd. Doç. Dr. Kameray Özdemir'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde kullandığım iskelet örneklerine erişimimi sağlayan Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal'a, kullandığım iskelet örneklerinin seçiminde yardımcı olan ve çalıştığım örneklerin elde edildiği alan ile ilgili bana bilgi vererek desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ali Metin Büyükkarakaya 'ya, çalıştığım arkeolojik alanı daha yakından tanımam için misafirperverliğini esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Prehistorya A.B.D.'dan Doç. Dr. Erhan Bıçakçı'ya teşekkürlerimi sunarım.

Örneklerimin hazırlığı sırasında bana laboratuvarını açan Hacettepe Üniversitesi Fizik A.B.D.'dan Prof. Dr. Sevgi Bayarı'ya, element analizlerinin yapılmasına sağladığı katkılardan dolayı Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Y. Kağan Kadioğlu ve Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıkları Koruma ve Onarım Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Ali Akın Akyol'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezim sırasında benden anlayışlarını ve desteklerini esirgemeyen başta annem Nezire Sevdin ve babam Ali Kemal Sevdin olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

ÖZET

SEVDİN Ebru Emre, Farklı Arkeolojik Kemik Türlerinde Element Birikiminin

Belirlenmesi: Tepecik-Çiftlik Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2017.

Bu çalışmada Niğde ili sınırları içerisinde yer alan Tepecik-Çiftlik arkeolojik alanından elde edilen ve Neolitik döneme tarihlendirilmiş 25 bireye ait kaburga ve el ve ayak tarak kemiklerinde element birikimleri analiz edilmiştir. Kemik gruplarında tespit edilen element miktarları ile aynı bireylere ait femur örnekleri karşılaştırılarak, örneklerin gömü sonrası geçirdiği elementel değişimler arasındaki benzerlik ve farklılıklar değerlendirilmiştir. Gömü sonrası element değişimleri değerlendirilirken örneklerin bulunduğu katmanlardaki toprak ve faunal kemiklerden elde edilen element miktarları ile kıyaslama yapılarak diyagenezin kemik grupları üzerindeki etkisi ortaya çıkarılmıştır.

Kaburga, el ve ayak tarak kemiklerinden oluşan toplam 38 kemikte, 17 element analiz edilmiştir. Bu elementler, kemiğin korunma durumu hakkında bilgi verenler (Ca, P, Ca/P, Sr/Ca ve Fe/Mn), beslenme modelini yansıtanlar (Sr, Ba, Mg, Zn, Cu), diyagenez hakkında bilgi verenler (Al, Fe, K, Mn, Na, Pb, U, Zr ve Y) olmak üzere üç grupta değerlendirilmiştir.

Arkeolojik toplulukların beslenme biçiminin araştırıldığı çalışmalarda kemik korunma durumunun ölçütü olan elementlere bakıldığında, örneklerin tümünde toprak ile element değişimleri olduğu tespit edilmiş, değişimin kaburgalarda diğer kemiklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Yanı sıra arkeolojik çalışmalarda kemik külündeki miktarları bulunduğu topraktan düşük olan elementler ile diyagenez etkisi değerlendirildiğinde bu sonucu desteklemiştir.

Bireylerin beslenmesine dâhil olan bitkisel ve hayvansal besinlerin oransal tahmininde kullanılan elementlerden magnezyum ve bakırın, Tepecik-Çiftlik topluluğuna ait örneklerde gömü sonrası arkeolojik kemikler için kabul edilen referans değerlerin dışında kaldığı görüldüğünden bu elementler de kemiklerdeki diyagenetik sürecin tahmininde kullanılmıştır.

Çalışmanın amaçlarından bir diğeri, arkeolojik beslenme çalışmalarında sıklıkla önerilen femur örneklerine, yapısal özellikleri nedeniyle benzerlik gösteren el ve ayak tarak kemiklerinin alternatif olup olamayacağını araştırmaktır. Element içerikleri açısından femur ve tarak kemiklerinde farklılıklar görülmüştür. Yapılan istatistiki analizler bu farklılıkların nedenlerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Korelasyon matrisin de kemik gruplarının tümünde farklı elementlerin diyagenetik etkisi tespit edilmiştir. Tarak kemiklerindeki element birikimlerinde zirkonyumun etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç örneklerin hazırlık aşamasındaki süreçlerin femur ve tarak kemikleri içerisindeki element miktarlarının farklılaşmasında etkili olduğu yönünde yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler:

Eser element, kemik korunma durumu, kemik diyagenezi, korelasyon matrisi, çok değişkenli analizler.

ABSTRACT

SEVDİN Ebru Emre, Determination of Elemental Accumulation on The Different

Archaeological Bone Types: Tepecik-Çiftlik Example, Ankara, 2017.

In this study, the accumulation of elements in the ribs and metatarsal and metacarpal bones of 25 individuals dated Neolithic period from the Tepecik-Çiftlik archaeological site within the Niğde province were analyzed. The similarities and differences among the elemental changes of the samples after burial were evaluated by comparing the amount of the elements detected in the bone groups and the femurs of the same individuals. When the elemental changes after burial were evaluated, the dimension of the diagenetic effect on the bone groups was tried to be understood by comparing the amounts of elements obtained from the soil and faunal bones in the layers where the samples were found.

17 elements were analyzed in a total of 38 bones consisting of ribs, metatarsals and metacarpals. These elements were studied in three subgroups; the elements providing information on the preservation status of the bone (Ca, P, Ca / P, Sr/Ca and Fe/Mn); the ones reflecting the nutritional model (Sr, Ba, Mg, Zn and Cu); the elements providing information on diagenesis (Al, Fe, K, Mn, Na, Pb, U, Zr and Y).

In studies conducted on the nutritional models of past populations, it has been found that elemental changes are occurred between bone and soil considering the elements that are accepted as indicators of bone preservation, and the change is found to be higher in ribs than the other bones. It is also supported by archaeological studies that the effect of diagenesis with elements that are lower than the amount of soil in the bone ash is evaluated.

Magnesium and copper, which are used in the proportional estimation of the faunal and floral based diet, were used for estimation of diagenetic process on samples from Tepecik-Çiftlik population since their levels are out of the accepted reference values for the archaeological bones.

Another aim of the study was to investigate whether or not metatarsal and metacarpal bones, which are similar to femur due to their structural characteristics, can be an

alternative to the femur bone that has been frequently proposed to use in the past dietary reconstruction studies. In terms of element contents, some differences between the femur and metatarsal and metacarpal bones was determined. Statistical analyses are used to reveal the causes of the differences among the bone groups. In the correlation matrix, the diagenetic effect of different elements throughout the bone groups was determined. It has been evaluated that the zirconium effect is high in elemental deposits in the metatarsal and metacarpal bones. The result has interpreted like the preparation processes are effective in the differentiation of the amounts of the elements in the femur and metatarsal and metacarpal bones.

Key words: Trace elements, bone preservation status, bone diagenesis, correlation matrix, multivariate analysis.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
BİLDİRİM.....	ii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iii
ETİK BEYAN	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
ÇİZİMLER DİZİNİ.....	xvii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xix
GİRİŞ	1
I. BÖLÜM: KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	5
1.1. KEMİK.....	5
1.1.1. Kemğin Tanımı.....	5
1.1.2. Kemğin Görevi.....	5

1.1.3. Kemik Kimyası.....	6
1.1.4. Sınıflaması.....	9
1.1.4.1. Yapısına Göre Sınıflama.....	9
1.1.4.2. Biçimine (morfolojik) Göre Sınıflama.....	10
1.2. KEMİĞİN BOZULMASI.....	13
1.2.1. Tafonomi.....	13
1.2.2. Diyagenez.....	14
1.2.3. Kemğin Bozulmasını Etkileyen Faktörler	17
1.3. ELEMENTLER.....	23
1.3.1. Elementlerin Sınıflandırılması ve Vücuttaki Görevleri.....	23
1.3.1.1. Majör Elementler.....	23
1.3.1.2. Minör (Eser) Elementler.....	25
1.3.1.2.1. Beslenme İçin Gerekli Olan Elementler.....	26
1.3.1.2.2. Beslenme İçin Gerekli Olmayan Elementler.....	30
1.3.1.2.3. Toksik Elementler.....	31
1.4. ELEMENTLER ANALİZLERİ.....	32
1.4.1. Kararlı İzotop Analizleri.....	32
1.4.2. Eser Element Analizleri.....	35
1.4.3. Arkeolojik Beslenme Araştırmalarında Element Analizlerinin Tarihçesi	37

II. BÖLÜM: SORUN, ÖNEMİ ve AMAÇ.....	43
2.1. SORUN VE ÖNEMİ.....	43
2.2. AMAÇ.....	45
III. BÖLÜM: VERİ KAYNAKLARI VE YÖNTEM.....	46
3.1. TEPECİK-ÇİFTLİK KAZILARI.....	46
3.1.1.Sosyo-Ekonomik Yaşam.....	48
3.1.2. Mimari Özellikler.....	50
3.1.3. Ölü Gömme Uygulamaları.....	51
3.1.4. Beslenme.....	54
3.1.5. Hastalıklar.....	54
3.1.6. İskelet Materyali.....	55
3.2. ÖRNEKLEM.....	55
3.2.1. İskelet Materyalinin Demografik Özellikleri.....	55
3.2.2. İskelet Materyalinde Diyagenez İle İlgili Gözlemler.....	58
3.2.3 Analizde Kullanılacak Diğer Örnekler Hakkında Bilgiler.....	61
3.3. YÖNTEM.....	62
3.3.1. Görünür Kirlerin Mekanik Yolla Uzaklaştırılması.....	62
3.3.2. Yıkama.....	62
3.3.3. İnkübasyon ve Yakma.....	62
3.3.4. Öğütme.....	63

3.3.5. Element Miktarlarının Tespiti.....	63
3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	65
IV. BÖLÜM: BULGULAR.....	67
4.1. TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER.....	69
4.2. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI.....	84
4.3. KEMİK GRUPLARINA GÖRE ANALİZLER.....	93
4.3.1. Femur Örneklerinin Analizleri.....	93
4.3.2. Kaburga Kemiklerinin Analizleri.....	98
4.3.3. El ve Ayak Tarak Kemiklerinin Analizleri.....	103
V. BÖLÜM: TARTIŞMA	108
5.1. KEMİĞİN KORUNMA DURUMU HAKKINDA BİLGİ VEREN ELEMENTLER.....	108
5.2. BESLENME MODELİNİ YANSITAN ELEMENTLER.....	113
5.3. DİYAGENEZ İLE İLİŞKİLİ ELEMENTLER.....	123
VI. BÖLÜM: SONUÇ	136
KAYNAKÇA.....	139
EK 1: Orijinallik Raporu	164
Ek 2: Etik Kurul İzin Muafiyeti Formu.....	165

KISALTMALAR DİZİNİ

Ac: Aktinyum

aDNA: Antik DNA

Ag: Gümüş

Al: Alüminyum

As: Arsenik

ATP: Adenozin TriFosfat

Ba: Baryum

Be: Berilyum

Bi: Bizmut

C: Karbon

Ca: Kalsiyum

$\text{Ca}_{10}[(\text{PO}_4)_6-x(\text{CO}_3)_x](\text{OH})_2$: Biyoapatit, hidroksiapatit

Cd: Kadmiyum

Cl: Klor

Co: Kobalt

Cr: Krom

Cu: Bakır

DNA: Deoksiribonükleik Asit

F: Flor

Fe: Demir

Ga: Galyum

H: Hidrojen

HA: Hidroksiapatit

Hg: Civa

ICP-MS= Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi

K: Potasyum

Li: Lityum

Log: Logaritma

Mg: Magnezyum

Mn: Mangan

Mo: Molibden

N: Azot

Na: Sodyum

Nb: Nyobiyum

Ni: Nikel

O: Oksijen

OH: Hidroksil

P: Fosfor

Pb: Kurşun

PCA: Principle Component Analysis

PED-XRF= Polarized Energy Dispersive X-Ray Fluorescence: Polarize Enerji

Dağılımlı X-Işını Floresan

PMI: Post-Mortem Interval- Ölüm Sonrası Zaman Aralığı

PO₄: Fosfat

ppb: ng/g

ppm: µg/g

PPNB= Pre-Pottery Neolithic B: Çanak-Çömleksiz Neolitik Dönem B

Pu: Plütonyum

Ra: Radyum

RNA: Ribonükleik Asit

S: Sülfür

Se: Selenyum

Si: Silikon=Silisyum

Sn: Kalay

Sr: Stronsiyum

Th: Toryum

U: Uranyum

XRF: X-ray fluorescence Spectrometry = X-ışını floresan Spektrometre

Y: İttriyum

Zn: Çinko

Zr: Zirkonyum

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1: Kemik Apatit Kristali ve Topraktaki Element Değişimi	8
Çizelge 3.1: Tepecik-Çiftlik Tabakalanması	48
Çizelge 3.2: Çalışmaya Dahil Edilen İskelet Örnekleri	56
Çizelge 3.3: Tepecik-Çiftlik Neolitik Topluluğunun Cinsiyet Dağılımı.....	57
Çizelge 3.4: Tepecik-Çiftlik Örneklerinin Yaş Gruplarına Göre Dağılımı.....	58
Çizelge 3.5: Örneklerin Görünümleri, Tür ve Yapısı Açısından Değerlendirilmesi.....	60
Çizelge 3.6: Tepecik-Çiftlik Kazı Alanından Elde Edilen Hayvan Kemikleri	61
Çizelge 3.7: Tepecik-Çiftlik Kazı Alanınının Elde Edilen Toprak Örnekleri.....	61
Çizelge 3.8: Örnek miktarları.....	64
Çizelge 4.1: Tepecik-Çiftlik Örneklerinden Element Dağılımı	68
Çizelge 4.2: Tepecik-Çiftlik Toprak Örneklerinin pH Değerleri.....	69
Çizelge 4.3: Kemik Gruplarındaki Element Miktarlarının ANOVA Analizi.....	84
Çizelge 4.4: Kemik Grupları Arasında Element Miktarlarının Wilks' Lambda Analizi	86
Çizelge 4.5: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Kemik Grupları Arasında Elementlerin Düzensizlik Matrisi	86
Çizelge 4.6: Tepecik-Çiftlik Arkeolojik Topluluğunun Tüm Kemik Gruplarının Korelasyon Matrisi.....	89
Çizelge 4.7: Tüm Kemik Gruplarında Barlett's Sphericity Testi	91
Çizelge 4.8: Femur Örnekleri İçin Korelasyon Matrisi	94
Çizelge 4.9: Femur Örneklerinde Barlett's Sphericity Testi.....	96
Çizelge 4.10: Kaburga Örnekleri İçin Korelasyon Matrisi	99
Çizelge 4.11: Kaburga Örneklerinde Barlett's Sphericity Testi	101
Çizelge 4.12: El ve Ayak Tarak Kemikleri İçin Korelasyon Matrisi.....	104
Çizelge 4.13: Analizleri Yapılan Kaburga, Femur ve Tarak Kemiklerinin İskelet Numaraları.....	107
Çizelge 5.1: Aynı Bireydeki Kemikler Arası Stronsiyum Varyasyonları.....	115

Çizelge 5.2: Stronsiyum'un Diğer Elementler ile Korelasyonu	116
Çizelge 5.3: Aynı Bireydeki Kemikler Arası Magnezyum Varyasyonları	119
Çizelge 5.4: Aynı Bireydeki Kemikler Arası Demir Varyasyonları	124

ÇİZİMLER DİZİNİ

Çizim 1.1: Kemik Organik Matrisinde Bulunan Fibriler Yapının Şematik Görüntüsü.....	7
Çizim 1.2: Kompakt ve Süngerimsi Kemik	10
Çizim 1.3: Uzun Kemik	11
Çizim 1.4: Kaburga (yassı) Kemik	12
Çizim 4.1: Kalsiyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	69
Çizim 4.2: Fosfor Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	70
Çizim 4.3: Ca/P Orantısının Kemikler ve Toprak Örneklerindeki Dağılımı	71
Çizim 4.4: Magnezyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	72
Çizim 4.5: Çinko Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	73
Çizim 4.6: Stronsiyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	74
Çizim 4.7: Baryum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	75
Çizim 4.8: Bakır Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	76
Çizim 4.9: Demir Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	77
Çizim 4.10: Mangan Elementinin Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı	78
Çizim 4.11: Sodyum Elementinin Kemiklerdeki ve Topraktaki Dağılımı	78

Çizim 4.12: Potasyumun Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı	79
Çizim 4.13: Alüminyum Elementinin Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı	80
Çizim 4.14: Arsenik Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	81
Çizim 4.15: Uranyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	81
Çizim 4.16: Kurşun Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı	82
Çizim 4.17: Zirkonyum Elementinin Kemik ve Topraktaki Dağılımı	83
Çizim 4.18: İtiryum Elementinin Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı	83
Çizim 4.19: Tepecik-Çiftlik Topluluğundaki Kemik Gruplarının Diskriminant Analizi.....	85
Çizim 4.20: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Tüm Kemik Gruplarındaki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.....	90
Çizim 4.21: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Örneklerinden Kemik Türüne Göre Gruplaşmalar	92
Çizim 4.22: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Femur Kemiklerindeki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.....	95
Çizim 4.23: Femur Kemiklerindeki Bireyler Arası Element Farklılaşması	97
Çizim 4.24: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Kaburga Kemiklerindeki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.....	100
Çizim 4.25: Kaburga Kemiklerindeki Bireyler Arası Element Farklılaşması	102
Çizim 4.26: Tepecik-Çiftlik Topluluğu El ve Ayak Tarak Kemiklerindeki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.....	105
Çizim 4.27: El ve Ayak Tarak Kemiklerindeki Bireyler Arası Element Farklılaşması	106

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 3.1. Tepecik-Çiftlik Arkeolojik Yerleşmesi.....	47
Fotoğraf 3.2: Orta Anadolu obsidyen kaynakları.....	50
Fotoğraf 3.3: 5. Tabakada bulunan BB Mekanı.....	52
Fotoğraf 3.4: Neolitik Döneme Tarihlendirilen Başsız İskelet (Tepecik-Çiftlik kazı arşivi).....	53



GİRİŞ

Antropoloji geçmişte yaşamış ve günümüzde yaşamakta olan insan toplumlarının farklı çevresel koşullar altında geçirdiği biyolojik ve kültürel uyarlanmaları karşılaştırmalı bir bakış açısı ile inceleyen bir disiplindir (Özbek, 2012; Boaz, 2002). İçinde yaşadığı doğa ile etkileşimi sonucu farklılaşan insan toplumlarının geçirdiği süreçleri genel olarak sosyokültürel antropoloji, biyolojik/fiziksel antropoloji, arkeoloji ve dil antropolojisi gibi dört ayrı alanda incelemek mümkündür (Larsen, 2010a).

Antropolojinin alanlarından biri olan biyolojik/fiziksel antropoloji, insanın biyolojik evrimini, yaşadığı çevreye uyarlanma stratejilerini ve çeşitliliğini araştırmaktadır (Boaz 2002). Bu araştırmalar pek çok alt disiplini bünyesinde barındırır. Bu alt disiplinler arasında primatları konu alan primatoloji, fosil kalıntılardan yararlanan paleoantropoloji, tarih öncesi insan toplumları ile ilgilenen biyoarkeoloji, insanın büyüme ve gelişimini araştıran biyoloji, insan çeşitliliği ve evrimsel sürecini genetik yöntemler ile ele alan moleküler antropoloji ve insan kalıntılarının kimliklendirilmesi ile ilgilenen adli antropoloji yer alır (Boaz, 2002; Marks, 2011).

Biyolojik antropoloji çalışmalarında yararlanılan iskelet kalıntıları ile toplumların fiziksel özelliklerini araştıran biyoarkeolojik çalışmalar, fiziksel özelliklerin farklılaşmasına etkili olabilecek yaşam biçimi, sağlık durumları, beslenme biçimleri ve sosyal yapıları gibi birçok faktörü insan evrimini daha iyi anlayabilmek için kullanmaktadır (Larsen ve Walker, 2010). Beslenme bireylerin hayatta kalması ve sağlıkları için temel bileşen olduğundan, toplumların tükettikleri besinlerin hem fiziksel hem de kültürel yapılarına etkilerini araştırmak biyoarkeolojik çalışmaların merkezini oluşturmaktadır (Larsen, 2002). Bu çalışmalarda sıklıkla kullanılan insana ait kalıntılar arasında yer alan dişlerin ve kemiklerin element içeriklerinin gömü sonrası süreçte nasıl değiştiğinin anlaşılması araştırmalar için oldukça önemlidir.

İskelet kalıntılarının jeokimyasal içeriği eski toplumların beslenme pratiklerinin yeniden yapılandırılması çalışmalarına güçlü ve doğrudan kanıtlar sunar (White, 2005). Diş ve kemiğin ortaya çıkardığı diyetle dair bilgiler farklı ontogenetik süreçlerle ilgilidir. Dişin mineralizasyonunun doğumdan (birinci daimi molar) yaklaşık 16 yaşına (üçüncü molar) kadar sürmesi ve daha sonra yeniden yapılanmamasıyla (Hillson, 1986) alakalı olarak

elde edilen sonuçlar hayatın ilk yıllarına dair beslenme bilgileri ortaya çıkarmaktadır. Buna karşın kemiğin hayat boyu süren yeniden yapılanması (Toppets ve ark., 2004) kemiği yaşamın son yıllarına dair beslenme bilgilerini ortaya çıkarmada elverişli kılar (Marshall ve ark., 1973; Tanaka ve ark., 1981; Hedges ve ark., 2007). Bununla birlikte yaşarken kazanılan diyetle ilgili jeokimyasal izler gömü sonrası süreçte dönüşebilir ve geçmiş beslenmenin yeniden yapılandırılması çalışmalarında önemli sorun teşkil eder. Bu farklılaşma ya da diyagenez (*diagenesis*) kemiğin ve dişin mineral (*bioapatite*, $\text{Ca}_{10}[(\text{PO}_4)_6-x(\text{CO}_3)_x](\text{OH})_2$; Chang ve ark., 1996) ve organik (*collagen*, kolajen) matrisini değiştiren çok fazlı (Trueman ve Martill, 2002; Pfretzschner, 2004) ve karmaşık (Hedges, 2002; Trueman ve Tuross, 2002) bir süreç olarak bilinir. Bu süreç esnasında biyoapatit çözünme, tekrardan kristalleşme, kristal büyümesi ve iyonik yer değiştirme yoluyla bozulurken (Pate ve ark., 1989) kolajen bakteriyel veya fiziksel hidroliz yoluyla hasar görür (Collins ve ark., 2002; Hedges, 2002). Bozulmayla birlikte kalıntıları çevreleyen tabakalarda bulunan otijen mineraller (başka yerden taşınmayan) gözeneklerin ve çatlakların arasını doldurabilir (Hubert ve ark., 1996; Trueman ve ark., 2004) ve iskelet kalıntılarının yapısında yer alan izotop ve element bileşimini önemli ölçüde değiştirir.

Dişin mine tabakası her zaman geçerli olmasa da gömü sonrası değişimlerden daha az etkilenir (Koch ve ark., 1997; Budd ve ark., 2000; Hoppe ve ark., 2003; Trickett ve ark., 2003; Zazzo ve ark., 2004a,b; Bentley, 2006; Horstwood ve ark., 2008; Copeland ve ark., 2010; Domingo ve ark., 2012; Madgwick ve ark., 2012). Buna karşın kemiğin kimyasal ve mineralojik yapısının gömü sonrası süreçte önemli ölçülerde değiştiği çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmuştur (Hedges, 2002; Trueman ve Martill, 2002; Trueman ve Tuross, 2002; Zapata ve ark., 2006). Kemiğin kolajen kısmı sahip olduğu karbon (C), azot (N), sülfür (S) ve diğer elementlerin kararlı izotop içeriğiyle paleodiyet çalışmaların merkezinde yer alır. Eğer kemikten yeteri kadar kolajen elde edilmişse, kolajenin bozulup bozulmadığı kabaca C/N oranı ile %C ve %N değerleri göz önünde bulundurularak değerlendirilir (DeNiro, 1985; van Klinken, 1999). Bununla birlikte, ağır metallere maruz kalma (Gonzalez-Reimers ve ark., 2001, 2003; Grobler ve ark., 2001; Grattan ve ark., 2002, 2005; Rasmussen ve ark., 2008; Özdemir ve ark., 2010) veya beslenmenin özel unsurlarının ortaya çıkarılması (Maurer ve ark., 2011) gibi bazı arkeolojik sorular ancak kemiğin inorganik kısmının çalışılması ile cevap bulmaktadır. Üstelik bazı durumlarda kemiğin organik kısmının ileri derecede bozulması paleodiyet çalışmalarında kolajeni

elverişsiz hale getirir ve araştırmacıların önünde kemiğin inorganik kısmındaki element birikimlerinden beslenme izlerini elde etmekten başka yol kalmaz (Zazzo ve ark., 2014). Dolayısıyla kemiğin inorganik kısmının element içeriğinin diyagenezle nasıl değiştiğinin ve bu değişimin farklı kemik gruplarında nasıl gerçekleştiğinin anlaşılması geçmiş beslenme modeli yapılandırma çalışmalarında önemlidir. Kemiğin mineral yapısı kalsiyum (Ca)/fosfat (P) oranı, ikincil mineraller, apatit kristinalitesi, histolojisi ve element içeriği diyagenezin boyutunun belirlenmesinde de önemli ölçütler olarak kullanılmaktadır.

Antropoloji, arkeolojik alanlardan elde edilen kemiklerin farklı özelliklerine vurgu yaparak, kemik bileşimini oldukça iyi bir şekilde keşfetmiştir (kısa bir özet için bkz Burton, 2008). Strosiyum (Sr), brom (Br), baryum (Ba) ve çinko (Zn) gibi bir takım spesifik elementler geçmiş beslenmenin belirlenmesinde kullanılmıştır (Arnay-de-la-Rosa ve ark., 2009; Price ve ark., 1985; Brown, 1974; Szostek ve ark., 2009; Velasco-Vazquez ve ark., 1997; Dolphin ve ark., 2013). Kemik bileşiminde gömü sonrası süreçte toprakla etkileşim sonucu meydana gelen değişimler de tıpkı geçmiş diyetin belirlenmesi çalışmalarında olduğu gibi ayrıntılı olarak araştırılmıştır (Jans ve ark., 2004; Nielsen-Marsh ve ark., 2007; Nielsen-Marsh ve Hedges, 2000; Stathopoulou ve ark., 2008; Zapata ve ark., 2006; Kyle, 1986). Bu çalışmalarda diyagenezin önemi gömü sonrası süreçten gözle görünür bir şekilde daha fazla ya da daha az etkilenmiş kemiklerin karşılaştırılması yöntemiyle tespit edilmeye çalışılmıştır. Edward ve Benfer (1993)'in belirttiği gibi bu konu üzerine yapılan çalışmalarda izlenecek yöntemlerden biri de gömü sonrası değişimlerden az (femur) veya çok (kaburga) etkilenen farklı kemik türlerini karşılaştırmaktır. Bunlardan farklı olarak diğer çalışmalar iskelet içi karşılaştırmayı sınırlandırmasına rağmen sadece gömü sonrası süreçlere femur gibi daha dayanıklı veya omur gibi daha az dayanıklı tek bir kemik türüne odaklanmıştır. Bu konu üzerine yürütülen çalışmalar göreceli olarak fazla olmasına rağmen yapılan araştırmaların çoğunluğu bir kaç element arasındaki ilişkiye veya birbirlerine oranlarına (Sr/Ca veya Ca/P oranları gibi) gönderme yapar. Söz konusu araştırmalar, gömü sonrası kontaminasyona uğramış kemik element birikimlerinden, gömü öncesi beslenmeye dair izleri elde etmeye çalışmıştır. Konuyu detaylıca ele almaktan ve elementler arası ilişkiyi açığa çıkaracak istatistiksel analizlerden uzaktır. Öncül araştırmalardan biri olan ve Buikstra ve ark. (1989) tarafından yapılan çalışma kemik bileşimini araştırmada çok değişkenli istatistiki

analizlerinin (temel bileşenler analizi ve korelasyon matrisi) önemini vurgular ve araştırmacılara önerir. Bu tür analizler kemiğin kimyasal izlerinin anlaşılmasında ve gömü öncesi ve sonrası etkilerin yorumlanmasında oldukça geniş bir hareket alanı sağlar.

Son zamanlarda birçok araştırmacı (Burton, 2008; Zapata ve ark., 2006) gömü sonrası sürecin farklı çevrelerde ve farklı kemik gruplarında nasıl işlediğinin anlaşılmasına ve önemine vurgu yapmıştır. Bu tez çalışması da aynı konuya vurgu yaparak gömü sonrası sürecin Tepecik-Çiftlik kazı alanından elde edilen insan iskeletlerinde, aynı bireye ait farklı kemik türlerinde (kaburga, ayak ve el tarak kemikleri) nasıl işlediğini, X-ışını florsan spektrometresi (*X-ray fluorescence spectrometry*, XRF) tekniği uygulanarak ve elde edilen sonuçlar temel bileşenler analizi (*Principle Component Analysis*, PCA) aracılığıyla değerlendirilerek anlaşılmaya çalışılmıştır.

I. BÖLÜM

KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. KEMİK

1.1.1. Kemiğin Tanımı

Kemik hiyerarşik yapıda organik ve inorganik fazlar içeren bir bileşiktir (Pate, 1994). Nanometre boyutunda karbonlu apatit kristalleri içeren uzun kolajen iplicikleri (yaklaşık 100 nanometre çapında) ana yapısını oluşturur (Weiner ve Wagner, 1998).

Yetişkin bir insanda 206 kemik bulunur. Bu kemikler iç kulakta yer alan mikroskopik boyuttaki *ossicle* dan 450 mm veya daha büyük boyuta ulaşabilen uyluk (femur) kemiğine kadar değişen boyutlarda olabilir. Kemik boyutunda gözlenen büyük farklılaşma şekil farklılıklarıyla birlikte ele alındığında her bir kemiği ayırt edilebilir kılmaktadır. Bununla birlikte bazı kemikleri diğerlerinden ayırt etmek yine de zordur. El ve ayak kemikleri, kaburgalar ve omurlar ayırt edici teşhis için diğer kemiklerden daha yakın inceleme gerektirir.

1.1.2. Kemiğin Görevi

İnsan vücut ağırlığının %14' ünü oluşturan kemik, canlı hayatı boyunca yapılanma, yıkılma ve tekrar yapılanma döngüsüne sahip olan dinamik bir dokudur (Steele, 1988; Trammell, 2013). Organizmalar için hayati işlevleri yerine getirir. Kemiğin söz konusu işlevlerinin en başında kas sistemi ile birlikte vücudun dik durmasına ve hareketine destek vermek gelir. Kemik aynı zamanda sert ve sağlam yapısı ile yumuşak doku ve organları korumada kalkan görevini de üstlenir. Koruduğu yumuşak dokular arasında yer alan ve kan hücrelerinin üretildiği kemik iliği uzun kemiklerin diyafiz kısmında yer almaktadır (Kini, 2012; Tortora, 2012).

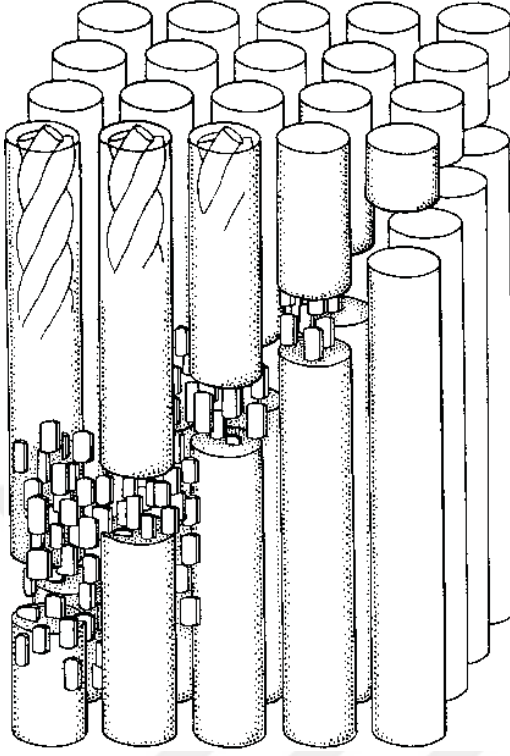
Yukarıda ki işlevlerinin yanı sıra kemik birçok element ve mineral için başlıca depo yeridir (Kini, 2012; Busetto, 2008; Ezzo, 1994; Steele, 1988). Homeostazi (*homeostasis*) olarak da bilinen vücut iç dengesi kemikte depolanan mineral ve elementlerin gerekli

olduğu hallerde vücut fonksiyonlarına katılmak üzere kemik aracılığıyla kana verilmesi veya kandan geri emilmesiyle kontrol edilmektedir. Örneğin, vücuda alınan kalsiyumun yaklaşık %99'u (Ca^{+2}) kemik dokuda depolanır ve kandaki kalsiyum seviyesi olması gerekenin altına düştüğünde kana kalsiyumun salınması kemik tarafından gerçekleştirilir (Tortora, 2012).

Üstlenmiş olduğu görevler kemiğin dayanıklı olmasını gerektirir. Dayanıklılığının devamını sağlayabilmek ancak kemiğin yaşam boyu süren yapılanmasıyla mümkündür. Bu süreç sonucunda edinmiş olduğu sert ve sağlam yapı sayesinde kemik ölüm sonrası koşulların tüm olumsuzluklarına rağmen oldukça uzun yıllar boyunca bütünlüğünü korunmaktadır. Dolayısıyla arkeolojik kazılarda oldukça çok miktarda ele geçen insana ait buluntular arasında yer alır ve ait olduğu bireylerle ilgili anatomik, histolojik, demografik ve patolojik bilgilere ulaşmak için yegâne kanıt teşkil eder (Tortora, 2012). Diğer taraftan moleküler düzeyde yürütülen element analizleri, kararlı izotop analizleri ve eski DNA (aDNA) çalışmaları için de kemik insana ait ilk başvurulana materyaldir (Katzenberg ve Harrison, 1997).

1.1.3. Kemik Kimyası

Kemik biyokimyasal olarak, organik matris içerisinde çökelmiş oldukça karmaşık bir dokudur. Kemik doku %65 mineral (hidroksiapatit) ve %35 organik (kollajen, kollajen olmayan proteinler, kemik hücreleri ve su) bileşenlerden oluşur (Samuel ve ark., 2009). Kemiğin başlıca proteini olan kollajen, sola dönüşlü uzun bir protein sarmalıdır. Bu sarmalın etrafında sağa dönüşlü tropokolajen vardır ve birlikte üçlü sarmal yapısını oluşturur. Tropokolajen ve kollajenin yapısı (Çizim 1.1) organik bileşenin çözünürlüğü azaltır ve kemiğe güçlü, esnek ve dayanıklı bir yapı kazandırır (Turner-Walker, 2008). Tropokollajen molekülleri, kemiğin mineral kısmını oluşturan kristallerin bulunduğu moleküller arası alandaki fibriller ile birleşirler. Mineral bileşen aynı zamanda fibriller ve olgun kemik arasında da bulunur. Kemik minerali karbonlanmış hidroksiapatittir (HA) ve hem yüzey hem de kafes kısımları birçok eser elementin eklenmesine elverişlidir. Karbonlanmış hidroksiapatit mineralojik tanımlamayla dahlit olarak adlandırılır. Bu kristal yapı 2-5 x 40-50 x 20-25 nanometre boyutlarıyla oldukça küçüktür. Bu küçük yapı sayesinde kemik minerali kimyasal olarak aktif ve oldukça geniş bir yüzey alanına (85-170 m²/g) sahip olur (Millard, 2001).



Çizim 1.1: Kemik Organik Matrisinde Bulunan Fibriler Yapının Şematik Görüntüsü (Turner-Walker, 2008).

Hidroksiapatit kristalleri plak şeklinde bir morfolojiye sahiptir. Kemik olgunlaştıkça bu plaklar genişler. Hidroksiapatit kristallerinin kolajen içerisindeki gruplaşması 1. Mineralizasyon; fibriller arası alanın bulk ile dolması ile 2. Mineralizasyon gerçekleşir. Bu süreç birkaç hafta ile birkaç ay sürebilir. Hidroksiapatit ve kolajen moleküller arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu iki bileşenin birbirlerine olan kimyasal afiniteleri osteokalsin tarafından güçlendirilir. Osteokalsin hidroksiapatit ve kolajene bağlanarak iskeletin birincil mineralizasyonunda önemli rol oynar (Turner-Walker, 2008).

Hidroksiapatit yapı stokiyometrik özellikte değildir. Genellikle kalsiyum, fosfat (PO_4) ve hidroksil (OH) molekülleri beslenme yoluyla vücuda alınan anyonik ve katyonik yapıdaki eser elementler (iz elementler) ile yer değiştirebilir (Zimmerman, 2015; Turner-Walker, 2008; Pate, 1994). Bu moleküller ile yer değiştirme potansiyeline sahip elementler ve moleküller Çizelge 1.1’de gösterilmiştir. Yer değişimleri sonucu apatit yapıda bireylerin beslenme tarzını yansıtan dalgalanmalar meydana gelir ve bu özelliği ile beslenme modeli

çalışmalarında element analizlerinde önemli bir kaynak oluşturur (Zimmerman, 2015; Gosman ve Stout, 2010; Sandford, 1992). Bu elementlerden özellikle berilyum (Be), stronsiyum (Sr), radium (Ra), kurşun (Pb), toryum (Th) ve florun (Fl) kemiğin kristal bileşeninin içine dâhil olabildiği belirtilmektedir (Pate, 1994).

Çizelge 1.1: Kemik Apatit Kristali ve Toprak Arasındaki Element Değişimi (Pate, 1997).

Ca			PO ₄	OH
Li	Zr	Hg	CO ₄	F
Na	V	Al	Sitrat (C ₆ H ₈ O ₇),	Cl
K	Nb	Ga	Fosfat Esterleri	
Be	Cr	Si	Difosfonatlar	
Mg	Mn	Sn	Pirofosfat	
Sr	Fe	Pb	Amino asitler	
Ba	Cu	Bi		
Ra	Ag	U		
Y	Zn	Pu		
Ac	Cd	Th		

Elementlerin kemik içerisinde dâhil olmasında beslenme en önemli etkidir. Beslenme ile birlikte alınan proteinler sindirildiğinde, amino asitler kemik dokuda yeniden proteinleri meydana getirir. Bu yapılanma süreci yetişkin bireylerin uzun süreli beslenme modelini yansıtır. Bu nedenle kemiğin organik kısmı beslenme modeli yapılandırma çalışmalarında kararlı izotop analizleri için kullanılır. Bununla birlikte iki eser element (bakır ve demir) organik matriste biriktiğinden eser element analizlerinde de bu bileşenden yararlanılır (Zimmerman, 2015; Busetto, 2008; Pate, 1994; Sandford, 1992).

Eser elementlerin kemik matrisi içerisindeki birikimi ve ikamesi kemiğin yapısı, kemik tipi, beslenme ve bireyin yaşadığı bölgeye bağlı olarak farklılıklar gösterir. Örneğin, çinko, vanadyum, nikel, krom, kurşun, mangan, kobalt ve kalay özellikle kemiğin epifiz kısımlarında, kalsiyum, stronsiyum, sodyum ve potasyum gibi elementlerin de kemiğin diyafiz kısımlarının ortalarında yüksek oranda bulunduğu belirtilmektedir (Zimmerman, 2015).

1.1.4. Sınıflaması

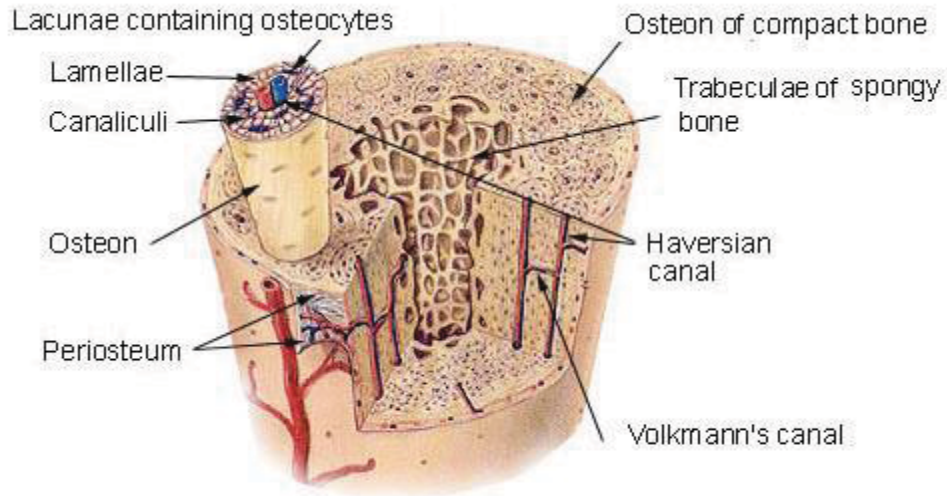
Yapısı ve morfolojik özelliklerine bakılarak kemikler birkaç şekilde sınıflandırılabilir. Kemiğin yapısı, kimyasal kompozisyonu ve izotopik içeriği bireylerin beslenme modeli hakkında bilgi verir. Morfolojik yapısı ise türlerin tanımlanmasında temel oluşturur (Millard, 2001). Her bir sınıflandırma yöntemi ile kemikler antropolojik araştırmalarda oldukça önemli bilgiler vermektedir.

1.1.4.1. Yapısına Göre Sınıflama

Kemikler yapısına göre sınıflandırıldığında başlıca iki grupta incelenir. Bu sınıflandırma yapılırken kemiğin yoğunluğu temel olarak alınır. Farklılıklar oluşturdukları sıkı yapıdan kaynaklanır. Bu durumda kemikler;

- Kompakt veya kortikal kemikler
- Süngerimsi ya da trabeküler kemikler olarak gruplanır (Samuel ve ark., 2009).

Yetişkin bir insanda iskeletin %80'i kompakt kemiklerden %20'si süngerimsi kemiklerden oluşur. Kompakt kemiklerin %80-90'ı kalsifiyedir (Ezzo, 1994). Bu sayede süngerimsi kemiğe kıyasla sert ve yoğundur. Uzun kemiklerin kaide kısmında bulunan kompakt kemikler, kemik iliği kavitesi ve sıkıca paketlenmiş osteon ve harvesian sistemi ile sarılmıştır (Figür 1-1). Harvesian sisteminin sık dokusu katı bir kütle gibi görünmesini sağlar. Kan damarları uzun kemiklerin ekseni ile paralel olarak osteon kanalları içinde uzanır (Samuel ve ark., 2009). Damarlar kemik yüzeyindeki damarlar ile perfore kanallar aracılığıyla bağlantılıdır.



Çizim 1.2: Kompakt ve Süngerimsi Kemik (SEER Eğitim Modülleri, 2007).

Süngerimsi kemik, içerisinde kemik iliği ihtiva eden trabeküler bir yapı oluşturur. Kırmızı kemik iliği, içerisinde trabeküler ve barlar şeklinde uzanan yapısı sayesinde dayanıklılık kazanır. Buna rağmen süngerimsi kemik kompakt kemiklere oranla daha hafiftir ve yoğunluğu daha düşüktür. Omurlar, yassı kemikler ve uzun kemiklerin uç kısımları süngerimsi yapıdadır (Çizim 1.2) (Samuel ve ark., 2009).

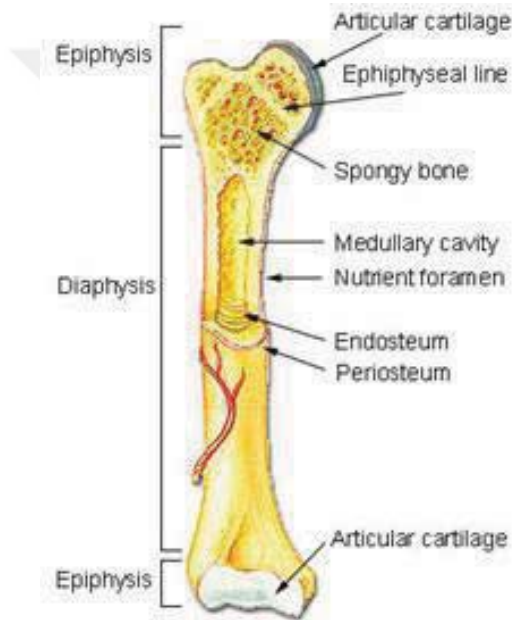
Birçok kemik hem kompakt hem de süngerimsi bölümlere sahiptir. Örneğin uzun kemiklerden sagittal veya enine kesit alındığında, ortada bulunan medullar kavitenin korteks tarafından sarıldığı görülmektedir. Kemik uçlarına doğru gidildikçe içteki boşluğun süngerimsi kemik tarafından kaplandığı görülür. Süngerimsi kemik dallanarak trabekül adı verilen bir kafes oluşturur. Yassı kemiklerde de korteks (kabuk) ve trabeküler kemikler görülmektedir. Bununla birlikte trabeküler yapısı daha yoğundur ve uzun kemiklerde olduğu gibi medullar kavite içermez (Steele, 1998). Kortikal ve trabeküler kemiklerin organizasyonu sayesinde kemik karşılaştığı travmalara karşı maksimum dayanıklılık gösterir (Trammell, 2013).

1.4.2. Biçimine (morfolojik) Göre Sınıflama

Kemiklerin her biri sahip olduğu özellikler ve spesifik yüzeyleri sayesinde tanımlanabilir. Yüzeylerindeki çukurlar, girintiler, pürüzsüz yüzeyler, çizgiler, projeksiyonlar ile birlikte damarların ve sinirlerin, tendon ve bağ dokunun geçtiği geçitler, diğer kemikler ile

eklemleştği artikülasyon noktaları gibi tanımlayıcı unsurlara sahiptir (Gray, 2000). Vücuttaki tüm kemikler çeşitli şekil ve boyutlardadır. Morfolojileri baz alındığında kemikler uzun, kısa, yassı ve düzensiz olarak dört grupta incelenebilir.

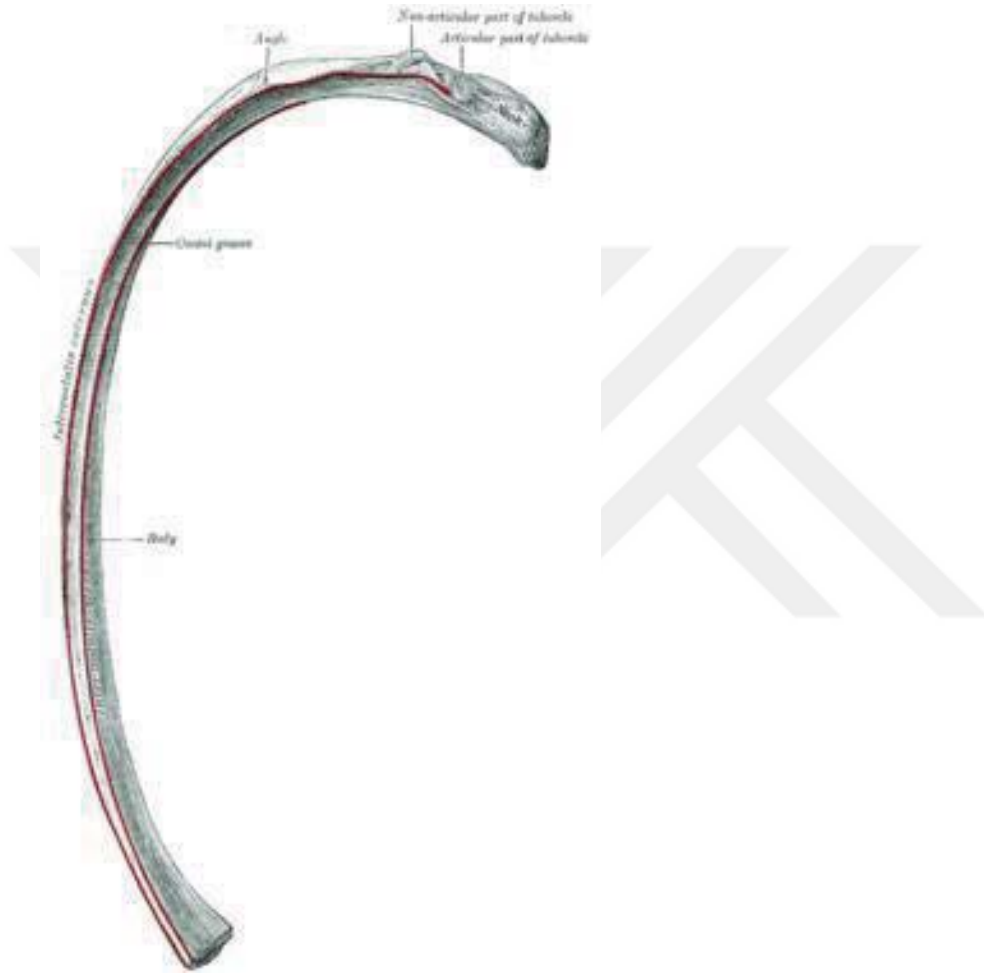
- a. Uzun kemikler (Çizim 1.3), boyları enlerine oranla daha uzun olan kemiklerdir. Uzun kaidenin iki tarafında hacimli bir yapı kazanır. Bu bölgelerde kemik süngerimsi ve daha yoğun oranda kompakt yapıya sahiptir. Femur, tibia, fibula, humerus, radius ve ulna bu gruba dâhildir (Gray, 2000).



Çizim 1.3: Uzun Kemik (SEER Training Modules, 2007).

- b. Kısa kemikler, kabaca küp biçiminde kemiklerdir. Vertikal ve horizontal olarak hemen hemen aynı boyuttadır. Bu tip kemikler, kompakt kemiklerin etrafında, bir tabaka olarak çoğunlukla süngerimsi yapıdadır (Gray, 2000). El ve ayak bilek kemikleri ile talus kısa kemiklerdir.
- c. Yassı kemikler (Çizim 1.4) ince, yassı ve genellikle kıvrıma sahip kemiklerdir (Gray, 2000). Bu tip kemiklerin etrafında, kan damarları ve sinirleri içeren periost ile çevrelenmiş ince bir tabaka halinde kompakt kemik bulunur. Periost çift tabakalı, fibröz yapıda ve oldukça dayanıklı bir zardır. İç kısımda bulunan süngerimsi kemik

ise kemik iliğinin bulunduğu boşluğu astarlayan endosteum adlı bağ dokuyla kaplanmıştır (Marieb, 2004). Her iki zar da kemiğin yapılanma sürecinde önemli roller üstlenir (Trammell, 2013). Yassı kemiklerde kaide veya epifiz kısımları bulunmaz. Her ne kadar trabeküler alanda kemik iliği bulunuyorsa da kemik iliği kavitesi içermez (Marieb, 2004).



Çizim 1.4: Kaburga (yassı) Kemik (Gray, 2000).

- d. Düzensiz kemikler, yukarıda tarif edilen hiç bir kemik grubunda dâhil değildir. Bu kemikler genellikle süngerimsi yapıya sahiptir, etraflarındaki kompakt kemik tabakası oldukça incedir (Gray, 2000). Omurga ve kafatasında bulunan bazı kemikler bu gruba dâhildir.

1.2. KEMİĞİN BOZULMASI

1.2.1. Tafonomi

Kemiğin organizmanın ölümü ile başlayan ve bulunmasına kadar geçen sürede geçirdiği değişimlerin tamamı paleontolojinin alt disiplinlerinden biri olan tafonominin konusudur (Turner-Walker ve Jans, 2008; Grupe, 2007). Tafonomi, kısaca organik kalıntıların biyosferden litosfere geçişi olarak tanımlanabilir (Bristow, 2010; Grupe, 2007; Turner-Walker, 2002). Bir başka deyişle organizmanın ölüm sonrası fosilleşme sürecini ifade etmektedir. Oldukça karmaşık olan bu süreçte (Denys, 2002) nekroloji, biyostratinomi ve diyagenez olmak üzere üç basamak gözlemlenir (Grupe, 2007). Her ne kadar paleontolojinin bir alt disiplini olarak kabul edilmişse de biyostratinomi ve diyagenez üzerine odaklanan çalışmalar nedeniyle ayrı bir bilim alanı olarak kabul edilmektedir (Grupe, 2007). Bununla birlikte ölü gömme gelenekleri ve kadavranın muamele süreci gibi kültürel uygulamalar ile kalıntıların sağ kalımı farklılık göstermektedir (Marden ve ark., 2013; Surabian, 2012). Bu özelliği ile tafonomik bilgiler kültürel araştırmalara da dâhil olmaktadır. Diğer bir yandan insan, hayvan veya doğal süreçlerin kalıntıları üzerindeki etkisi adli araştırmalarda kritik öneme sahip olduğundan adli antropoloji çalışmalarında da yer almaya başlamıştır (Bristow, 2010).

İskelet kalıntılarının sağ kalımı hem iç hem de dış faktörlerden etkilenir. Dış faktörler hava şartları olduğu kadar insan veya hayvan faaliyetlerini de içerir. Bunun yanında kemiğin yapısı sağ kalımını etkiler ki bu özellikle diyagenesis için önemlidir (Surabian, 2012). Ceset yakın çevresini değiştirir, çevre cesedi değiştirir ve tüm süreç, bitki ve hayvan toplulukları, iklim ve hava ile toprak ve jeoloji arasındaki karmaşık bir ilişkiyi içerir. Ekolojik bakış açısı, tafonomik araştırmanın disiplinler arası bir araştırma çabası olarak üçüncü özelliğine yol açmaktadır.

Tafonomik değişimin ilk basamağı olan nekroloji, organizmanın ölümünü ifade etmektedir (Grupe, 2007). İkinci basamak olan biyostratinomi ise, canlının ölümü ve gömülmesi arasındaki dönemi kapsar (Piga, 2011; Willson, 2002). Bu basamakta mikroorganizmalar ve biyolojik olayların etkisi ile kemiğin organik ve inorganik bileşenleri fiziksel ve kimyasal olarak değişime uğrar (Piga, 2011). Hücrelerin ölümü ve

hücre zarının parçalanması sonucu serbestleşen enzimler diğer hücre ve dokuların yıkımına neden olur. Otoliz olarak da tanımlanan bu süreç kısa olmasına rağmen oldukça hızlı gerçekleşir. Bu sürece sindirim kanalında bulunan mikroorganizmaların katılmasıyla dokuların yıkımı hızlanır. Sindirim kanalı ve bağlantılı olduğu dokuların bozulmasıyla başlayan sürece en son kas sistemi ve bağlantılı dokular katılır (Turner-Walker, 2008).

Kemiğin bozulma sürecindeki üçüncü basamak ise gömülme sonrası gerçekleşir. Bu süreç diyagenez olarak adlandırılır (Grupe, 2007; Wilson, 2002). Diyagenez, çökelmeden sonra sedimentlerde gerçekleşen ve litifikasyona kadar uzanan biyolojik, kimyasal ve fiziksel değişiklikleri ifade eder (Grupe, 2007).

1.2.2. Diyagenez

Diyagenez organizmanın ölümü sonrası geçirdiği değişiklikleri tanımlayan oldukça önemli bir olgudur. Çevresel koşullara bağlı olarak kemiğin organik ve inorganik bileşenlerinin geçirdiği doğal bir süreci tarif eder. Çevreyle etkileşim, doğal kemik bileşenlerinin değişimi, boşluklarda birikim, kemik yüzeyine adsorpsiyon ve kemikten sızıntı gibi son derece karmaşık bir dizi işlemi başlatır (Vass, 2001).

Kemiğin maruz kaldığı diyagenez sürecinde organik ve inorganik bileşenlerindeki değişim, mikroorganizma saldırılarının da dahil olduğu üç aşamada gerçekleşir (Collins ve ark., 2002). Kemik organik bileşeninde gerçekleşen en önemli değişim kolajen ayrışması ve kaybıdır (Millard, 2001). Kolajendeki ayrışmalar zamana, sıcaklığa, pH ve nemliliğe bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda kolajendeki kayıpların hızlandığı ve yüksek pH'da kolajenin genişlediği ve hidrolizinin arttığı tespit edilmiştir (Collins, 2001). Kolajen kaybı kemikteki gözenekliliğin artmasına neden olur ve amino asitlere olan yakınlığı nedeniyle HA, iç ve dış kaynaklı elementlerin yer değiştirmesine izin verir (Hedges, 2002). İnorganik fazdaki bu değişim kimyasal yapıyı ve dolayısıyla kristalleşme derecesini etkiler. Flor (F^-) ya da karbonat (CO_3^{2-}) iyonlarının alınması gibi kimyasal değişiklikler, yeniden kristalleşmeye neden olabilir ve burada HA çözünür ve yeniden çöker. Bu durumda dış kaynaklı materyalin kemiğe dâhil olmasına izin verilir (Hedges, 2002). Kemik diyagenezindeki üçüncü basamak ise en sık karşılaşılan kemik kompozitinin bozulmasını sağlayan mikrobiyal saldırılardır. Düşük pH kaynaklı mineral

fazının çözünmesi ekstraselüler mikrobiyal enzimlerin kollajene erişimine izin verir (Collins ve ark., 2002). Bu süreç esnasında önemli oranda kolajen kaybı ve kemik gözenekliliğinde artış meydana gelir (Hedges, 2002). Tüm bu süreçler, kemiğin bulunduğu gömü ortamına ait bilgileri kemiğe yansıtır.

Kemiğe uranyumun girişi ve karbonat iyonlarının yer değiştirmesi gibi diyagenik süreçler kısmen anlaşılabilmiştir. Bununla birlikte, kanıtlar, suyun bir taşıyıcı madde görevi görmesi nedeniyle diyagenezde hidrolizin çok önemli olduğunu göstermektedir (Millard, 2001). Suyun kemik içerisindeki hareketinde önemli bir rol oynadığından, kemik gözenekliliğinin iyi değerlendirilmesi gereği vurgulanmıştır (Hedges ve Millard, 1995). Kemiğin organik bileşenindeki kayıplarının en önemli etkeni gömü çevresindeki mikrobiyolojik faaliyetlerdir. Kolajendeki ayrışma ile kemik, ağırlığının yaklaşık %20'sini kaybeder ve gözenekliliği neredeyse %50 artar (Hedges, 2002). Mikroorganizmalar kompakt kemiklere nüfuz ederek kemik mikro mimarisi değişime uğratabilir ve topraktaki humik asitin etkileşimine zemin hazırlar (Antoine, 1991). Humik asit kolajen ile çapraz bağlar kurma potansiyeline sahiptir. Bunun sonucu olarak kemiğin karbon izotopu seviyesinin artmasına ve kararlı izotop ve radyokarbon analizlerinde yanıltıcı sonuçların alınmasına neden olabilmektedir (Hedges, 1996; Antoine, 1991). Yanı sıra gerek mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucu açığa çıkan metaller gerekse toprak ve yeraltı sularındaki elementler kemiğe dâhil olarak kimyasal kompozisyonunu değişime uğrattır (Maurer, 2014). Kemiğin organik bileşenindeki kayıp ve kazanımlar diyagenez sürecini anlamada önemli bir basamaktır. Çoğu araştırma alınan ve yer değiştiren maddelere odaklanır. Toprak altındaki kemik, canlı yaşamı boyunca yapısında yer almayan flor veya uranyum gibi maddeleri bulundurabilir. Buna ek olarak kalsit ve pirit adı verilen ikincil mineraller, arkeolojik kemiklerin boşluklarına dolabilir hatta kemik mineralinin yerini alabilir.

Kemiğin ana bileşenlerinden kalsiyum ve fosfat gibi elementler ve iyonlar, gömü ortamındaki varlıkları nedeniyle kemik yapısına katılabilir ve diğer elementler ile yer değiştirebilirler (Millard, 2001). Parker ve Toots (1970), arkeolojik kemiklerdeki boşluk ve kırıklara dâhil olan elementleri elektron mikroskobu ile incelediklerinde özellikle itriyumun apatit kristale dâhil olduğunu tespit etmiştir. İtiryum, stronsiyum gibi kalsiyum ile yer değiştirmektedir. Aynı çalışmada ayrıca kirletici olarak kabul edilen silikon, demir

ve mangan elementlerinin boşluk ve kırıkları doldurmasına rağmen apatit kristale dâhil olmadığı görülmüştür. Bu elementlere ek olarak toprakta yüksek oranda bulunan alüminyum arkeolojik kemiklerde fiziksel kirlilik oluşturabilmektedir (Parker ve Toots, 1970).

Kemiğin inorganik bileşeni içerisindeki değişimler kristalleşmeyi etkiler. Kemik içerisinde materyallerin yeniden organizasyonu olarak bilinen kristalleşme, X ışını kırınımı veya kızılötesi spektrumları temeline dayanan yöntemlerle “kristalleşme indeksi” ile tespit edilebilir (Millard, 2001). Fosilleşmiş kemiklerdeki kristal yapı büyüktür (Trueman, 2008b).

Toprak ile etkileşiminden kaynaklı olarak, kimyasal diyagenez büyük oranda kemiğin hidroksiapatit bileşenini etkilemektedir (Pate ve ark., 1989). Birçok araştırmanın ortaya koyduğu sonuca göre yapısal benzerlikleri ve +2 yüklü olmaları nedeniyle stronsiyum, magnezyum, baryum, kurşun ve çinko kalsiyum ile yer değiştirme kapasitesine sahiptir. Bu elementler aynı zamanda beslenme ile vücuda alınan ve canlının yaşamı boyunca kemik yapısına katılan elementlerdir (Carvalho, 2008). Magnezyumun topraktaki hareketliliği yüksektir. Kemikte bulunan magnezyumun yaklaşık %30'unun toprak ile etkileşime girebileceği geri kalan kısmının ise kemiğin iç yüzeyinde kalsiyumun yerini aldığı ve değişmeyeceği belirtilmiştir (Klepinger, 1984). Kemikteki stronsiyumun beslenme veya diyagenez ile ilişkisini araştıran Sillen (1981), Sr/Ca oranlarının gömü alanından elde edilen faunal kemiklerdeki oranlarla karşılaştırılmasını önermiştir.

Arkeolojik kemiklerde flor, klor ve karbonat, kemiğin hidroksiapatit kristaline hidroksil iyonları (OH^-) ile yer değiştirerek dahil olur (Burton, 2008; Pate ve ark., 1989). Bu elementler içerisinde flor diyagenez tespitinde kullanılabilir. Topraktaki flor oranı sıcaklık ile birlikte yükseldiğinden tropik bölgelerdeki kemiklerde tespit edilen miktar ılıman iklimlere göre yüksektir. Bununla birlikte flor miktarı kemiğin jeolojik yaşı ile ilişkilidir, kemiğin toprak altında kaldığı sürenin tahminine yardımcı olur (Parker ve Toots, 1970; Pate ve ark., 1989). Karbonat az da olsa fosfat bileşeni ile yer değiştirebilir (Zapata, 2006; Burton, 2008). Tüm bu değişimlerin yanı sıra, diyagenez ve kemiğin korunma durumu tespitinde en sık kullanılan yöntem Ca/P oranıdır (Mays, 2003; Ezzo, 1995; Hancock, 1989; Klepinger 1986). Canlı kemiklerde bu oranın 2,21 - 2,27 aralığında

olduğu belirtilmektedir (Mays, 2003). Arkeolojik kemikler için kabul edilen teorik değer 2,16'dır (Mays, 2003; Ezzo, 1995; Hancock, 1989; Klepinger, 1986).

Kemiğin diyagenez sürecinde etkili olan biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörler yanında kemiğin yapısı da önemlidir (Carvalho, 2008). Kemiğin süngerimsi kısmı, kortikal kısmına göre daha porotik bir yapıya sahip olduğundan ölüm sonrası, tüm bu faktörlerden daha fazla etkilenir (Carvalho, 2008; Grupe, 1998; Sandford, 1992). Porotik yapı yer altı sularının kemiğin iç bölgelerine taşınmasına yardımcı olarak kemiğin element yapısının değişimine öncülük eder. Bunun yanı sıra kemik döngüsü kompakt ve süngerimsi kemiklerde farklılık gösterir. Bu nedenle canlının yaşamı boyunca beslenme ile aldığı elementlerin miktarları farklılık gösterir (Pate ve ark., 1989).

1.2.3. Kemiğin Bozulmasını Etkileyen Faktörler

Kemiğin bulunduğu gömü çevresinde farklı birkaç faktör bakteri gelişimini engelleyebilir ve ayrışmayı geciktirebilir. Böcek ve hayvan aktiviteleri de dâhil olmak üzere gömü çevresindeki etkenler tüm süreci hızlandırarak kemik ayrışmasına katılan aşamaları etkileyebilir. Bununla birlikte kemiğin ayrışmasında en önemli etkenler toprak tipi, pH, nem ve sıcaklıktır. Kemiklerin toprak yüzeyine olan yakınlığı da bu ayrışma sürecinde bir fark oluşturabilir. Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde kemiğin bütünlüğünü koruma oranı farklılıklar gösterir (Bristow, 2010).

Yüzeye Yakınlık: Kemiğin gömülü veya yüzeye yakın olmasının iskelet kalıntılarının ayrışmasında belirgin bir farklılık oluşturduğu görülmüştür. Güneş ışınları, böcek ve hayvan aktiviteleri gibi etkenlere karşı gömülü kemikler daha korunaklıdır. Yanı sıra toprak altında sıcaklık yüzeye göre daha düşüktür. Toprak sayesinde tüm bu etkenlerden gömülü kemikler korunur ve ayrışma süreci yavaşlar (Ross ve Cunningham, 2011; Janaway, 1996). Bununla birlikte iskelet kalıntılarının bulunduğu toprağın derinliğinin ayrışma sürecinde katkısı ilginçtir. Araştırmalar derinlere gömülü kemiklerde korunma oranının daha iyi olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, yüzeyden derinlere inildikçe sıcaklığın daha kararlı olmasıdır (Mant, 1987) ve mikrobiyolojik faaliyetler derinlere inildikçe azalır.

Kemiğin etrafında bulunan birincil ve ikincil toprak katmanlarının kemik rengine etkili olduğu tespit edilmiştir (Huculack ve Rogers, 2009). Bu araştırmaya göre, güneş, hemoliz, ayrışma ve mantarlardan aracılığıyla kemikte beş renk oluşumu gözlenir. Örneğin, gömülü bir kemik yüzeyindeki mantar varlığı, iskeletin daha önce yüzeyde kalmış olduğunu gösterir. Söz konusu araştırma da ayrıca, toprağa gömülü kemiklerin kesitleri ile daha sonra gömülmüş olan kemiklerin benzer olduğunu tespit edilmiş ve ayrıştırma yapabilmek için kemik yüzeyi analizinin yapılmasının uygun olacağı vurgulanmıştır. Yanı sıra ayrışan dokular nedeniyle kemikler üzerinde lekelenmeler olduğu ve bu lekeler sayesinde iskeletin daha önce yüzeyde olup olmadığının ayrımı yapılabileceği belirtilmektedir. Buna göre ayrışan doku kemik üzerinde minimal bir leke bırakır.

Toprak Tipi: Gömülü kalıntılar için toprak bir matris oluşturur ve kalıntılar ile direkt etkileşim halindedir. Tüm toprakları organik ve inorganik olarak iki faza ayırmak mümkündür. İnorganik veya bir diğer deyişle mineral faz söz konusu olduğunda toprak kil, silt ve kum olmak üzere üç temel fraksiyonda incelenebilir. Her bir fraksiyonun fiziksel özellikleri farklı olduğundan kemikle farklı şekilde etkileşime girer.

Örneğin, kil parçacıkları (partikülleri) en küçük boyuttadır. Kolloidal (gerçek çözelti ile heterojen karışımlar arasında yer alan ara karışımların adıdır) özelliğe sahiptir ve inorganik bileşenin kimyasal olarak en aktif kısmıdır. Negatif yük taşıdıklarından, toprağın su tutma ve katyon değişim kapasitelerini artırır. Islandıklarında oldukça yapışkandır. Silt partikülleri, kil ve kum partikülleri arasında boyuta sahiptir. Silt partikülleri de kil tabaka üzerinde yapışkan bir yapı kazanabilir. Bu durum siltli topraklarda su ve katyonları absorbe etme kapasitesini kumlu topraklara kıyasla artırır. Topraktaki kum taneleri düzensiz şekil ve boyuttadır. Su ve hava hareketini hızlandırdığından toprak kayıplarına neden olur. Bu üç fraksiyon içerisinde kil partikülleri daha fazla su emer ve negatif yüklü olduğundan katyonlara tutunma eğilimindedir (Tan, 1994).

Toprağın mineral fraksiyonu kayalar ve sedimentlerin bileşimine bağlıdır. Topraktaki oksijen, alüminyum, silikon, demir, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum o bölgedeki kayalar ve sedimentlerden kaynaklanır. Minerallerin çoğu silikat ve oksit

olarak bulunur. Toprakta çözünen maddelerin konsantrasyonu ve redoks potansiyeli gibi birçok jeokimyasal değişim, kemik diyagenesinde farklılık oluşturur (Quattropiani ve ark., 1999). Toprak tipinin kemiğin bozulma sürecindeki etkisi daha önce araştırılmıştır (Mant, 1987; Janaway, 1996). Sahip olduğu farklı mikro-çevre nedeniyle kemikte küf oluşumu da farklılaşır. Tüm topraklarda mantar bulunur, buna rağmen ne tür mantarların hakim olduğunu belirleyen toprak türüdür (Brady ve Weil, 1999).

Toprağın partikül büyüklüğü, zemin ortamında su geçirgenliğini ve hava değişimini etkilediğinden, ayrışma oranlarını incelemek için uygun bir etkidir. Killi topraklardaki partikül boyutlarının kumlu topraklara göre küçük olması daha nemli olmasını sağlar. Bunun sonucunda killi topraklarda kemiğin ayrışma hızının daha yavaş olacağı belirtilir (Bethell ve Carver, 1987).

Kemik ayrışma modellerinin, PMI (*Post-Mortem Interval*, Post-Mortem Zaman Aralığı) tahmini üzerindeki etkisini izleyen bir çalışma, kısmen toprak kompozisyonunun neden olduğu mikro-çevre koşullarındaki değişimin kemiğin ayrışma hızında değişkenlik oluşturduğunu göstermiştir. Güney Ontario'da bulunan metatarsal ve femur kemiklerinin incelendiği çalışmada, kumlu topraklardaki su tutma kapasitesinin düşük, killi topraklarda yüksek olduğu görülmüştür. Kumlu toprakta drenaj killi toprağa kıyasla yüksektir. Bu nedenle killi toprak daha nemli kalır (Janjua ve Rogers, 2008). Kum gibi kaba dokulu topraklarda nemlilik düşük olduğundan ayrışmayı önleyebilir (Bristow, 2010; Santarsiero ve ark., 2000). Kaba dokulu topraklardaki büyük gözenek içeriği, toprak matrisi boyunca nispeten hızlı gaz ve nem hareketini mümkün kılmaktadır. Aynı zamanda karbon ve besin maddeleri döngüsü ile bağlantılı olan hidrolitik enzimlerin gecikmesi de toprağın kuruması ve nem oranının azalmasına neden olur (Skujins ve McLaren, 1967). Tüm bunların sonucunda iskelet kalıntılarının uzun yıllar korunabilmesi için uygun ortam sağlanmış olur (Micozzi, 1991).

Diğer bir çalışma da ince yapılı killi topraklarda gaz difüzyon oranının düşük olması veya ıslak koşullar nedeniyle aerobik mikroorganizmalar için uygun bir ortam oluşmayacağından kemiğin ayrışma sürecinin yavaşladığı gösterilmiştir (Carter, 2007). İndirgeme koşullarının mevcut olduğu yerde, anaerobik mikroorganizmalar ayrışmaya hakimdir (Swift ve ark., 1998).

Toprağın pH Değeri: Toprak bileşiminin ve kimyasının kemiğin ayrışması üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar, pH'nın kemik diyagenezinde önemli bir rol oynadığını doğrulamaktadır (Nafte, 2000; Nielsen-Marsh ve ark., 2007). Bu çalışmalarda mezar öncesi dönemden Mezolitik çağlara kadar çeşitli gömü ortamları ve gömülmüş yaşlı kemikler ile çalışılmış, tüm örnekleri bazik veya asidik topraklar ve hayvan veya insan kalıntıları olarak dört temel diyagenetik tipe sınıflandırılmıştır. Nielsen-Marsh ve diğerleri (2007), kemiğin mineral tabakasının yalnızca asidik toprak nedeniyle ayrıştığını göstermiştir. Nötr veya bazik topraklarda ise toprağın mineral tabakasındaki ayrışmanın mikroorganizma aktiviteleri ile oluştuğu görülmüştür (Nielsen-Marsh ve ark., 2007). Yüksek asiditeye sahip topraklar kemiğin ayrışma sürecini hızlandırır. Kemiğin bozulması ve toprak asiditesi arasındaki korelasyon anlamlı bulunmuştur. Kemiğin korunmasında toprak pH'sının önemini araştıran Gordon ve Buikstra (1981), pH'nın 5,3'ün üzerinde olduğu topraklarda korunmanın daha iyi olduğunu göstermiştir. Yüksek asiditeye sahip topraklarda kemiğin organik matrisinde çözülme ile birlikte kemik daha hızlı bozulur. Kemiğin inorganik bileşeninde yer alan hidroksiapatit suda çözünmez (Surabian, 2012), buna karşın asidik topraklarda bu kısım kalsiyum ve fosfat tuzlarına ayrılır. Bazik ve nötral topraklar iskelet kalıntılarının yüzyıllar boyunca korunması için uygun olabilir (Nielsen-Marsh ve ark., 2007).

Düşük pH'ya sahip topraklar aynı zamanda kemiklerdeki ayrışmayı hızlandıran mantarların gelişimine katkıda bulunur (Tortora ve ark., 1994). Buna ek olarak, asidik topraklar bitki köklerinden besleyici madde alımına elverişli olduğundan bitki aktivitelerini artırır. Bu artış iskeletin ayrışmasına hızlandırır (Degaetano ve ark., 1992).

Kurak veya yarı kurak bölgelerdeki topraklarda yağış miktarının az olması nedeniyle kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum gibi katyonlar süzülemez. Bu nedenle bu topraklar alkalidir. Düşük yağışla birlikte drenajın zayıf olması toprakta sodyumun birikmesine olanak sağlar. Birikim genellikle sodyum klorür veya sodyum sülfat tuzları şeklinde olur. Tuzların toprağa aktarımı kayaların ve minerallerin doğal yollarla aşınması, yağış veya sulama ile sağlanır. Tuzun gömülmüş kemiklerin bozulması üzerinde etkisi Abdel-Maksoud ve Abdel-Hady (2011) tarafından araştırılmıştır. 2008 yılında Hawara, Fayoum, Mısır'da yapılan Mısır- Polonya misyonu kazısı sırasında, timsah iskeleti dâhil birçok iskelet ele geçmiştir. Timsah iskeletinin yüzeyinde tuz kristalleşmesinden kaynaklı

modifikasyonlar ve renk değişimleri, gömü ortamından kaynaklı erozyon ve çukurlar gözlenmiştir. Söz konusu çalışmada toprak kompozisyonu ve toprak pH'sı da dâhil olmak üzere toprağa ait diğer faktörler kemik kristalleşmesi, kollajen bozulması, kemik histolojisi ve yüzey morfolojisi üzerindeki etkileri açısından incelenmiştir. Hem çözünür (sodyum klorid) hem de çözünmeyen (kalsiyum sülfat) tuzların kemiğin ayrışma sürecinde önemli rol oynadığına dikkat çekilmiştir.

Toprağın Nem İçeriği: Toprağın nem içeriği de iskelet kalıntılarının ayrışma oranında etkili olan bir başka faktördür. Swift ve ark., (1979) yaptığı araştırmaya göre toprağın nemi kemiğin ayrışma sürecinde belirgin farklar oluşturmaktadır. Nemli toprakların kemiğin bozulması üzerinde etkisi kuru topraklara göre daha hızlıdır (Smith, 1983). Aşırı yüksek sıcaklıklarda kalıntılar kururken, aşırı nemli ortamda su emilimi ve adiposir (mezar mumu) oluşumu artar (Surabian, 2012). Toprağın nemli olması mikroorganizma metabolizmasını etkileyerek bu iki sürecin kalıntılar üzerindeki etkisini yavaşlatır. Buna ek olarak yeraltı sularında çözünmüş halde bulunan oksijen ayrışma reaksiyonlarında oksidan görevi görebilir (Dent ve ark., 2004).

Mant (1987), kuru toprakların dokunun dehidrasyonunu veya kurumasını desteklediğini ve kalıntıları mumyalaştırdığını göstermiştir. Çok kuru ve çok ıslak ortamlar mikrobiyolojik saldırıları engellemektedir (Hedges, 2002). Saha koşullarında toprağın nem içeriği mikrobiyal saldırıları destekleyen en önemli faktörlerdendir (Surabian, 2012). Nitekim Jenkinson ve Ladd (1981), toprağın yeniden ıslatılması ile mikrobiyal biyokütlenin artışı gözlemlenmiştir. Bu nedenle toprak dokusuna bağlı olarak, bozulma oranları bazı bölgelerde mevsimsel dalgalanmalar gösterebilir. Dolayısıyla ince dokulu topraklar, kumlu ve siltli topraklara oranla daha yüksek nem içeriğine sahiptir (Surabian, 2012).

Sıcaklık: Mount ve Paetzold'a (2002) göre sıcaklık kemiğin biyolojik, kimyasal ve fiziksel olarak ayrışmasında önemli bir etkidir. Toprak ısısındaki artışların mikrobiyolojik aktiviteler için uygun bir ortam sağladığı tespit edilmiştir. Isı yükseldikçe biyolojik aktiviteler ve buna bağlı olarak kimyasal reaksiyonlar artar ve gömülmüş kalıntıların bozulmasını hızlandırabilir (Tibbet ve Carter, 2008; Vass ve ark., 1992).

Tuross ve ark. (1989), çok yıllık iklim döngülerinin makroskopik hava koşullarını etkilediğini ve aynı iklimde bile kemikler arası veya iskeletler arası farklı şekillerde aşınmalar olduğunu belirtmiştir. Aynı çalışmada, ısıya maruz kalmış iki Afrika Antilobu iskeletinde (Gnu) kemik stronsiyum düzeyleri ve hidroksiapatit kristal boyutlarının zamanla arttığını tespit edilmiştir. Arkeolojik açıdan ele geçirilen henüz fosilleşmemiş insan kemiğinde de benzer şekilde kristal büyümesine ve stronsiyum seviyelerinin yükselmesine neden olan diyagenetik değişimin kanıtı bulunmuştur.

Araştırmalar bakteriyel aktivitelerin önemli bir bölümünün 37°C 'lik optimum koşullarda gerçekleştiğini gösterir (Polson ve ark., 1985; Chamberlain ve Parker-Pearson, 2001). Benzer şekilde kemiğin inorganik bileşeninin mikroorganizma kaynaklı putrifikasyonu için optimal sıcaklıklar $21-38^{\circ}\text{C}$ arasındadır. 10°C 'nin altında ve 40°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda purifikasyonun belirgin bir şekilde yavaşladığı görülmüştür (Mant, 1987; Polson ve ark., 1985). Bu nedenle, iskeletlerin gömüldüğü ortamının sıcaklığı, ayrışma oranını, özellikle kemiklerdeki kolajenin hayatta kalımını önemli ölçüde etkiler (Hedge, 2002). Genel olarak sıcaklık yüksek olduğunda bakteriyel aktiviteleri hızlandırdığından ayrışmayı hızlandırır, buna karşın soğuk bu süreci geciktirir (Smith, 1983). Nitekim bozulan materyalin saman veya çam iğneleri ile çevrenmesiyle yükselen ısının bile bu süreci hızlandırdığı görülmüştür (Mant, 1987). Normalde toprağın ısısı optimum sıcaklığın altında olduğundan mikrobiyal aktiviteleri desteklemez (Forbes ve ark., 2005). Soğuk iklime sahip bölgeler daha koruyucudur. Bununla birlikte sıklıkla böcek ve leş yiyen hayvan faaliyetlerini zorlaştırır (Janaway, 1996).

Sıcaklığın optimal koşullarda olması bakteriyel aktiviteleri her ne kadar artıyorsa da oldukça yüksek sıcaklıklar bakterilerin üreme ve çoğalmasını engeller. Aynı prensipten hareketle donma da bozulma sürecini belirgin oranda yavaşlatır (Surabian, 2012; Micozzi, 1991). Dolayısıyla çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklar mikrobiyal faaliyetleri için uygun olmadığından ayrışma daha yavaş gerçekleşir.

Böcek ve Hayvan Aktiviteleri: Karıncalar, kelebekler ve hamamböcekleri de dahil olmak üzere böcek aktivitesinin kemiğin bozulma oranlarını arttırdığı gösterilmiştir (Gonzales ve ark., 1954). Leşçil hayvanlar kalıntıların ayrışma sürecini hızlandıran başka bir

etkendir. Büyük etçil hayvanlar dâhil leşçil hayvanlar, genellikle yüz, boyun, karın bölgelerini kemirir, yanı sıra eklemde iskeleti ayırabilirler (Willey ve Snyder, 1989). Bazı araştırmalarda rodentlerin tipik olarak uzun kemiklerin epifiz kısımları tercih ettiği gösterilmiştir (Haglund ve ark., 1989; Klippel and Synsteliën, 2007).

1.3. ELEMENTLER

1.3.1. Elementlerin Sınıflandırılması ve Vücuttaki Görevleri

Periyodik cetvelde yer alan elementlerin 20 'si canlı vücudunda fonksiyonel ve yapısal önem taşır (Quigg, 2008). Bu elementleri dâhil oldukları fizyolojik süreçler ve yapısal fonksiyonları açısından dört grupta incelemek mümkündür; 1) asal elementler, 2) muhtemel asal elementler, 3) asal olmayanlar ve 4) toksik olanlar (Sandford, 1992). Bununla birlikte tüm elementlerin vücutta miktarları oldukça önemlidir (Sandford, 1992). Elementlerin analizlerinden elde edilen miktarların daha iyi değerlendirilebilmesi için elementlerin canlı vücudunda ve doğadaki davranışını açıklamak yerinde olacaktır. Bu amaçla elementler; 1) majör 2) minör 3) toksik olarak üç grup halinde incelenecektir. Minör elementler ise beslenme için gerekli olanlar ve beslenme için gerekli olmayanlar olarak iki alt başlık halinde açıklanacaktır.

1.3.1.1. Majör Elementler

İnsan gibi yüksek organizasyonlu türlerde asal öneme sahip başlıca 11 element bulunur. Bu elementler; karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), kalsiyum (Ca), fosfor (P), sodyum (Na), potasyum (K), klor (Cl), sülfür (S), ve magnezyum (Mg) (Sandford, 1992; Underwood, 1977). Bunlardan karbon, hidrojen, oksijen ve azot canlı yaşamı için temel moleküller olan, amino asitler, yağ asitleri, nükleotidler, pürin ve primidin yapısına katıldığından canlılığın "moleküler yapı taşları" olarak adlandırılır (Sandford, 1992). Karbon, oksijen ve azot, beslenme modeli yapılandırma çalışmalarında kararlı izotop analizlerinde yararlanılan elementlerdir. Herhangi bir ayırt edici özelliği bulunmadığından eser element analizlerinde bu elementlerin miktarlarından çok diğer elementler ile oluşturdukları bağlar önem taşır.

Örneğin kalsiyumla beraber kemiğin hidroksiapatit kısmını oluşturan bileşenlerden fosfat (PO_4), fosfor ve oksijen arasında kurulan bağ sonucunda meydana gelir. Fosfor, dokularda ve besinlerde genellikle serbest atom halinde bulunur (Brody, 1999). Fosfat grupları kemiğin yapısına dâhil olmasının yanı sıra ATP (adenozin trifosfat) yapısına da katılarak enerji ihtiva ederler. Hücredeki kalıtsal bilgiyi taşıyan DNA ve RNA yapısındaki nükleotidler de fosforlanmış moleküllerdir. Fosfor, bağ kurduğu moleküllerin hücre zarından kolayca geçmesine aracılık eder. Et, kümes hayvanları ve balık içeren diyetler %20-25 oranında fosfor içerir. Bununla birlikte daha az miktarlarda yeşil yapraklı bitkilerde ve sütte bulunmaktadır (Brody, 1999). Besinlerde yaygın olarak bulunması sebebiyle eksikliği sık rastlanılan bir durum değildir. Buna karşın vücuttaki fosforun %85'i kemiklerde olduğundan eksikliğinde kemik hastalıkları riskinin arttığı görülmüştür (Dermience, 2015). Kemikteki kalsiyum ve fosfor arasındaki korelasyon kemiğin korunma durumunun tespitinde önemlidir (Brody, 1999; Demirci ve Kayatürk, 1995).

Hidroksiapatitin diğer bileşeni olan kalsiyum, kemik kadar diğer dokular için de hayati (esansiyel) önem taşır (Dermience, 2015). Birçok hidrolitik enzimin aktivasyonu kalsiyum ile sağlanabilmektedir. Hücreler arası sinyallerin iletiminde yer alır. Sinir hücreleri arasındaki uyarılarda kalsiyum taşıyıcı rol üstlenir. Bununla birlikte kasların kasılması kalsiyum varlığı gerektirir (Brody, 1999). Vücuda alımı büyük oranda süt ve süt ürünleri ile karşılanır. Yanı sıra yeşil yapraklı sebzeler, meyveler ve tahıllar da kalsiyum ihtiva eder. Et, balık ve kümes hayvanları düşük miktarda kalsiyum içeriğine sahiptir (Brody, 1999). Vücuda alınan kalsiyumun %99'u kemik ve dişlerde depolanır (Dermience, 2015; Brody, 1999). Arkeolojik çalışmalarda kalsiyum kendisi gibi +2 değerlikli elementler ile yer değiştirme potansiyeline sahip olması nedeniyle önemlidir (Burton ve ark., 2003; Kyle, 1986; Parker ve Toots, 1970). Kalsiyum aynı zamanda vücudun asit-baz dengesini ve kan hacmini düzenleme görevleri nedeniyle, sodyum, potasyum ve klor gibi, elektrolit olarak tanımlanır (Sandford, 1992).

Sodyum ve potasyum hücre içi ve dışı sıvılar arasındaki dengeyi kuran elementler olarak esansiyel öneme sahiptir (Dermience, 2015; Brody, 1999). Potasyum birçok enzim yapısına katılır. Örneğin glikolitik metabolizmada kullanılan pirüvat kinaz enzimi potasyum gerektirir. Buna karşın sodyum herhangi bir enzim mekanizmasına dâhil olmaz (Brody, 1999). Genellikle beslenme ile alınan veya kaybedilen sodyum ve klor oranları

paralellik göstermektedir. Bu iki element NaCl (sodyum klorür) tuzunu oluşturlar (Brody, 1999). Yetişkin kortikal kemiklerinde yaklaşık 15.000 ppm (*parts per million*, milyonda tanecik sayısı) oranında (Ezzo, 1994b) tespit edilen sodyum ile kemik hastalıkları arasında herhangi bir ilişki kurulmamıştır (Dermience, 2015). Buna karşın fosil kemiklerde sodyum, kalsiyum ile yer değiştirdiğinden önemlidir (Parker ve Toots, 1970).

Kalsiyum ve fosfor gibi alkali toprak elementi olan magnezyum, insan vücudu için esansiyel olan bir diğer elementtir (Dermience, 2015; Ezzo, 1994b). Genellikle enzim yapısına dâhil olmaktadır. Bu enzimlerin çoğu ATP (Adenozin TriFosfat) gerektirir. Magnezyum ve ATP, Mg-ATP kompleksini oluşturarak fosfat için kofaktör görevi görür (Brody, 1999; Ezzo, 1994b). Klorofilin merkez atomu olduğundan yeşil yapraklı bitkilerde yüksek oranda bulunmaktadır. Bununla birlikte baklagiller, tahıllar ve hayvansal besinler de yüksek oranda magnezyum içerirler (Ezzo, 1994b). İnsan vücudundaki magnezyumun ortalama 25 g'ı kemiklerde bulunmaktadır. Bu oran vücutta bulunan magnezyumun %50-70'ini oluşturur. Eksikliğinde kemik gelişiminde hasarlar ve kırılğan bir iskelet oluştuğu görülmüştür (Dermience, 2015). Kemikte genellikle yüzeye yakın bulunduğundan jeokimyasal çevreye bağlı olarak hareketliliği fazladır. Bu nedenle arkeolojik çalışmalarda genellikle beslenme modeli belirlemede tercih edilmemektedir (Ezzo, 1994b).

Sülfür her ne kadar amino asit yapısına katılarak vücutta önemli fonksiyonlara katılsa da beslenme modeli çalışmalarında sıkça tercih edilen bir element değildir. Buna karşın kararlı izotop analizlerinde denizsel/karasal beslenme ayırımında izotoplarından yararlanılır. Kemikteki oranı düşük olduğundan sülfür izotopu (^{34}S) çalışmaları mumya derisi ve saçlarından yapılmaktadır (van der Merwe, 2002).

1.3.1.2. Minör (Eser) Elementler

Canlıların vücudunda az miktarlarda bulunmakla birlikte önemli fizyolojik süreçlere katılan 15 element tespit edilmiştir. Bu elementler minör veya eser element olarak adlandırılmıştır (Sandford, 1992; Klepinger, 1984; Underwood, 1977; Parker ve Toots, 1970). Demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn), nikel (Ni), kobalt (Co), molibden (Mo), selenyum (Se), krom (Cr), iyot (I), flor (F), kalay (Sn), silikon (Si),

vanadyum (V) ve arsenik (As) eser elementlerdir. Her ne kadar yüksek organizasyonlu canlılardaki temel işlevi bilinmiyorsa da bor (B) 'da eser element kapsamında değerlendirilir (Underwood, 1977).

Eser elementler genellikle periyodik tabloda 23 ile 34 arasında değişen atom numarasına sahiptirler. Bir elementin eser element olarak tanımlanabilmesi için bazı kriterleri sağlaması beklenmektedir; 1) Sağlıklı olan tüm canlı dokularda bulunmalıdır 2) canlılarda bulunduğu oran sabit olmalıdır 3) vücuttaki yoksunluğu aynı fizyolojik ve yapısal anormallikleri indüklemelidir 4) bu anormallikler önlenabilir veya tersine çevrilebilir olmalıdır 5) yoksunluğu ile ortaya çıkan anormallikler her zaman ilgili spesifik biyokimyasal değişikliklere eşlik etmelidir 6) bu biyokimyasal değişiklikler önlenabilir veya tedavi edilebilir olmalıdır (Underwood, 1977).

Eser elementler sağlıklı dokularda oldukça önemli işlevlere sahiptir. Aynı zamanda vücutta oldukça karakteristik miktarlarda bulunur. Miktarları genellikle milyonda bir (parts per million=ppm), $\mu\text{g}/\text{gram}$ veya 10^{-6} şeklinde ifade edilir. Bununla birlikte iyot, krom, nikel ve vanadyum gibi elementlerin miktarı, milyarda bir (parts per billion=ppb), ng/g veya 10^{-9} olarak belirtilir (Dermience, 2015; Underwood, 1977).

Eser elementlerin genel işlevi fizyolojik süreçlerde proteinler ile bağ kurarak katalizör görevi görmektir. Bu nedenle metalo-enzim olarak da adlandırılır. Yapılan araştırmalar katalizör görevleri dışında bağ kurdukları proteinlerin stabilitesini arttırdıklarını ortaya koymuştur (Sandford, 1992; Underwood, 1977). Vücuttaki miktarları beslenme, tüketilen su ve hava ile ilişkilidir. Önemli oranda kemik dokuda birikirler. Bu nedenle tarih öncesi toplulukların beslenme modeline dair çalışmalarda önemli bilgiler sağlar. Fosil kemik ve dişler eser elementler açısından zengindirler. Bunun yanı sıra gömüldüğü topraktan kaynaklı olarak yer değiştirme yoluyla apatit kristal yapısına dâhil olup, boşlukları veya kırıkları doldurabilir (Parker ve Toots, 1970).

1.3.1.2.1. Beslenme İçin Gerekli Olan Eser Elementler

Çinko, beslenme modeli çalışmalarında oldukça sık kullanılan esansiyel bir elementtir. Vücutta yaygın olarak bulunmakla beraber türler arası ve bireylerin fizyolojik durumlarına bağlı olarak miktarı farklılık gösterir (Dermience, 2015; Underwood, 1977).

Protein sentezi, DNA ve RNA aktivasyonu dâhil 200'den fazla enzim aktivitesinde yer alır. Proteinlerdeki çinko metalo-enzim olarak tanımlanır (Dermience, 2015; Ezzo, 1994a; Sandford, 1992). Yetişkin bir insanın vücudunda 1,4- 2,3 g bulunmaktadır. Kemik ve dişlerde 150-250 ppm miktarında bulunduğu tespit edilmiştir (Underwood, 1977). Eksikliği durumunda kaburgalar ve omurgalarda anormal gelişim, uzun kemiklerde agenezi, çarpık ayaklılık, yarık damak ve mikrognat (mandibulanın geride olması), kusurlu mineralizasyon ve uzun kemiklerin eğilmesi gibi iskelet anomalileri oluşabilmektedir (Dermience, 2015; Beattie, 1992). Yeterli çinko alımıyla birlikte kadmiyum gibi metallerin toksik etkilerinin azalabileceği belirtilmektedir.

Vücuttaki çinko miktarı özellikle proteinlerin dâhil olduğu beslenme modelleri ile ilişkilidir. Deniz ürünleri ve kırmızı et çinko açısından zengin besinlerdir. Bitkilerde az miktarda bulunur (Underwood, 1977). Besinler ile alınan çinkonun, beslenmeye dâhil olan fitatlar ve lifler sayesinde azaldığı tespit edilmiştir (Brody, 1999; Ezzo, 1994b). Bu nedenle arkeolojik kemiklerdeki çinko miktarının tamamıyla beslenme modelini yansıtmayacağından bahsedilir (Ezzo, 1994b).

Demir, insan vücudu için esansiyel bir elementtir (Dermience, 2015). Genellikle "Hem" formunda kanda hemoglobin ve kaslarda myoglobin, vücutta ferritin ve transferrin gibi proteinlere bağlı olarak bulunmaktadır (Underwood, 1977). Gerek in vivo gerekse in vitro çalışmalarda demir eksiliğinde kemik homeostasisının etkilendiği tespit edilmiştir. Bu durumda kemik oluşumu ve kemik yıkımı etkilenecek kemik mineral yoğunluğunun ve kütlelerinin düştüğü, mikro mimarinin değiştiği ve tüm bunların sonucunda kemiğin dayanıklılığının azaldığı belirtilmiştir (Dermience, 2015). Demirin vücutta bulunduğu oranlar yaş, cinsiyet, beslenme, sağlık durumu veya türler arası farklılık gösterir. Hayvansal besinlerde bitkisel besinlere oranla daha fazla bulunur (Underwood, 1977). Fosil kemiklerde genellikle havers kanallarını doldurduğu belirtilmiştir (Parker ve Toots, 1970). Demir emilimi mangan varlığında azalmaktadır (Ezzo, 1994b).

Mangan, birçok enzim için kofaktör olan esansiyel bir elementtir. Mitokondriler içerisinde krebs döngüsüne dâhil olan süperoksit dismutaz ve pürivat karboksilaz için metalo-enzimdir (Brody, 1999; Ezzo, 1994b). Kemik gelişiminde önemli olduğu tespit edilmiştir. Eksikliği yaygın olmamakla birlikte anormal gelişime neden olabilmektedir (Dermience, 2015). Kemiklerdeki miktarı beslenme ile ilişkilidir. Bununla birlikte yaş ve

türlere göre vücuttaki mangan miktarının farklılık gösterdiği belirtilmektedir. 70 kg'lık bir insanda 12-20 mg bulunduğu tespit edilmiştir. Yapraklı sebzeler, kuruyemiş, tahıllarda yüksek, et, balık ve çiftlik ürünlerinde nispeten daha az bulunmaktadır (Underwood, 1977).

Bakır, vücut için esansiyel olmakla birlikte belirli bir miktarın üzerinde toksik olarak tanımlanmaktadır (Dermience, 2015). Sağlıklı bir yetişkinde 1,7 ppm bulunduğu tahmin edilmektedir. Miktarı yaşa ve beslenmeye bağlı olarak değişir. Genç bireylerin vücudunda bulunan miktar 4,7 ppm'dir (Underwood, 1977). Eksikliğinde kemik oluşumu ve gelişiminde hasar, kemik mineralizasyonu ve dayanıklılığında azalma ve kırıkdaşıma sürecinde kayıplar tespit edilmiştir (Dermience, 2015). Hayvansal gıdalarda bitkisel besinlere oranla daha yüksek miktarda bulunur (Farnum, 2008).

Kobalt, B12 vitamini çekirdeğinde yer aldığından esansiyel bir elementtir. Bununla birlikte kemik hücresi metabolizmasına etkili olduğu ve kemik oluşumunu etkilediği tespit edilmiştir. Özellikle osteoblastların çoğalmasında, boyutunda ve şekillenmesinde önemli olduğu belirtilmektedir (Dermience, 2015). Kobaltın dokularda birikimi cinsiyetler arasında farklılık gösterir. Bu özelliğe ile nikel ile benzerdir. Nikelin vücuttaki en önemli görevi DNA ve RNA'nın *in vitro* enzim aktivitelerinden korumasıdır. Laktasyon döneminde miktarının arttığı tespit edilmiştir (Underwood, 1977).

Molibden, esansiyel olmakla birlikte toksik olarak sınıflandırılan bir elementtir (Dermience, 2015). Vücuttaki miktarı beslenme ile ilişkilidir. Genellikle kofaktör olarak enzim yapısına katıldığı tespit edilmiştir (Underwood, 1977). Yapılan hayvan çalışmalarında eksikliğinde büyüme ve gelişmede gerilik görülmüştür. Buna karşın fazlasının da büyüme geriliği ve iskelet deformasyonları oluşturduğu tespit edilmiştir (Dermience, 2015). Molibdenin, Florun etkisini arttırarak diş çürüklerine etkili olabilir. Bitkisel gıdalar ile molibden alınabilir (Underwood, 1977).

Selenyum, birçok proteinin yapısına katılması nedeniyle esansiyel bir elementtir. Bu sayede birçok fizyolojik sürece dâhil olur (Dermience, 2015). Kimyasal olarak sülfüre benzediğinde sülfür içeren bir aminoasit olan methioninin yapısına katılır (Brody, 1999). Vücuttaki miktarı beslenme ile ilişkilidir. Kemik, kas dokuları ve kanda diğer dokulara göre yüksek oranda bulunur (Underwood, 1977). Deniz ürünleri, kas ve organ etlerinde,

selenat olarak pancar yaprağı, lahana ve sarımsakta yüksek oranda bulunur. Eksikliğinde kemik ve eklemlerde anormallikler ve büyüme geriliği görüldüğü belirtilmekle beraber, bu belirtilerin birçok hastalığa benzemesi nedeniyle selenyum eksikliği ile ilişkilendirilemeyeceği belirtilmektedir (Dermience, 2015).

Krom, Cr^{+3} değerlikli olarak fizyolojik süreçlerde esansiyel olarak kabul edilir. Buna karşın Cr^{+6} 'nın kemik hücrelerinde sitotoksik etkilerinden bahsedilir (Dermience, 2015). Krom yeni doğanlarda yetişkinlere oranla daha düşük orandadır. Yaşamın ilk 10 yılında bu oranın hızla düştüğü belirtilir. Kromun çinko emilimini azaltarak, çinko metabolizasyonunu azalttığı düşünülür (Underwood, 1977).

İyot, esansiyel bir elementtir. Memelilerde tiroid hormonu bir bileşeni olarak önem taşır (Brody, 1999). Bölgedeki kayalar ve toprağın içeriğinden kaynaklı olarak sudaki miktarı artar. Dolayısıyla bu bölgede yetişen bitkiler aracılığıyla beslenme modeline dâhil olur. Bununla birlikte denizsel gıdalarda da iyot oranı yüksektir. Sağlıklı bir insanda ortalama 15-20 mg iyot bulunduğu belirtilmektedir (Underwood, 1977).

Silikon, kemik ve eklemlerdeki metabolik olaylara katılması nedeniyle esansiyel olarak kabul edilir. Yeterli miktarda silikon alımının kolajen sentezini desteklediği, kemik matrisinin mineralizasyonunu ve yoğunluğunu arttırdığı ve kemik resorpsiyonunu azalttığı tespit edilmiştir (Dermience, 2015). Fosil kemiklerde silikonun kemikteki boşlukları doldurduğu görülmüştür (Parker ve Toots, 1970). Bulunduğu toprağa bağlı olarak bitkisel besinler hayvansal besinlere göre daha yüksek oranda silikon ihtiva eder (Underwood, 1977).

Vanadyum, esansiyel bir elementtir. Vücutta yapısal bir mekanizma ile vanadat formunda, hidroksiapatit kristalindeki fosfatın yerini alabileceği belirtilir. Hayvan deneylerinde eksikliği ile kemiklerde deformasyon, iskelet gelişiminde düzensizlik ve kemik gelişiminde yavaşlama tespit edilmiştir. Biyolojik dokularda oldukça düşük oranda bulunduğundan, ultra-eser element olarak kategorize edilmiştir (Dermience, 2015). Yüksek oranda alımı ile toksik etki gösterebileceği belirtilir. Kolajen sentezinde stimüle edici olduğu tespit edilmiştir (Beattie, 1992).

Arsenik, vücutta metionin metabolizması ve fosforilasyonda yer aldığından esansiyel bir elementtir (Dermience, 2015). Arsenik birikimi türe, yaşa ve organa bağlı olarak değişiklik gösterir. Özellikle, deri, tırnaklar ve saçta yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Anke, 1986). Vücuda alımı, bölgesel olarak farklılıklar göstermekle birlikte hava, su ve toprakta bulunduğundan, besinler yoluyla olur. Özellikle deniz kabuklularında arsenik oranlarının yüksek olduğu görülmüştür. Beslenme modeline yüksek oranda deniz ürünleri dâhil olan bireylerde günlük alımın 100-150 µg olduğu belirtilmektedir (Anke, 1986). Günümüz insan kemiklerinde kemiğin kordiyal (iç) kısmında 0.35 ± 0.13 µg/g, trabeküler kısmında 0.18 ± 0.04 µg/g oranında bulunduğu tespit edilmiştir (Rasmussen, 2008).

1.3.1.2.2. Beslenme İçin Gerekli Olmayan Eser Elementler

Flor, yararlı olduğu düşünülen buna karşın esansiyel olarak kabul edilmeyen bir elementtir. Kemikler için yararlı olduğuna dair bir veri yoksa da, diş çürükleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir (Dermience, 2015; Brody, 1999). Çoğunlukla iskelette depolanır. Vücuttaki miktarı su, beslenme ve yaşa bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yağsız kuru kemiklerde 300-500 ppm oranında bulunduğu tespit edilmiştir (Underwood, 1977). Fosil kemiklerde kemiğin toprakta kaldığı süreye bağlı olarak miktarının yükselir. Arkeolojik kemiklerde hidroksil iyonlarının yerine geçtiği tespit edilmiştir (Parker ve Toots, 1970).

Stronsiyum, periyodik cetvelde kalsiyum ile aynı grupta yer alan, alkali toprak elementidir. Kimyasal yapısının benzerliği nedeniyle hidroksiapatitte kalsiyumun yerine geçme eğilimindedir (Burton ve ark., 2003; Burton ve Weight, 1995; Klepinger, 1984). Bu elementin besin zincirindeki hareketi topraktan canlı vücuduna doğrudur (Busetto, 2008). Bitkiler yapısal benzerliğinden dolayı stronsiyum ve kalsiyumu ayırt edemediklerinden yüksek oranda stronsiyum barındırdılar. Memelilerin sindirim sistemi stronsiyum yerine kalsiyumu tercih ettiğinden Sr/Ca oranı bitkilere göre düşüktür (Burton ve Price, 2002; Sillen, 1981). Bu ayırt edicilik kalsiyum biyopurifikasyonu olarak tanımlanır. Arkeolojik kemiklerde stronsiyum miktarlarının tespiti, beslenme modeline dâhil olan bitkisel/hayvansal gıda oranlarını ortaya koymaktadır. Otçulların Sr/Ca oranları beslendikleri bitkilere göre düşüktür. Bu oran etçillerde ise otçullara göre daha

düşük seviyededir (Burton ve Weight, 1995; Nelson, 1984). Vücutta Sr/Ca oranının %20 olduğu tespit edilmiştir (Burton ve ark., 2003).

Kalsiyum ile benzer yapıya sahip bir diğer alkali toprak elementi de baryumdur. Stronsiyum ile benzer şekilde baryum da kemiklerde kalsiyumun yerine geçebilir. Kemikteki Ba/Ca oranının %10 olduğu belirtilmektedir (Burton ve ark., 2003). Baryum bitkilerde yüksektir. Dolayısıyla otçullara etçillere göre Ba/Ca oranı daha fazladır (Burton ve Price, 1990b).

Kemikteki stronsiyum ve baryum konsantrasyonları aynı zamanda, denizsel/karasal beslenme modellerini ayırt etmek amacıyla kullanılır. Stronsiyum kayalarda selestin (SrSO_4), baryum ise barit (BaSO_4) olarak bulunmaktadır. Stronsiyum tuzları deniz suyunda baryum tuzlarına göre daha çözünür olduğunda deniz suyunda oranı (8 ppm) baryuma göre (0.006 ppm) daha yüksektir (Schroeder ve ark., 1972). Buna karşın stronsiyumun denizsel ve karasal gıdalardaki oranları arasındaki fark baryuma kıyasla daha azdır. Bu nedenle denizsel/karasal beslenme tespitinde baryum daha ayırt edici bir element olarak görülmektedir (Burton ve Price, 1990a).

1.3.1.2.3. Toksik Elementler

Eser elementler içerisinde toksik veya toksik olma potansiyeli olan elementler; kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg) 'dır. Ancak bu sınıflandırma çok sınırlı olabilir çünkü tüm eser elementlerin belirli bir oranın üzerinde alındığında veya solunduğunda uzun dönemde toksik etkileri söz konusudur (Sandford, 1992; Underwood, 1977). Örneğin alüminyum, toprakta yaygın olarak bulunan toksik bir elementtir. Kolajen sentezini negatif yönde etkileyerek, kemik oluşumunu inhibe eder ve kemiğin yeniden yapılanma sürecini zayıflatır. Vücuda alınan alüminyumun % 60'ı kemiklerde biriktiğinden toksik etkisi artar (Dermience, 2015). Alüminyum beslenme modeli çalışmalarında potansiyel diyagenetik kirletici olarak kullanılır (Burton ve Price, 1990a).

Kurşun, sitotoksik bir elementtir. Bu etkisini kemikte osteoblast, osteoklast ve kondriyositler üzerinde göstermektedir (Dermience, 2015). Kalsiyumun jeokimyasal benzeri olarak tanımlanır. Vücuttaki kurşunun %70-95'i kemiklerde mineral matrisde bulunmaktadır (Ericson, 1991). Vücuda alınması besinlerin yanı sıra hava ve çevresel

kirlenme yoluyla olur (Busetto, 2008). Yanı sıra arkeolojik kemiklerde gömülü olduğu toprak aracılığıyla kurşun miktarının yükseldiği tespit edilmiştir (Ericson, 1991). Bu nedenle arkeolojik çalışmalarda potansiyel diyagenetik kirletici olarak kullanılır (Demirci ve Kayatürk, 1995).

Diğer bir toksik element olan kadmiyum, kimyasal özellikleri açısından kalsiyuma benzer (Beattie, 1992). Kalsiyum emilimini azaltarak, sindirim sistemi yoluyla atılımını arttırmaktadır (Underwood, 1977). Benzer ilişkisi çinko, mangan ve bakır için de geçerlidir. Yeni doğanlarda hemen hemen rastlanmayan bir elementtir. Yaşın ilerlemesiyle beraber birikmeye başlar. Birikimi coğrafik bölgelere göre farklılık gösterir. Kemiklerde belirgin bir birikim göstermemekle beraber dış minesinde 0,03-0,70 ppm oranında biriktiği tespit edilmiştir (Underwood, 1977). Deniz suyunda yüksek oranda kadmiyum bulunduğundan, deniz ürünlerinde miktarı yüksektir. Et ve sütte az miktarda bulunur. Sebze ve meyvelerde oranları genellikle kullanılan gübre sayesinde artış gösterir (Underwood, 1977).

Ağır bir metal olan civanın kemik metabolizmasında bilinen hiç bir etkisi yoktur (Dermience, 2015). Rasmussen ve ark. (2008), civa birikimi ile ilgili araştırmalarında birikiminin, bulunduğu topraktan ziyade bireylerin yaşamı boyunca maruz kaldıkları miktarlar ile ilgili olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

1.4. ELEMENT ANALİZLERİ

1.4.1. Kararlı İzotop Analizleri

Farklı nötron sayısına sahip aynı proton yapısında olan elementler birbirinin izotopudur. Nötron sayılarıyla birlikte kütleleri, fiziksel ve kimyasal davranışları farklı olan kararlı izotopların analizlerinde bu farklılıklardan yararlanılır (Bethard, 2013; Ambrose, 1990). Örneğin karbonun doğada birçok izotopu bulunur (King, 2011). Bitkilerin fotosentez sırasında kullandıkları farklı yollar sayesinde karbon izotop kompozisyonları farklılaşarak bitki gruplarını ayırt etmeye yardımcı olmaktadır (Ambrose, 1990). ^{13}C kararlı izotopunun kompozisyonu sayesinde karasal bitkiler C3, C4 ve CAM olarak gruplandırılır. C3 olarak tanımlanan buğday, arpa, pirinç ile birçok sebze ve meyveyi içine alan grupta ^{13}C izotopu oranı yüksektir (%26,5). C4 olarak tanımlanan mısır ve darı

türleri ise farklı bir fotosentez yolu kullanarak C3 bitkilere göre daha düşük ^{13}C kompozisyonuna (%12) sahip olur. Kaktüs gibi sulu ve etli yapıya sahip bitkiler C3 ve C4 arasında ^{13}C seviyesine sahip olup CAM grubuna dâhil edilirler (Bethard, 2013; Ambrose, 1986). Kararlı karbon izotopu kullanılarak yapılan analizlerde kemiğin kolajeni ile birlikte apatit kristalinden de yararlanılır.

^{15}N kompozisyonları ile bitkiler karasal ve denizsel olarak ayırt edilebilir. Bu oran denizsel bitkilerde karasal olanlara göre yükseklik sergiler (Touzeau ve ark., 2014; Bethard, 2013). Diğer bir yandan azot elementinin izotopları organizmanın besin zincirindeki yerini belirlemek amacıyla kullanılır. Beslenme zincirinde yukarı doğru çıkıldıkça ^{15}N oranı yükselir. ^{15}N oranlarının beslenme zincirinde %2-3 oranında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Bethard, 2013; Pearson, 2013). Bununla birlikte aynı popülasyon içerisinde yaşayan bireylerin sosyal statüsüne bağlı olarak tükettiği proteinler ile ^{15}N oranları farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar sayesinde de o popülasyon içerisindeki hiyerarşik yapı tahmin edilebilir (Pearson, 2013). Azot izotopu kompozisyonu kullanılarak denizel ve karasal beslenme biçimi de tespit edilebilir. Örneğin ağırlıklı olarak denizel gıdalar ile beslenen topluluklarda ^{15}N seviyesinin %20'nin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Buna karşın yüksek ve yağış alan alanlarda karasal besinlerde azot izotopunun %10 'un altında olduğu belirtilir (van der Merwe, 2013).

Denizel ve karasal beslenme biçiminin ayırt edilmesinde kullanılan iki element sülfür ve stronsiyumdur. Kemikteki miktarları düşük olduğundan sülfür izotopu (^{34}S) ile yapılan çalışmalarda saçların kullanılması önerilir (van der Merwe, 2013). Bununla birlikte sülfür izotopları arkeolojik toplulukların beslenme biçimini araştırıldığı çalışmalarda yaygın olarak kullanılmamıştır.

Yaygın olarak izotopik kompozisyonlarından yararlanan elementlerden diğeri stronsiyumdur. Kayalarda bulunan stronsiyum yer altı suları ve toprak aracılığıyla bölgede yaşayan bitki ve hayvanların vücuduna katılır. Dolayısıyla bu bölgede var olan türlerin vücudundaki kompozisyon o bölgeyi yansıtır. Özellikle dişlerin gelişimi sırasında yapısına katılan stronsiyum, dişler yeniden yapılanma süreci geçirmediğinden bireyin köken aldığı toprakların özelliğini yansıtmaktadır (Bethard, 2013). Buna karşın kemik daha dinamik bir doku olduğundan belirli aralıklarla kendini yeniler. Örneğin

yetişkinlerde kemik döngüsü 7-11 yılda bir gerçekleşir. Bunun sonucunda hareketliliği ve bulunduğu çevreye bağlı olarak stronsiyum izotopları oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değişim gösterir (Knudson ve ark., 2004).

Arkeolojik araştırmalarda kullanılan bir başka element kararlı oksijen izotoplarıdır. Stronsiyum gibi bu elementin izotopik kompozisyonlarının tespiti için genellikle kemiğin ve dişin apatit kısmı kullanılır (Tieszen, 1993). Oksijen izotopları da toplulukların hareketliliğini belirlemede yardımcı olur. ^{18}O izotopik kompozisyonu coğrafik olarak değişir ve mevsimsel sıcaklık farklılıklarından etkilenir. Atmosferdeki oksijen su tarafından soğurulduğundan, ^{18}O izotopu içilen su ile alınarak bölgesel farklılıkların tespitine yardımcı olur (Bethard, 2013).

Tüm bu analizlerde görüldüğü gibi kararlı izotop analizleri, beslenme biçimini yapılandırma çalışmalarında önemli katkılar sağlamıştır. Bununla birlikte kemiğin toprak altında kaldığı süre boyunca karşılaştığı diyagenetik süreç izotop kompozisyonlarının değişimini de beraberinde getirir ve analizleri zorlaştırır. Örneğin bireyin yaşamı boyunca kemik apatitinde bulunan kalsiyumun yerini alan stronsiyum, benzer hareketliliği toprak altında da gösterir. Diğer bir yandan kararlı karbon izotopları kemiğin apatit kısmında diyagenetik sürece maruz kaldığından analizlerde genellikle kolajen kullanılır (King, 2011). Bu sorunu ortadan kaldırmak için çalışmalarda kolajenin yanında dayanıklı yapısı nedeniyle diş minesinin kullanılması önerilir. Diş minesinin, dentin ve kemiğe göre daha küçük olan kristal yapısı sayesinde bulunduğu ortam ile element alışverişi düşüktür (Ericson, 1993). Buna karşın diş minesindeki izotopik kompozisyonlar bireyin tüm yaşamı boyunca beslendiği kaynakları belirlemek için yetersizdir (Bethard, 2013). Diğer bir yandan kemiğin apatit bileşeni kimyasal diyagenez ile değişirken kolajen bileşeni topraktaki humik asit (Ambrose, 1990) ve mikroorganizma faaliyetlerine (van der Merwe, 1993; Grupe, 1993) maruz kalır. Bunun sonucunda kolajen yapısı kırılır. Grupe ve diğerleri kemik kolajeninde gelişen değişimleri gözlemledikleri çalışmalarında, ^{15}N izotopunun mikroorganizma faaliyetlerinden ^{13}C 'a göre daha fazla etkilendiğini görmüşlerdir (Grupe, 1993). Araştırmalarda genellikle karbonun azota (C/N) oranı kullanılarak kolajen yapısındaki amino asitlerin değişimi gözlemlenebilir. Bu oran kolajenin hayatta kalımı hakkında bilgi verebilir (Tieszen, 1993; Ambrose, 1990).

1.4.2. Eser Element Analizleri

Kararlı izotop analizlerinde genellikle kemiğin kolajen matrisi kullanılırken bazı analizler için apatit kullanılır. Buna karşın eser element analizlerinde kemiğin yalnızca hidroksiapatit bileşeninden yararlanılır. Bununla birlikte eser element analizlerinde tekli element analizleri yapılabileceği gibi, çoklu element analizleri ve elementlerin birbirine oranlanması gibi yaklaşımlar ile daha kapsamlı bilgilere ulaşılabilir (Farnum, 2008). Çoklu element analizi yaklaşımı ile eski insan topluluklarının tükettikleri hayvansal/bitkisel, denizel/karasal besinlerin tahmini ile birlikte avcı toplayıcı-tarımcı toplulukların tahmini (Lambert, 1979), bebeklerin süten kesildiği yaş (Katzenberg, 1996), kadınların hamilelik ve laktasyon dönemleri (Blakely, 1989) hakkında araştırmalar yapılmıştır (Pate, 1994; Grupe, 1987). Bu yaklaşımlara ek olarak, alana ait bilgiler ve istatistiki analizler ile tarih öncesi toplulukların sağlık durumları (Farnum, 2008) ve sosyal yapıları (Pearson, 2013; Lambert, 1979) hakkında değerlendirmeler yapılabilir.

Gilbert 1975 yılında yayınladığı tezinde, Dickson Mound örneklerinde kapsamlı analizler yaparak bazı elementlerin beslenme ile ilgili olduğunu savunmuştur. Kemikte gömülü olduğu süre boyunca geçirmiş olduğu değişimleri değerlendirmenin yanı sıra uzun kemiklerin boşluklarında biriken toprakta çinko, bakır, stronsiyum, magnezyum ve mangan elementlerini değerlendirmiştir. Bu değerlendirme sonucunda toprakta, kemikte kirlilik yapacak kadar fazla bulunmayan çinko, bakır, stronsiyum ve magnezyum elementlerinin beslenmeyi yansıtabileceğini belirtmiştir (Nelson, 1984). 1982 yılında Lambert ve ark., (1982) çinko ve stronsiyuma ek olarak sodyum elementini kullanmış ve bu elementlerinin diyagenez sürecinden etkilenmediği sonuca katkıda bulunmuşlardır. Buna karşın arkeolojik kemiklerde stronsiyum, baryum ve magnezyumun değerlendirildiği bir diğer araştırma bu elementlerin miktarlarının bulunduğu çevre nedeniyle değişim geçirebileceği göstermiştir. Bu çalışmaya göre toprak ile olan etkileşim sonucu kemiklerde Sr ve Ba elementlerinin konsantrasyonları yükselir, Mg elementinin konsantrasyonları ise düşer (Pate, 1994).

Arkeolojik kemiklerde eser element analizlerinin kullanıldığı çalışmalarda yaygın olarak stronsiyumun tercih edilmesi dikkat çekicidir. Stronsiyum, kalsiyum ile yer değiştirebildiğinden beslenmeye dâhil olan bitkisel ve hayvansal gıdaların ayırımında kullanılan oldukça önemli bir elementtir. Bu elementin değerlendirildiği çalışmalardan

birinde Lambert ve ark., (1979), Orta ve Geç Woodland dönemlerine tarihlendirilen avcı-toplayıcı ve tarımcı olduğu düşünülen, iki farklı topluluğun beslenme biçimini araştırmıştır. Bu çalışmada stronsiyum, çinko, magnezyum, kalsiyum, sodyum ve bakır ile beraber beslenmeyi yansıtan bir element olarak kullanılmıştır. Tarımcı olduğu tahmin edilen geç dönem Woodland topluluğunda, stronsiyumun erkek bireylerde kadın bireylere göre düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuç beslenme de cinsiyetler arası bir farklılaşmayı düşündürmektedir (Lambert ve ark., 1979). Bununla birlikte böyle bir sonuç kadınlarda hamilelik ve laktasyon döneminde stronsiyum miktarlarının yükselmesiyle de ilişkili olabilir. Plasenta ve süt bezleri stronsiyuma karşı kalsiyumu ayırt edicidir ve bu dönemlerde kadınlarda stronsiyumun kemikteki miktarları yükselir. Nitekim bebeklerde doğum sonrası ve anne sütü ile beslenme döneminde bu elementin miktarı oldukça düşüktür. Sütten kesilme ile birlikte yükselmeye başlar. Bu sayede arkeolojik topluluklarda sütten kesme yaşı hakkında bilgi edinilebilir (Pate, 1997; Blakely, 1989; Katzenberg, 1996).

Stronsiyum ile beslenmeye dâhil olan bitkisel ve hayvansal gıdaların ayırımı yanında, baryuma oranı ($\log (Ba/Sr)$) kullanılarak denizsel ve karasal beslenme biçimi de ayırt edilebilir (Burton ve Weight, 1995; Burton ve Price, 1996a; Burton ve Price, 1996b; Sillen ve Kavanagh, 1982; Ezzo, 1995). Baryum da stronsiyum gibi hayvansal/ bitkisel beslenme biçimi araştırmalarında ayırt edicidir. Bununla birlikte arkeolojik toplulukların beslenme biçimini araştıran çalışmalarda yeterli ilgiyi görmediği düşünülmüştür (Burton ve Price, 1990a). Buna karşın çoklu element analizlerinin kullanıldığı araştırmalarda baryum da yer almaktadır. Burton ve Price, Ba/Sr oranının, deniz suyunda ve deniz canlılarında, karasal canlılara göre daha düşük olmasından dolayı bu oranı denizel ve karasal beslenme biçimi ayırımında kullanmışlardır. Bununla birlikte çöl bölgelerinde tespit edilen Ba/Sr oranının denizel beslenme biçimine benzediği görülmüştür. Dolayısıyla bu oranın çöl bölgesinde yaşamış topluluklar için kullanılamayacağı belirtilmiştir (Burton ve Price, 1990a; Burton ve Price, 1990b). Bu araştırmacıların ortaya koydukları diğer bir sonuç ise diğer çalışmaların aksine arkeolojik kemiklerdeki stronsiyum ve baryumun diagenesisten etkilenen iki element olduğu yönündedir (Burton ve Price, 1990a). 1986 yılında benzer sonuç Kyle (1986) tarafından da sunulmuştur. Bu çalışmada çoklu element yaklaşımı kullanılmış ve kemiğin porotik yapısı nedeniyle stronsiyum gibi kirletici potansiyele sahip demir, potasyum, magnezyum

ve alüminyum gibi elementler gibi kemik ve toprak arasında hareketlilik sergilediğini göstermiştir.

Stronsiyum ve baryum elementleri gibi beslenmeye dâhil olan hayvansal gıdaların tespitinde geçiş elementleri olarak tanımlanan çinko ve bakırın kullanılması önerilmiştir (Klepinger, 1984). Bu elementlerden çinko oldukça tartışmalıdır. Beslenme ile alınan çinko kemiklerde özellikle organik bileşende bulunur. Dolayısıyla kemiğin inorganik bileşeninden yapılan analizlerde beslenmeye dâhil olan proteinleri tespit etmek için yeterli olmayabileceği öne sürülmüştür (Ezzo, 1994). Bununla birlikte bitkiler ile alınan fitatların çinko emilimini azaltması nedeniyle kemikteki çinko değerlerinin hayvansal/bitkisel beslenme ayırımında tek başına yeterli olmayacağı belirtilmiştir (Ezzo, 1994; Klepinger, 1984). Bunun yanı sıra bakır elementi de kolajen ile bağ kurduğundan kemiğin yakılması ile kolajenin uzaklaştırılması işlemi sırasında buharlaşabileceği belirtilir (Klepinger ve ark., 1986).

Çinko ve bakır gibi geçiş elementi olarak tanımlanan demir, alüminyum, mangan ve potasyum da kemikte organik bileşen ile yakın ilişkide olan elementlerdir (Klepinger, 1986). Bununla birlikte bu elementler toprakta yüksek oranda bulunarak kemik inorganik matrisinde fiziksel diyagenez oluşturabilmektedir (Lambert, 1982).

Bu çalışmalarda olduğu gibi eser element analizlerinin beslenme modeli çalışmalarında kullanılması sınırlılıkları da beraberinde getirir. Bu yöntemin kullanıldığı ilk yıllarda karşılaşılan zorluklar nedeniyle gereğinden az ilgi gördüğü düşünülmüştür (Burton ve Price, 2002). Kemiğin canlının ölümü ile başlayan bozulma süreci ve toprak altında kaldığı süre boyunca maruz kaldığı elementsel değişim bu metodun kullanımını zorlaştırır. Bununla birlikte bu zorlukların tamamıyla metodolojik yaklaşımlardan kaynaklı olduğu görülmekte ve yeni metotlar ile arkeolojik toplulukların beslenme biçimini araştıran çalışmalar gittikçe artan bir ivme kazanmaktadır.

1.4.3. Arkeolojik Beslenme Araştırmalarında Element Analizlerinin Tarihçesi

Antropolojik açıdan toplulukların beslenme biçimlerini inceleyen ilk çalışmanın 1939 yılında A.I. Richards adlı araştırmacının Kuzey Rodezya'da yaşayan toplulukların beslenme ve sosyal yapıları ile ilgili araştırması olduğu belirtilmektedir (Dufour, 2010).

Ancak arkeolojik beslenme araştırmalarında kimyasal yöntemlerin kullanılmaya başlaması 1970’li yılları bulmuştur.

1965 yılında Toots ve Voorhies adlı araştırmacılar Pliyosen döneme tarihlendirilen omurgalı iskeletlerinde beslenme biçimini ayırt edici olarak stronsiyum elementinden yararlanmışlardır (Safont ve ark., 1998). Bu çalışma sonrasında Wyckoff ve Doberenz adlı araştırmacılar aynı elementi kullanarak iskelet kalıntılarındaki stronsiyumun canlının bulunduğu çevre hakkında bilgi vereceği sonucunu ortaya koymuşlardır (Safont ve ark., 1998; Klepinger, 1984). Bu araştırmada ayrıca fosil kemiklerdeki stronsiyum seviyelerinin bulunduğu topraktan daha yüksek olmasının, gömü sonrası kazanılmasını düşündürmediği belirtilmiştir (Klepinger, 1984). Paleontolojik örneklere uygulanan bu iki çalışma sonrasında stronsiyumun otçul ve etçil beslenme biçimlerinin ayırımında kullanılabileceği düşünölmüştür.

1970’li yıllara gelindiğinde elementlerin paleodiyet çalışmalarına daha fazla uygulandığı hatta metodolojik problemler nedeniyle yeni yöntemlerin geliştirilmesi üzerine çaba sarf edildiği görölmektedir. Eser element analizlerinin yanı sıra kararlı izotop analizleri de paleodiyet çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu iki yöntem kullanıldıķça her birinin kendine özgü sınırlılıkları olduğu anlaşılmış ve yeni yöntemler eklenerek daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

1970 yılında Parker ve Toots adlı araştırmacılar kemiğin toprak altında geçirdiği süreçte elementlerin davranışlarını elektron mikroprob analizleri ile değerlendirerek beslenme veya gömü sürecinde kemiğe katılan elementlerin ayırt edilmesi gereğini vurgulamışlardır (Parker ve Toots, 1970). Benzer çalışma 1983 yılında Lambert ve arkadaşları tarafından Gibson ve Ledders arkeolojik alanından elde edilen iskelet örneklerinde değerlendirilmiş ve benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır (Lambert ve ark., 1983).

Arkeolojik beslenme biçiminin araştırıldığı çalışmalarda, 1973 yılında A. Brown adlı araştırmacının alkali toprak elementi olan stronsiyumu kullandığı çalışması oldukça önemli bulunmaktadır. Bununla birlikte bu çalışmada kemiğin toprak altında geçirdiği süreçlerin katkısının ihmal edildiğine vurgu yapılır (Ezzo, 1994; Sandford, 1992).

Arkeolojik beslenme araştırmalarında önemli olan bir başka çalışma 1975 yılında R.I. Gilbert tarafından beş element kullanarak yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan çinko elementinin beslenmeye dâhil olan proteinlerin oransal tahmininde belirleyici olduğunu öne sürölmüştür (Ezzo, 1994; Sandford, 1992).

Daha sonraki yıllarda eser element analizlerinin kemiğin toprak altında kaldığı süreçten kaynaklı olarak element miktarlarındaki değişimler nedeniyle ilgi görmediği ve araştırmacıların kararlı izotop analizine yönelindikleri görölmüştür. Çünkü kemiğin organik matrisinin (kolajen) toprak altında geçirilen sürece daha dayanıklı olduğu ve bu yöntemle daha tutarlı sonuçların alınabileceği düşünölmüştü. Ancak bazı araştırmacılar bu durumun tamamıyla metodolojik yaklaşımlardan kaynaklı olduğunu belirtmektedir (Pollard ve ark, 2007).

Kararlı izotop analizleri için ilk örneğ 1977 yılında Vogel ve van der Merwe tarafından, insan kemiklerinde mısır tüketiminin izleri karbon izotopu analizleri ile tespit edilmiştir (Bethard, 2013). 1985 yılında stronsiyumun izotopik kompozisyonu ilk olarak Ericson tarafından kullanılmış ve kayalarda bulunan stronsiyumun yer altı suları aracılığıyla bölgesel fauna ve floranın yapısına dahil olduğunu göstermiştir. Bu sonuç bireylerin doğduğu veya yaşadığı bölge hakkında bilgi verdiğinden beslenme biçiminin yapılandırılmasının yanı sıra toplulukların hareketliliği veya göç öşüntüsü hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılmıştır (Bethard, 2013). Yanı sıra stronsiyum elementi gerek kararlı izotop analizleri gerekse eser element analizlerinde beslenmeye dahil olan bitkisel besinlerin oranının tahmini (Burton ve Weight, 1995; Burton, 1996), laktasyon (Katzenberg ve ark., 1996), süttten kesme yaşı (Blakely, 1984), beslenmede statü farklılıkları (Schoeninger, 1979) gibi ayrıntılı araştırmalar için sıklıkla arkeolojik beslenme biçimi araştırmalarında kullanılmıştır.

Tekli element analizleri eser element analizlerinde başvurulan önemli bir yaklaşım olmasına rağmen diyagenezin daha iyi değerlendirilebilmesi için çoklu element analizlerine doğru bir yönelim gözlemlenmiştir. 1979 yılında Lambert ve arkadaşları, 1981 yılında ise Sillen element analizlerinde diyagenetik ve biyojenik miktarların ayırımı için metodolojik yaklaşımlar önermişlerdir. Lambert ve ark., (1979), İllinois sınırları içerisinde bulunan Gibson ve Ledder arkeolojik alanlarından elde ettikleri iskelet örneğlerinde hem çoklu element analizleri ile gömü sonrası süreçleri değerlendirmişler

hem de farklı iskelet bölgelerinde element birikimi açısından varyasyonların olabileceğine dikkat çekmişlerdir. Bu çalışmada stronsiyumu beslenmede ayırt edici olarak değerlendirirken demir, mangan, alüminyum ve potasyum elementlerini kirletici elementler sınıfına dâhil etmişlerdir. Stronsiyumun gömü sonrası değişmediği yönündeki değerlendirmenin aksine Sillen (1981), bu elementin kemikteki oranlarının çevresel şartlardan etkilenebileceğini göstermiştir. Daha tutarlı bir sonuca ulaşabilmek için Sr/Ca oranı ve değişim katsayısı gibi hesaplamaların çalışmalara dâhil edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Son dönemlerde yapılan element analizi çalışmalarında çoklu element analizlerinin yanı sıra, kalıntıların bulunduğu toprak örnekleri, aynı alandan çıkarılan faunal kemiklerin analizleri ile karşılaştırma sıklıkla başvurulmuş bir yöntem olmuştur (Gonzales- Rodriguez, 2013; Janos, 2011; Zapata, 2006; Özdemir, 2008). Bu yöntemlerin yanı sıra kemiğin iç kısımlarına giren kalıntılardan arındırmak için asitle yıkama (Zapata, 2006; Sillen, 1981; Lambert ve ark., 1979), su ile yıkama (Gonzales- Rodriguez, 2013; Janos, 2011), ultrasonik banyoda yıkama (Özdemir, 2008; Klepinger 1986; Burton ve Price, 1990) gibi yöntemleri uygulanmıştır. Tüm bu yöntemlere ek olarak istatistiksel analizler kullanılarak element oranlarının değerlendirilmesi, kemik ile toprak arasında oluşabilecek element değişiminin boyutlarının anlaşılabilmesi kolaylaşmıştır (Gonzales- Rodriguez, 2013; Janos, 2011; Zapata, 2006; Özdemir, 2008).

Anadolu'da yapılmış ilk çalışma 1994 yılında yürütülen yüksek lisans çalışmasıdır (Atakuman, 1994). Bu çalışmayı, 1995 yılında yapılan Yarımburgaz, Gınavaz ve Elmalı arkeolojik alanlarından elde edilen hayvan ve iskelet örneklerindeki element analizleri takip etmiştir (Demirci ve Kayatürk, 1995). Bu çalışmada kemiğin Ca/P, Sr ve Zn oranları değerlendirilmiştir. Bir başka çalışma 2003 yılında yapılmış ve Mersin'in Kelendris alanındaki kazılardan ele geçen 17 iskelet örneğinde Sr, Ba, ve Zn elementleri ile beslenme modeli araştırması yapılmıştır. Anadolu'da çoklu element analizleri kullanılarak yapılan çalışmalar Özdemir'in (2008, 2012), Erken Tunç Çağı'na tarihlendirilen İkiztepe, Çırak'ın (2010), Ortaçağ'a tarihlendirilen Minnetpınarı ve İzci ve arkadaşları (2013)'nın Helenistik-Roma Dönemine tarihlendirilen Camihöyük topluluklarının beslenme alışkanlıklarının araştırıldığı çalışmaları kapsar. Gömü sonrası element birikiminin araştırıldığı araştırmalar arasında yer alan öncül çalışma Erken Tunç Çağı'na tarihlendirilen İkiztepe kemik örneklerinde yürütülen arsenik birikiminin değerlendirilmesidir (Özdemir ve Erdal, 2010; Özdemir ve ark., 2010a). Bu çalışmayı

Güner ve ark. (2011), Erken Tunç Çağına tarihlendirilen Resuloğlu topluluğunda çinko, bakır, kadmiyum, kurşun ve arsenik gibi elementler birikimlerini inceledikleri araştırma takip eder. Benzer şekilde diyagenez sürecini konu alan diğer çalışmalar, Erken Bizans Dönemi'ne tarihlendirilen Adramytteion topluluğunda (Güner ve ark., 2013) ve Neolitik Dönem'e tarihlendirilen Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğunda (2015) yapılmıştır. Bebek ve çocukların büyüme gelişme döngüsünde önemli bir yer tutan süttten kesme süreci Sr/Ca oranındaki değişimlerle İkiztepe topluluğu özelinde incelenmiştir (Özdemir ve Erdal, 2009; Özdemir ve ark., 2010b). Oluz Höyükten elde edilen mesane taşının ayırt edici teşhisinde de element analizleri önemli rol oynamıştır (Özdemir ve ark., 2015).

Kararlı izotop analizleri için Anadolu'dan ilk çalışma Richards ve ark. (2003) tarafından, Çatalhöyük Neolitik topluluğunun beslenme biçimi ve süttten kesme yaşının tespitinde kararlı azot izotop analizlerini kullandıkları araştırmadır. Bu çalışmanın ardından Löch ve arkadaşları (2006), Türkiye'nin Güneydoğusun 'da yer alan Nevalı Çori PPNB alanında insan ve hayvan kemiklerinde karbon ve azot izotopunu kullanarak beslenme alışkanlıklarının yanı sıra hayvanların evcilleştirildiğine dair kanıtlar sunmuştur. 2010 yılında Pearson ve arkadaşlarının kararlı azot ($\delta^{15}\text{N}$) izotop analizi kullandığı bir diğer çalışmada Aşıklı Höyük ve Çayönü Tepesi Neolitik topluluklarının, süttten kesme yaşı tespit edilmiştir. Hem süttten kesme yaşının hem de anne sütü sonrası beslenmenin etkileri her iki topluluğa verileri karşılaştırılarak ortaya koyulmuştur.

Budd ve arkadaşları (2013) tarafından Anadolu'nun kuzeybatı bölgesinde yer alan Aktopraklık arkeolojik alanında Geç Neolitik ve Erken Kalkolitik Dönem'e tarihlendirilen örneklerde yapılan karbon (^{13}C) izotop analizleri ilginçtir. Bu araştırma hem Anadolu'nun batı kısmını konu alan ilk çalışma hem de tarımın Yakın Doğu'dan Avrupa'ya ilerlediğini kanıtlaması açısından önem taşımaktadır.

Lösch ve arkadaşlarının 2014 yılında yayınladıkları araştırmaları hem araştırılan konu hem de kullanılan analizler açısından çeşitlilik gösterir. Bu çalışmada Efes'te MS 2. ve 3. yıllara tarihlendirilen gladyatör mezarlığından elde edilen 22 bireye ait 53 kemikte, kararlı karbon, azot ve kükürt izotopları analizlerinin yanı sıra stronsiyum ve kalsiyumun element analizleri kullanılarak beslenme, sosyal tabakalaşma ve göç örüntüsünü incelemiştir.

Sütten kesme yaşı ile beraber beslenmede statü farklılıklarını araştıran bir diğer çalışma da Çatalhöyük Neolitik topluluğu örnekleri kullanılmıştır. Bu çalışmada azot ve karbon izotoplarından yararlanılmış ve beslenmenin cinsiyetler arası farklılaşmasının olmadığı ancak yaşa göre farklılaştığı tespit edilmiştir (Pearson ve ark., 2015). Anadolu'dan izotop analizlerinin kullanıldığı en son araştırma, Pickard ve arkadaşları (2016) tarafından Çamlıbel Tarlası örneklerine uygulanmıştır. Kuzeyde yer alan bu bölgede Geç Kalkolitik döneme tarihlendirilen 57 insana ve 137 faunal örnekte karbon ($\delta^{13}\text{C}$) ve azot ($\delta^{15}\text{N}$) analizleri yapılarak dağlık ve yoğun vejetasyonun olduğu bu coğrafyaya uyarlama çalışmaları araştırılmıştır.



II. BÖLÜM

SORUN, ÖNEMİ VE AMAÇ

2.1. SORUN VE ÖNEMİ

Beslenme modeli çalışmalarında; kafatası, dişler, çene, vertebra, kaburga, ilium, femur, tibia, metatarsal, metakarpal kemikler ile tanımlanamayan pek çok kemik parçası üzerinde analizler yapılmıştır (Lambert, 1984). Bu çalışmalarda kullanılan farklı kemiklerin element miktarlarının benzer olacağı düşünülmüştür. Buna karşın kemiğin yeniden yapılanma döngüsü iskelet bölgelerine göre farklılık gösterdiğinden beslenme modeli çalışmalarında kullanılan eser element oranlarının değişmesine neden olmaktadır. Örneğin kompakt kemiklerde kemik döngüsünün yıllık %2,5, trabeküler kemiklerde ise %10 olduğu belirtilir. Yetişkin bir insanda yıllık olarak kortikal kemiklerin replasmanı vertebralarda %8,3, kaburgalarda %4,7, femurda %2,9, ve kafatasında %1,8 olarak tespit edilmiştir (Hutton ve Norrish, 1989). Dişler, kemiklere kıyasla daha kompakt ve daha az porotik yapı göstermektedir. Bu yapısı nedeniyle toprak altında geçirdiği süreçte çevreden kaynaklı kontaminasyona daha korunaklıdır. Eski DNA araştırmalarında korunaklı yapısı nedeniyle tercih edilen önemli bir veri kaynağıdır (Higgins, 2013). Geçmiş hareketliliğin yeniden yapılandırılması için yürütülen stronsiyum ve oksijen elementlerinin ağır izotoplarını belirleme çalışmalarında aynı bireyin kemik ve diş izotop oranları beraber kullanılmaktadır. Buna karşın dişler, kemik gibi yapılanma süreci geçirmediklerinden elementsel döngüsü yavaştır. Özellikle Fe, Sr ve Ba oranlarında kemiklere göre anlamlı oranda farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak gelişme çağındaki bireylerde beslenmenin etkileri yetişkinlere göre farklı olduğundan, kemikler ve dişlerdeki element oranları farklılık göstermektedir. Yetişkinlerin dişleri kullanıldığında ise elde edilen sonuçlar daha anlamlı bulunmaktadır (Kyle, 1986; Lambert, 1984).

Trabeküler yapısı yoğun olan kaburgalar genellikle parçalanmış ve çok miktarda bulunabilir olması nedeniyle moleküler düzeyde yürütülen araştırmalarda oldukça sık tercih edilen kemik bölgeleridir (Grupe, 1988). Birçok kararlı izotop çalışmasının ana materyalidir. Trabeküler kemiklerin metabolik devir hızı yüksek olduğundan (3 ile 6 yıl

arası) hayatın son yıllarına dair bilgileri ortaya çıkarabilir. Diğer taraftan diyageneze maruz kalma durumu kortikal kemiklere göre daha yüksektir. Kortikal kemikler daha kalın bir yapıya sahip olduğundan diyagenez riskinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kalıntının bulunduğu çevreden kaynaklanacak muhtemel kontaminasyonu önlemek için kompakt kemiklerin yüzeyini uzaklaştırarak iç kısımdan örneği almak mümkündür (Sandford, 1992). Benzer şekilde iliac crest'in trabeküler yapısı nedeniyle diyagenez riskinin femura oranla yüksek olduğu ve element analizlerinde bireyin beslenme modelini tam olarak yansıtmadığı tespit edilmiştir (Grupe, 1988). Bu nedenle, element analizlerinde tutarlı sonuçların alınabilmesi için iskeletin femur ve tibia kısımlarının kullanılması önerilmektedir. Bunlara ek olarak element oranlarındaki dalgalanmaların daha az olduğu ve beslenme modeli çalışmalarında tercih edilmesi gereken iskelet bölgeleri olduğu belirtilmektedir (Grupe, 1988).

Eski insan topluluklarına ait iskelet kalıntılarının tümü bireylerin yaşı, cinsiyeti, hastalıkları, morfolojik özellikleri veya etnisitesi hakkında önemli bir bilgi kaynağı olduğundan biyoarkeolojik araştırmaların her alanında oldukça büyük önem taşımaktadırlar. Örneğin dişlerin gelişimi, bireylerin kronolojik yaş tayininde oldukça önemli veriler sağlar (White, 2012). Bireylerin cinsiyet tahmininde pelvis ve kafatası iskeleti ayırt edici bilgiler sunar. Bununla birlikte uzun kemiklerin diyafiz kısımları paleopatolojik araştırmalarda oldukça değerlidir (Ortner, 2003). Femur insan vücudundaki en uzun, en ağır ve en güçlü yapıya sahip kemiktir. Uzunluğu ve yoğunluğu nedeniyle, adli ve biyoarkeolojik çalışmalarda oldukça önemli veriler sağlamaktadır. Bununla birlikte bireyin morfolojik özelliklerini anlamak amacıyla femur ve tibiadan yararlanılmaktadır (White, 2012).

Element analizlerinde kullanılan yıkıcı yöntemler kemiğe büyük oranda zarar vermekte ve bu kemiklerin yararlanıldığı diğer çalışmaları etkilemektedir. Örneğin, femurdan alınacak örneklerde, shaft kısmının yüzeyi kesilerek uzaklaştırılması ve yaklaşık 150 mg ağırlığında kemiğin delici bir alet yardımıyla dışarı çıkarılması önerilmektedir (Grupe, 1988). Buna karşın femur ve tibia gibi kompakt yapıda olan metatarsal ve metakarpal kemikler ile yapılan çalışmalarda da element analizlerinin tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Kyle, 1986). Bu yapısı nedeniyle söz konusu kemiklerde de diyagenez riski düşüktür ve yüzeyindeki kontaminasyon kolayca uzaklaştırılabilir. Tıpkı kaburgalar gibi

arkeolojik kazılarda çok miktarda ele geçen metatarsal ve metakarpal kemikler diğer biyoarkeolojik çalışmalarda femur ve tibia'ya kıyasla daha az kullanılır.

Bu çalışmanın önemi kompakt yapısının sağladığı avantajlar nedeniyle metatarsal ve metakarpal kemikler üzerinde yapılacak element analizleri ile diyagenez döngüsünün anlaşılması böylelikle de femura alternatif olup olamayacağının ortaya çıkarılmasında yatmaktadır. Elde edilecek sonuç femurun bütünlüğünün bozulmaması açısından da ayrıca önem taşımaktadır. Böylelikle ileride geliştirilebilecek yeni demografik, patolojik ve morfolojik çalışmalarda uygulama alanı bulunabilecektir.

Anadolu'da temel ve eser element analizleri ile arkeolojik toplulukların beslenme alışkanlıkları hakkında yapılan araştırmaların yanı sıra diyagenezin değerlendirildiği sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda tekli ve çoklu analizler kullanılmış olmasına rağmen Tepecik-Çiftlik örneklerinin değerlendirildiği bu çalışma hem örneklem sayısı hem de değerlendirilen element sayısı bakımından daha kapsamlı bir analiz sunan ilk araştırma olma özelliğine sahiptir.

2.2. AMAÇ

Bu tez çalışması Tepecik-Çiftlik kazılarında elde edilmiş insan iskeletleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın ana hedefleri aşağıdaki gibidir:

1. Farklı kemik türlerinde (metakarpal, metatarsal ve kaburga) gerçekleşen kimyasal diyagenetik değişimlerin (elementlerin çevreden alınması ve çevreye bırakılması) yoğunluğunun nasıl farklılaştığının belirlenmesi,
2. Elde edilen sonuçların daha önce femurdan yapılmış element analizi verileriyle karşılaştırarak benzerliklerin ve farklılıkların ortaya çıkarılması,
3. Farklı kemik türlerinin gömü sonrası süreçte kemiğin kimyasal bileşimine etkisinin anlaşılması ve tartışılması ile el ve ayak tarak kemiklerinin analizler için femur ve diğer uzun kemiklerin yerine kullanılıp kullanılamayacağının belirlenmesi oluşturmaktadır.

III. BÖLÜM

VERİ KAYNAKLARI VE YÖNTEM

3.1. TEPECİK-ÇİFTLİK KAZILARI

Tepecik-Çiftlik arkeolojik yerleşimi, Orta Anadolu Platosunda, Volkanik Kapadokya olarak adlandırılan bölgenin güneybatısına yakın konumlanmış bir höyüktür. Niğde İli, Çiftlik İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu alan Melendiz Havzası'nda bulunmaktadır (Bıçakçı, 2012b; Çakan, 2013). Melendiz Havzası, Melendiz Dağları, Göllüdağ Masifi, Şahinkalesi Tepe Masifinden oluşan üç volkanik dağ arasında yer alan, 1500 m yükseklik ve 15 km çapa sahip yuvarlak şekilli bir havzadır (Kuzucuoğlu, 2013).

Melendiz Havzası, Geç Pliyosen ve Kuvaterner dönemleri boyunca aktif olan volkanik faaliyetler ile şekillendirilmiştir. Çiftlik Havzası'nın kuzey ve kuzey doğu oluşumları Göllüdağ kompleksinin Erken Pleistosen dönemindeki aktifliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Kuzucuoğlu, 2013). Benzer şekilde Pleistosen dönemi boyunca Melendiz Dağlarının batısında kalan Hasan Dağı ve Erciyes Dağı volkanlarının halen aktif olduğu tespit edilmiştir. Araştırmalar bu dönemlerde Melendiz Ovası'nın göl ile kaplı olduğunu belirlemiştir. (Kuzucuoğlu, 2013; Bıçakçı, 2012b). Günümüzde ovanın ortasından Melendiz nehri geçmektedir (Bıçakçı, 2007; Kuzucuoğlu, 2013).

Tepecik-Çiftlik Höyüğü ilk olarak 1960'lı yıllarda I. A. Todd tarafından yüzey araştırmaları sonucu keşfedilmiştir. Bu bölgedeki volkanik faaliyetlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan zengin obsidyen kaynaklarının bölgedeki Neolitikleşme sürecinde etkili olduğu düşünülmüştür (Bıçakçı, 2012b; Bıçakçı, 2007). 2000 yılında başlayan ve daha sonra İstanbul Üniversitesi Prehistorya Anabilim Dalı'ndan Erhan Bıçakçı önderliğinde devam eden kazılar ile bu bölgede yaşayan toplulukların kültürel ve teknolojik gelişimleri hakkında daha fazla bilgiye ulaşılmıştır. Araştırmalar bölgenin sahip olduğu kaynaklar sayesinde gelişen bir toplumun varlığına dair kanıtlar sunmaktadır (Bıçakçı, 2012b).

Tepecik-Çiftlik arkeolojik yerleşmesinin 300x170 m'lik alanının kesin sınırları saptanabilmiştir. Oval biçimli höyüğün uzun kısmı güneydoğudan kuzeybatı yönüne

doğru uzanmaktadır (Bıçakçı, 2001). 33.300 m²'lik alanı kaplayan höyüğün, yüzey buluntularından yola çıkılarak yaklaşık 6 hektar boyutlarında olduğu tahmin edilmektedir. 2000 yılından itibaren yapılan çalışmalar sonucunda yaklaşık 1600 m²'lik alan kazılmıştır (Çakan, 2013) (Fotoğraf 3.1).



Fotoğraf 3.1: Tepecik-Çiftlik Arkeolojik Yerleşmesi (Tepecik-Çiftlik kazı arşivi).

Son yıllarda yapılan kazı çalışmaları ve radyokarbon tarihlleme ile yapılan tabaklanma Tepecik-Çiftlik arkeolojik yerleşmesinde, önceki yıllardan farklı olarak tabaklanmış dört dönem olduğu tespit edilmiştir (Çakan, 2013). Bu sonuçlara göre; en üst tabakanın (1. Tabaka), Geç Roma- Bizans dönemlerine ait olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaların ilk yıllarında Orta Kalkolitik Dönem'e tarihlendirilen 2. Tabaka ve Erken Kalkolitik Dönem'e tarihlendirilen 3. Tabakanın, adlandırılması değişmiştir. En son güncellemeye göre 2. Tabaka İlk Kalkolitik Dönem'e ve 3. Tabaka Neolitik Dönem'in sonlarına tarihlendirilmiştir. 4. ve 9. Tabaklar arası Neolitik Dönem'i temsil etmektedir. 10. ve 14. Tabakalar ise Çanak Çömleksiz Neolitik Dönem'e tarihlendirilmiştir (Çakan, 2013) (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: Tepecik-Çiftlik Tabakalanması (Tepecik-Çiftlik Kazı arşivi).

Tepecik-Çiftlik için son tabakalanma önerisi (son güncelleme: Mart 2015)				
Tabaka	Dönem	Evre	Tarih	
1	Geç Roma-Bizans			
2	İlk Kalkolitik		yak. MÖ 6100 -	
3	Son Neolitik	1. Evre	yak. MÖ kal. 6300-6100	
		2. Evre: Fırınlı Yapılar Evresi	yak. MÖ kal. 6400-6300	
4	Neolitik	AK Yapı Kompleksi	yak. MÖ kal. 6650-6400	
5	Neolitik	BB Yapısı-kollektif mezar		
6	Neolitik		yak. MÖ kal. 6850-6650	
7	Neolitik			
8	Neolitik			
9	Neolitik			
10	Çanak Çömleksiz Neolitik		▼ yak. MÖ 7500 ???	
11	Çanak Çömleksiz Neolitik			
12	Çanak Çömleksiz Neolitik			
13	Çanak Çömleksiz Neolitik			
14	Çanak Çömleksiz Neolitik			
↓ ↓ ↓ ↓				derin açma

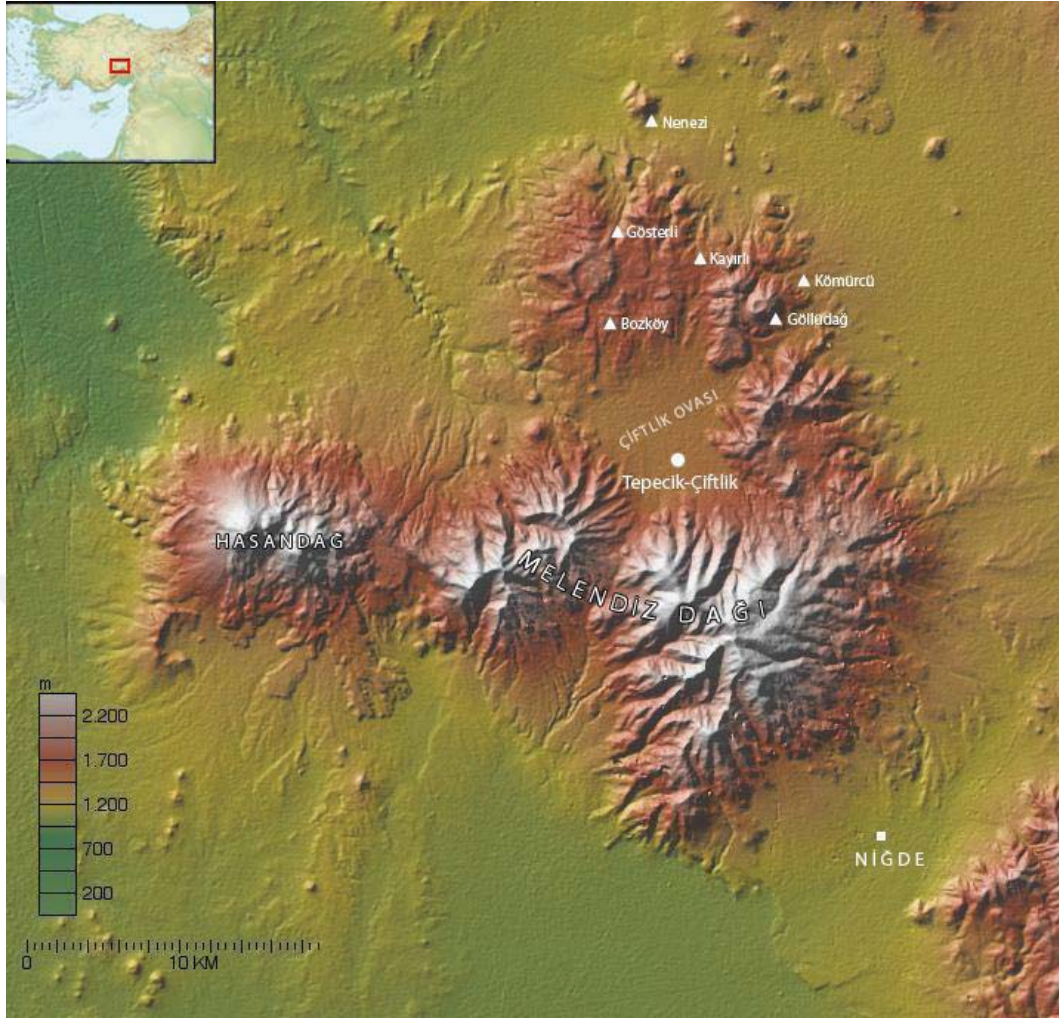
3.1.1. Sosyo-Ekonomik Yaşam

Volkanik Kapadokya Bölgesi, obsidyen açısından oldukça zengindir (Balkan-Atlı, 2012). Obsidyen volkanik püskürmelerin yüzeye çıktıktan sonra hızla soğumasıyla oluşan felsik (nispeten feldispat ve kuvars minerallerince zengin olan magmatik kayalar adlandırmak için kullanılır) özellikteki bir kaya türüdür. Silika bakımından oldukça zengin olan obsidyen, camsı yapıda ve siyah veya kırmızımsı kahve renklerinde olabilmektedir. İçerdiği metal iyonları bu cama koyu rengi vermektedir (Lutgens, 2013). Amorf yapısı ve konkoidal kırılma özelliği düzgün ve keskin yüzeyler oluşturacak şekilde kırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu özelliğinden ötürü tarih öncesi arkeolojik toplulukların binlerce yıldır alet yapımında tercih ettikleri bir materyal olmuştur (Lutgens, 2013; Balkan-Atlı, 2012). Tarih öncesi toplulukların yaşamlarında kullandıkları teknoloji ile birlikte kullandıkları hammadde de kültürel uygulamaları etkilemekte olduğundan obsidyen

kullanımı oldukça önemlidir (Bıçakçı, 2007). Anadolu'da obsidyen açısından zengin bölgelerde (Fotoğraf 3.2), özellikle Neolitik dönemde, obsidyen teknolojisinin yaygınlaştığı görülmektedir. Örneğin Kaletepe arkeolojik yerleşmesinde, bu teknolojinin günümüzden 14.000 yıl öncesinden itibaren başladığı tespit edilmiştir. Bu dönemde sınırlı oranda yayılım göstermesine rağmen 9. binyıldan sonra yayılımının arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle 7. binyılda, Çanak-Çömleksiz Neolitik Dönem boyunca Suriye, Filistin ve Kıbrıs'a kadar yayılım gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle dilgi yapımında kullanılan obsidyen kaynaklarından Bronz Çağ'a kadar yararlanıldığı belirtilmektedir (Balkan-Atlı, 2012). Tepecik-Çiftlik kazıları da o dönemin topluluklarına ait kaynaklar, atölyeler ve buluntu yerlerinin tespiti bu bölgede yaşayan toplulukların obsidyen teknolojisi üzerine uzmanlaştıklarını ortaya koymaktadır (Bıçakçı, 2007).

Volkanik Kapadokya Bölgesi'nin su kaynakları açısından zengin olması bu bölgenin yaşamın şekillenmesi için oldukça verimli olduğunu göstermektedir. Kuzeyde Kızılırmak, doğuda Sultan Sazlığı, Melendiz Havzası boyunca uzanan Melendiz Nehri ve batıda Tuz Gölü bölgenin etrafını çevreleyen su kaynaklarıdır (Çakan, 2013). Aladağlar ve Bolkarlar'daki karların erimesi ve yağmur suları sayesinde bölgenin su ihtiyacı kesintisiz karşılanmaktadır (Çakan, 2013; Bıçakçı, 2012b).

Geç buzul çağı döneminde oldukça kurak bozkırlara sahip olduğu tespit edilen Volkanik Kapadokya Bölgesi'nde, yıllık yağış miktarlarının iklimdeki ani değişimler sayesinde arttığı tespit edilmiştir (Bıçakçı, 2012b). Bu sayede iklimsel değişime bitki örtüsü değişimi eşlik ederek kurak bozkırlar yerini otlaklara bırakmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu arbeoral (ağaç gibi) vejetasyonun arttığı ve ardıç, ladin, karaağaç, ıhlamur ve sakız ağacı gibi türlerin varlığına olanak sağlamıştır. Sakız ağacının ormanlık alanlara, meşenin ise bozkır varlığına işaret ettiği belirtilmektedir (Bıçakçı, 2012b). Acıgöl ve Akgöl'de yapılan polen analizleri de günümüzden yaklaşık 8500 yıl önce bu bölgede ormanların yayıldığını gösterir. Tüm bu veriler, bu bölgenin yaşam alanı olarak elverişli olduğu düşüncesini desteklemekte, sosyal ve ticari ilişkilere sahip toplumlarca farklı zaman dilimlerinde yaşam alanı olarak kullandıkları sonucunu göstermektedir (Bıçakçı, 2007).



Fotoğraf 3.2: Orta Anadolu Obsidyen Kaynakları (Çakan, 2013).

3.1.2. Mimari Özellikler

Geç Roma-Bizans Dönemi'ni temsil eden 1. Tabaka' nın oldukça tahrip olduğu belirtilmektedir (Bıçakçı, 2012b). Bu tabakada herhangi bir mimari yapıya rastlanılmamıştır (Çakan, 2013).

İlk Kalkolitik Dönemi temsil eden 2. Tabaka her ne kadar iki evre ile tanımlansa da ikinci evrenin mimari yapısına dair kesin bilgiye ulaşılmamıştır. Bununla birlikte 1. Evreyi temsil eden kısımda dörtgen planlı taş su basman duvarlı, birbirine bitişik yapılar tespit edilmiştir. Kısmen açığa çıkarılan bu tabakalarda depolama amacıyla kullanılan bölümler olduğu belirtilmektedir (Çakan, 2013).

Neolitik Dönem' in sonlarına tarihlenen 3. Tabaka, farklı iki tipte mimariye sahip iki evre tanımlanmıştır. Alt evrede ısınma amacıyla inşa edilen fırınların öne çıktığı yapılar tespit edilmiştir. Üst evrede ise birbirine eklenerek çoğalan dörtgen planlı, kerpiç yapılar bulunmuştur. Bununla birlikte ortak kullanıma yönelik alanlara da rastlanılmıştır (Çakan, 2013).

Neolitik Dönemi temsil eden 4. Tabakada ise bir önceki tabakaya kıyasla gerek düzen gerekse açık alanların kullanımı açısından farklı bir mimarinin olduğu belirtilmektedir. Yapıların 3. Tabakadan farklı olarak daha geniş ve yüksek su basman duvarlara sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra yapılara eklemeler yapıldığı belirtilmektedir. Bu yapılar büyüklükleri açısından da benzersiz bulunmuştur (Bıçakçı, 2012a). 4. Tabakada ortaya çıkan bir diğer yapı ise birbirine bitişik konumda iki kubbeli fırınlardır. 5. ve 6. Tabakalarda kazılan alanlarda günlük işlerin yapıldığı düşünülen açık bir alan tespit edilmiştir (Çakan, 2013).

Çanak Çömleksiz Neolitik Dönemi temsil eden tabakalarda ise herhangi bir mimariye rastlanılmamıştır (Çakan, 2013).

3.1.3. Ölü Gömme Uygulamaları

Tepecik-Çiftlik arkeolojik yerleşmesinde yüzeye yakın bölümlerinde ele geçen iskelet kalıntıları, tahribata uğramış olduğundan ölü gömme uygulamaları hakkında kesin bir sonuca varılamamıştır. *In situ* olarak korunmuş bireylerin ise doğu- batı (atlas-sacrum) yönünde, sırt üstü konumda ve elleri karın veya göğüste birleştirilerek gömüldüğü tespit edilmiştir. Genel olarak mezar hediyelerine rastlanılmamıştır (Büyükkarakaya ve ark., 2009).

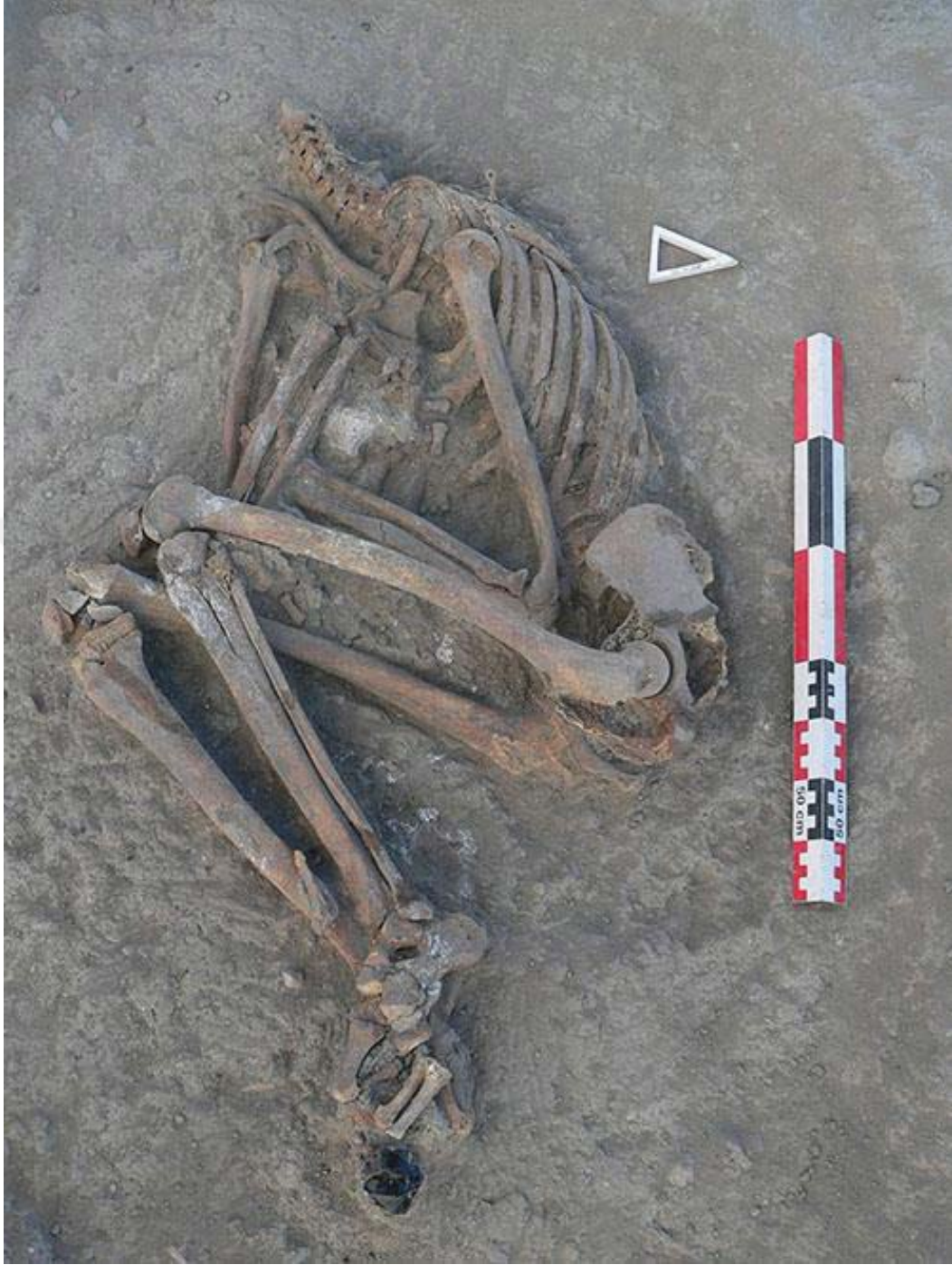
Benzer şekilde Neolitik dönemi temsil eden tabakada da basit toprak mezarlara ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra AK mekânı içerisinde 1 yaş altı bebeklerden oluşan 3 çömlek mezara rastlanılmıştır. Çömleklerin düz dipli ve geniş ağızlı olduğu belirtilmektedir (Büyükkarakaya ve ark., 2009; Bıçakçı, 2012a). Bir bebeğin boyun kısmında kırmızı renkli ve diğer bir bebeğin yakınında siyah renkli boncuk elde edilmiştir (Büyükkarakaya ve ark, 2009). Buna ek olarak AY mekânının tabanı altında, birincil ve ikincil gömülerden oluştuğu belirlenen 5-6 bireyin iskeletine ulaşılmıştır. İskeletlerin bebek, çocuk ve

yetişkinlere ait olduğu belirlenmiştir. Bu mekânın doğu bölümünde ise mezar hediyeleri ile birlikte gömülmüş bir bebek, bir çocuk ve bir yetişkin iskeleti bulunmuştur (Bıçakçı, 2012a). Bunun yanı sıra 5. Tabakada bulunan BB mekanında, birincil ve ikincil mezarların bulunduğu en az 42 bireye ait iskelet kalıntılarına rastlanılmıştır (Ali Metin Büyükkarakaya ile kişisel görüşme) (Fotoğraf 3.3). Mekân duvarlarında da iskelet kalıntılarına rastlanmış olması nedeniyle, kazılan bu alanın gömü işlemleri için kullanıldığı düşünülmüştür (Çakan, 2013).



Fotoğraf 3.3: 5. Tabakada Bulunan BB Mekanı (Tepecik-Çiftlik kazı arşivi)

Kazılarda ayrıca Neolitik Dönem'e tarihlendirilen iki iskelet, başsız ele geçmiştir (Fotoğraf 3.4). Bu durum tafonomik süreçler ile ilişkilendirilmemiştir. Nitekim iskeletlerin atlas ve axis boyun omurlarının *in situ* korunmuş olması, kafatasının, yumuşak dokular yok olduktan sonra alındığını düşündürmektedir. Bu uygulamanın Neolitik Dönem'de Ortadoğu ve Anadolu'da yaygın bir uygulama olduğu belirtilmektedir (Büyükkarakaya, ve ark., 2009).



Fotoğraf 3.4. Neolitik Döneme Tarihlendirilen Başsız İskelet (Tepecik-Çiftlik kazı arşivi).

3.1.4. Beslenme

Tepecik-Çiftlik arkeolojik yerleşmesinde, özellikle M.Ö. 7. binyılın başlarından 6. binyılın başlarına kadar besin kaynaklarının zengin olduğu görülmüştür. Hayvan kemiklerinin incelenmesi sonucunda koyun-keçi, sığır, atgiller ve kızıl geyik türlerinin yaygın olduğu tespit edilmiştir. Bu türlerin yanı sıra alageyik, karaca, köpekgyiller, ayı, tavşan, domuz, kemirgenler ve bazı kuş türlerinin kemiklerine de rastlanmıştır. Koyun-keçi, sığır ve domuzun 5. tabakadan itibaren evcilleştirildiği tespit edilmiştir. Buna rağmen avlanmanın devam ettiği ve et tüketiminin bu yerleşmede yaşayan topluluklar için önemli bir yere sahip olduğu belirtilmektedir (Bıçakçı, 2007). Neolitik Dönemi temsil eden tabakalarda rastlanılan öğütme taşları, yapıların içerisinde yer alan depolama birimleri bu yerleşmede yaşıyan toplulukların bölgede yetişen taneli bitkileri topladığını, öğüttüğünü, depolandığını ve beslenme modeline dâhil ettiğini göstermiştir (Bıçakçı, 2007). Arkeobotanik araştırmaların ilk bulgularına göre, emmer buğdayı (*Triticum turgidum dicoccum*), arpa (*Hordem vulgare*), nohut (*Cicer arietinum*), karaburçak (*Vicia ervilia*) ve mercimek (*Lens culinaris*) türlerinin yetiştirildiği tespit edilmiştir (Büyükkarakaya, 2015).

3.1.5. Hastalıklar

Neolitik Döneme tarihlendirilen iskelet kalıntılarında yapılan incelemelerde gövde travmaları, spesifik olmayan enfeksiyonlar, osteoporoz, porotic hyperostosis, cibra orbitalia, omur ve eklemlerde osteoartrite rastlanmıştır (Büyükkarakaya ve ark., 2009). Gövde travmaları özellikle 30-45 yaş aralığındaki 3 bireyden ikisinde ve yaş tahmini yapılamayan bir bireyde tespit edilmiştir. Gövde travmalarının bölgenin dağlık coğrafik yapısından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür (Büyükkarakaya ve ark., 2009). Spesifik olmayan enfeksiyonlar %14 oranında bebeklerde tespit edilmiştir. Demir metabolizması ile ilişkili olarak kafatasında meydana gelen cibra orbitalia ve porotic hyperostosis lezyonlarının sırasıyla %66,7 ve %71,4 olduğu belirlenmiştir. Bu bireylerin çoğu 15-30 yaş aralığındaki genç erişkinlerdir (Büyükkarakaya ve ark., 2009). Bununla birlikte toplulukta beslenme durumu, hamilelik ve emzirme gibi faktörlerin etkili olduğu osteoporoz, kadınlarda erkeklere oranla daha fazla görülmüştür. Topluluğun genelinde görülme oranı %25 iken bu oranın %50'sini genç erişkin bireyler oluşturmaktadır.

Omurga ve eklemlerdeki osteoartrit görülme sıklığı ise sırasıyla %66,6 ve %50 'dir (Büyükkarakaya ve ark., 2009).

3.1.6. İskelet Materyali

Yerleşmede yapılan kazılar sonucu elde edilen iskeletler farklı tabakalardan ortaya çıkarılmıştır. İskeletler Hacettepe Üniversitesi Biyolojik Antropoloji Laboratuvarı'nda muhafaza edilmektedir. Bu çalışmada Tepecik-Çiftlik arkeolojik yerleşmesinde, Neolitik Döneme tarihlendirilen 3., 4., ve 5. tabakalarından elde edilen iskelet kalıntıları kullanılmıştır.

3.2. ÖRNEKLEM

Bu çalışmanın konusu farklı iskelet bölgelerinde yapılan eser element analizlerinin tutarlılığının karşılaştırılmasıdır. Beslenme modeli çalışmalarında eser element analizleri için kemik döngüsü, diyagenez ve kontaminasyon riskleri açısından avantajlı olmaları nedeniyle, femur ve tibia sıklıkla önerilen kemiklerdir. (Sandford, 1992; Grupe, 1988; Lambert, 1984). Neolitik Dönem'de yaşamış Tepecik-Çiftlik topluluğunun femur kemikleri kullanılarak, Yrd. Doç. Dr. Kameray Özdemir tarafından beslenme modelleri üzerine bir değerlendirme yapılmıştır. Aynı bireylere ait kemiklerdeki element birikimini daha kapsamlı olarak incelemek amacıyla, bu çalışmada kullanılan femur örneklerinin alındığı bireylerin kaburga, metatarsal ve metakarpal kemikleri kullanılmıştır.

3.2.1. İskelet Materyalinin Demografik Özellikleri

Örneklem 25 bireyden elde edilen 38 kemiği kapsamaktadır. Eser element analizleri kaburga, metatarsal ve metakarpal kemikler üzerinde yapılmıştır. Çalışmaya dâhil edilen kemiklerin %60,5'i kaburga, %21,1'i metatarsal ve %18,4'ü metakarpaldır. Tepecik-Çiftlik kazılarında Neolitik Dönem'e tarihlendirilen 3., 4., ve 5. tabakalardan elde edilen iskelet bölgelerinin cinsiyet ve yaş dağılımını gösteren Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Çalışmaya Dâhil Edilen İskelet Örnekleri.

Örnek No	Örnek Kodu	Cinsiyet	Yaş	İskelet Bölgesi
1	TP'04 SK-26	Kadın	Erişkin	Kaburga
2	TP'04 SK-26	Kadın	Erişkin	Metatarsal
3	TP'04 SK-28a	Çocuk	Çocuk	Kaburga
4	TP'04 SK-30	Kadın	Erişkin	Kaburga
5	TP'04 SK-31	Erkek	Erişkin	Kaburga
6	TP'06 SK-46	Çocuk	Çocuk	Kaburga
7	TP'07 SK-58	Kadın	Erişkin	Kaburga
8	TP'07 SK-58	Kadın	Erişkin	Metatarsal
9	TP'07 SK-58	Kadın	Erişkin	Metakarpal
10	TP'10 BB 3-36	Erkek	Yaşlı	Kaburga
11	TP'10 BB 4-23/5-27	Erkek	Genç Erişkin	Kaburga
12	TP'10 SK-21a	Erkek	Yaşlı	Kaburga
13	TP'10 SK-21a	Erkek	Yaşlı	Metatarsal
14	TP'10 SK-21a	Erkek	Yaşlı	Metakarpal
15	TP'10 SK-30	Çocuk	Çocuk	Kaburga
16	TP'10 SK-30	Çocuk	Çocuk	Metatarsal
17	TP'10 SK-33	Kadın	Genç Erişkin	Kaburga
18	TP'10 SK-34	Kadın	Erişkin	Kaburga
19	TP'10 SK-34	Kadın	Erişkin	Metatarsal
20	TP'10 SK-34	Kadın	Erişkin	Metakarpal
21	TP'10 SK-39-B	Çocuk	Çocuk	Kaburga
22	TP'11 SK-50	Kadın	Erişkin	Kaburga
23	TP'11 SK-51a	Erkek	Genç Erişkin	Kaburga
24	TP'11 SK-51a	Erkek	Genç Erişkin	Metakarpal
25	TP'11 SK-53	Kadın	Yaşlı	Metakarpal
26	TP'12 SK-58	Kadın	Erişkin	Kaburga
27	TP'12 SK-65	Çocuk	Çocuk	Kaburga
28	TP'12 SK-67	Erkek	Erişkin	Kaburga
29	TP'12 SK-67	Erkek	Erişkin	Metatarsal
30	TP'12 SK-67	Erkek	Erişkin	Metakarpal
31	TP'12 SK-70	Kadın	Erişkin	Kaburga
32	TP'12 SK-74	Erkek	Erişkin	Kaburga
33	TP'12 SK-74	Erkek	Erişkin	Metakarpal
34	TP'12 SK-75	Çocuk	Çocuk	Kaburga
35	TP'12 SK-77	Erkek	Yaşlı	Kaburga
36	TP'12 SK-77	Erkek	Yaşlı	Metatarsal
37	TP'12 SK-78	Erkek	Erişkin	Metatarsal
38	TP'12 SK-79	Kadın	Yaşlı	Kaburga

Çalışmada kullanılan 38 örneğin demografik dağılımına göre 15 birey kadın ve 16 birey erkektir. 15 yaş altı ve cinsiyeti belirlenemeyen çocukların sayısı 7'dir (Çizelge 3.3). Elementlerin kemiklerdeki birikimde cinsiyet grupları arasında farklılaşmalar olabildiğinden örnekleme dâhil olan kemiklerin ait olduğu bireylerin cinsiyetlerini bilmek daha kapsamlı bir analiz yapılmasına yardımcı olacaktır.

Çizelge 3.3: Tepecik-Çiftlik Neolitik Topluluğunun Cinsiyet Dağılımı.

Cinsiyet	N	%
Kadın	15	39,47
Erkek	16	42,11
Çocuk	7	18,42
Toplam	38	100

Tepecik-Çiftlik Neolitik Döneme ait iskeletler yaş gruplarına göre ayrılmıştır. Çalışmada 0 ile 2,5 yaş aralığını temsil eden bebeklere ait örnek kullanılmamıştır. 2,5 ile 15 yaş aralığında çocuk grubunda değerlendirilen iskeletler örneklerin %18,4'ünü oluşturmaktadır. Örneklerin %10,5'u, 15 ile 30 yaş aralığını temsil eden genç erişkin bireylere aittir. Örneklemin %50 'lik önemli bir kısmını oluşturan 30- 45 yaş aralığındaki bireyler erişkinlerdir. 45 yaş üstü bireyler yaşlı olarak gruplandırılmıştır (Çizelge 3.4). Elementlerin kemikte bulunan değerleri yaşa göre farklılık gösterebildiğinden yaş grupları ayrımı sayesinde analiz yapmak daha anlamlı olacaktır.

Çizelge 3.4: Tepecik-Çiftlik Örneklerinin Yaş Gruplarına Göre Dağılımı.

Yaş Grupları	N	%
Bebek (0-2,5)	0	0
Çocuk (2,5-15)	7	18,4
Genç Erişkin (15-30)	4	10,5
Erişkin (30-45)	19	50
Yaşlı (+45)	8	21,1
Toplam	38	100

3.2.2. İskelet Materyalinde Diyagenезin İle İlgili Gözlemler

Çalışmada kullanılan iskelet kalıntılarının korunma durumlarının iyi olduğu söylenebilir. Kemiklerin korunma durumları Çok iyi, iyi, orta ve kötü olmak üzere 1 ile 4 arası skalaya göre değerlendirilmiştir. Bununla birlikte yapılan element analizleri daha önce analizi yapılmış femur kemikleri ile kıyaslanacağından kemiklerin türü ve yapısını bilmekte oldukça önemlidir. Kemiklerin bütünlüğü ve korunma durumunun değerlendirilmesi, türü ve yapısı ile ilgili bilgiler Çizelge 3.5’ de verilmiştir.

Tepecik-Çiftlik kemik örnekleri görsel olarak incelendiğinde, doku ayrışmasını işaret edecek lekelenme veya mantar faaliyetlerinin etkisini yansıtan renk değişimlerine rastlanılmamıştır. Bu durumda iskeletlerin yüzeye yakın olmadığı ve bulunduğu gömü ortamının ideal koşulları sağladığı düşünülebilir.

İskelet Materyalinin bulunduğu ova jeomorfolojik özellikleri sayesinde zengin kil yataklarına sahiptir (Çakan, 2013). Bu durumda kemiklerin nemli bir gömü ortamında bulunduğu, dolayısıyla yer altı sularının etkisini yansıtacağı düşünülebilir. Kemikler üzerinde mantar kaynaklı oluşumların görülmemiş olması bulunduğu killi toprağın sağladığı bir avantaj olarak kemiklerin mikroorganizma faaliyetlerinden korunmasına yardımcı olmuş olabilir.

Kazı alanında dört bölgeden elde edilen toprak analizleri, bu bölgenin alkali pH'ya sahip olduğunu göstermiştir. Bu pH değerinin gömülü kalıntılarda ideal şartlar sağlıyor olması, çalışmada kullanılan iskelet örneklerinin, iyi korunmuş olduğunu düşündürmektedir.

Tepecik Çiftlik arkeolojik alanın bulunduğu Niğde ili, karasal iklimin hakim olduğu bir bölgedir. Son 50 yıllık istatistik verilerine bakıldığında bu bölgede ölçülen ortalama en düşük sıcaklığın $-4,5^{\circ}\text{C}$ ve ortalama $29,3^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmektedir. Yanı sıra yağış ortalaması $49,0 \text{ kg/m}^2$ 'dir (mgm.gov.tr). İklimsel koşullar bölgenin kemiklerin ayrışmasını hızlandırmayan sıcaklık koşullarını göstermekle birlikte yıllık yağış miktarları ve bölgenin jeomorfolojik özelliklerinden kaynaklı nemli gömü koşulları kemik kristalinde iyonik değişimler için uygun bir ortam sağlamış olabilir.

Çalışmada kullanılan kemik gruplarından kaburgalar, arkeolojik araştırmaların genelinde olduğu gibi parçalıdır. Parmak kemikleri ise bütün olarak kullanılmıştır. Kemiklerin genel görünümüne bakıldığında böcek veya kemirgen faaliyetlerinden kaynaklı herhangi bir ize rastlanılmamıştır.

Çizelge 3.5: Örneklerin Görünümleri, Tür ve Yapısı açısından değerlendirilmesi.

Örnek No	Kemik Bölgesi	Görünüm	Kemik Türü ve Yapısı			
			Bütünlük		Korunma Durumu	
			1	2	3	4
			Çok İyi	İyi	Orta	Kötü
1	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
2	Metatarsal	Parçası	x			Uzun kemik, kortikal yapı
3	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
4	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
5	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
6	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
7	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
8	Metatarsal	Parçası			x	Uzun kemik, kortikal yapı
9	Metakarpal	Parçası			x	Uzun kemik, kortikal yapı
10	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
11	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
12	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
13	Metatarsal	Tümü			x	Uzun kemik, kortikal yapı
14	Metakarpal	Tümü			x	Uzun kemik, kortikal yapı
15	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
16	Metatarsal	Tümü	x			Uzun kemik, kortikal yapı
17	Kaburga	Parçası			x	Yassı kemik, süngerimsi yapı
18	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
19	Metatarsal	Parçası		x		Uzun kemik, kortikal yapı
20	Metakarpal	Parçası	x			Uzun kemik, kortikal yapı
21	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
22	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
23	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
24	Metakarpal	Tümü	x			Uzun kemik, kortikal yapı
25	Metakarpal	Tümü	x			Uzun kemik, kortikal yapı
26	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
27	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
28	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
29	Metatarsal	Tümü	x			Uzun kemik, kortikal yapı
30	Metakarpal	Tümü		x		Uzun kemik, kortikal yapı
31	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
32	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
33	Metakarpal	Tümü	x			Uzun kemik, kortikal yapı
34	Kaburga	Parçası	x			Yassı kemik, süngerimsi yapı
35	Kaburga	Parçası		x		Yassı kemik, süngerimsi yapı
36	Metatarsal	Tümü	x			Uzun kemik, kortikal yapı
37	Metatarsal	Tümü			x	Uzun kemik, kortikal yapı
38	Kaburga	Parçası			x	Yassı kemik, süngerimsi yapı

3.2.3. Analizde Kullanılacak Diğer Örnekler Hakkında Bilgiler

Elementlerin kemiklerde birikiminin karşılaştırmak amacıyla çalışmada kullanılan insan kemiklerinin yanı sıra Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğunun beslenme modelini araştıran çalışmada kullanılan kazı alanından ele geçene hayvan kemikleri (Çizelge 3.6) ve toprak örneklerinden (Çizelge 3.7) yararlanılmıştır.

Çizelge 3.6: Tepecik-Çiftlik Kazı Alanından Elde Edilen Hayvan Kemikleri.

Örnek No	Örnek Kodu	Türü	İskelet Bölgesi
1	LAB-68	Evcil Sığır	Metakarpal
2	LAB-69	Kızıl Geyik	Humerus
3	LAB-70	Evcil Keçi	Humerus
4	LAB-71	Sığır	Humerus
5	LAB-72	Kızıl Geyik	Pelvis
6	LAB-73	Sığır	Metakarpal
7	LAB-74	Keçi (Evcil)	Tibia
8	LAB-75	Keçi	Humerus
9	LAB-76	Domuz	Mandibula
10	LAB-77	Koyun	Humerus
11	LAB-78	Domuz	Mandibula
12	LAB-79	Keçi	Humerus
13	LAB-80	Koyun (Evcil)	Skapula
14	LAB-81	Koyun	Skapula
15	LAB-82	Kızıl Geyik	Metatarsal
16	LAB-83	Sığır	Talus
17	LAB-84	Sığır	Metakarpal
18	LAB-85	Domuz	Humerus

Çizelge 3.7: Tepecik-Çiftlik Kazı Alanınının Elde Edilen Toprak Örnekleri.

Örnek No	Örnek Kodu	Kazı Bölgesi
1	LAB-D1	Höyük yakını tarla örneği
2	LAB-D2	Güney kuyu yanı
3	LAB-D3	17K BB açması

3.3. YÖNTEM

3.3.1. Görünür Kirlerin Mekanik Yolla Uzaklaştırılması

Tepecik-Çiftlik kazıları sonucu ortaya çıkarılan iskeletler kazı sonrasında yıkanarak toprak kalıntılarından kabaca arındırılmıştır. Buna rağmen kemikler yüzeyine fiks olmuş görünür kirlilik neşter yardımıyla yüzeyden mekanik olarak uzaklaştırılmıştır. Örnekler arası kontaminasyonu önlemek amacıyla her kemik için farklı steril neşter kullanılmıştır. Aynı bireylere ait kaburga, el ve ayak taraklarının yüzeyindeki kirlilik farklı steril neşter yardımıyla yüzeyden kazınmıştır. Bu şekilde aynı bireyin kemikleri arasında oluşabilecek kontaminasyon riski önlenmiştir.

3.3.2. Yıkama

Çalışmanın bu aşamasında Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Laboratuvarı kullanılmıştır. Mekanik olarak görünür kirliliğin uzaklaştırılmasının ardından her bir örnek damıtık su ile BRANSON 200 marka ultrasonik banyoda 10 dakika boyunca yıkanmıştır. Öncelikle her 5 dakika boyunca uygulanan ultrasonik yıkama sürecinde 10 dakika ile 15 dakikalık yıkanması arasında bir farklılık olup olmadığı test edilmiştir. 10 ile 15 dakika yıkanması arasında bir fark görülmediğinden tüm örnekler için uygulanacak uygulama süresinin 10 dakika olması düşünülmüştür. Her bir örnek 10 dakika boyunca yıkandıktan sonra, ultrasonik banyo, her seferinde damıtık su ile yıkanmış ve bir sonraki kemik için aynı şartlarda hazırlanmıştır. Yıkama işlemi biten örnekler seramik krozelere yerleştirilmiş ve krozelere gümüş nitrat kalem kullanılarak laboratuvar numarası verilmiştir.

3.3.3. İnkübasyon ve Yakma

Yıkama işlemi biten ve krozelere yerleştirilen örnekler 24 saat boyunca 105°C 'de inkübatörlerde kurutulmuştur. İz element analizlerinde kemiğin hidroksiapatit kısmı kullanılmaktadır. Bu nedenle kemiğin organik kısmını hidroksiapatit kısmından ayırmak gerekmektedir. Bu amaçla kurutma işlemi ardından örnekler PROTHERM Furnaces Marka fırında 600°C'de 3 saat boyunca yakılarak organik faz uzaklaştırılmıştır. 3 saat sonunda nemlenmesini engellemek için desikatörlere alınmıştır.

3.3.4. Öğütme

Yakma işlemi sonrası örneklerin her biri bir havan yardımıyla öğütülerek ince toz haline getirilmiştir. Bu işlemler sırasında her bir örneğin öğütülmesi öncesi ve sonrası havan damıtık su ile yıkanarak bir sonraki örnek için hazırlanmıştır. Bu şekilde örnekler arası kontaminasyon riski elimine edilmiştir. Toz haline getirilen her bir örnek aynı laboratuvar numarasının yazıldığı kilitli naylon poşetlere koyulmuştur. Nemlenmeyi engellemek amacıyla desikatörler içerisinde saklanmıştır.

Öğütülmüş, kilitli naylon poşetlere alınan örnekler element analizi yapılmak üzere PED-XRF analizine gönderilmiştir.

3.3.5. Element Miktarlarının Tespiti

Hazırlanan örneklerin element analizleri Ankara Üniversitesi YEBİM Laboratuvarları'nda, Polarize Enerji Dağılımlı X-Işını Floresans Yöntemi (PED-XRF) ile yapılmıştır. XRF cihazı 1gr'lık örnekleri okuyabilme yeteneğine sahiptir. Organik fazından ayrılan ve öğütülen örneklerin miktarları Çizelge 3.8' de verilmiştir. 16 numaralı örnek miktarı 0,4 gr olmasına rağmen PED-XRF analizi yapılabilmiştir. Bu yöntem ile atom numarası 11 olan sodyumdan (Na) 92 numara olan uranyuma (U) kadar elementlerin analizi yapılabilir. İncelemelerde SPECTRO X-Lab 2000 model spektrometre kullanılmıştır. Cihazın hassasiyet seviyesi ağır elementlerde 0,5 ppm, hafif elementlerde 10 ppm seviyesindedir (Pollard ve Heron, 1996).

Çizelge 3.8: Örnek miktarları.

Örnek No	Örnek Kodu	Laboratuvar Kodu	Miktar
1	TP'04 SK-26	Lab 2	2.7 gr
2	TP'04 SK-26	Lab 3	2.4 gr
3	TP'04 SK-28a	Lab 4	1.6 gr
4	TP'04 SK-30	Lab 5	3.4 gr
5	TP'04 SK-31	Lab 6	1.5 gr
6	TP'06 SK-46	Lab 7	2.3 gr
7	TP'07 SK-58	Lab 8	3.0 gr
8	TP'07 SK-58	Lab 9	3.7 gr
9	TP'07 SK-58	Lab 10	1.3 gr
10	TP'10 BB 3-36	Lab 1	1.8 gr
11	TP'10 BB 4-23/5-27	Lab 11	3.5 gr
12	TP'10 SK-21a	Lab 12	1.9 gr
13	TP'10 SK-21a	Lab 13	3.7 gr
14	TP'10 SK-21a	Lab 14	1.8 gr
15	TP'10 SK-30	Lab 15	1.4 gr
16	TP'10 SK-30	Lab 16	0.4 gr
17	TP'10 SK-33	Lab 17	2.7 gr
18	TP'10 SK-34	Lab 18	3.0 gr
19	TP'10 SK-34	Lab 19	2.1 gr
20	TP'10 SK-34	Lab 20	1.8 gr
21	TP'10 SK-39-B	Lab 21	2.0 gr
22	TP'11 SK-50	Lab 22	1.9 gr
23	TP'11 SK-51a	Lab 23	3.2 gr
24	TP'11 SK-51a	Lab 24	2.5 gr
25	TP'11 SK-53	Lab 25	2.5 gr
26	TP'12 SK-58	Lab 26	1.0 gr
27	TP'12 SK-65	Lab 27	1.0 gr
28	TP'12 SK-67	Lab 28	4.1 gr
29	TP'12 SK-67	Lab 29	3.2 gr
30	TP'12 SK-67	Lab 30	1.4 gr
31	TP'12 SK-70	Lab 31	1.6 gr
32	TP'12 SK-74	Lab 32	2.9 gr
33	TP'12 SK-74	Lab 33	1.9 gr
34	TP'12 SK-75	Lab 34	2.1 gr
35	TP'12 SK-77	Lab 35	3.7 gr
36	TP'12 SK-77	Lab 36	4.5 gr
37	TP'12 SK-78	Lab 37	3.8 gr
38	TP'12 SK-79	Lab 38	3.0 gr

3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğuna ait olan ve bu çalışmada kullanılan kaburga, el ve ayak tarak kemiklerinden (metakarpal, metatarsal) elde edilen veriler ile aynı topluluğun beslenme modeli çalışmasında kullanılan femur, hayvan kemikleri ve toprak örneklerinin analizinden elde edilen verilerin aritmetik ortalama (X), standart sapma (SD) ve değişim katsayısı (CV) verileri Excel programında hesaplanmıştır. Tüm veriler ile birlikte en düşük (min.) ve en yüksek (maks.) element miktarlarının dâhil edildiği tablo oluşturulmuştur. Bu tablo oluşturulurken kalsiyum, fosfor ve Ca/P oranı için yüzde (%), diğer elementler için ppm ($\mu\text{g/g}$) değerleri kullanılmıştır. Bu değerler yine Excel programı kullanılarak görselleştirmek üzere bar grafiklerine dönüştürülmüştür. Bu grafiklere arkeolojik kemiklerde referans olarak kabul edilen değerler eklenerek karşılaştırma imkanı sağlanmıştır. Element miktarlarının kemik tiplerine göre kendi içindeki varyasyonunu değerlendirmek için XLSTAT programı ile ANOVA analizi yapılmıştır.

Kemik gruplarının her biri ve toplamı için elementler arası ilişkiyi değerlendirmek üzere Korelasyon Matrisinden yararlanılmıştır. Oluşturulan tablo ile olası fiziksel ve kimyasal diyagenesis değerlendirilmiştir. Korelasyon matrisindeki değerler negatif olduğunda iki element arasında ters orantılı bir ilişki olduğundan bahsedilebilir. Bu değerlerin bire ($r=1$) yakın olması ise elementler arası ilişkinin anlamlılığını ifade eder.

Çalışmada kullanılan toplam 38 kemikten oluşan veri setleri arasındaki varyasyonu değerlendirmek ve kemik gruplarındaki element ortalamalarının dağılımını karşılaştırmalı olarak gözlemleyebilmek için PCA (Principle Component Analysis= Temel Bileşenler Analizi) grafiği oluşturulmuştur. Barlett's Sphericity Testi uygulanarak çalışmada kullanılan örnek grupları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlılığı değerlendirilmiştir. Yükleme grafiği oluşturularak kemiklerdeki her bir elementin X ve Y eksenini etrafındaki dağılımı görselleştirilmiştir.

Elementlerin örnek grupları arasındaki farklılaşp farklılaşmadığını gözlemlemek için DA (Diskriminant Analysis= Diskriminasyon analizi) yapılmıştır. Wilk's Lambda Testi ile bu farklılaşmanın istatistiksel olarak anlamlılığı değerlendirilmiştir. Kemik grupları arasındaki elementler arası geçiş düzensizlik matrisinde gösterilmiştir.

Tarih öncesi toplulukların beslenme modeli yapılandırma çalışmalarında değişkenleri daha iyi anlayabilmek için çoklu element analizleri önerilmektedir. Bu çalışmada kullanılan kemiklerde PED-XRF yöntemi ile 48 element analiz edilmiştir. Bu elementlerden beslenme modelini ayırt etmeye yardımcı olanlar, kemiğin korunma durumunu belirlemek için kullanılanlar ve diyagenetik etkiyi belirleme potansiyeline sahip olanlar olmak üzere sınıflanabilen toplam 17 element analiz sonucu değerlendirilmiştir. Kemikteki miktarı belirlenen itriyum (Y) tüm kemiklerde benzer orana sahip olduğundan, PCA (Principal Component Analysis= Temel Bileşenler Analiz) sonucunda hata vermiştir. Bu nedenle analizlerin değerlendirilmesine dâhil edilmemiştir.



IV. BÖLÜM

BULGULAR

Bu çalışmada kullanılan kaburga, el ve ayak tarak kemikleri sonuçları, Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğunun beslenme modeli çalışmasında kullanılan femur kemikleri (Özdemir ve ark., 2015) ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya ek olarak aynı çalışmada kullanılan hayvan kemiklerinden ve toprak analizlerinden elde edilen element miktarları da değerlendirmeye eklenerek Çizelge 4.1 oluşturulmuştur. Kemik korunma durumun ve olası kirliliğin sebeplerinin değerlendirilebilmesi için kalıntıların elde edildiği toprakların pH oranları tespit edilerek Çizelge 4.2 oluşturulmuştur.

Bu bölümde analiz sonrası elde edilen bulgular tanımlayıcı istatistikler ve istatistiksel analizler olarak iki kısımda verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Tepecik-Çiftlik Örneklerinde Element Dağılımı.

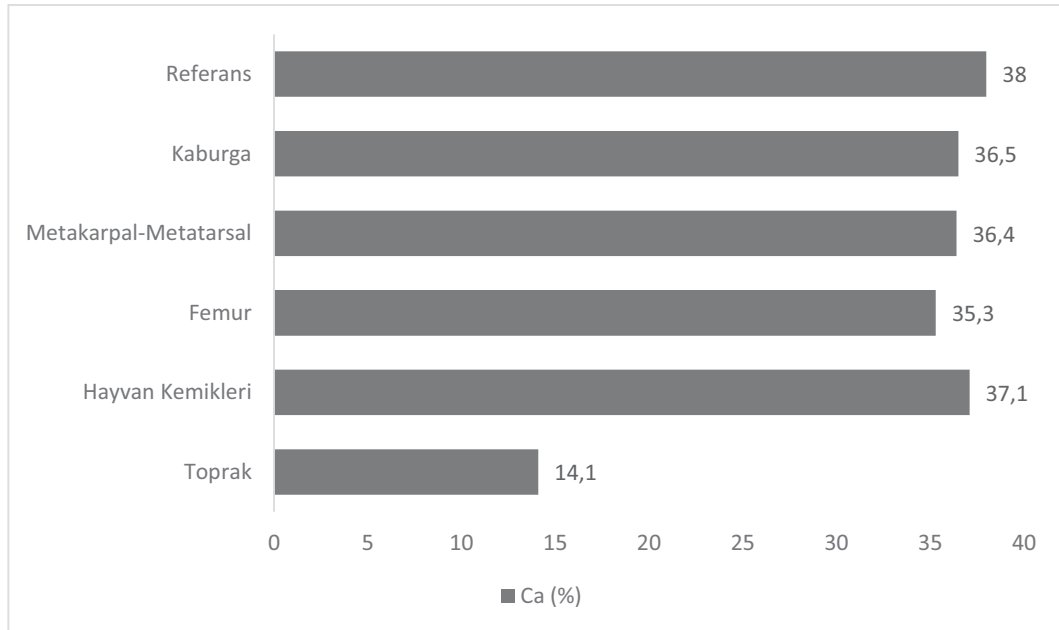
Kemik/Elementler	Ca (%)	P (%)	Ca/P (%)	Mg	Zn	Sr	Ba	Cu	Fe	Mn	Na	K	Al	As	U	Pb	Zr	Y
Referans Değerler	35-40%	18%	2,16	1000-10000	<200	<1000	<1000	<30	≤200	≤10	15.000	<600	≤20	≤1	≤1	1-100	≤1	≤1
Femur (n=22)	Ort (X)	35,3	12,4	2,9	487,9	158,4	712,2	492,5	2,5	57,3	116,6	1382,1	176,0	21,4	13,7	3,0	9,5	0,5
	SD	2,4	1,1	0,1	24,8	52,1	117,8	122,2	2,1	120,1	95,2	80,4	920,3	9,1	8,0	7,6	2,3	0,1
	Min.	31,3	10,4	2,7	433,3	109,2	592,2	311,0	0,4	5,0	19,1	1280,4	158,7	8,1	8,5	1,0	8,7	0,4
	Max.	39,5	14,5	3,0	516,6	315,8	981,5	735,7	6,6	556,0	380,8	1482,6	188,9	35,6	43,3	11,7	11,0	0,8
	CV	6,9	9,1	3,5	5,1	32,8	16,5	24,8	85,5	209,6	81,7	5,8	38,0	5,1	37,5	55,1	77,4	20,1
Kaburga (n=23)	X	36,5	13,2	2,8	183,7	307,3	853,1	648,3	9,7	289,1	262,0	793,2	356,4	22,5	18,1	5,1	11,3	0,5
	SD	2,2	1,0	0,1	11,0	80,2	108,6	158,0	7,5	291,3	330,6	41,9	871,1	10,0	9,1	2,7	2,5	0,0
	Min.	31,2	10,0	2,7	168,0	174,2	722,7	330,1	0,6	14,5	22,9	734,5	50,8	8,3	9,0	1,2	8,1	0,5
	Max.	40,1	15,1	3,1	204,0	476,4	1069,0	987,7	25,4	1061,5	1298,3	880,3	4950,1	42,8	49,2	11,4	19,1	0,5
	CV	5,9	7,9	3,5	6,0	26,1	12,7	24,4	77,1	100,8	126,2	5,3	244,4	44,3	50,2	52,9	22,1	0,0
Metakarpal+Metatarsal (n=15)	X	36,4	13,0	2,8	186,4	297,6	829,7	688,1	12,5	188,3	350,3	791,4	182,7	22,1	15,4	8,4	11,3	0,5
	SD	2,4	0,8	0,1	23,7	150,5	108,1	194,2	8,3	127,5	279,1	77,7	604,6	18,1	7,8	5,6	9,0	0,1
	Min.	32,6	11,5	2,7	174,0	132,3	694,1	414,5	1,1	3,0	42,9	741,9	168,1	11,1	8,8	2,0	9,0	0,5
	Max.	40,2	13,9	3,0	270,0	710,7	1018,0	1232,0	31,5	499,8	986,1	1038,7	245,6	40,0	23,1	30,1	15,2	0,9
	CV	6,6	6,2	2,5	12,7	50,6	13,0	28,2	66,6	67,7	79,7	9,8	33,8	35,1	36,0	108,0	21,5	19,6
Toprak örnekleri	X	14,1	3,6	6,6	5248,5	145,5	506,6	519,5	52,0	24596,3	2412,3	1324,4	28794,7	6,5	6,7	22,7	125,6	11,6
	SD	12,0	5,1	3,7	3461,4	21,0	112,9	49,3	2,7	2792,9	380,8	1654,4	8200,2	2,9	0,6	1,9	23,1	1,6
	Min.	5,3	10,0	2,8	186,0	124,1	367,4	477,5	49,9	21616,0	1964,8	348,7	12380,4	52,9	4,3	64	20,2	10,4
	Max.	31,8	11,3	11,3	7446,0	174,3	642,2	590,8	55,7	28357,0	2728,9	3783,9	47678,8	10,7	7,6	24,7	150,0	13,8
	CV	85,0	141,1	55,6	66,0	14,4	22,3	9,5	5,1	11,4	15,8	124,9	65,9	44,4	8,7	8,2	18,4	13,4
Hayvan Kemikleri (n=18)	X	37,1	13,1	2,8	513,0	140,2	923,7	772,4	4,3	631,9	173,5	1379,3	1138,8	17,9	16,9	3,4	10,9	0,5
	SD	1,8	0,7	0,1	24,0	42,6	133,7	173,6	3,9	1057,9	118,7	67,0	4081,0	5,5	6,1	1,4	1,3	0,03
	Min.	33,9	11,8	2,8	483,3	69,4	782,2	481,1	0,9	5,3	35,0	1307,4	153,0	12,0	9,0	1,3	9,0	0,4
	Max.	41,0	14,2	3,1	566,7	221,2	1327,0	1147,0	16,2	4545,7	440,2	1482,6	17491,1	33,5	26,9	6,8	14,2	0,5
	CV	5,0	5,6	3,4	4,7	30,4	14,5	22,5	92,2	167,4	68,4	4,9	358,4	30,6	36,3	142,9	12,4	6,6

Çizelge 4.2: Tepecik-Çiftlik Toprak Örneklerinin pH Değerleri.

Örnek Kodu	Kazı Bölgesi	pH
LAB-D1	Höyük yakını tarla örneği	7,02
LAB-D2	Güney kuyu yanı	7,23
LAB-D3	17K açması BB AÇMASI	7,90
LAB-D4	17m Açması TP12-SK 73 yanı	8,01

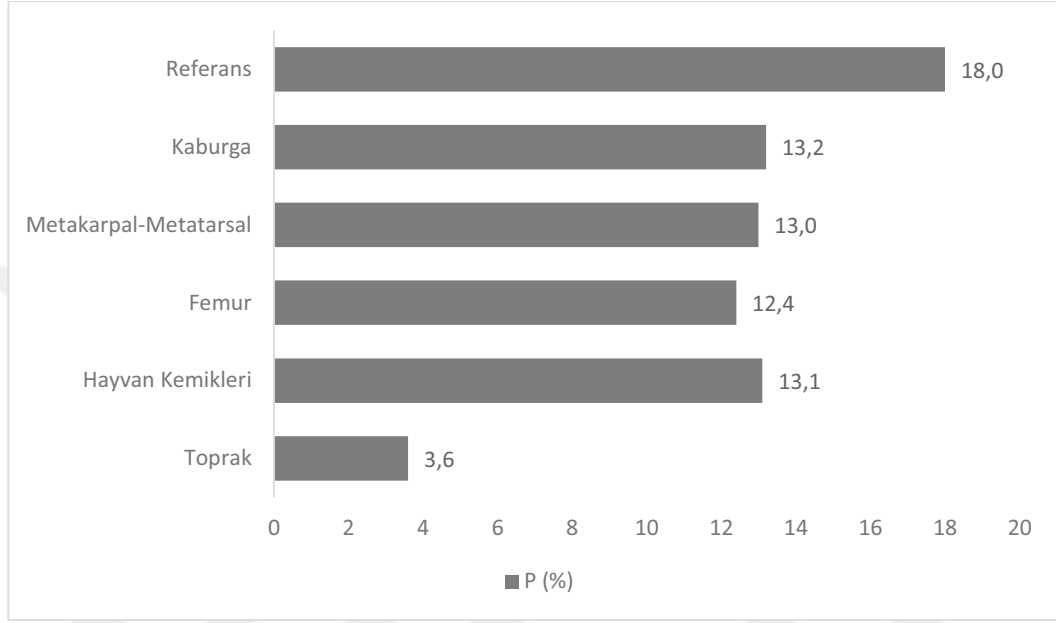
4.1. TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğu kemik gruplarının XRF ile tespit edilen kalsiyum miktarlarının ortalaması kaburgalarda $36,5 \pm 2,2$ el ve ayak tarak kemiklerinde $36,4 \pm 2,4$ 'dür. Femur ve hayvan kemiklerinde tespit edilmiş değer sırasıyla $35,3 \pm 2,4$ ve $37,1 \pm 1,8$ iken toprak örneklerinde $14,1 \pm 12,01$ 'a gerilemiştir. Tüm örnekler içerisinde en yüksek standart sapma değeri toprak örneklerindedir. Toprakta en küçük değer % 5,3, en yüksek değer ise % 31,8'dir. Değişim katsayısı (cv) kaburgada %5,9, el ve ayak tarak kemiklerinde %6,6, femurda %6,9, hayvan kemiklerinde %5,0'dır. Toprakta değişim katsayısı %85'e yükselmiştir (Çizim 4.1).



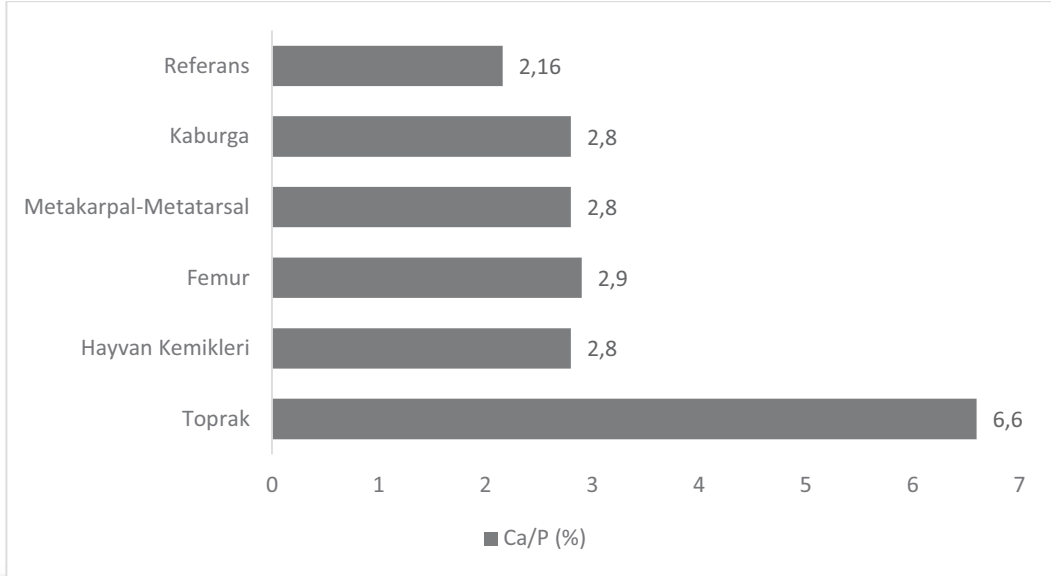
Çizim 4.1: Kalsiyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Çalışmaya dâhil olan kaburga ve tarak kemiklerindeki fosfor ortalaması sırasıyla %13,2 ve %13,0'dır. Fosfor ortalaması femurda %12,4'e gerilerken hayvan kemiklerinde %13,1'dir. Toprakta %3,6 ile en düşük fosfor değeri görülmektedir. Topraktaki standart sapma 5,1 ile en yüksek değeri göstermektedir. Buna ek olarak toprak örneklerinde değişim katsayısı %141,1'e yükselmiştir (Çizim 3.2).



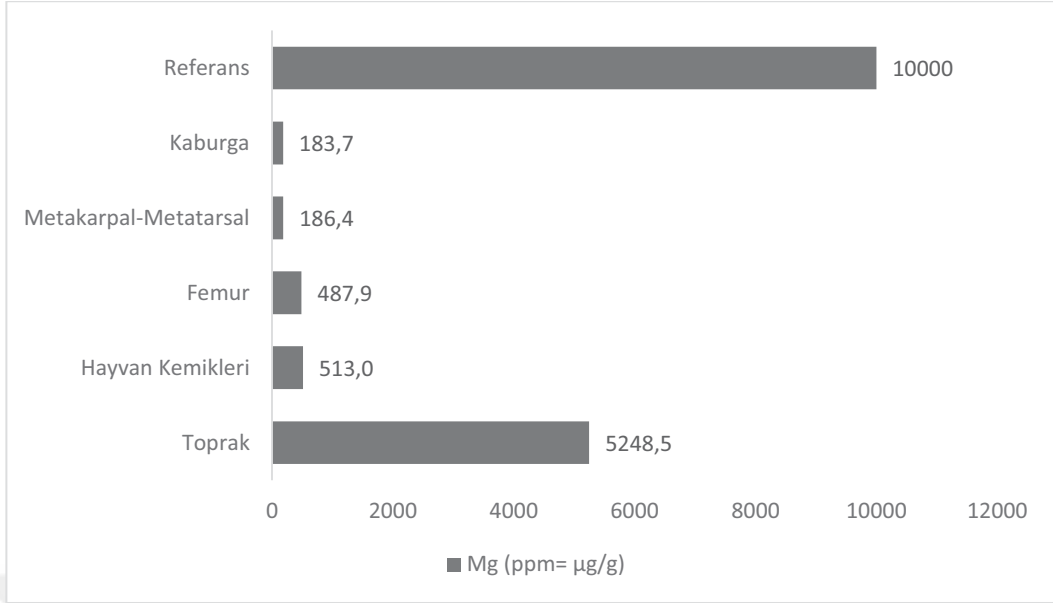
Çizim 4.2: Fosfor Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Tepecik-Çiftlik Neolitik topluluğunda Ca/P oranı kaburga ve tarak kemiklerinde 2,8'dir. Her iki kemik grubu için standart sapma 0,1'dir. Beslenme modeli yapılandırma çalışmasında elde edilen femur için 2,9, hayvan kemikleri ortalamasının 2,8 olduğu görülmektedir. Tüm kemik gruplarında standart sapma 1,0'dir. Toprak analizlerinde elde edilen değer 6,6 iken standart sapma ise 3,7 ile en yüksek değeri vermektedir (Çizim 4.3).



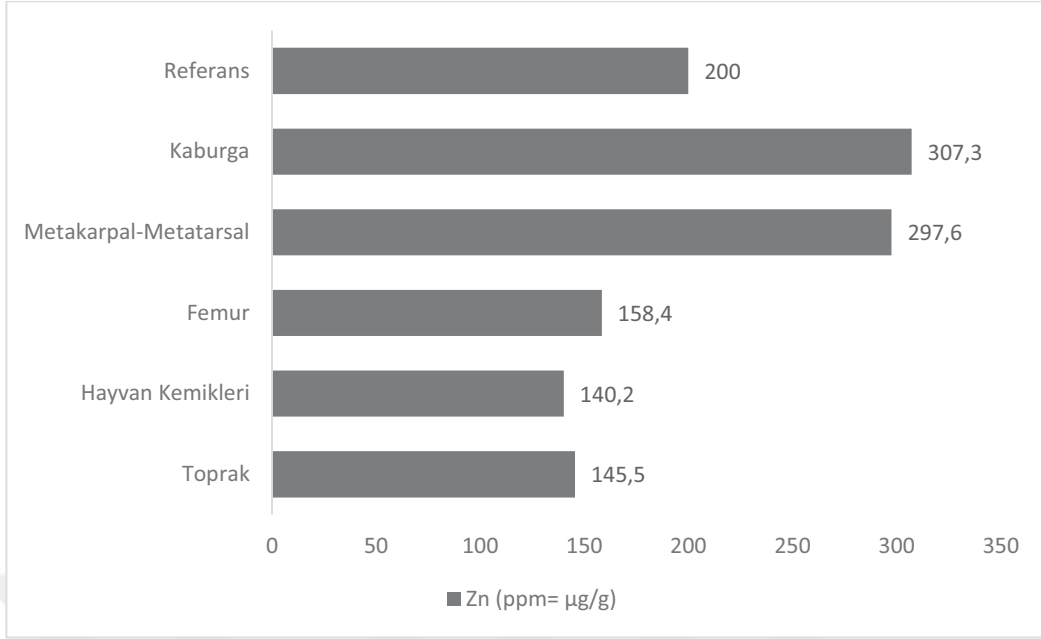
Çizim 4.3: Ca/P Orantısının Kemikler ve Toprak Örneklerindeki Dağılımı.

Çalışmada analizi yapılan magnezyum elementinin ortalaması kaburgalarda 183,7 ppm, el ve ayak tarak kemiklerinde 186,4 ppm olarak tespit edilmiştir. Beslenme modeli çalışmasında femur değerinin 487,9 ppm'ye yükseldiği görülmektedir. Hayvan kemiklerinde ortalama magnezyum değeri 513,0 ppm'dir. Standart sapma 11,0 ile en düşük kaburgada, 24,8 ile en yüksek femurdadır. Toprakta magnezyum değeri 5248,5 ppm, standart sapma 3461,4 ppm'dir. Değişim katsayısının toprak örneklerinde %66,0 olduğu görülmektedir (Çizim 4.4).



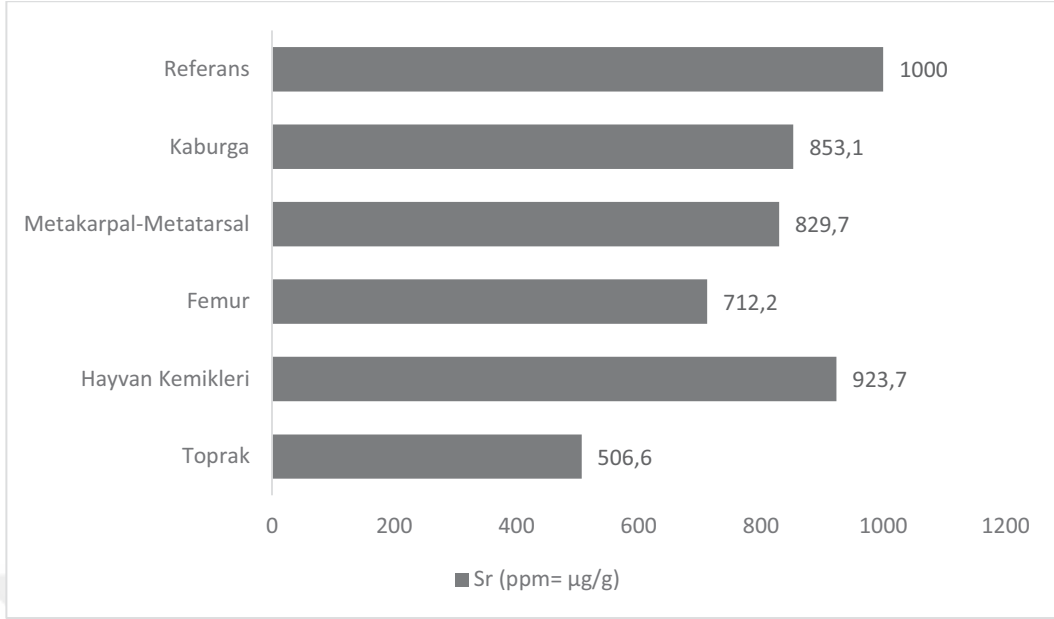
Çizim 4.4: Magnezyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Değerlendirmede kullanılan bir diğer element çinkodur. Kaburgadaki çinko miktarı $307,3 \pm 80,2$ ppm; el ve ayak tarak kemiklerinde $297,6 \pm 150,5$ ppm'dir. Beslenme modeli yapılandırma çalışmasında çinko miktarı femurda $158,4 \pm 52,1$ ppm'ye, hayvan kemiklerinde $140,2 \pm 42,6$ ppm'ye gerilemiştir. Değişim katsayıları femurda %32,8 hayvan kemiklerinde %30,4 iken kaburgada %26,1, tarak kemiklerinde %50,6'dır. Topraktaki çinko değeri $145,5 \pm 21,0$ ppm ve değişim katsayısı %14,4 ile en düşük değerleri sergilemektedir (Çizim 4.5).



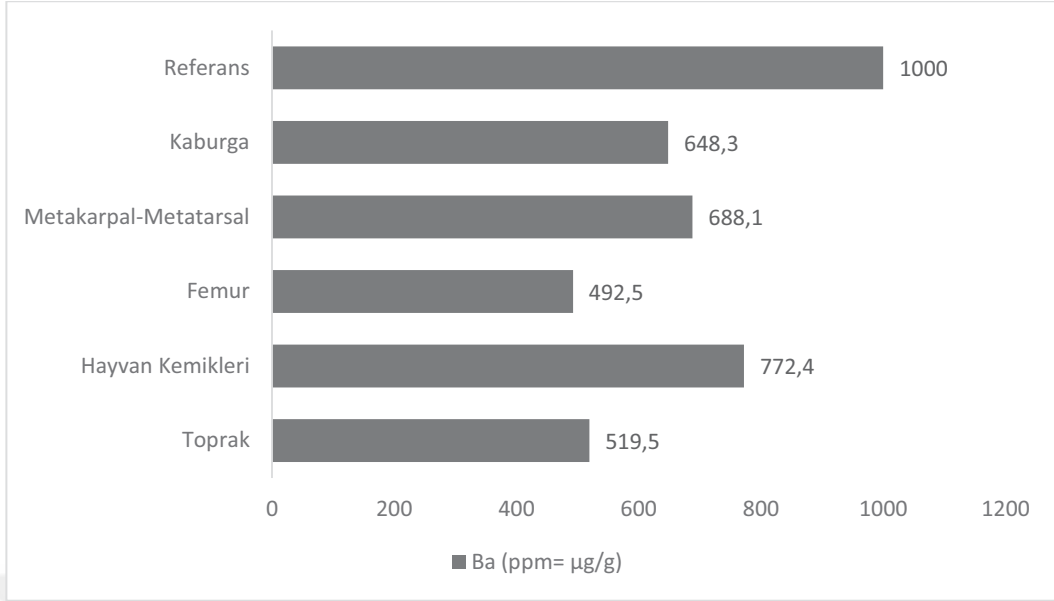
Çizim 4.5: Çinko Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Stronsiyumun kaburga, el ve ayak tarak kemiklerinde tespit edilen değerleri sırasıyla 853,1 ppm ve 829,7 ppm'dir. Femurda tespit edilen değer 712,2 ppm'ye gerilerken, hayvan kemiklerinde 923,7 ppm'ye yükselmektedir. Standart sapma hayvan kemiklerinde 133,7, femurda 117,8 iken diğer kemik gruplarında birbirine yakın oranlar sergilemektedir. Topraktaki stronsiyum değeri 506,6 ppm'dir. Kemiklerdeki değişim katsayısı kaburgada %12,7, tarak kemiklerinde %13, femurda %16,5, hayvan kemiklerinde %14,5'dur. Toprakta %22,3'e yükselmiştir (Çizim 4.6).



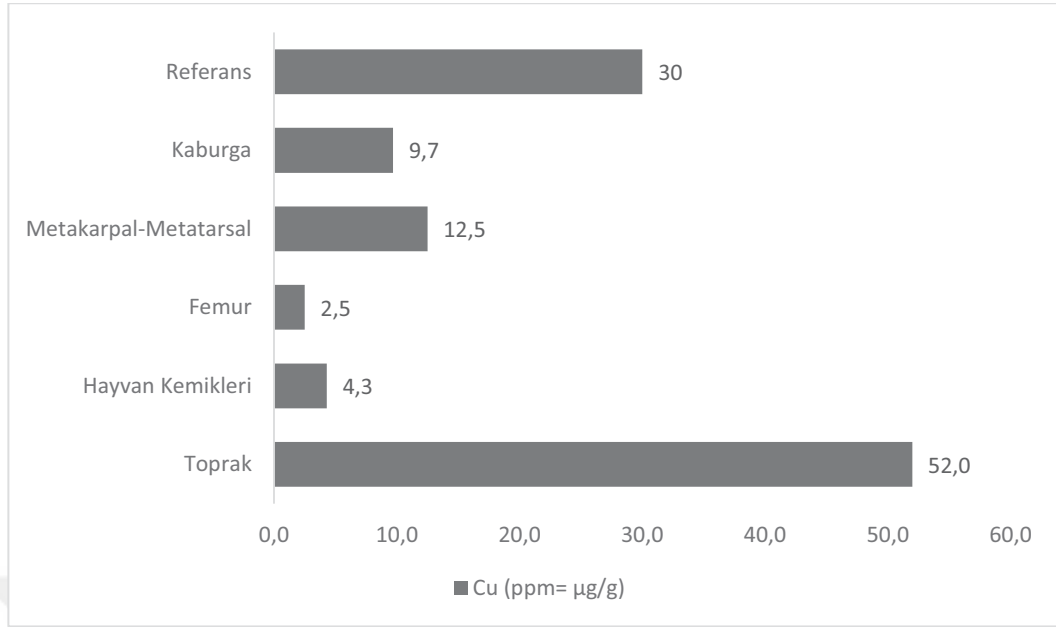
Çizim 4.6: Stronsiyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Baryum elementi kaburgada 648,3 ppm, tarak kemiklerinde 668,1 ppm ile yakın değerler sergilemiştir. Femur örneklerinde 492,5 ppm'ye gerilediği görülmektedir. Hayvan kemiklerinde 772,4 ppm'ye yükselmektedir. Kemik grupları arasındaki en yüksek baryum miktarı 1232,0 ppm ile tarak kemiklerinde ve en düşük baryum değeri 311,0 ppm ile femurda görülmektedir. Toprak örneklerinden elde edilen ortalama değer 519,5 ppm'dir. Değişim katsayısı tüm kemik gruplarında %20-30 aralığında kalmıştır. Toprakta %9,5'e iner. (Çizim 4.7).



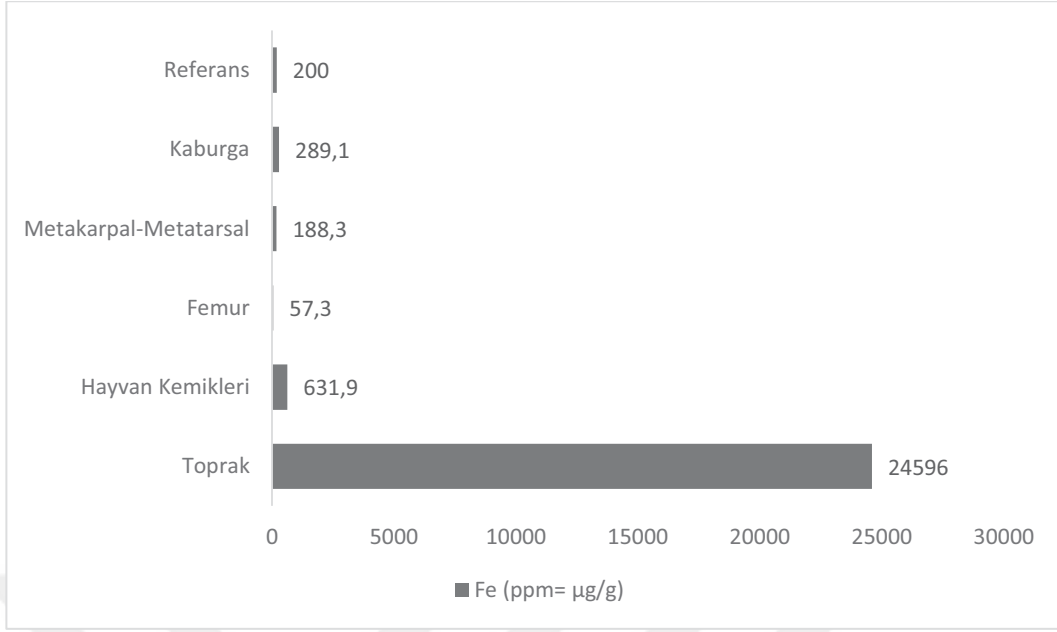
Çizim 4.7: Baryum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğuna ait kaburga ve tarak kemiklerindeki bakır içeriği ortalamaları sırasıyla $9,7 \pm 7,5$ ppm, $12,5 \pm 8,3$ ppm'dir. Femurda bakır ortalaması $2,5 \pm 2,1$ ppm'ye, hayvan kemiklerinde ise $4,3 \pm 3,9$ 'a düşmektedir. Toprak örneklerinde bakır ortalaması $52 \pm 2,7$ ppm'dir. Toprak örneklerinde değişim katsayısı %5,1'dir. Femurda %85,5'ye yükselir (Çizim 4.8).



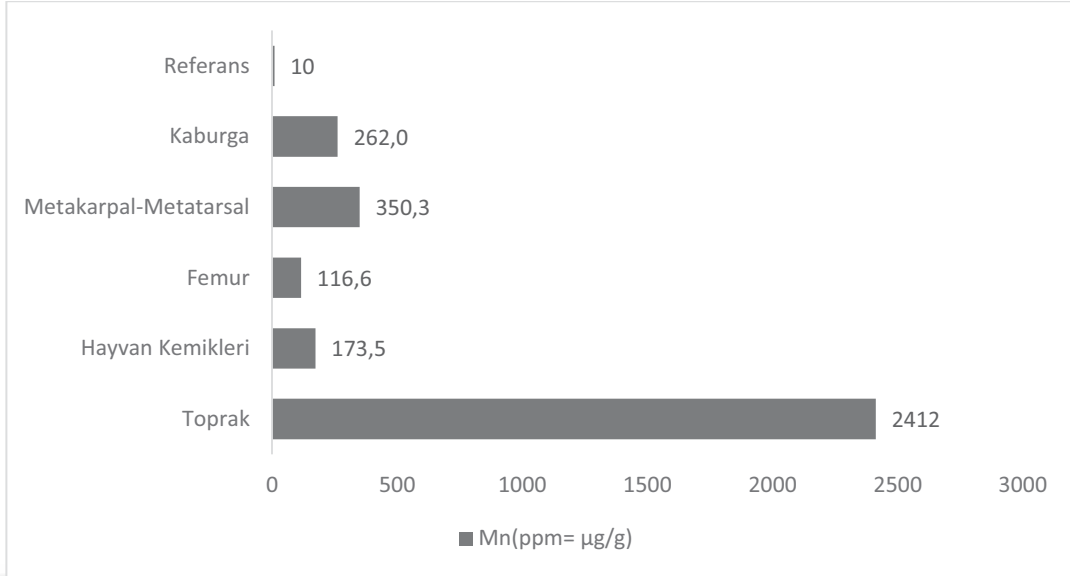
Çizim 4.8: Bakır Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Tepecik-Çiftlik Neolitik döneme tarihlendirilmiş toprak örneklerinde demir elementi ortalaması 24596,3 ppm seviyesindedir. Femur, kaburga ve tarak kemiklerinde tespit edilen ortalama miktarlar sırasıyla 57,3 ppm, 289,1 ppm ve 188,3 ppm'dir. Hayvan kemiklerindeki demir miktarları ortalaması ise 631,9'a yükselmektedir. Bu kemik grubundaki en düşük miktar 5,3 ppm, en yüksek değer 4545,7 ppm'dir. Değişim katsayısı toprakta %5,13'tür. Kaburgada %100,8, tarak kemiklerinde %67,7 iken femurda %209,6'ya yükselir (Çizim 4.9).



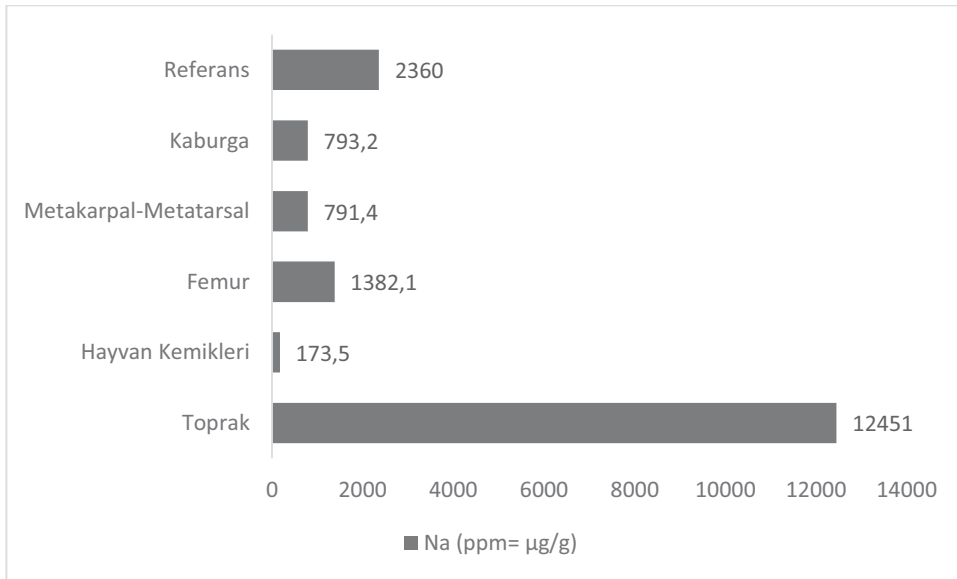
Çizim 4.9: Demir Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Çalışmada analizi yapılan elementlerden manganın tarak kemiklerindeki oranı 350,3 ppm iken kaburgada 262,0 ppm, femurda 116,6 ppm'ye geriler. Hayvan kemiklerinde 173,5 ppm'dir. Toprak örneklerinde mangan miktarı 2412,3 ppm' ye yükselir. Değişim katsayısı toprak örnekleri için %124,9'dur (Çizim 4.10). Kaburgada en düşük değer 22,9 ppm, en yüksek değer 1298,3 ppm'dir. Standart sapma 330,6'ya yükselir.



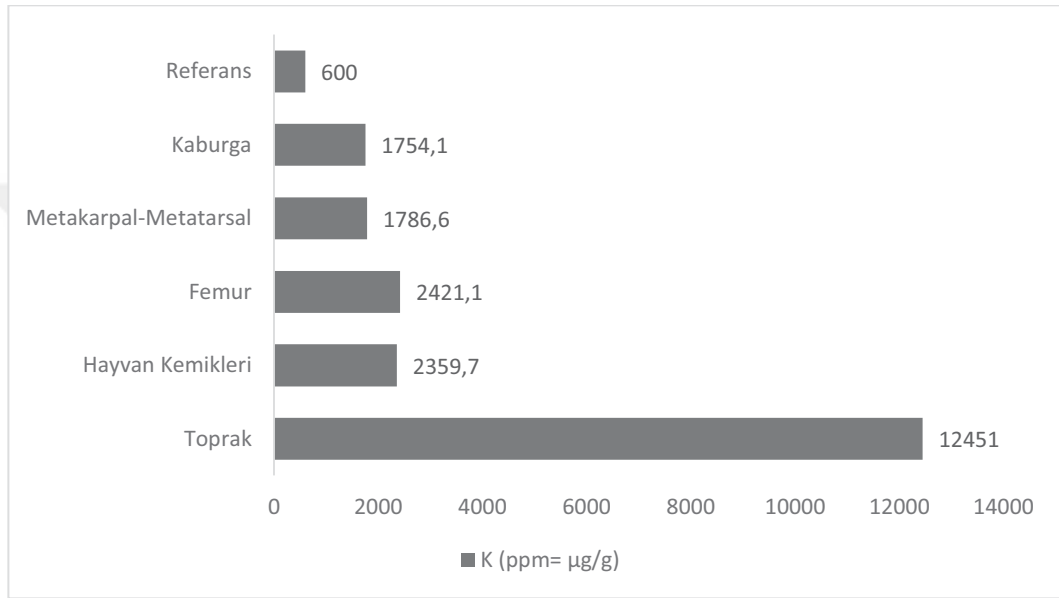
Çizim 4.10: Mangane Elementinin Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı.

Sodyum elementinin ortalaması kaburgada 793,2 ppm, tarak kemiklerinde 791,4 ppm'dir. Bu elementin femurda tespit edilen miktarı ortalama 1382,1 ppm, hayvan kemiklerinde 1379,3 ppm, aynı çalışmadaki toprak örneklerinde 1324,35 ppm'dir. Toprak örneklerinde standart sapma 1654,4, değişim katsayısı %124,9'dür (Çizim 4.11).



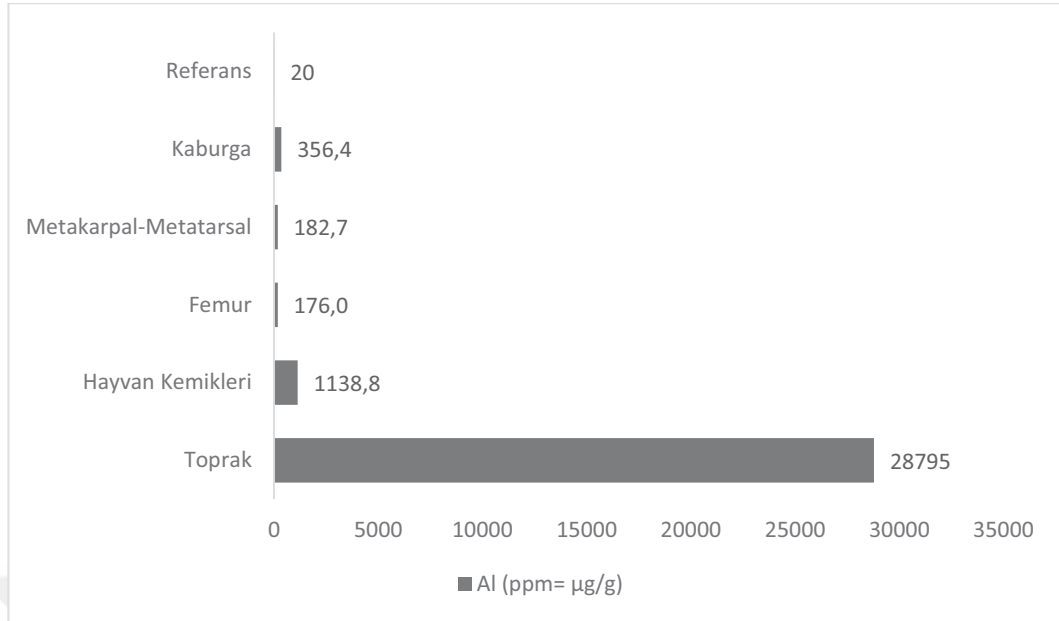
Çizim 4.11: Sodyum Elementinin Kemiklerdeki ve Topraktaki Dağılımı.

Toprakta 12451,0 ppm'e yükselen potasyumun hayvan kemiklerindeki ortalaması 2359,7 ppm, femur kemiklerinde ise 2421,1 ppm'dir. Potasyum ortalamaları kaburgada 1754,1 ppm, tarak kemiklerinde 1786,6 ppm'dir. Değişim katsayısının kaburga ve tarak kemiklerinde sırasıyla %25,5 ve %33,8 olarak tespit edilmiştir. Üç kemik grubu içerisinde en yüksek standart sapma 920,3 ile femur örneklerinde görülür (Çizim 4.12).



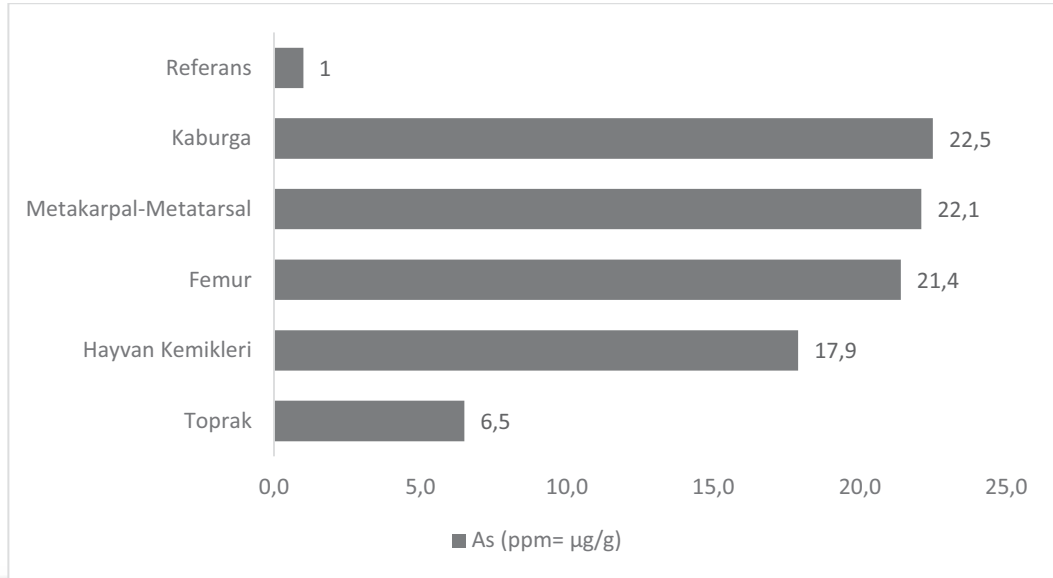
Çizim 4.12: Potasyumun Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı.

Alüminyumun kaburgadaki ortalaması 356,4 ppm, tarak kemiklerinde 182,7 ppm'dir. Femurda tespit edilen ortalama 176,0 ppm iken hayvan kemiklerinde 1138,8 ppm'ye yükselmiştir. Toprakta alüminyum seviyesi 28794,7 ppm'dir. Femurda tespit edilen en düşük miktar 158,7 en yüksek miktar 188,9 ppm 'dir. En düşük ve en yüksek alüminyum miktarları kaburgada 50,8 ppm- 4350,1 ppm, tarak kemiklerinde 168,1 ppm- 245,6 ppm, hayvan kemiklerinde 153 ppm-17491,1 ppm aralığındadır. Toprak örneklerinde ise 52,9 ppm ile 47678,8 ppm aralığında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.13).



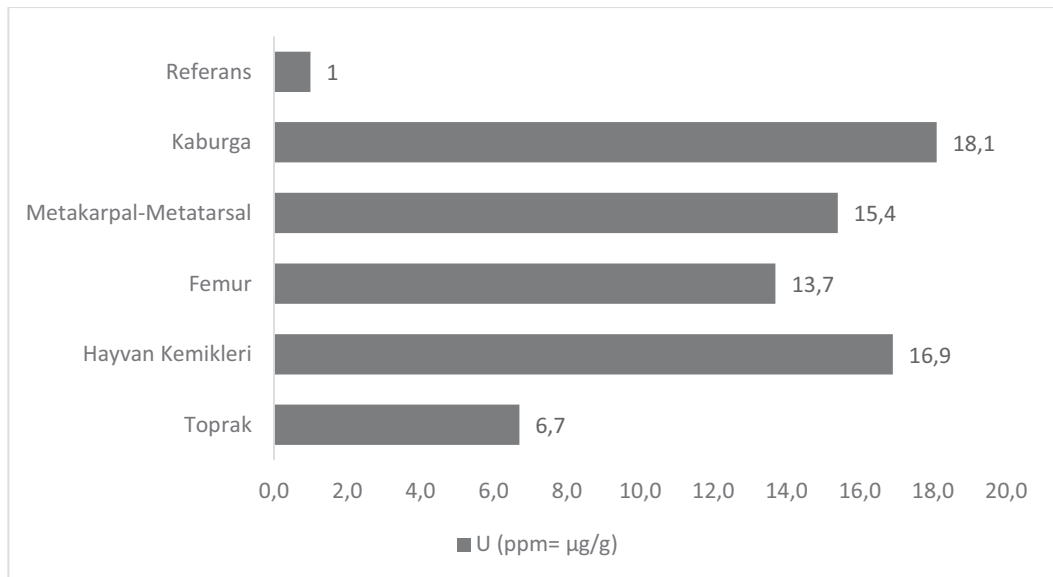
Çizim 4.13: Alüminyum Elementinin Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı.

Çalışmada analizi yapılan diğer element arseniktir. Kaburgada ortalama miktarı 22,5 ppm, el ve ayak tarak kemiklerinde 22,1 ppm'dir. Femurda tespit edilen ortalama arsenik değeri 18,7 ppm, hayvan kemiklerinde 17,9 ppm'dir. Toprak örneklerinde 6,5 ppm'ye düştüğü görülmektedir. Değişim katsayısı kaburgada %44,3 tarak kemiklerinde %35,1, femurda %37,5 ve hayvan kemiklerinde %30,6'dır. Toprak örneklerinde %44,4'dür (Çizim 4.14).



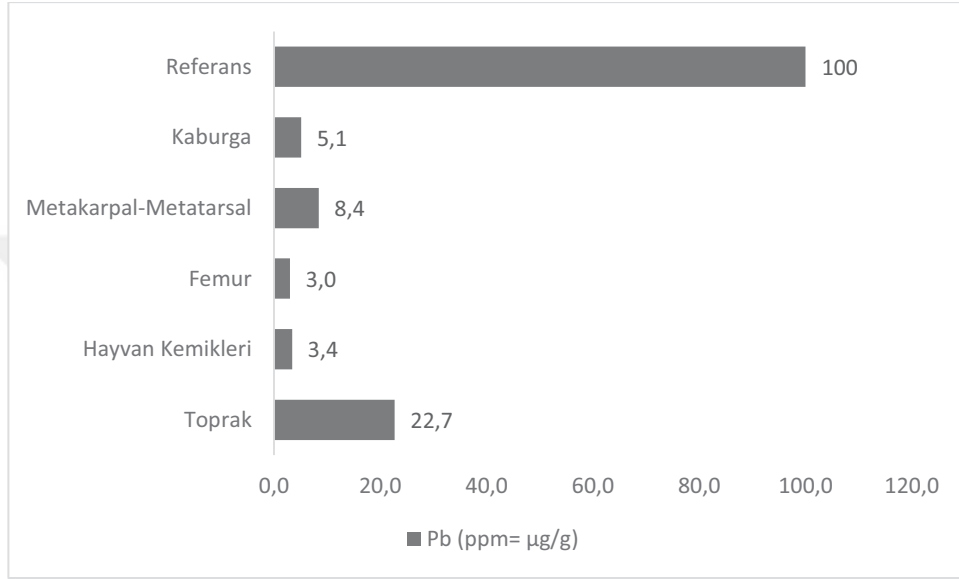
Çizim 4.14: Arsenik Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Uranyum elementi toprak örneklerinde $6,7 \pm 0,6$ ppm ortalama sergilemiştir. Bu elementin ortalaması femurda $13,7 \pm 7,6$ ppm iken hayvan kemiklerinde $16,9 \pm 6,1$ ppm'ye yükselmiştir. Çalışmada analiz edilen kaburgada tespit edilen ortalama uranyum miktarı $18,1 \pm 9,1$ ppm, tarak kemiklerinde $15,4 \pm 5,6$ ppm'dir. Topraktaki değişim katsayısı %8,7 olduğu halde kemik gruplarında bu katsayı yüksektir (Çizim 4.15).



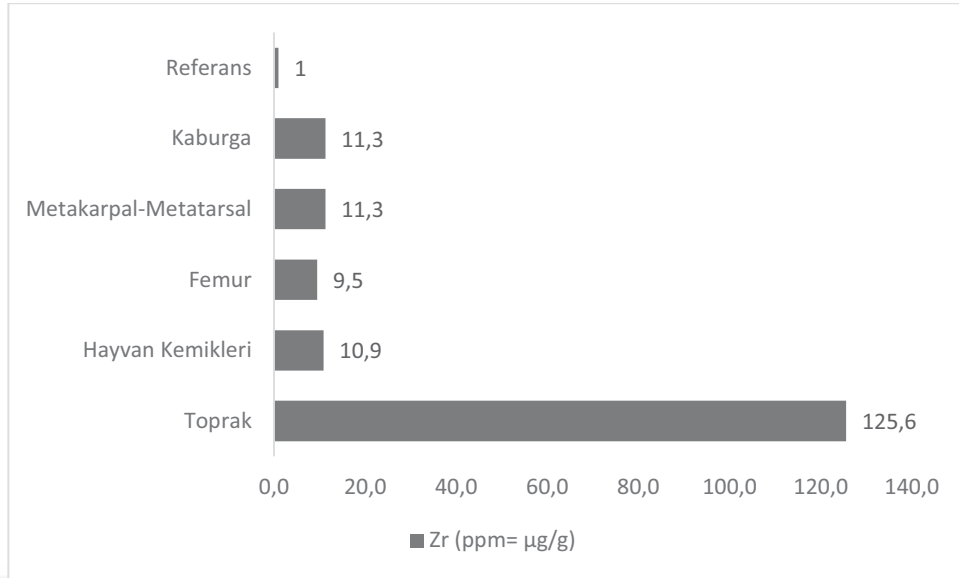
Çizim 4.15: Uranyum Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Kurşun için tespit edilen miktarlar kaburga ve tarak kemiklerinde sırasıyla, 5,1 ppm ve 8,4 ppm'dir. Femurda tespit edilen bu element 3,0 ppm'e gerilemiştir. Hayvan kemiklerindeki kurşun birikimi 3,4 ppm'dir. Topraktaki kurşun ortalaması 22,65 ppm'dir. En yüksek değişim katsayısı %142,9 ile hayvan kemiklerinde görülmüştür (Çizim 4.16)



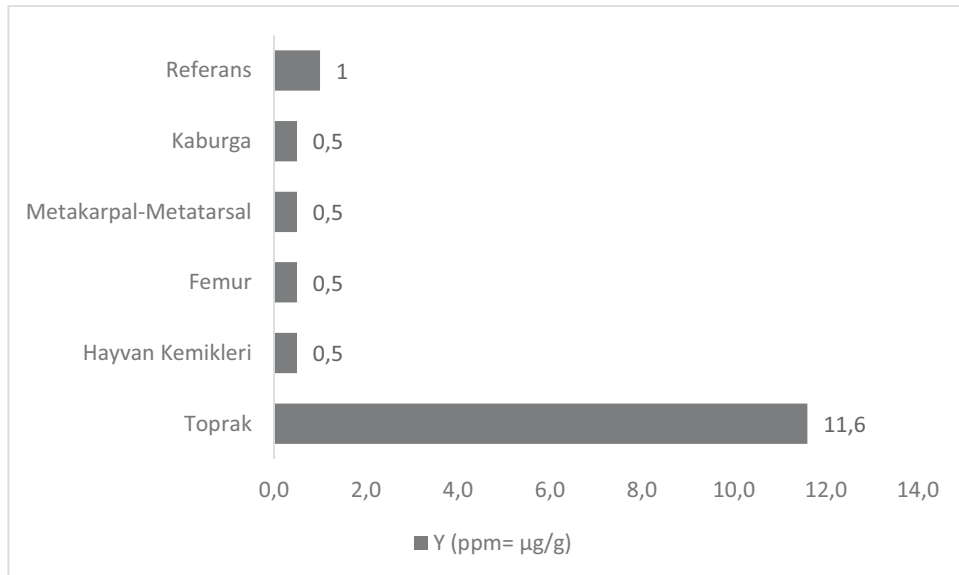
Çizim 4.16: Kurşun Elementinin Kemikler ve Topraktaki Dağılımı.

Analiz edilen bir diğer element olan zirkonyumun kaburga ve tarak kemiklerindeki ortalaması 11,3 ppm'dir. Femurdaki zirkonyum ortalaması 9,5 ppm'ye geriler. Toprak örneklerinde 125,6 ppm'ye yükselmektedir. Değişim katsayısı kaburga, tarak ve hayvan kemiklerinde benzer oranlar sergiler, femurda %7,3 oranını verir. Toprak örneklerinde %18,4 seviyesindedir (Çizim 4.17).



Çizim 4.17: Zirkonyum Elementinin Kemik ve Topraktaki Dağılımı.

İtriyum elementi insan ve hayvan kemiklerinin tümünde 0,5 ppm'lik ortalama sergilemektedir. Toprak örneklerindeki ortalama itriyum miktarı 11,6 ppm'dir (Çizim 4.18).



Çizim 4.18: İtriyum Elementinin Kemiklerde ve Topraktaki Dağılımı.

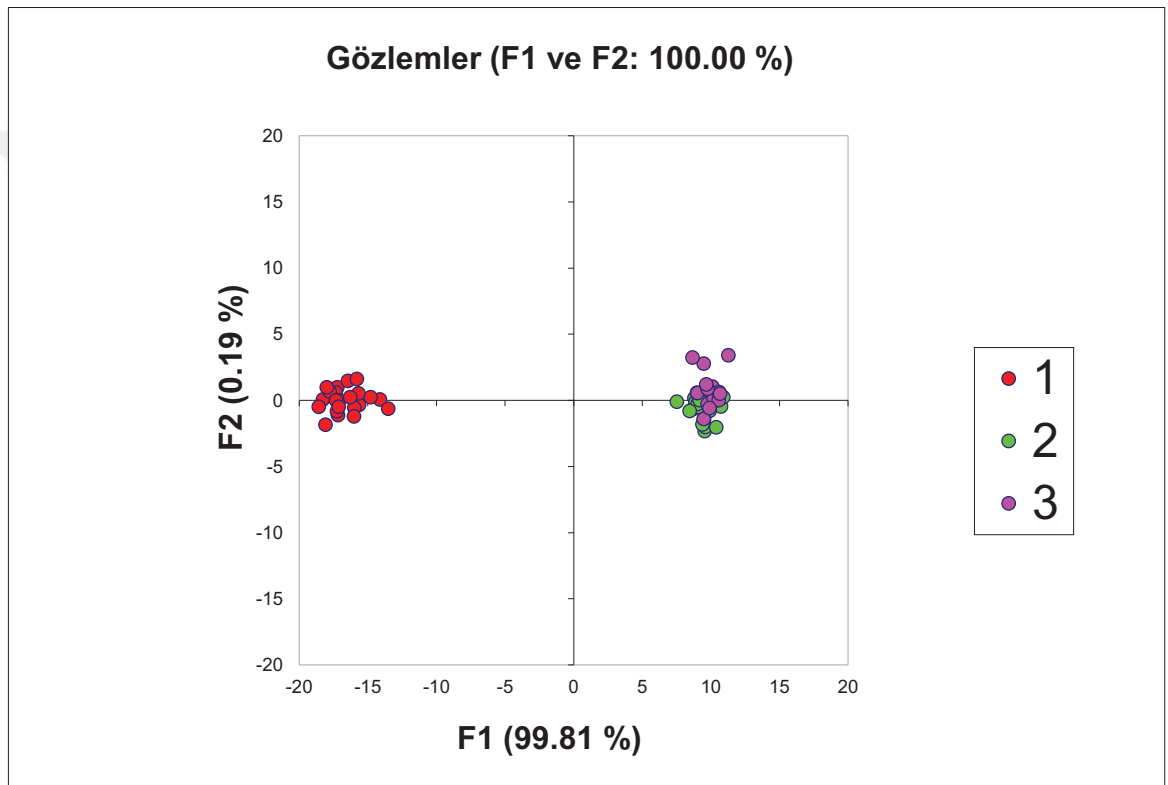
4.2. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI

Kemik gruplarında tespit edilen element miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlılığı ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir. Bu analiz ile hesaplanan p değerinin 0,05'in altında olması ($p < 0,05$) bu elementler için kemik gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir. Çalışmada kullanılan kemik grupları arasında fosfor, stronsiyum, baryum, demir, mangan, potasyum, kurşun ve zirkonyum elementleri için tespit edilen değerler istatistiksel olarak anlamlılık göstermektedir (Çizelge 4.3). Buna karşın magnezyum, çinko ve bakır element miktarları istatistiksel olarak anlamlılık göstermemekle beraber daha yüksektir. Femur örneklerinde magnezyum, demir, sodyum, potasyum element miktarları diğer kemik gruplarına göre yükseklik göstermektedir. Kaburga, el ve ayak tarak kemiklerinde çoğu element için benzerlik göstermekle beraber mangan ve alüminyum elementleri tarak kemiklerinde daha yüksektir.

Çizelge 4.3: Kemik Gruplarındaki Element Miktarlarının ANOVA Analizi.

Element	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Ca	1,662089	0,198805	3,15884272
P	3,565936	0,03474	3,15884272
Mg	1559,177	1,74E-50	3,15884272
Zn	16,15712	2,76E-06	3,15884272
Sr	9,833384	0,000214	3,15884272
Ba	8,68911	0,000508	3,15884272
Cu	12,88439	2,42E-05	3,15884272
Fe	7,20481	0,001623	3,15884272
Mn	4,049523	0,022675	3,15884272
Na	533,4061	1,25E-37	3,15884272
K	6,236702	0,003553	3,15884272
Al	0,764978	0,470062	3,15884272
As	0,091703	0,912511	3,15884272
U	1,789902	0,176234	3,15884272
Pb	5,14557	0,008823	3,15884272
Zr	5,6074	0,005983	3,15884272

Analize dâhil edilen elementlerin kemik grupları arasındaki dağılımını görselleştirmek için diskriminant analizi grafiği oluşturulduğunda benzerlik ve farklılıklar daha iyi görülmektedir (Çizim 4.19). Bu grafiğe göre tüm elementler %98,81 oranı ile X eksenine etrafında bir dağıldığı gözlemlenir. Sadece %0,19'u Y eksenine yakın dağılım göstermiştir. Bununla birlikte kaburga, el ve ayak tarak kemikleri ile geçişler sergilerken femur diğer kemiklerin aksi yönde bir dağılım sergilemiştir.



Çizim 4.19: Tepecik-Çiftlik Topluluğundaki Kemik Gruplarının Diskriminant Analizi
(1= femur; 2= kaburga; 3= el ve ayak tarak kemikleri).

Wilks' Lambda testi çalışmada kullanılan kemik gruplarında elementlerin birikimi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 4.4: Kemik Grupları Arasında Element Miktarlarının *Wilks' Lambda* Analizi.

Lambda	0,004
F (gözlemlenen değer)	33,638
F (kritik değer)	1,572
DF 1	34
DF 2	82
One-tailed p-değeri	< 0.0001
Alpha	0,05

Wilks' Lambda analizi ile kemikler arasındaki element miktarlarında anlamlı farklılıklar tespit edilmişse de çalışmaya dâhil edilen bireylerin elementler açısından geçişler gösterdiği görülmektedir. Bu geçişler düzensizlik matrisinde görülebilir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Kemik Grupları Arasında Elementlerin Düzensizlik Matrisi.

	Femur	Kaburga	El ve Ayak Tarakları	Toplam
Femur	22	0	0	22
	36,67%	0,00%	0,00%	36,67%
Kaburga	0	21	2	23
	0,00%	35,00%	3,33%	38,33%
El ve Ayak Tarakları	0	7	8	15
	0,00%	11,67%	13,33%	25,00%
Toplam	22	28	10	60
	36,67%	46,67%	16,67%	100,00%

Düzensizlik matrisi tablosuna göre femur ile diğer kemik grupları arasında bir geçiş gözlemlenmemiştir. Buna karşın toplam 23 kaburga örneğinden 21'i kendi arasında benzerlik gösterirken, el ve ayak tarak kemiklerinden ikisi ile geçişler göstermektedir. Çalışmada kullanılan 15 el ve ayak tarak kemiğinden 8'i kendi içerisinde benzerlik gösterirken, 7'si kaburga ile geçişler sergilemiştir.

Kemik gruplarında elementler arası ilişkiyi değerlendirmek diyagenesis etkisinin tahmininde kullanılabilir. Bu amaçla oluşturulan korelasyon matrisi bu ilişkiyi değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Tüm kemikler arasındaki elementler arası ilişki Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu çizelgede koyu renkli değerler istatistiksel olarak anlamlılık sergilemektedir. Değerlerin pozitif yönde ve 1'e yakın olması elementler arasındaki ilişkinin anlamlı olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi kemiğin en önemli iki bileşeni olan kalsiyum ve fosfor (Ca-P) arasındaki ilişki tüm kemikler için en anlamlı değeri ($r= 0,936$) vermektedir. Kemik gruplarını tek tek değerlendirildiğinde Ca-P arasındaki ilişki kaburga ($r= 0,957$), femur ($r= 0,950$), tarak kemikleri ($r= 0,918$) sıralamasını izlemektedir. Kemik gruplarının her biri değerlendirildiğinde kalsiyum ile anlamlı ilişki sergileyen bir diğer element ise magnezyumdur. Bu ilişki femur ($r= 0,770$), kaburga ($r= 0,612$) ve tarak kemikleri ($r= 0,524$) olarak sıralama gösterir. Tüm kemiklere ait korelasyon matrisinde Ca- Mg arası ilişki negatif ($r= -0,149$) yönde görünüyorsa da bu değer istatistiksel olarak anlamlılık göstermez.

Korelasyon tablosunda negatif değerler iki element arasında ters korelasyon olduğunu göstermektedir. Yani bu değer elementlerden birinin artarken diğerinin azaldığını ifade etmektedir. Elementler arasındaki bu ilişkinin kemiklere göre dağılımı, kemikteki element birikimi hakkında ipuçları verebilir. Tüm kemik grupları için yapılan elementler arası ilişkinin değerlendirildiği korelasyon matrisinde magnezyum elementinin sodyum ($r= 0,456$) ve potasyum ($r= 0,988$) dışında diğer elementler ile ters korelasyon sergilediği görülmektedir. Bu elementin ters korelasyon gösterdiği elementlerden biri zirkonyumdur ($r= -0,365$). Bu korelasyon için istatistiksel anlamlılık görülmektedir. Zirkonyumun, 15 element içerisinde 4'ü ile ters korelasyon gösterir. Magnezyuma ek olarak sodyum elementi ile gösterdiği ters korelasyon istatistiksel olarak anlamlılık göstermektedir. PCA

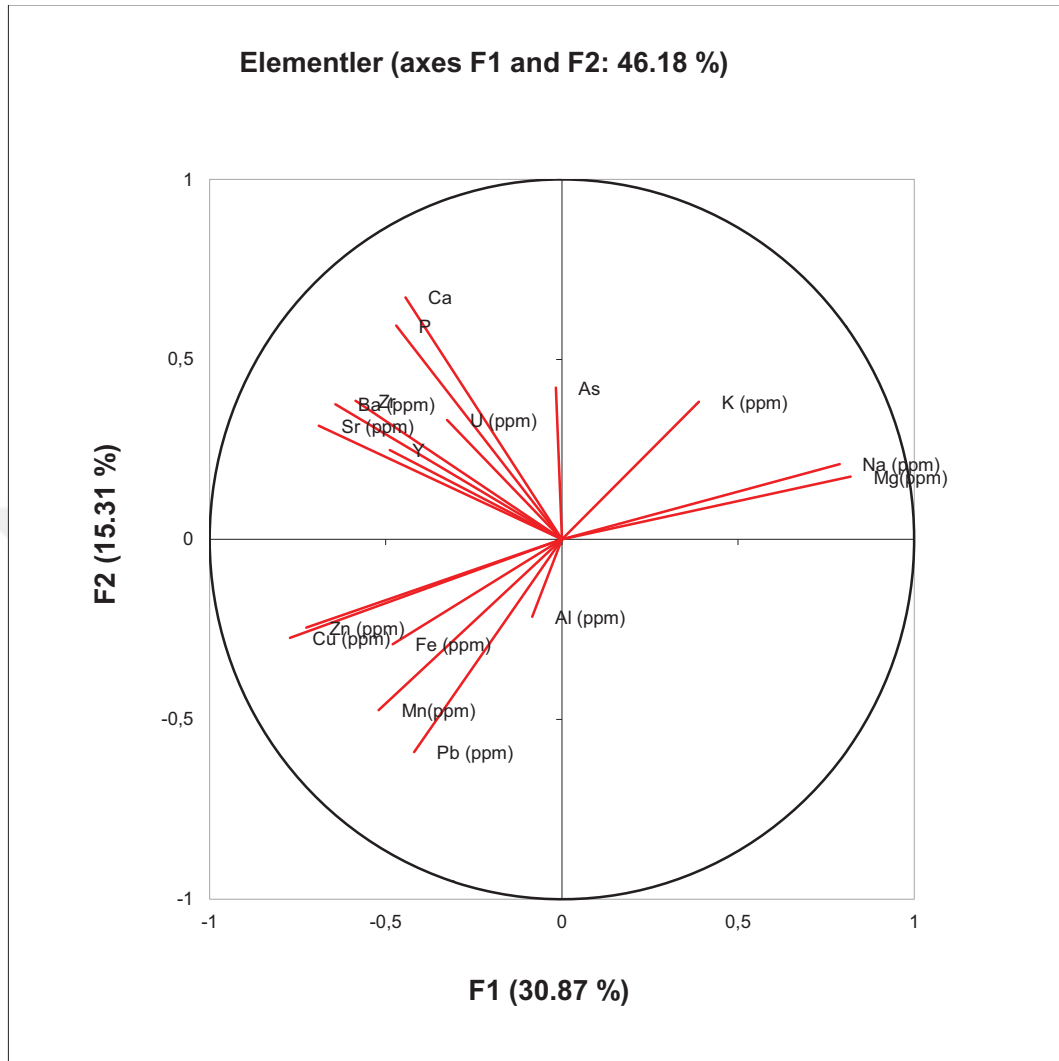
grafiğinde tüm kemik gruplarındaki elementler arası ilişki daha açık görülebilir (Çizim 4.20).

PCA grafiğinde element dağılımında % 46,18'lik varyasyon görülmektedir. Bu grafikte aynı düzlemde yer alan elementler arasındaki ilişkiler pozitifdir. Bu elementlerin artışları arasında doğru orantı bulunmaktadır. Karşı düzlemlerde yer alan elementler ise negatif korelasyon sergilemektedir. Elementlerin artış eğrilerinin birbirine yakınlığı ise aralarındaki ilişkinin ne kadar anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi, potasyum, sodyum ve magnezyum grafiğin sağ üst kısımda kümelenirken, kalsiyum, zirkonyum, stronsiyum, baryum, kurşun, uranyum ve arsenik sol üst kısımda yer alarak aralarındaki ters orantıyı gözlemlemeyi kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte kemik gruplarının her biri için oluşturulan korelasyon matrisi ve PCA grafikleri elementlerin dağılımın kemik tipine göre farklılığın ve benzerliğin daha açık görülmesine yardımcı olacaktır.

Çizelge 4.6. Tepecik-Çiftlik Arkeolojik Topluluğunun Tüm Kemik Gruplarının Korelasyon Matrisi.

	Ca	P	Mg(ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn(ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr	Y
Ca	1																
P	0,936	1															
Mg (ppm)	-0,149	-0,245	1														
Zn (ppm)	0,186	0,264	-0,585	1													
Sr (ppm)	0,381	0,348	-0,476	0,394	1												
Ba (ppm)	0,389	0,355	-0,418	0,311	0,666	1											
Cu (ppm)	0,194	0,192	-0,516	0,664	0,427	0,418	1										
Fe (ppm)	0,011	0,015	-0,421	0,382	0,384	0,331	0,346	1									
Mn (ppm)	0,058	0,113	-0,315	0,495	0,097	0,085	0,624	0,140	1								
Na (ppm)	-0,083	-0,190	0,988	-0,559	-0,449	-0,416	-0,487	-0,420	-0,313	1							
K (ppm)	0,029	-0,016	0,456	-0,225	-0,100	0,029	-0,283	-0,167	-0,403	0,450	1						
Al (ppm)	-0,046	-0,063	-0,107	-0,025	0,068	-0,004	-0,004	0,497	-0,045	-0,117	0,030	1					
As	0,110	0,095	-0,062	-0,125	0,223	0,234	-0,140	-0,179	-0,250	-0,084	-0,050	-0,115	1				
U (ppm)	0,203	0,153	-0,207	0,159	0,217	0,112	0,164	-0,006	0,009	-0,188	-0,101	-0,098	0,129	1			
Pb (ppm)	-0,081	-0,059	-0,302	0,380	0,055	0,024	0,556	0,186	0,589	-0,302	-0,301	0,102	-0,205	-0,083	1		
Zr	0,458	0,409	-0,365	0,199	0,468	0,371	0,352	0,061	0,224	-0,330	-0,148	-0,037	0,039	0,508	0,064	1	
Y	0,280	0,186	-0,289	0,242	0,325	0,520	0,331	0,089	0,132	-0,255	0,074	0,027	-0,036	0,295	0,152	0,332	1

 $P < 0,05$



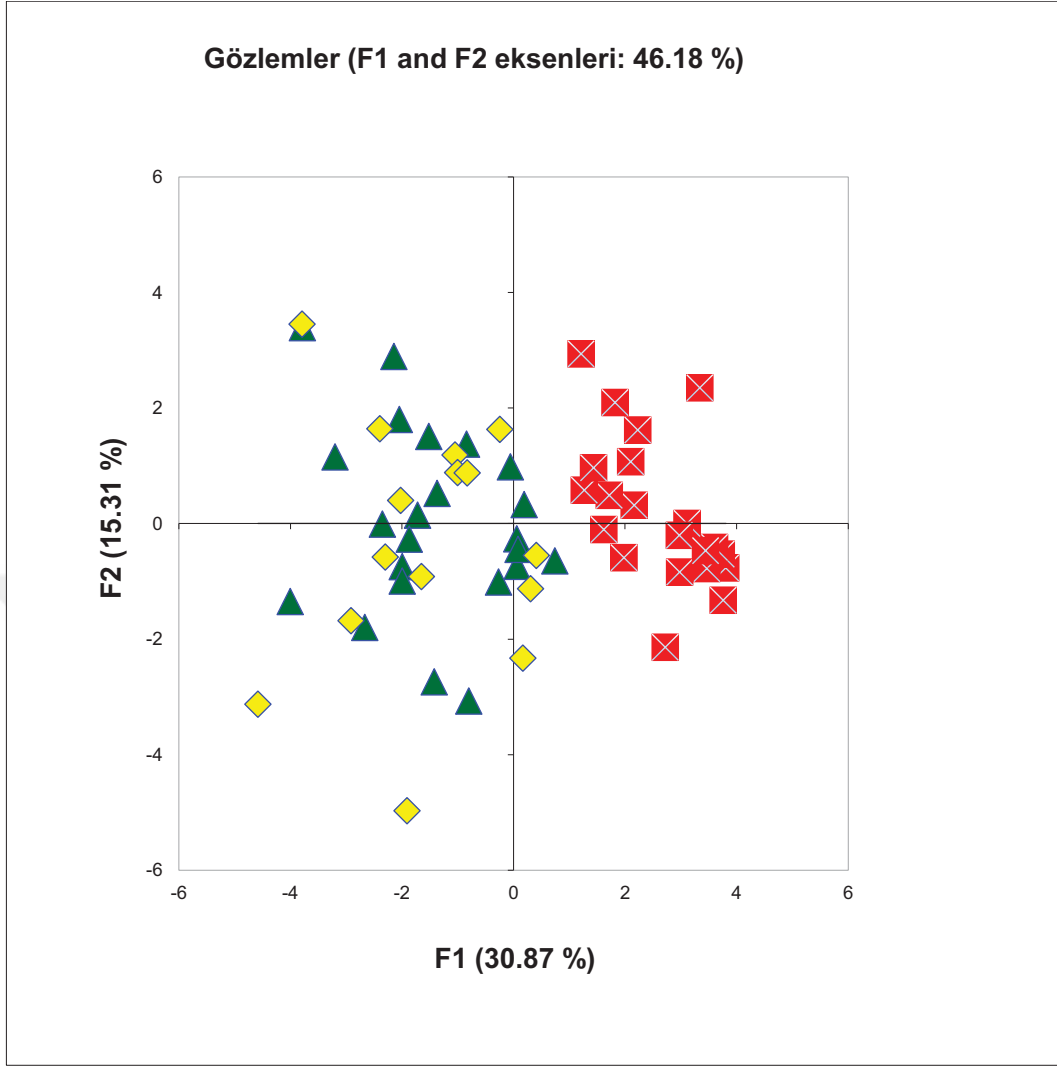
Çizim 4.20: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Tüm Kemik Gruplarındaki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.

Değişkenler arasındaki korelasyonun anlamlılığı *Barlett's Sphericity* Testi ile test edilmiştir (Çizelge 4.7). Bu testte p-değeri eşik olarak kabul edilen alfa (0,05) değerinin atında kalmış ve kemik gruplarındaki elementler arası korelasyonun anlamlı olduğu sonucunu göstermiştir.

Çizelge 4.7: Barlett's Sphericity Test

Chi-square (Gözlemlenen değer)	688,422
Chi-square (Kritik değer)	164,216
DF	136
One-tailed p-value	< 0.0001
Alpha	0,05

Elementlerin kemik gruplarına göre farklılaşması Çizim 3.21'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre femur örneklerinin düzlemin sağ tarafında kümeleşmesi, kaburga, el ve ayak tarak kemiklerinin düzlemin sol tarafında kümeleşmesi diskriminant analiz verileri ile örtüşmektedir.



Çizim 4.21: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Örneklerinden Kemik Türüne Göre Gruplaşmalar (femur= kırmızı; kaburga= mavi; tarak kemikleri= sarı).

4.3. KEMİK GRUPLARINA GÖRE ANALİZLER

4.3.1. Femur Örneklerinin Analizleri

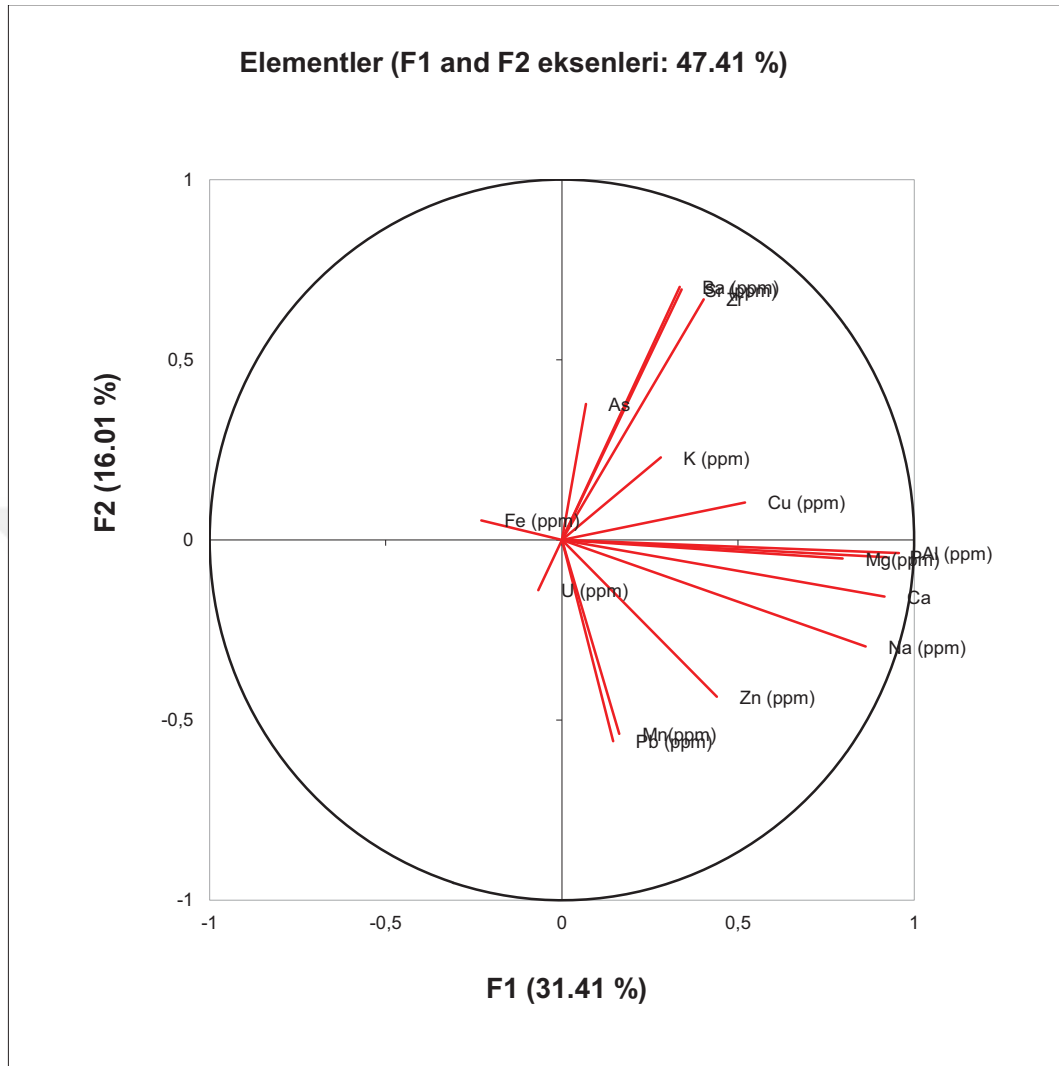
Femurda istatistiksel olarak anlamlılık sergileyen elementler: Mg- P ($r= 0,756$), Ba- Sr ($r= 0,634$), Mn- Zn ($r= 0,683$), Na- Ca ($r= 0,827$), Na- P ($r= 0,816$), Na- Mg ($r= 0,649$), Na- Zn ($r= 0,424$), Na- Cu ($r= 0,445$), Al- Ca ($r= 0,849$), Al- P ($r= 0,888$), Al- Mg ($r= 0,785$), Al- Cu ($r= 0,469$), Al- Na ($r= 0,852$), Zr- Sr ($r= 0,854$), Zr- Ba ($r= 0,547$)’ dur (Çizelge 4.8).

Femur korelasyon matrisinde ters korelasyon gösteren elementler olsa da bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir. Elementler arası ilişkinin açıkça görülmesi için Çizim 4.22 oluşturulmuştur. Tüm elementler arasındaki varyasyon %47,41’dir. Bu çizelgeye göre femurda elementlerin homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Demir ve uranyum haricindeki tüm elementler grafiğin sağ düzleminde kümelenmektedir. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber bu iki elementin diğer elementlerle olan ilişkisi sıfıra yakındır. Korelasyon matrisinde anlamlı doğrusal ilişki sergileyen elementler grafikte görülebilir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Femur Örnekleri İçin Korelasyon Matrisi

	Ca	P	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr
Ca	1															
P	0,950	1														
Mg (ppm)	0,770	0,756	1													
Zn (ppm)	0,338	0,281	0,222	1												
Sr (ppm)	0,134	0,178	0,111	0,018	1											
Ba (ppm)	0,172	0,171	0,322	0,022	0,634	1										
Cu (ppm)	0,362	0,372	0,072	0,305	0,411	0,227	1									
Fe (ppm)	-0,128	-0,123	-0,277	-0,045	0,247	0,018	0,007	1								
Mn (ppm)	0,109	-0,043	0,076	0,683	0,013	-0,027	0,231	0,044	1							
Na (ppm)	0,827	0,816	0,649	0,424	0,075	-0,016	0,445	-0,190	0,176	1						
K (ppm)	0,151	0,266	0,285	0,099	0,026	0,167	-0,028	-0,154	-0,172	0,127	1					
Al (ppm)	0,849	0,888	0,785	0,358	0,213	0,228	0,469	-0,412	0,059	0,852	0,301	1				
As	0,156	0,098	0,179	-0,305	0,059	0,302	-0,116	-0,263	-0,371	0,037	-0,179	0,050	1			
U (ppm)	-0,119	-0,152	-0,024	0,314	-0,090	0,110	-0,089	0,092	0,116	0,028	0,024	-0,082	-0,131	1		
Pb (ppm)	0,295	0,174	0,091	0,093	-0,094	-0,324	0,015	0,230	0,372	0,248	-0,370	0,097	-0,264	-0,076	1	
Zr	0,198	0,283	0,081	0,054	0,854	0,547	0,371	0,104	-0,124	0,112	0,220	0,331	-0,066	-0,076	-0,064	1

 $P < 0,05$



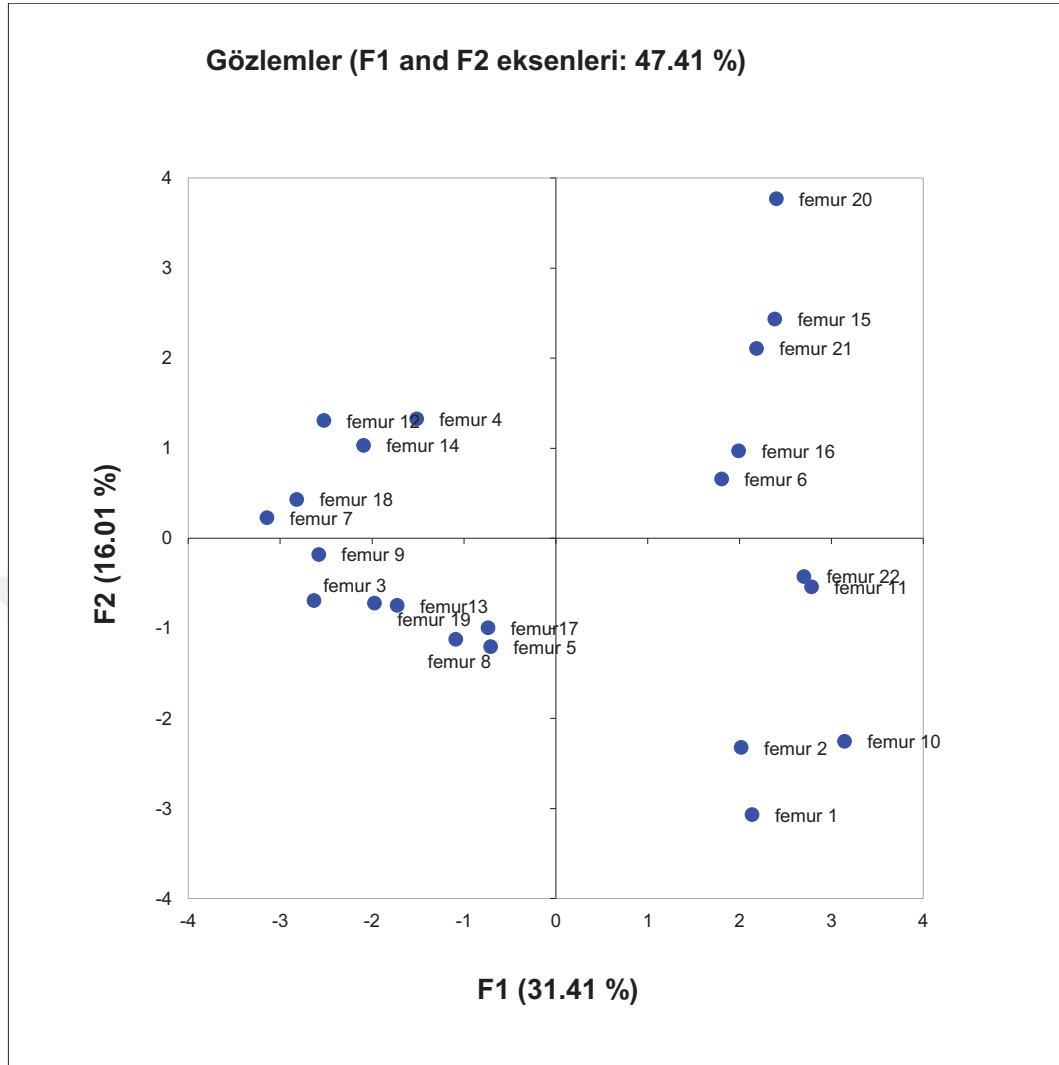
Çizim 4.22: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Femur Kemiklerindeki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.

Barlett's Sphericity testi sonucunda femur örneklerinde tespit edilen elementler arasındaki korelasyon istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9: Femur Örneklerinde *Barlett's Sphericity* Test.

Chi-square (gözlemlenen değer)	241,823
Chi-square (kritik değer)	146,567
DF	120
One-tailed p-değeri	< 0.0001
Alpha	0,05

Elementlerin femur örneklerinde farklılaşması Çizim 4.23'de gösterilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi element birikimleri ile ilgili olarak gruplaşmalar göze çarpmaktadır. Özellikle femur 20'nin diğer örneklerden belirgin biçimde ayrıldığı görülmektedir. TP'11 SK 51a iskelet numarasına sahip bu örnek genç erişkin bir bireye aittir. Diğer bir ayrışma ise düzlemin sağ al kısmında gruplaşan femur 1 (TP'10 SK 21a), femur 2 (TP'06 SK 46) ve femur 10 (TP'12 SK 74) örneklerinde görülmektedir. Bu örneklerde femur 1 ve femur 10 erişkin erkek bireylere ve femur 2 ise çocuk bireye aittir.



Çizim 4.23: Femur Kemiklerindeki Bireyler Arası Element Farklılaşması.

4.3.2. Kaburga Kemiklerinin Analizleri

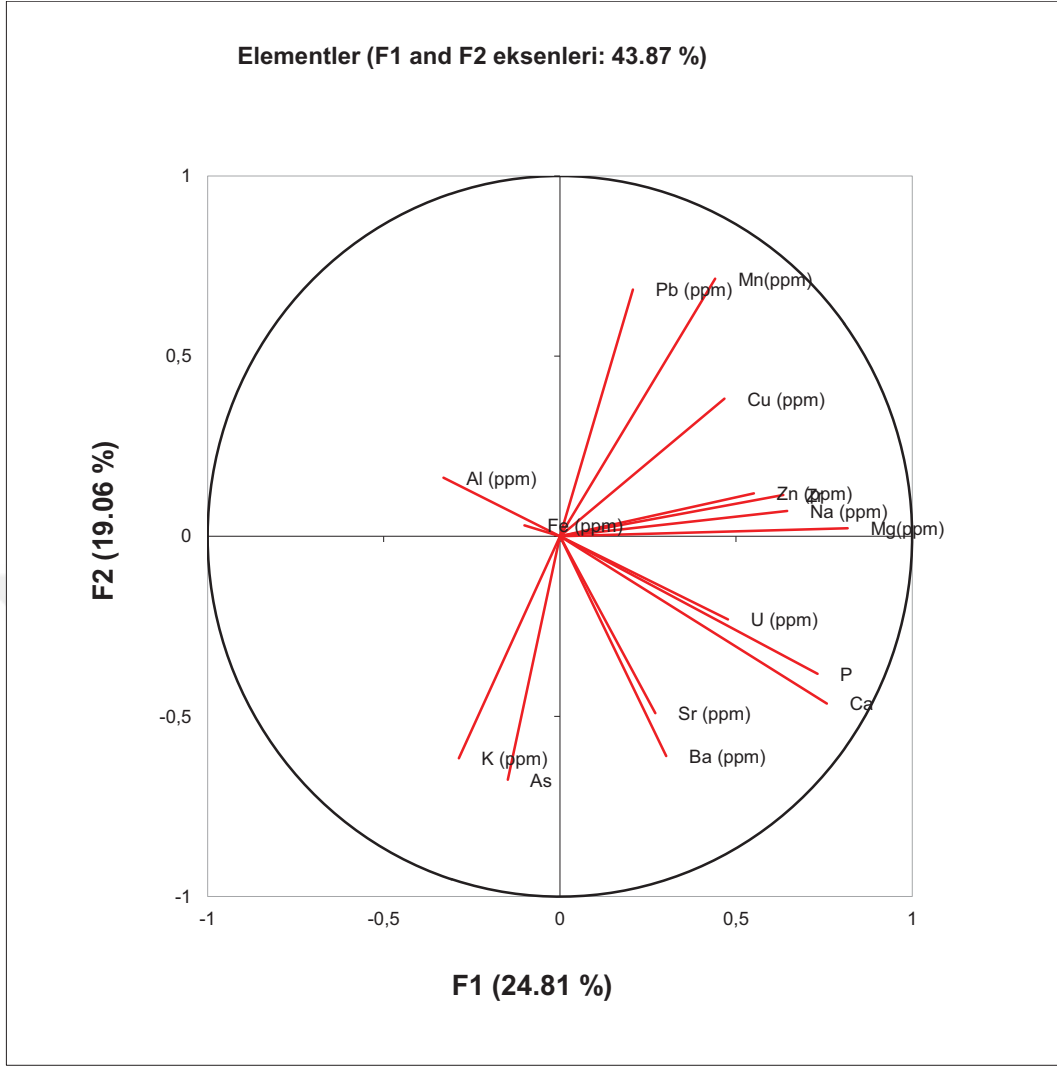
Kaburgada elementler arası anlamlı ilişkiler şöyledir: Ca-P ($r=0,957$), Ca- Mg ($r=0,612$), Mg- P ($r=0,632$), Zn- Mg ($r=0,453$), Ba- Ca ($r=0,436$), Mn- Cu ($r=0,470$), Na- Mg ($r=0,728$), Na- Zn ($r=0,555$), Al- Fe ($r=0,558$), As- Ba ($r=0,419$), U- Sr ($r=0,414$), Pb- Cu ($r=0,468$), Pb- Mn ($r=0,569$) (Çizelge 4.10).

Kaburga örnekleri için elementler arası ilişki Çizim 4.24'deki gibidir. Elementler arasındaki korelasyon %43,87 varyasyon göstermektedir. Çizime göre 14 element arasında doğrusal ve anlamlı ilişki varken 3 element için anlamlı bulunan ters korelasyon vardır. Bu grafikte korelasyon matrisinde görüldüğü gibi anlamlı doğrusal ilişki gösteren alüminyum ve demirin düzlemin sol üst köşesine ayrılmaktadır. Düzlemin sol alt köşesine ayrılan potasyum ile arsenik arasında doğrusal bir ilişki görünüyorsa da istatistiksel olarak anlamlı değildir ($r=0,223$). Bunların dışındaki elementler ise grafiğin sağ tarafında yer almaktadır.

Çizelge 4.10. Kaburga Örnekleri İçin Korelasyon Matrisi

	Ca	P	Mg(ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn(ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr
Ca	1															
P	0,957	1														
Mg(ppm)	0,612	0,632	1													
Zn (ppm)	0,321	0,348	0,453	1												
Sr (ppm)	0,386	0,176	-0,018	0,114	1											
Ba (ppm)	0,436	0,375	0,291	0,014	0,400	1										
Cu (ppm)	0,044	0,012	0,271	0,283	0,166	0,269	1									
Fe (ppm)	-0,024	-0,142	-0,064	0,071	0,270	0,284	0,181	1								
Mn(ppm)	0,036	0,132	0,308	0,298	-0,215	-0,219	0,470	-0,020	1							
Na (ppm)	0,347	0,298	0,728	0,555	0,070	-0,022	0,242	-0,081	0,078	1						
K (ppm)	0,017	-0,041	-0,120	0,155	0,245	0,376	-0,246	0,254	-0,630	-0,027	1					
Al (ppm)	-0,148	-0,196	-0,191	-0,219	0,007	-0,089	-0,072	0,558	-0,082	-0,264	0,192	1				
As	0,095	0,072	-0,176	-0,414	0,308	0,419	-0,310	-0,220	-0,377	-0,356	0,223	-0,173	1			
U (ppm)	0,351	0,223	0,117	-0,110	0,414	0,125	0,197	-0,198	-0,014	0,207	-0,207	-0,193	0,305	1		
Pb (ppm)	-0,156	-0,173	0,204	0,046	-0,035	-0,183	0,468	0,190	0,569	0,036	-0,400	0,334	-0,298	0,023	1	
Zr	0,333	0,269	0,326	0,112	0,226	0,114	0,261	-0,103	0,392	0,180	-0,457	-0,120	0,060	0,757	0,314	1

 $P < 0,05$



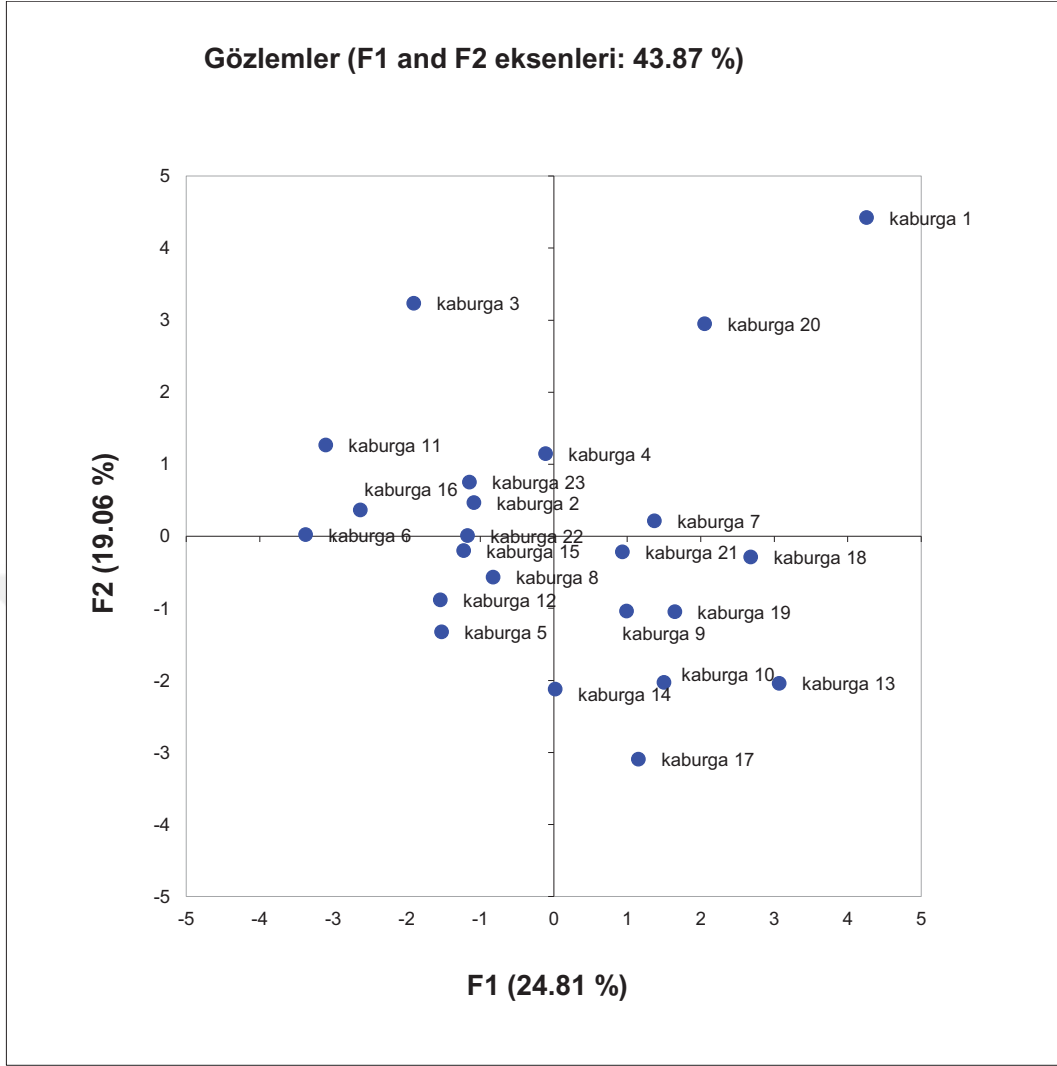
Çizim 4.24: Tepecik-Çiftlik Topluluğu Kaburga Kemiklerindeki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.

Barlett's Sphericity testine göre kaburgalarda elementler arası korelasyon anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11: Kaburga Örneklerinde *Barlett's Sphericity* Testi

Chi-square (gözlemlenen değer)	251,120
Chi-square (kritik değer)	146,567
DF	120
One-tailed p-değeri	< 0.0001
Alpha	0,05

Kaburga örneklerindeki elementlere göre oluşan gruplaşmalar Çizim 4.25'deki gibidir. Örneklerden kaburga 1 (TP'10 SK 21a), kaburga 3 (TP'12 SK 65) ve kaburga 20 (TP'10 SK 33) diğer örneklerle göre ayrışma göstermektedir. Kaburga 1 yaşlı erkek, kaburga 3 çocuk ve kaburga 20 genç erişkin bireylere aittir. Bunların dışındaki örnekler grafikte homojen bir dağılım göstermektedir.



Çizim 4.25: Kaburga Kemiklerindeki Bireyler Arası Element Farklılaşması.

4.3.3. El ve Ayak Tarak Kemiklerinin Analizleri

El ve ayak tarak kemiklerinde diğer kemik gruplarına göre daha çok element arasında anlamlı doğrusal korelasyon görülmektedir. Tarak kemiklerinin tümünde elementler arası anlamlı ilişki: Ca- P ($r=0,918$), Ca- Mg ($r=0,524$), Ba- Mg ($r=0,753$), Ba- Sr ($r=0,788$), Cu- Zn ($r=0,768$), Fe-Zn ($r=0,628$), Mn- Zn ($r=0,533$), Mn- Cu ($r=0,746$), Na- Ca ($r=0,668$), Na- Mg ($r=0,938$), Na- Sr ($r=0,557$), Na- Ba ($r=0,713$), Al- Ca ($r=0,554$), Al- Mg ($r=0,968$), Al- Sr ($r=0,580$), Al- Ba ($r=0,781$), Al- Na ($r=0,910$), Al- K ($r=0,623$), Pb- Cu ($r=0,599$), Zr- Ca ($r=0,764$), Zr- P ($r=0,654$), Zr- Mg ($r=0,595$), Zr- Na ($r=0,720$) ve Zr- Al ($r=0,621$) şeklindedir. Bu grupta ters korelasyon gözlemlenen elementler bulunsa da aralarındaki ilişki anlamlı değildir (Çizelge 4.12).

Bu veriler PCA grafiğine yerleştirildiğinde % 59,5 ile en yüksek varyasyonu göstermektedir (Çizim 4.26). Çinkonun bakır, mangan ve demir ile oluşturduğu doğrusal ilişki anlamlı bulunmuştur. Benzer doğrusal ilişki kurşun ile görünüyorsa da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Gerek korelasyon matrisi verileri gerekse PCA grafiğinde görüldüğü gibi, zirkonyumun diğer elementler ile oluşturduğu doğrusal ilişki ilgi çekicidir. *Barlett's Sphericity* testi bu veri setinde sonuç vermemiştir.

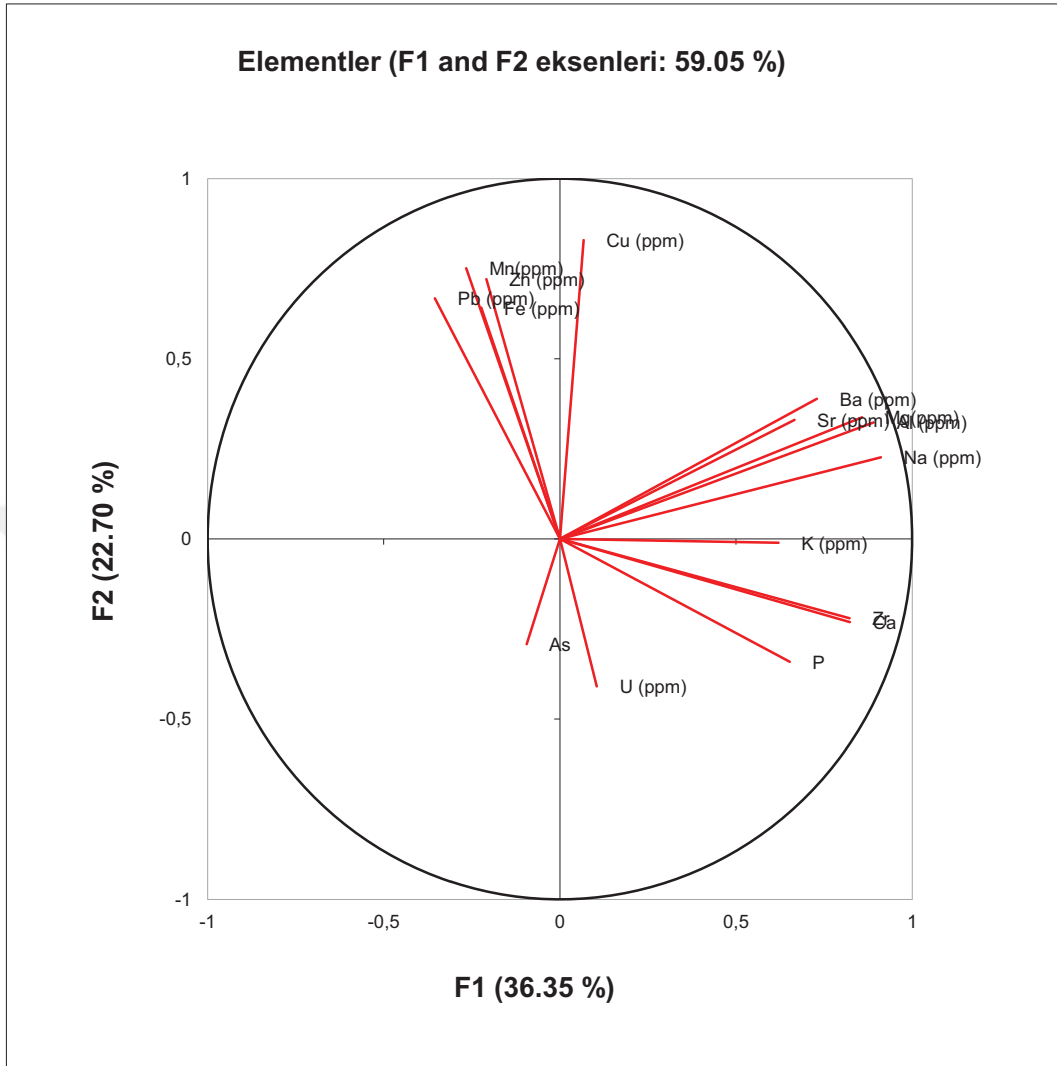
Elementlerin tarak kemikleri içerisindeki farklılaşması Çizim 4.27'de verilmiştir. Grafiğin merkezinde gruplaşan tarak kemikleri homojen bir dağılım sergilemektedir. Buna karşın Tarak 14 (TP'10 SK 30) diğer kemiklere göre belirgin bir biçimde grafiğin sağ tarafına ayrılmıştır. Bu örnek çocuk bireye ait el tarak kemiğini temsil etmektedir.

Analizi yapılan tüm kemik gruplarına ait iskelet numaraları Çizelge 4.13'de gösterilmektedir.

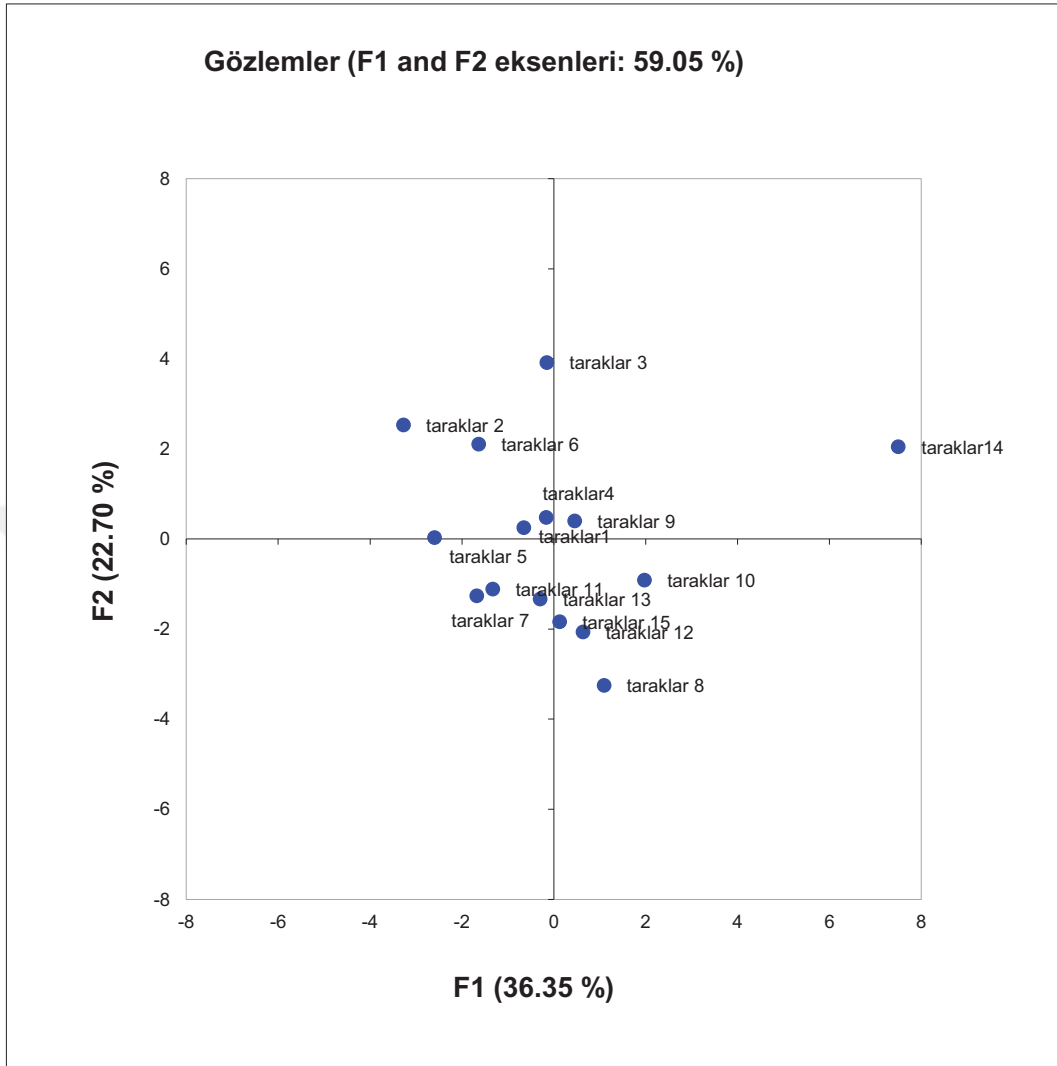
Çizelge 4.12. El ve Ayak Tarak Kemikleri Örnekleri İçin Korelasyon Matrisi

	Ca	P	Mg(ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn(ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr
Ca	1															
P	0,918	1														
Mg(ppm)	0,524	0,299	1													
Zn (ppm)	-0,276	-0,284	-0,087	1												
Sr (ppm)	0,506	0,423	0,495	0,244	1											
Ba (ppm)	0,377	0,217	0,753	0,068	0,788	1										
Cu (ppm)	0,068	-0,055	0,221	0,768	0,345	0,149	1									
Fe (ppm)	-0,393	-0,422	0,055	0,628	0,089	0,168	0,408	1								
Mn(ppm)	-0,180	-0,179	-0,063	0,533	0,119	0,041	0,746	0,257	1							
Na (ppm)	0,688	0,469	0,938	-0,153	0,557	0,713	0,207	-0,057	-0,070	1						
K (ppm)	0,289	0,048	0,563	-0,053	0,349	0,487	0,004	-0,238	-0,335	0,467	1					
Al (ppm)	0,554	0,357	0,968	-0,008	0,580	0,781	0,243	0,022	-0,078	0,910	0,623	1				
As	0,029	0,070	-0,375	0,035	0,352	-0,094	-0,095	-0,296	-0,093	-0,238	-0,069	-0,318	1			
U (ppm)	0,331	0,291	-0,187	0,075	-0,128	-0,256	-0,023	-0,221	-0,276	-0,102	0,232	-0,073	0,038	1		
Pb (ppm)	-0,411	-0,436	-0,043	0,367	-0,186	-0,174	0,599	0,153	0,720	-0,117	-0,180	-0,087	-0,315	-0,381	1	
Zr	0,764	0,654	0,595	-0,236	0,406	0,304	0,030	-0,370	-0,407	0,720	0,511	0,621	-0,024	0,304	-0,279	1

 $P < 0,05$



Çizim 4.26: Tepecik-Çiftlik Topluluğu El ve Ayak Tarak Kemiklerindeki Elementler Arası ilişkisinin PCA Grafiği.



Çizim 4.27: El ve Ayak Tarak Kemiklerindeki Bireyler Arası Element Farklılaşması.

Çizelge 4.13: Analizleri Yapılan Kaburga, Femur ve Tarak Kemiklerinin İskelet Numaraları

Örnek Numarası	İskelet Numarası	Örnek Numarası	İskelet Numarası	Örnek Numarası	İskelet Numarası
Kaburga 1	TP'10 SK 21A	Femur 1	TP'10 SK 21 A	Taraklar 1	TP'10 SK 21A
Kaburga 2	TP'06 SK 46	Femur 2	TP'06 SK 46	Taraklar 2	TP'10 SK 21A
Kaburga 3	TP'12 SK 65	Femur 3	TP'12 SK 65	Taraklar 3	TP'07 SK 58
Kaburga 4	TP'07 SK 58	Femur 4	TP'12 SK 58	Taraklar 4	TP'07 SK 58
Kaburga 5	TP'10 BB4-23 (5- 27)	Femur 5	TP'07 SK 58	Taraklar 5	TP'04 SK 26
Kaburga 6	TP'12 SK 75	Femur 6	TP'10 BB 4-23 (5-27)	Taraklar 6	TP'12 SK 74
Kaburga 7	TP'04 SK 26	Femur 7	TP'12 SK 75	Taraklar 7	TP'12 SK 67
Kaburga 8	TP'12 SK 79	Femur 8	TP'04 SK 26	Taraklar 8	TP'12 SK 67
Kaburga 9	TP'12 SK 74	Femur 9	TP'12 SK 79	Taraklar 9	TP'10 SK 34
Kaburga 10	BB3-36	Femur 10	TP'12 SK 74	Taraklar 10	TP'10 SK 34
Kaburga 11	TP'12 -SK 70	Femur 11	BB 3-36	Taraklar 11	TP'11 SK 53
Kaburga 12	TP'12 SK 67	Femur 12	TP'12 SK 70	Taraklar 12	TP'12 SK 78
Kaburga 13	TP'10 SK 34	Femur 13	TP'12 SK 67	Taraklar 13	TP'11 SK 51A
Kaburga 14	TP'10 SK 39B	Femur 14	TP'10 SK 34	Taraklar 14	TP'10 SK 30
Kaburga 15	TP'04 SK 30	Femur 15	TP'10 SK 39B	Taraklar 15	TP'12 SK 77
Kaburga 16	TP'04 SK 28A	Femur 16	TP'04 SK 30		
Kaburga 17	TP'11 SK 51A	Femur 17	TP'11 SK 53		
Kaburga 18	TP'10 SK 30	Femur 18	TP'04 SK 28A		
Kaburga 19	TP'12 SK 77	Femur 19	TP'12 SK 78		
Kaburga 20	TP'10 SK 33	Femur 20	TP'11 SK 51A		
Kaburga 21	TP'11 SK 50	Femur 21	TP'10 SK 30		
Kaburga 22	TP' 04 SK 31	Femur 22	TP'12 SK 77		
Kaburga 23	TP'12 SK 58				

V. BÖLÜM

TARTIŞMA

Çalışmada analizi yapılan 17 elementin 9'unun (Mg, Ba, Cu, Fe, Mn, K, Al, Pb, Zr, Y) toprakta ölçülen miktarları kemikler de ölçülen değerlere göre yüksektir. Karşılaştırmalı olarak analiz edilecek elementler üç başlık altında incelenecektir: 1) Kemiğin korunma durumu hakkında bilgi veren elementler (Ca, P, Ca/P, Fe/Mn ve Sr/Ca) (Zapata, 2006), 2) beslenme modelini yansıtan elementler (Sr, Ba, Mg, Zn, Cu) (Burton ve Price, 2002; Ezzo, 1994b) ve 3) diyagenez hakkında bilgi veren elementler (Al, Fe, K, Mn, Na, As, Pb, U, Zr ve Y) (Lambert, 1979).

5.1. KEMİĞİN KORUNMA DURUMU HAKKINDA BİLGİ VEREN ELEMENTLER

Kemiğin en önemli bileşenlerinden olan kalsiyumun canlı kemiklerdeki değeri %40 civarındadır. Her ne kadar arkeolojik çalışmalardan rapor edilen değerler çeşitlilik gösteriyorsa da genellikle kabul gören üst değer %38'dir (Zapata, 2006; Ezzo, 1994b). Bu değer kemikleri çevreleyen toprağın sahip olduğu kalsiyum veya kalsiyum ile yer değiştirme potansiyeli gösteren elementler (Sr, Ba ve Pb gibi) nedeniyle farklılıklar gösterebilir. Böylelikle kemiğin korunma durumu hakkında fikir verir. Hancock (1989), modern kemikler, *Rhesus* maymunları ve mumya kemiklerinde yaptığı çalışmasında, kalsiyumun %20-35 aralığında olmasını normal kabul etmiştir. Jurkiewicz ve ark., (2004) Polonya'nın orta ve güney kesimlerinde yaşamış, 45 yaş üstü, 38 bireye ait otopsi örneklerinden elde edilmiş femur başı süngerimsi kemik parçaları üzerinde yürüttüğü çalışmasında, kalsiyum miktarının ortalama %18,4 olduğunu tespit etmiş, bu durum yaşla birlikte gelişen osteoporozun etkisi ile açıklanmıştır. Carvalho (2008), kalsiyum miktarını kaburganın süngerimsi kısmında %40,7, femurun süngerimsi kısmında %31,4 ve femurun kompakt kısmında %55,3 değerinde bulmuştur. Kompakt ve süngerimsi kemikler arasındaki element miktarlarındaki farklılıklar genellikle normal kabul edilir. Bir başka örnek Lambert ve ark., (1982)'nin elde ettiği seviyelerdir. Kalsiyum, Gibson örneklerinin femurunda %37,0, kaburgasında %33,0 ve Ledders örneklerinin femurunda %37,5, kaburgasında %32,9 oranlarında tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu oranları düşük olarak

değerlendirmiştir. Anadolu'dan en yakın örnek olan Erken Tunç Çağı İkiztepe topluluğunda kalsiyum ortalaması yaklaşık %40'dır (Özdemir, 2008). Tepecik-Çiftlik topluluğuna ait kemik gruplarında kalsiyum birikimi İkiztepe örneklerinden düşüktür. Kalsiyum seviyeleri kemik gruplarında farklılık gösterse de normal sınırlarda kalmıştır (Çizelge 4.1). Bu sonuçlara göre kaburga (%36,5) ve tarak kemikleri (%36,4) kalsiyum birikimi açısından benzerdir. Özdemir ve ark., (2015)'nin daha önce Tepecik-Çiftlik femur kemikleri kullanarak yaptıkları çalışmanın verileriyle karşılaştırıldığında femur için analiz edilen kalsiyum ortalama değerinin (%35,3) diğer kemik gruplarından daha düşük olduğu görülür. Arkeolojik kemiklerde dayanıklı yapısı ve kemik döngüsünün diğer kemiklere göre daha yavaş olması nedeniyle, kalsiyum oranının femurda yüksek olması beklenir. Söz konusu çalışmada analiz edilen femur örneklerinin kalsiyum miktarı diğer iki kemik grubunun %3 altında kalmıştır. Bununla birlikte yapılan değerlendirmelere göre kalsiyumun kemik grupları arasındaki farklılaşması istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir (Çizelge 4.3). Sonuçlar kalsiyumun her üç kemik grubu için diyagenezle birlikte kemiğin yapısından ayrılıp kemiği çevreleyen topraktan kaynaklı diğer elementlerle yer değiştirdiğine işaret eder.

Gömu sonrası kalsiyumun hangi elementlerle yer değiştirdiğini değerlendirmek için elementlerin birbirleri ile olan ilişkilerine bakmak gerekir. Sonuçlar kemik grupları için benzerlikler gösterir. Örneğin, tüm kemiklerde kalsiyumun, fosfor ve magnezyum ile korelasyonu anlamlıdır (Çizelge 4.8- 10- 12). Femurda ayrıca arkeolojik beslenme araştırmalarında kirletici olarak kabul edilen sodyum ve alüminyum ile güçlü pozitif ilişki görülür (Çizelge 4.8). Aynı elementler için benzer korelasyon tarak kemikleri için de geçerlidir (Çizelge 4.12). Dolayısıyla tarak kemiklerinin gömu çevresinden femur ile benzer şekilde etkilendiğini gösterir. Diğer taraftan kalsiyumun femurda (Fe ve U) ve tarak kemiklerinde (Zn, Fe, Mn ve Pb) gömu ortamından kemiğe aktarılma ihtimali yüksek olan elementler ile ilişkisi istatistiki açıdan önemli olmasa da negatiftir. Tarak kemiklerinde toprak elementi olan zirkonyumun, kalsiyum ile anlamlı korelasyonu ($r=0,764$) fiziksel diyagenezin varlığını akla getirir. Diğer yandan zirkonyumun yüksek olması, yıkama basamağı ile ilişkili de olabilir.

Kaburgalardaki elementler arası etkileşim baryum açısından ilginçtir (Çizelge 4.10). Baryumun, kalsiyumla yer değiştirme potansiyeline sahip olması nedeniyle aralarında

negatif korelasyon olması beklenir. Analizi yapılan örneklerde kalsiyum ile anlamlılık sergileyen negatif korelasyon tespit edilmemiştir. Kaburga için oluşturulan PCA grafiğinde alüminyum ve demirin zıt yönde hareket ettiği görülmekle beraber bu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuçlar ile Tepecik-Çiftlik örneklerinde kalsiyumdaki seviyelerinin beklenenden düşük olması, gömü sonrasındaki değişimden kaynaklı olarak toprak kaynaklı diğer elementlerle yer değiştirmesi ile ilgilidir. Kemığın yapısal elementlerinden olan fosforun farklılaşmasını değerlendirmek diyagenetik süreci anlamak için önemlidir.

Kemığın önemli bileşenlerinden diğeri olan fosforun modern kemikteki oranı %18'dir (Zapata, 2006). Referans değere göre kemiklerdeki fosfor oranları, kaburga (%13,2) ve tarak kemiklerinde (%13,0), %70 oranında farklılık gösterir. Faunal kemiklerde (%13,1) benzer oranı sergiler. Azalma femurda (%12,4) daha fazla gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1). Kemik grupları arasında fosfor açısından farklılaşma istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.3). Elementler arası ilişkilere bakıldığında tarak kemiklerinde kalsiyumla olduğu gibi, zirkonyum ile pozitif korelasyon göze çarpar (Çizelge 3-12). Bu durum hazırlık aşamasındaki süreçlerden kaynaklı olduğu fikrini destekler.

Fosfordaki düşük değerler kemik durumunu değerlendirmek için kullanılan Ca/P oranının teorik değerden sapmasına neden olmuştur. Arkeolojik kemikler ve canlı kemiklerde Ca/P için kabul edilen teorik oran 2.16'dır (Ezzo, 1995; Klepinger, 1986). Tepecik-Çiftlik iskelet örneklerinde oranların ortalaması kaburga (2,8), tarak kemikleri (2,8) ve femur örneklerinde (2,9) teorik oranın üzerindedir. Klepinger'in (1986) çalışmasında tespit ettiği Morgantina kemik örnekleri; 2,15-2,30 aralığındadır. Zapata ve ark., (2006), La Molineta ve Calle Era bölgesinden elde ettiği hayvan ve insan kompakt kemiklerinde; 2,30-2,50 aralığında tespit etmiştir. Klepinger (1986), bulduğu değerleri normal sınırlar içerisinde değerlendirirken, Zapata ve ark., (2006), diyagenez ile değiştiğini düşünmüştür. Analiz edilen kemiklerdeki Ca/P oranı Zapata (2016)'nın elde ettiği orandan yüksek olduğundan diyagenezi destekler. Nitekim Özdemir ve ark., (2015), aynı topluluğun femur, humerus ve tibia örneklerini analiz ettiği çalışmada, elde edilen değerleri gömü sonrası değişim olarak tanımlamıştır. Kemik korunma durumunu tahmin etmek için diğer element oranlarını değerlendirmek yerinde olur.

Arkeolojik kemiklerde kirletici olduğu tespit edilen demir ve manganın birbirine oranı (Fe/Mn) kemik hakkında fikir verebilir (Stipisic, 2014). Bu iki element kemikte kalsiyumun yerini alma eğilimi göstermektedir. Fe/Mn oranı, femurda (0,95 ppm) ve taraklar kemiklerinde (0,82 ppm) birbirine yakındır. Kaburga kemiklerinde (2,26 ppm) oldukça yüksektir. Tüm kemiklerde Fe/Mn oranı istatistiksel olarak anlamlılık sergiler. Stipisic ve ark., (2014)'nın, Erken Ortaçağ Dönemi Hırvatistan topluluklarının beslenme modelinin incelediği çalışmasında, Fe/Mn oranlarının Ostrovica kemiklerinde 39,49, Naklice kemiklerinde 11,63 bulmuştur. Bu sonuçlara göre Naklice kemiklerinin korunma durumunu diğer bölgeye göre iyi olarak yorumlamış, yanı sıra her iki bölge içinde demir ve manganı diyagenez ile ilişkilendirmiştir. Tepecik-Çiftlik kemiklerinin Hırvatistan örneklerine göre daha iyi korunmuş olduğu görülür. Kemik grupları arasındaki oranlar karşılaştırıldığında ise femur ve tarak kemiklerinin kaburgadan daha iyi korunduğu söylenebilir.

Kemik durumunun değerlendirilmesinde stronsiyumun kalsiyumun ile ilişkisi önemlidir. Özellikle kalsiyuma oranlanması ile elde edilen değer (Sr/Ca) hem kemik korunma durumunun değerlendirmesinde hem de beslenme biçiminin tahmininde kullanılabilir. Bu bölümde bu oran ile kemik korunma durumu değerlendirilecektir.

Sr/Ca oranı referans çalışmalarda kullanıldığı gibi, kaburga ve tarak kemikleri için ($[Sr (\mu g)/(10.000.Ca (\%))] \times 1000$), femur için ($[Sr (\mu g)/(1000.Ca (mg))] \times 1000$) formülleri ile hesaplanmıştır (Sillen ve Kavanagh, 1982). Bu formüle uyarlandığında femur için 2,02, kaburgalar için 2,34, tarak kemiklerinde 2,28'dir. Sr/Ca oranının 2'den yüksek olması, stronsiyumun yüksek ve kalsiyumun düşük olması ile ilgilidir. Bu oranlar kemik gruplarında anlamlılık sergilememiştir. Tepecik-Çiftlik örneklerinde kalsiyumun normal değerlerin altında olması, bu oranın yükselmesine etkili olmuştur. Dolayısıyla bu oran da diğer belirteçler gibi örneklerin iyi korunmamış olduğu sonucunu destekler. Kemik grupları arasında kıyaslama yapıldığında, kaburga kemiklerinin tarak kemikleri ile femura kıyasla daha yakın olduğu görülmektedir. Bu oran femur örneklerinde oldukça az bir fark göstermekle birlikte düşüktür. Oysa tarak kemiklerinin benzer yapıya sahip femur ile yakın değerler vermesi beklenirken, trabeküler yapıya sahip kaburga ile benzer olduğu görülür. Bununla birlikte kaburgaların korunma durumunun diğer kemiklere kıyasla

düşüktür. Genel olarak çalışmada kullanılan tüm kemik gruplarının gömü şartlarından etkilendiği görülür.

Arkeolojik beslenme araştırmalarında kemiğin gömülü olduğu süreçte geçirdiği değişimleri değerlendirirken toprağın ve kemiğin yapısal özellikleri dâhil birçok etkenin değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu çalışmada iskeletlerin çıkarıldığı katmanlardan alınan toprak örneklerinde tespit edilen pH nötrden alkaliye kaymaktadır (Çizelge 4.2) Kemiğin hidroksiapatit bileşeninin, örneklerde elde edilen pH değerine sahip olan topraklarda çözünürlüğünün az olduğu tespit edilmiştir (Pate ve ark., 1989). Tepecik-Çiftlik kemik örnekleri bu sonuç ile uyumluluk göstermemiştir. Bununla birlikte fosfat pozisyonundaki karbonatın yüksek olmasının çözünürlüğü arttırdığı belirtilmektedir (Pate ve ark., 1989). Nitekim örneklerdeki fosforun düşük seviyeleri için karbonatın etkili olma olasılığı üzerinde durulmuştur (Zapata, 2006). Dolayısıyla alkali pH'nın ölçülmesi bu olasılığı güçlendirmektedir.

Tarih öncesi toplulukların beslenme alışkanlıklarını belirleyen araştırmalarda kemiğin geçirdiği değişim sürecinden kaynaklı hataları en az indirmek için önerilen yöntemlerden biri çalışmaya dâhil edilen kemiklerin iyi görünümlü olmalarıdır (Farnum, 2008). Bununla birlikte iyi görünümlü bir kemik için belirlenmiş herhangi bir kıstas yoktur. Çalışmaya dâhil edilen kaburga ve tarak kemikleri seçilirken bu öneri değerlendirilmiş olmasına rağmen, kemiğin korunma durumu belirteçleri olan element oranlarına bakıldığında bu öneriyle örtüşmediği görülür (Çizelge 2.5). Örneğin, çok iyi (1) olarak değerlendirilen TP12-SK70 numaralı erişkin kadın bireyin kaburgası 3 element oranı açısından ortalamaların üzerindedir. Bu bireyin kaburgasındaki Fe/Mn oranı da 12,00 ile en yüksek değeri vermiştir. Elementler açısından değerlendirildiğinde bu bireyin kemiklerinde diyagenezin etkisi görülmektedir. Bir diğer örnek ise, orta (3) olarak değerlendirilen TP12-SK78 numaralı erişkin erkek bireyin sadece Ca/P oranının yüksek olmasıdır.

Örneklerde olduğu gibi iyi görünümlü olarak değerlendirilen kemiklerin elementel açıdan kirlenmiş olması, kötü görünümlü olarak nitelendirilen kemiklerde ise kirletici element oranlarının düşük olması bu öneriyle uyumluluk göstermemiştir. Yanı sıra parçalanmış kemikten elde edilen element oranları ile tümü kullanılan kemiklerdeki oranların farklılık göstermiyor olması da bu çalışmada karşımıza çıkan bir başka sonuçtur. Bununla birlikte

tüm kemik grupları için Ca ve P elementleri ile Ca/P, Sr/Ca ve Fe/Mn oranları genel olarak değerlendirildiğinde korunmanın iyi olmadığı görülmektedir. Analizi yapılan kaburga örneklerinin korunma durumunun diğer kemiklerden düşük olması, arkeolojik çalışmalarda kaburganın diyageneze daha açık olduğu sonucuna uygun görünmektedir.

Kılınç ve ark. (2016a), aynı alandan elde edilen ve Neolitik döneme (yaklaşık M.Ö. 8300) tarihlendirilen örneklerde genetik analizler ile tarımın Anadolu'dan Avrupa'ya geçişini araştırmışlardır. Bu çalışmada petrus kemiği ve dişlerden aDNA elde edilmiş, aDNA ekstraksiyonu için kemiğin hem organik hem de inorganik bileşeninden yararlanılmışlardır (Kılınç ve ark., 2016b). Tepecik-Çiftlik örneklerinden aDNA elde edilmiş olması kemiklerin iyi korunmuş olduğunu düşündürse de elementel içerik açısından aynı sonuçları vermediği görülür. Benzer bir çalışma Sutlovic ve ark. (2014) tarafından yapılan analizlerde de görülmektedir. Bu çalışmada Geç Roma Dönemine tarihlendirilen Split, Hırvatistan arkeolojik alanından elde edilen femur kemiklerinden DNA elde edebilmiş olmasına rağmen, eser element analizlerine bakıldığında kemik kalsiyumunun %33,97 seviyesinde olduğu görülür.

Kemik gruplarında elementlerin davranışını ve birbiriyle olan ilişkisini incelemek örneklerin diyagenez süreci hakkında bilgi verebilir.

5.2. BESLENME MODELİNİ YANSITAN ELEMENTLER

Kemiklerde bulunan stronsiyum miktarları büyük oranda beslenme ile ilgilidir. Beslenme ile alınan stronsiyum kemikte kalsiyum yerine geçme eğilimi gösterir. Bu davranış kemiğin gömülü olduğu süreçte de devam eder. Bu nedenle tespit edilen stronsiyum değerleri her zaman beslenme modeli ile açıklanamaz. Bazı arkeolojik çalışmalarda kemik korunma durumunun tespitinde de kullanılmıştır (Lopez-Costas ve ark., 2016).

Arkeolojik kemiklerde referans olarak kabul edilen stronsiyum miktarı 1000 ppm'nin altındadır (Zapata, 2006; Ezzo, 1994b). Hepçil beslenen modern omnivorlarda 150-400 µg/g olduğu tespit edilmiştir (Özdemir ve ark., 2015). Analizi yapılan tüm kemiklerde stronsiyum miktarının arkeolojik kemiklerde beklenen sınırlar içerisinde kaldığı görülür (Çizelge 4.1). İstatistiki analizlerin sonuçlarına göre stronsiyumun tüm kemik grupları

arasındaki farklılığı anlamlıdır (Çizelge 4.3). Anadolu’da Erken Tunç Çağı’na tarihlendirilen İkiztepe Topluluğunun beslenme biçiminin araştırıldığı çalışmada Özdemir (2008), yetişkinlerin femur kemiklerindeki stronsiyumun ortalama değerini 722,21 ppm olarak bulmuştur. Kemikte tespit edilen bu oranın hem biyojenik sınırlar içerisinde hem de kemik külünde topraktan daha yüksek olduğu vurgulanmış ve beslenme ile gelen “represantatif element” sınıfında değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar Tepecik-Çiftlik topluluğunun femur örneklerindeki (712,2 ppm) stronsiyum değerleri ile benzer, kaburga (853,1 ppm) ve tarak kemiklerinden (839,7 ppm) düşüktür (Çizelge 4.1). Analizi yapılan üç kemik grubunda stronsiyumun miktarları biyojenik sınırlarda ve topraktan yüksek değerler sergiler. Bu durumda stronsiyumun gömü sonrası değişimlerden daha az etkilendiğini gösterir. Özdemir ve ark., (2015) Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğunun beslenme modelini değerlendirdiği diğer çalışmada, benzer şekilde stronsiyum değerleri ortalamasının biyojenik sınırlar içerisinde kaldığını, buna karşın diyagenez olasılığını da düşündüğünü belirtir. Örneklerdeki stronsiyum, Lambert ve ark., (1982)’nin yaptığı araştırmada kullandığı Gibson arkeolojik alanındaki femur (200 ppm) ve kaburga (192 ppm) ile Ledders alanındaki femur (155 ppm) ve kaburga (158 ppm) yaklaşık 3,5-4 kat yüksektir. Buna karşın Zapata’nın (2006), 4 ve 6. Yüzyıla tarihlendirilen, Puerto de Mazzaron arkeolojik alanında elde ettiği erişkin (985 ppm) ve genç bireylerin (1098 ppm) kompakt kemikteki miktarlarından düşüktür.

Tarih öncesi toplumların beslenme modelinin araştırıldığı çalışmalarda, stronsiyum miktarlarının örnek grupları arasındaki değişim katsayısının (CV) %20-30’un altında olması, stronsiyumun beslenme ile geldiği, diyagenezi yansıtmadığı kabul edilir. (Sillen, 1981). Tüm örneklerde değişim katsayılarının belirtilen sınırların altında kalması, Tepecik-Çiftlik kemik örneklerindeki stronsiyumun beslenme ile ilgili olduğunu fikrini destekler. Değişim katsayısı ile birlikte kazı alanında bulunan faunal kemiklerdeki değerlerin diyagenez tespitinde kontrol amacıyla kullanılabileceği belirtilmektedir. Ancak bu karşılaştırma yapılırken Sr konsantrasyonunun otçul beslenen türlerde, hepçil veya etçil beslenen türlerin kemiklerine göre yüksek olabileceği de göz önüne alınmalıdır (Price, 1989). Tepecik -Çiftlik kazı alanından elde edilen ve çalışmada kullanılan hayvan türleri otçul beslenme biçimine sahip olduğundan (keçi, sığır koyun, geyik), stronsiyum miktarlarının insan kemiklerine göre yüksek olması (923,7 ppm) bu sonuçlar ile uyumludur (Çizelge 4.1). Hayvan kemiklerinden elde edilen Sr konsantrasyonları

arkeolojik kemikler için beklenen referans değerin altında ancak sınıra yakındır. Değişim katsayısı diyagenezi düşündürmez. Topraktaki stronsiyum miktarının kemiklerden düşük olması bu düşüncüyü destekler.

Stronsiyumun kemiklerdeki davranışını değerlendirmek için aynı bireyden alınan kemik gruplarındaki miktarların karşılaştırması yapıldığında ilginç bir sonuç ile karşılaşılır. TP10-SK21A numaralı erişkin bir erkekte, kalsiyumun femurda kaburgaya göre yüksek olması beklenen bir sonuç olmasına karşın, stronsiyumun femurda en düşük değeri vermesi beklenmediktir (Çizelge 5.1). Bununla birlikte metatarsal ve metakarpalin birbirlerinden farklı sonuçlar vermiş olması en azından bu örnekler için, stronsiyumun kemik içerisindeki davranışının öngörülemez olduğunu düşündürmektedir. TP07-SK58 numaralı erişkin bir kadına ait bireyde kalsiyum tüm kemiklerde benzerdir. Buna karşın stronsiyum oranları çeşitlilik sergiler. Tarak kemikleri femur ve kaburga ile benzerlik göstermez. Benzer çeşitlilik TP12-SK77 numaralı yaşlı erkek birey için de geçerlidir.

Çizelge 5.1: Aynı Bireydeki Kemikler Arası Stronsiyum Varyasyonları.

İskelet No	Cinsiyet	Yaş	Kemik	Ca (%)	Sr (ppm)	Sr/Ca
TP10-SK21A	Erkek	Erişkin	Femur	39,09	621,5	1,59
			Kaburga	37,78	750,3	1,99
			Metatarsal	37,69	805,9	2,14
			Metakarpal	32,79	694,1	2,12
TP07-SK58	Kadın	Erişkin	Femur	36,26	592,2	1,63
			Kaburga	36,06	795,9	2,21
			Metatarsal	36,53	900	2,46
			Metakarpal	36,91	850,7	2,30
TP12-SK77	Erkek	Yaşlı	Femur	37,54	611,6	1,63
			Kaburga	40,05	845,7	2,11
			Metatarsal	37,98	810,5	2,13

Arkeolojik çalışmalarda, stronsiyumun fizyolojiye, yaşa ve cinsiyete bağlı süreçler ile değiştiği tespit edilmiştir. Kadınlarda stronsiyum miktarlarının erkeklerden daha yüksek olması beslenmede farklılıklar ile açıklanabileceği gibi emzirme süreci ile de ilişkilendirilebilir (Blakely, 1989). Çizelgede görülen kadın, erkek ve yaşlı erkek bireylerden elde edilen miktarlar fizyolojik koşulları açıklamak için yeterli görünmemektedir.

Kemiklerdeki stronsiyumun kalsiyuma oranlanması kemik korunma durumunun yanı sıra beslenmeye dâhil olan gıdaların tespiti açısından kullanışlıdır. Sr/Ca oranı ile beslenmeye dâhil olan hayvansal ve bitkisel gıdaların oranları tespit edilebilir. Sillen ve Kavanagh (1982), bitkilerin stronsiyuma karşılık kalsiyumu ayırt edememelerinden kaynaklı olarak bu oranın 3,0 ve 6,0 (mgSr/gCa) aralığında olduğunu belirtir. Ette ise bu oranın bitkilerden daha düşük olması beklenir (Silen ve Kavanagh, 1982). Bu çalışmanın konusu Tepecik-Çiftlik topluluğunun beslenmesine dâhil olan hayvansal ve bitkisel gıdaların oransal değerlerinin tespiti olmadığından Sr/Ca oranı, kemik grupları içerisindeki benzerlik ve farklılıkları açısından değerlendirilecektir.

Sillen ve Kavanagh (1982), Sr/Ca oranlarının femur ve kaburga örnekleri için karşılaştırılabilir veya femur aleyhinde yükseldiğine dikkat çeker. Canlının ölümü öncesinde, mevsime bağlı olarak besinlere ulaşılabilirliği ile bu miktarları açıklanabileceğini düşünülür. Tepecik-Çiftlik topluluğunun femur örneklerindeki seviyelerin diğer kemiklere göre düşük olması bu sonuçlar ile uyumluluk göstermemiştir.

Çizelge 5.2: Stronsiyum'un Diğer Elementler ile Korelasyonu.

Kemik türü/ Element	Sr-Ca	Sr-Zr	Sr-Al	Sr-U
Femur	0,134	0,854	0,213	-0,090
Kaburga	0,386	0,226	0,007	0,414
Parmak Kemikleri	0,506	0,406	0,580	-0,128

Femurda stronsiyumun, kalsiyum, baryum ve zirkonyum ile pozitif korelasyonu anlamlılık sergiler (Çizelge 3.8). Baryum elementi de stronsiyum gibi beslenme veya gömü sonrasında kemiklere katılır ve kemik kalsiyumunun yerini alır. Bu durumda stronsiyum ile korelasyonu normal, kalsiyum ile korelasyonu beklenmediktir. Baryum-stronsiyum ilişkisi tarak kemiklerinde de anlamlılık sergiler. Buna karşın stronsiyumun femurda zirkonyum ile anlamlı korelasyonu, toprakla birlikte hareket ettiğini düşündürür. Tarak kemiklerinde ise sodyum ve alüminyumun, stronsiyum ile oluşturduğu lineer ilişki dikkat çekicidir. Toprakta gelen alüminyum, arkeolojik kemiklerde yüzeye tutunan (Janos, 2011) veya az miktarda iç yüzeyde dağılım sergileyen bir elementtir (Lambert ve ark., 1983). Dolayısıyla her ne kadar yıkanarak ve kazıyarak kemik yüzeyinden

uzaklaştırılmış olsa da kemiğin iç taraflarına nüfus ederek kirlilik oluşturabilir. İki element arasındaki korelasyon stronsiyumun gömü sonrası arttığını gösterir. Bu durumda tarak kemiklerinin fiziksel diyageneze açık olduğu düşünülebilir (Çizelge 5.2).

Kaburga örneklerinde sadece uranyum ile anlamlı pozitif ilişki görülmektedir. Kemiğe girişi yer altı sularından kaynaklı olan uranyumun (Millard ve Hedge, 1995) stronsiyum ile bu ilişkisi bu kemik grubunun diyagenez sürecinden etkilendiğini düşündürür. Bu süreç diğer kemik gruplarına benzerlik göstermez. Dolayısıyla stronsiyumun analiz edilen kemiklerdeki oranları, her kemiğin farklı şekilde diyagenez sürecine maruz kaldığını gösterir. Bununla birlikte femur ve tarak kemiklerinde stronsiyum birikimi ve davranışı açısından bir benzerlik görülmemiştir.

Gerek beslenme gerekse gömü sonrası stronsiyum ile benzer davranışa sahip diğer element baryumdur. Bu elementin arkeolojik kemiklerde 1000 ppm altında olması durumunda diyagenez düşünülmez (Ezzo, 1994b). Zapata (2006), modern kemiklerde baryumun 50 ppm olduğunu belirtir. Çalışmasına konu olan yetişkin (148 ppm) ve yetişkin olmayan (168 ppm) bireylerdeki baryum miktarlarını diyagenez ile ilişkilendirmiştir. Tepecik-Çiftlik topluluğunun baryum miktarları femurda (492,5 ppm) toprak (519,5 ppm) ile yakınlık gösterir. Kaburga (648,3 ppm) ve tarak kemiklerinin (688,1 ppm) birbirine yakın ancak toprak örneklerinden yüksek olduğu göze çarpar (Bknz. Çizelge 4.1). Örneklerin tümünde baryum, modern kemiklerden yüksek, arkeolojik kemiklerde beklenen değer in altındadır. Özdemir'in (2008), İkiztepe topluluğundan elde ettiği miktarlara göre yüksektir (erkekler 197,96 ppm; kadınlar 201,88 ppm). Nitekim bu miktarlar diyagenezi düşündürmemiştir. Gerek kemiklerdeki miktarları gerekse değişim katsayılarının %20-30 aralığında olması bu çalışma içinde baryumun gömü sonrası değişim gösterdiğini düşündürmez. Buna karşın tarak kemiklerinde baryumun kirlletici olarak değerlendirilen sodyum ve alüminyum ile ilişkisi, toprak ile geldiği fikrini verir (Çizelge 4.12). Bu fikri destekleyen diğer ilişki femurda zirkonyum ile gözlenir (Çizelge 4.8). Kaburgada baryum-arsenik arasındaki anlamlı pozitiflik veren korelasyon, bu kemik grubunun diyagenez sürecinin diğer kemiklerden farklı şekilde maruz kaldığını gösterir. Arsenik kemiğin içerisine genellikle kimyasal diyagenez ile dâhil olmaktadır. Her ne kadar biyogenik sınırlar içinde kalmışsa da baryumun diğer elementlerle olan korelasyonu bu elementin gömü sonrası kemik içerisine hareketini

düşündürmektedir. Bununla birlikte tüm kemiklerde baryumun davranışı farklılık göstermektedir.

Magnezyumun kemiklerde beslenme ile ilişkilendirilen diğer bir elementtir. Arkeolojik kemiklerde 1000-10.000 ppm aralığında olması beklenir. Vücuda alınan magnezyumun 2/3'ünün kemiğin apatit kristaline ve çoğunlukla yüzeye yakın kısma bağlandığı tespit edilmiştir (Ezzo, 1994b). Yanı sıra magnezyum gömü süresince hem topraktan kemiğe hem de kemikten toprağa hareket edebilir (Lambert ve ark., 1983). Tepecik-Çiftlik arkeolojik alanından edilen toprak örneklerindeki (5248,5 ppm) magnezyum miktarı kemiklerden yüksektir. Üstelik kemikte tespit edilen miktarlar arkeolojik kemiklerde referans değerlerin hayli altındadır. Faunal kemiklerdeki (513,0 ppm) magnezyum değeri femur (487,9 ppm) ile yakınlık gösterir. Femurda tespit edilen magnezyum miktarı, kaburga (183,7 ppm) ve tarak kemiklerinden (186,4 ppm) neredeyse 3 kat fazladır. Buna karşın magnezyumun kemikler arası farklılaşması anlamlılık vermemiştir ($p=1,74E-50$). Tespit edilen magnezyum seviyeleri, İzci'nin (2013), Camihöyük'te Helenistik döneme tarihlendirilmiş kaburga kemiklerinden (ort.56,58 ppm) yüksek, Özdemir'in (2008) İkiztepe Tunç çağı topluluğunda tespit ettiği femur kemiklerinden (erkek 2085,12 ppm; kadın 2237;09 ppm) düşüktür. İzci (2013), kemik ve topraktaki miktarların benzer olması nedeniyle diyagenezden şüphelenmemiştir. Özdemir (2008), topraktaki magnezyumun kemik külünden yüksek olası nedeniyle bu elementi kontaminatif olarak değerlendirmiştir. Janos ve ark., (2011)'nin NAN (Nagyserkesz-Nádasibokor) arkeolojik alanında tespit ettikleri toprak (6646 ppm) ve vertebra (410 ppm) magnezyum miktarları, Tepecik-Çiftlik toprak ve femur örneklerine benzerlik gösterir. Araştırmacılar bu azalmayı, magnezyumun kemikten toprağa hareketi ile açıklamışlardır. Dolayısıyla Tepecik-Çiftlik örneklerindeki magnezyumun diyagenez sürecinden etkilendiğini düşünmek yanlış olmaz. Aynı bireyde kemikler arası magnezyum miktarlarına bakıldığında kaburga ve tarak kemikleri benzerlik gösterirken femur farklılaşır (Çizelge 5.3). Femurdaki magnezyum seviyelerinin diğer kemiklere kıyasla yaklaşık iki kat artmış olması diyagenez şüphesini destekler.

Çizelge 5.3: Aynı Bireydeki Kemikler Arası Magnezyum Varyasyonları.

İskelet Numarası	Cinsiyet	Yaş	Kemik	Mg
TP10-SK21A	Erkek	Erişkin	Femur	516,67
			Kaburga	204,00
			Metatarsal	186,00
			Metakarpal	180,00
TP07-SK58	Kadın	Erişkin	Femur	483,33
			Kaburga	174,00
			Metatarsal	192,00
			Metakarpal	180,00

Magnezyum tüm kemik gruplarında kalsiyum ile korelasyonu pozitifdir. Bu durum magnezyumun kemik kalsiyumunun yerine geçmediğini gösterir. Diğer elementler ile gösterdiği anlamlı pozitif korelasyonu açıklamak ise biraz güçtür. Özellikle tarak kemiklerinde kirletici olarak tanımlanan zirkonyum, alüminyum, sodyum ve potasyum ile olan pozitif korelasyon ilginçtir. Bu dört element kemikte yüksek miktarlarda bulunur. Kemik içine taşındıkları sırada magnezyumunda benzer davranışı gösterdiği görülür. İki yönlü hareket gösteren bu elementin kemik gruplarında azalması, kemikten toprağa süzülme hızının daha yüksek olmasından kaynaklı olduğunu düşündürebilir. Ancak bu düşüncüyü destekleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Magnezyumun arkeolojik kemiklerdeki davranışı genellikle belirsiz olarak değerlendirilir (Lambert ve ark., 1984). Buna rağmen Tepecik-Çiftlik femur ve tarak kemikleri için magnezyum açısından benzerlik görülmemesi çalışmanın hipotezini desteklememektedir.

Beslenme ile ilişkili olan bir diğer element çinkodur. Bu elementin kemiklerdeki miktarları, beslenme ile alınan protein tahmininde kullanılmaktadır. Modern kemiklerde çinko miktarının 200 ppm altında olduğu belirtilmektedir (Zapata 2006). Arkeolojik kemiklerde 1000 ppm'nin altında olması biyojenik sınırlar içinde kaldığını düşündürür (Ezzo, 1994b). Protein içeren gıdalarda yüksek miktarda çinko olması, beslenmeye dâhil olan hayvansal veya bitkisel gıdalar hakkında bilgi verebilir. Bununla birlikte çinkonun beslenme modeli yapılandırma çalışmalarında değerlendirilmesi oldukça karmaşık bulunur. Lambert ve ark., (1983), elementlerin kemik içerisindeki dağılımını inceledikleri bir çalışmada çinkonun, femurun iç tarafında homojen bir dağılım gösterdiğini tespit

ederek, bu elementin beslenme ile ilgili olduğunu vurgulamıştır. Bazı araştırmacılar ise beslenmeye dâhil olan fitatların çinko emilimini azaltmasından dolayı bu element için elde edilen seviyelerin, bu faktör göz önüne alınarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgular (Ezzo, 1994a; Ezzo, 1994b). Bir diğer çalışma çinkonun beslenme ile gelip gelmediği değerlendirilirken, antagonist etki gösteren iki değerlikli Cu, Ag, Cd, Pb ve Hg gibi elementlerin emilimini azaltabileceğinin dikkate alınması gerektiğini belirtir (Jurkiewicz ve ark., 2004).

Çinko ile beslenme biçimine göre farklı oranların görülebileceği diğer element ise stronsiyumdur (Janos ve ark., 2011). Bu ilişki yer değiştirmeden ziyade stronsiyumun bitkisel beslenmede yükselmesi ile ilişkilidir. Protein oranı yüksek gıdaların tüketimi çinko seviyelerini arttırırken, beslenmeye dâhil olan bitkisel besinler stronsiyum seviyelerini arttırmaktadır. Dolayısıyla bu iki elementte negatif korelasyon beklemek yanlış olmaz.

Gümüş, kadmiyum ve civa çalışmada kullanılan kemiklerde analiz edilmemiştir. Buna karşın hiçbir kemik grubunda stronsiyum, bakır ve kurşun ile negatif korelasyon görülmemiştir. Aksine tarak kemiklerinde çinko ve bakır arasındaki pozitif ilişki anlamlıdır (Çizelge 4.12). Bu ilişki diyagenezin bir sonucu olarak iki elementin beraber yükseldiğini göstermektedir. Aynı kemik grubunda demir ve manganın çinko ile gösterdiği anlamlı pozitif korelasyon diyagenez düşüncesini desteklemektedir. Femurda manganın çinko ile korelasyonu tarak kemikleri ile benzerdir (Çizelge 4.12). Yanı sıra demir ile negatif korelasyon sergiler. Kaburgada ise çinko sodyum ile doğrusal ilişkisi açısından benzerlik gösterir. Kaburgada arsenik ile negatif korelasyonu anlamlıdır. Bu veriler neticesinde çinkonun tüm kemiklerde farklı davranmasına rağmen gömü ortamından etkilendiği düşünülebilir.

Örneklerdeki çinko seviyelerine bakıldığında, femurun diğer örneklerden farklılaştığı ve toprak ve faunal örnekler ile benzediği açıkça görülmektedir (Çizelge 4.1). Bu miktarlar Lambert ve ark., (1982)'nin çalışmasında kullandığı Gibson örneklerinde olduğu gibi kaburga ve femur ile benzer değerler sergilememiştir. Dolayısıyla en azından kaburgalardaki seviyelerin beslenmeyle gelen çinko miktarını yansıtmadığı görülür. Anadolu'da Erken Tunç Çağına tarihlendirilen İkiztepe femurlarında tespit edilen çinko (241,9 ppm), Tepecik-Çiftlik topluluğunun kaburga (307,3 ppm) ve tarak kemiklerinden

düşük (297,6 ppm), femur örneklerinden (158,4 ppm) yüksektir (Özdemir, 2008). Erken Bronz Çağa tarihlendirilen Adramytteion topluluğun kaburgalarında kadınlar için tespit edilen çinko seviyeleri femur ile benzer, erkek kemiklerinden düşüktür (Güner ve ark., 2012). Kaburga ve tarak kemikleri her iki cins için tespit edilen oranların üzerindedir. Her iki çalışmada da topraktaki çinko düzeyleri kemiklerden düşüktür. Özdemir (2008, 2009) bu oranları diyagenez ile ilişkilendirmezken, Güner ve ark., (2012), kemik/toprak oranlamasına dayanarak çinko için elde ettiği 2,67:1 değerini diyagenez ile ilişkilendirmiştir.

Tepecik-Çiftlik örneklerinde bu hesaplama ile elde edilen değerler femur için 1,08:1, kaburga ve tarak kemikleri için sırasıyla 2,11:1 ve 2,05:1'dir. Benzer şekilde değerlendirilirse femurun aksine, kaburga ve tarak kemiklerinde çinko açısından diyagenez etkisi düşünülebilir. Bu iki kemik grubundaki ortalamalar arkeolojik kemikler için beklenen seviyelerin altında, modern kemiklere göre yüksektir. Yanı sıra toprak ve faunal kemiklerin kaburga ve tarak kemiklerinden düşük seviyelere sahip olmalarına rağmen kirletici elementler ile doğrusal ilişkisi, diyagenez fikrini destekler. Femurdaki elementler arası korelasyonda bu kemik grubu için aynı sonucu desteklediğinden diğer kemikler kadar olmasa da gömü ortamından kaynaklı değişimleri akla getirmektedir.

Çinko ile bakırın arkeolojik kemiklerdeki ilişkisi antagonist (zıt) olmasına rağmen, bu element beslenme ile ilişkili olarak değerlendirilir. Kemiklerdeki varlığı ile beslenmeye katılan hayvansal proteinlerin tüketimi hakkında bilgi edinilebilir (Özdemir, 2008). Arkeolojik kemiklerde 10 ppm'nin altında olması normaldir (Ezzo, 1994b). Modern kemiklerde 30 ppm olduğu tespit edilmiştir (Zapata, 2006). Klepinger ve ark., (1986), çoğunlukla kemiğin kolajen bileşenine bağlanan bakırın, örneklerin yakılması sırasında buharlaşabileceğini belirtmektedir. Bu nedenle çalışmasına konu olan Morgantina bölgesindeki Demir Çağ (2,4 ppm), Arkaik Dönem (2,9 ppm) ve Helenistik Dönem (2,8 ppm) kemiklerinden elde ettiği bakır değerlerini düşük bulmuştur. Bu örnekler ile kıyaslandığında 600⁰C'de yakılmış olmasına rağmen Tepecik-Çiftlik topluluğunun femur örnekleri benzer sonucu vermiştir. Kaburga (9,7 ppm) ve tarak kemiklerinde (12,5 ppm) bakır seviyeleri yüksektir. Faunal kemiklerdeki (4,3 ppm) miktarlar ile birlikte değerlendirildiğinde örneklerdeki bakır seviyelerinin buharlaşmaya bağlı olarak düşük olduğu fikri ile uyumluluk göstermez. En yüksek bakır içeriğine sahip tarak kemikleri,

Zapata (2006)'nın analiz ettiği La Molineta (18 ppm) ve Calle Era (16 ppm) yetişkin kemiklerinden düşük seviyededir. Modern kemiklerde beklenen bakır seviyesinin altında olmasına rağmen bakırın gömü sonrasında kemikte yükseldiğini belirtir. Kemik gruplarındaki bakır seviyeleri Adramytteion (erk. 40,66 ppm, kad. 48,37 ppm) ve İkiztepe (erk. 27,26 ppm, kad. 29,73 ppm) örneklerinden düşüktür (Güner ve ark, 2012; Özdemir, 2008). Araştırmacılar Adramytteion örneklerinde bu seviyelerin diğer araştırmalar ile desteklenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Özdemir (2008) ise, topraktaki bakır seviyelerinin kemiklerdeki seviyelerden düşük olması nedeniyle bu elementi beslenme ile ilişkili bulmuştur. Benzer şekilde bakırın topraktaki (52,0 ppm) seviyeleri kemiklerden yüksek olduğundan, Tepecik-Çiftlik örneklerinde bu element için diyagenez sürecini düşünmek mümkündür. Yanı sıra tüm kemiklerde farklılaşan seviyeler bu sürecin tüm kemiklerde farklı şekilde işlediğini göstermektedir.

Çinko ile benzer şekilde, stronsiyum seviyelerinin yükseldiği bireylerde bakır seviyeleri düştüğü görülmüştür (Özdemir, 2008). Stronsiyum ve bakır arasındaki bu ilişki kemik gruplarının tamamında doğrusaldır ve anlamlılık sergilemez. Kaburgada bakır ile doğrusal korelasyon gösteren elementler mangan ve kurşun gibi kirlilik oluşturan elementlerdir. Diğer kirletici elementler olan potasyum, alüminyum ve arsenik ile negatif korelasyonu ile birlikte değerlendirildiğinde kaburgadaki bakırın diyagenez nedeniyle değiştiği görülmektedir. Stronsiyum ile benzer korelasyon gösteren başka örnek yoktur. Femurda ise sodyum ve alüminyum ile anlamlı doğrusal ilişki görülür.

Daha öncede bahsedildiği gibi bakır ile negatif korelasyon beklenen diğer element çinkodur (Jurkiewicz ve ark., 2004). Çalışmada kullanılan kemiklerde bu korelasyon gözlemlenmemiştir. Buna karşın tarak kemiklerinde çinko ile güçlü doğrusal ilişki dikkat çekicidir. Tarak kemiklerinin mangan ve kurşun ile oluşturduğu doğrusal ilişki ise kaburga ile benzer şekilde bakır içeriğinin yükseldiğine işaret eder. Femur ise bakır elementi için tarak kemikleri ile benzerlik göstermemiştir. Bununla birlikte kemik gruplarında bakır seviyelerindeki farklılık istatistiksel olarak anlamlılık sergilememiştir.

Arkeolojik çalışmalarda beslenme biçiminin yeniden yapılandırılmasında Sr, Ba, Mg, Cu ve Zn elementleri önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte magnezyumun arkeolojik kemiklerdeki hareketliliği bu elementin değerlendirilmesini gömü sonrası değişen, diyagenez ile ilişkili element statüsüne getirir. Yanı sıra topraktaki miktarın kemiklerden

yüksek olması bu sonucu destekler. Tüm kemik gruplarında bu elementin gömü sonrası etkisi görülmektedir. Aynı şekilde bakır, beslenme tespitinde kullanılırken beslenme modelinin yeniden yapılandırıldığı çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da gömü sonrası kemiklerde diyageneze neden olmuştur. Diğer elementler için (Sr, Ba, Zn) kemikten düşük toprak seviyelerine rağmen diyagenez daha az hissedilir. Bununla birlikte tüm bu elementler değerlendirildiğinde tarak kemiklerinin element seviyeleri açısından kaburga ile daha benzer olduğu ve femurda farklılaştığı görülmektedir. Bu farklılaşmanın sebeplerini değerlendirebilmek için diyagenez ile ilişkili elementleri incelemek yerinde olacaktır.

5.3. DİYAGENEZ İLE İLİŞKİLİ ELEMENTLER

Demir, beslenme modeli çalışmalarının tümünde kirletici element olarak değerlendirilir. Beslenme ile gelen demirin çoğu, kemiğin organik fazında kolajen ile bağ oluşturur (Klepinger, 1984). Dolayısıyla organik fazı uzaklaştırılmış kemik külündeki miktarları, genellikle bulunduğu topraktaki miktarlar ile karşılaştırılır. Fosil kemikler demir açısından oldukça zengindir (Carvalho, 2008). Parker ve Toots (1970), fosil kemiklerde yaptıkları elektron mikroprob analizinde demirin kemikte kırıkları ve boşlukları doldurduğunu ve özellikle havers kanallarında bulunduğunu göstermiştir. Lambert ve ark., (1979), demirin toprakta kemiklerden daha yüksek oranda bulunmasının kontaminasyon olasılığını arttırdığını belirtmektedir. Tepecik-Çiftlik arkeolojik alanında 3 bölgeden alınan toprak örneklerindeki (24596,3 ppm) demir içeriği ortalaması (Çizelge 4.1) kemiklerden yüksektir. Bu durumda kirlilik oluşturma olasılığı değerlendirilmelidir.

Zapata (2006), modern kemiklerde demir oranlarının 200 ppm'in altında olduğunu belirtmiştir. Modern kemik külü için Hancock ve ark., (1989)'nın referans değeri 90 ppm'nin altıdır. Fosil kemiklerdeki demir içeriğinin normal kemiklere oranla 200 kat daha fazla olduğunu belirtilir (Jurkiewicz ve ark., 2004). Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST)'nün kemik külü için belirlemiş olduğu demir içeriği 660 ± 27 ppm'dir (Carvalho, 2008). Ezzo (1994b) ise daha önce yapılmış bir çalışmada bu değer 400±300 ppm seviyesinde olduğunu belirtir. Görüldüğü gibi demir için belirlenmiş standart değer yoktur. Çalışmaya dâhil edilen kemiklerdeki analizlere göre, kaburga (289,1 ppm) ve tarak kemikleri (188,3 ppm), Zapata (2006)'nın kullandığı modern kemik değerine yakın,

Ezzo (1994b) ve Carvalho (2008)'nın fosil kemikler için belirttiği değerlerden düşüktür. Kaburga kemikleri için Anadolu'dan en yakın örnekler Camihöyük Helenistik topluluğunun element analizleridir. İzci ve ark., (2013), demir miktarlarını topluluğun erkek bireylerinde 230 ppm, kadınlarda ise 295 ppm düzeyinde bulmuştur. Demirin topraktaki oranı (1278 ppm) kemiklerden yüksektir. Bu nedenle bu oranları diyagenez ile ilişkilendirmiştir (İzci ve ark., 2013). Tespit edilen miktarlar Tepecik-Çiftlik tarak kemiklerinin üzerindedir. Faunal kemiklerdeki demir miktarı topraktan düşük ancak tüm kemiklerden yüksektir. Bu sonuçlar ışığında Tepecik-Çiftlik örneklerinde demirin diyaganetik etkisi açıkça görülmektedir. Bu düşünce femur (57,3 ppm) örnekleri ile desteklenir. Femurda tespit edilen demir miktarı her ne kadar Hancock ve ark., (1989)'nın kullandığı referans değerinin altındaysa da en düşük (5,0 ppm) ve en yüksek (556,0 ppm) arasındaki fark aynı kemik grubundaki varyasyona dikkat çeker. Benzer varyasyon tarak kemiklerinde de görülür. Kaburgadaki varyasyon ise oldukça yüksektir.

Değerlendirilen tüm örneklerde en düşük birikim femurdadır. Kaburgalarda demir birikimi femur değerinden yaklaşık 5 kat, tarak kemiklerinde ise 3 kat yüksektir. Femur için Anadolu'dan en yakın örnek Erken Tunç Çağına tarihlendirilen İkiztepe topluluğudur. Özdemir (2008)'in, bu topluluğun yetişkin femurlarında (339,5 ppm) tespit ettiği miktar, Tepecik-Çiftlik femur örneklerinden 5 kat yüksek, kaburga örnekleri ile benzerdir. Bu nedenle kirletici element olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.4: Aynı Bireydeki Kemikler Arası Demir Varyasyonları.

İskelet Numarası	Cinsiyet	Yaş	Kemik	Fe
TP10-SK21A	Erkek	Erişkin	Femur	5,71
			Kaburga	145,32
			Metatarsal	302,4
			Metakarpal	284
TP07-SK58	Kadın	Erişkin	Femur	5,71
			Kaburga	177,24
			Metatarsal	219,73
			Metakarpal	157,01
TP12-SK77	Erkek	Yaşlı	Femur	6,71
			Kaburga	180,88
			Metatarsal	79,8

ANOVA analizlerine göre, demirin tüm kemik gruplarında farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.3). Bununla birlikte standart sapmanın yüksek olması nedeniyle kirliliğin farklı kaynaklar yoluyla oluştuğu düşünülebilir. Örneklerdeki en yüksek demir oranı 1060,5 ppm ile erişkin bir kadına aittir (TP12-SK70). Bu iskeletin bulunduğu alanda bu tip kirlenmeye neden olabilecek bir eşya bulunduğuna dair bir veri yoktur. Bu bireyde tespit edilen Ca/P oranı 2,86'dır. İskelet örneklerinde demirin en düşük değeri 3,01 ile TP12-SK67 numaralı erişkin erkek bireye ait metatarsaldir. Bu bireyin kaburga değeri 14,49 ppm iken metakarpal değeri 50,05 ppm seviyesindedir (Çizelge 5.4). Tüm bu sonuçlar demirin iskelet örneklerinde farklı oranlarda kirlilik oluşturduğunu gösterir.

Elementler arası etkileşimin değerlendirilmesi için korelasyon matrisine bakıldığında, femurda demirin diğer elementler ile ilişkisi istatistiksel olarak anlamlılık göstermez. Buna karşın kalsiyum, sodyum, potasyum, alüminyum ve arsenik ile korelasyonu negatiftir. Kaburgada ise demirin, alüminyum ile pozitif korelasyonu istatistiksel olarak anlamlılık verir. Alüminyum da demir gibi kimyasal yapıya dâhil olmayan ve kemikte fiziksel kirlilik oluşturan bir elementtir. Tarak kemiklerinde demir ve çinko arasındaki pozitif ilişki istatistiksel olarak anlamlılık gösterir. Diğer elementlerin çoğu ile korelasyonu negatiftir. Şaşırtıcı olan bir diğer sonuç ise bir toprak elementi olan zirkonyum ile demirin gösterdiği korelasyonun negatif olmasıdır. Bu sonuç istatistiksel olarak anlamlılık vermiyorsa da, toprak aracılığıyla kemiğe katılan bu iki elementin farklı bir davranış sergilediğini gösterir. Bu farklılık örneklerin hazırlığı sırasındaki süreçlerden kaynaklı olabilir.

Topraktaki oranı kemik örneklerinden fazla bulunan diğer element mangandır. Arkeolojik kemiklerde genellikle 10 ppm'nin altındaki değerler biyojenik olarak değerlendirilir (Ezzo, 1994). Bu çalışmada kullanılan kemik grupları biyojenik değerden femurda yaklaşık 10 kat, kaburgada 27 kat ve taraklarda 35 kat yüksektir.

Tüm kemik grupları arasında mangan miktarlarındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,022675$). Bu sonuçlara göre manganın diyagenez etkisi, kemik gruplarında benzerlik göstermez ve bu etkinin en fazla tarak kemiklerinde olduğu görülür. Tarak kemiklerinde manganın davranışı çinko, bakır ve kurşun ile pozitif korelasyon gösterir. Bu korelasyonlar istatistiksel olarak anlamlılık sergiler (Çizelge 8). Kalsiyum ve fosfor ile korelasyonu negatiftir. Bu korelasyonlar istatistiksel olarak anlamlılık

göstermez. Çinko ve mangan arasındaki benzer pozitif ilişki Lopez-Costas ve arkadaşlarının (2016) Lanzada örneklerinde de tespit edilmiştir. Araştırmacılar çinko ve manganın benzer şekilde davranarak kemik içerisine girdiği düşünmüşlerdir. Bu sonuç, Klepinger ve ark. (1986)'nın çalışmasında olduğu gibi manganın kalsiyum ile yer değiştirdiği düşünülebilir. PCA grafiğinde manganın diğer elementler ile pozitif ilişkisi daha net görülmektedir (Çizelge 4.26).

Lambert ve ark., (1983), elementel dağılımı inceledikleri çalışmalarında manganın kemik matrisine doğru homojen bir dağılım gösterdiğini tespit etmiş ve bu sonuçları Parker ve Toots'un (1970) sonuçlarıyla tutarlı bulmuştur. Dolayısıyla kemiğin analize hazırlanması öncesinde uygulanan yıkama süreci ile bu elementin arındırılmamış olması muhtemeldir.

Alüminyumun arkeolojik kemiklerde tespit edilen miktarları genellikle diyagenez ile ilişkilendirilir (Janos, 2011; Özdemir 2008; Lambert; 1979). Vücutta ultra eser element statüsünde olan alüminyumun kemikteki depolanan kısmı düşüktür. Modern kemik külünde bu oranın ≤ 20 ppm olduğunu belirtilir (Zapata, 2006; Hancock, 1989). Arkeolojik kemiklerde 1-100 ppm aralığı normal kabul edilir (Ezzo, 1996b). Diğer kontaminatif elementlerde olduğu gibi toprakta ve kemikte bulunan miktarlarını karşılaştırılarak arkeolojik kalıntılarda oluşturduğu diyagenez hakkında tahminde bulunulabilir (Lambert, 1982). Tepecik-Çiftlik toprak örneklerindeki (28794,7 ppm) alüminyum miktarı kemiklerden yüksektir. Tespit edilen miktarlar, bu elementin tüm kemik grupları için kirletici olduğunu göstermektedir. Özellikle faunal kemiklerde (1138,8 ppm) alüminyum seviyeleri diğer kemik gruplarından oldukça yüksektir. Femur (176,0 ppm) ve tarak kemiklerinde (182,7 ppm) alüminyum miktarı birbirine yakındır. Kaburgaların (356,4 ppm) diğer kemik gruplarından ayrıştığı görülür. Bu ayrışma elementler arası korelasyon açısından da farklılık gösterir. Kaburgada alüminyumun 11 element ile negatif korelasyonu görülmektedir (Çizelge 3.10). Sadece demir ile anlamlı pozitif korelasyonu bu iki elementin kemikte beraber yükseldiği göstermektedir. Buna karşın alüminyumun kemikler arası farklılaşması istatistiksel olarak anlamlılık sergilemez ($p= 0,470062$).

Lambert ve ark. (1982), iki farklı arkeolojik alandan elde edilen kemik örneklerinde femur ve kaburgalardaki alüminyum birikimin farklılığını ortaya koymuş, alüminyumu

tüm kemik gruplarında kirletici olarak tanımlanmıştır. Tepecik-Çiftlik femur ve tarak kemikleri, Gibson alanındaki örneklerin (153 ppm) biraz üzerindedir, kaburgalar ise benzerlik göstermez (Lambert ve ark., 1982).

Anadolu'dan en yakın örnek olan İkiztepe'de, bebek kemiklerinde 428,6 ppm olan alüminyum seviyeleri çocuklarda 82,7 ppm seviyesine düşmüş, orta erişkinlerde 103,5 ppm seviyesine yükselmiştir. Özdemir (2008), analizlerini yaptığı femur kemikleri için bu elementi kirletici olarak değerlendirmiştir. Tespit edilen alüminyum miktarları, Tepecik-Çiftlik örneklerinden farklılık gösterir. Janos (2011)'un, iki farklı arkeolojik alanda, vertebra örneklerinde yaptığı analizlerde tespit edilen alüminyum miktarları (TVN=135 ppm; NAN= 162 ppm) Tepecik-Çiftlik topluluğuna ait femur ve tarak kemiklerine benzer, kaburgalardan düşüktür. Zapata (2006)'nın, kullandığı La Molineta (202 ppm) ve Calle Era (188 ppm) yetişkin kemiklerindeki alüminyum miktarları ise, bu çalışmadaki femur ve tarak kemiklerine yakındır. Tüm çalışmalarda topraktaki alüminyum miktarı yüksek olduğundan, bu değerler gömülme sonrası değişim olarak nitelendirmiştir (Janos, 2011; Özdemir, 2008; Zapata, 2006).

Hancock ve ark., (1989), aynı bireylere ait vertebra, femur, femur başı ve humerus örneklerinden elde edilen miktarları karşılaştırdığında kemik grupları arasında alüminyum için benzer bir farklılaşmaya dikkat çeker. En az birikim humerusda (290 ppm) en fazla birikim ise femur başında (15.800 ppm) görülmüştür. Lambert ve arkadaşları da (1979), benzer şekilde femur ve kaburga kemiklerinde alüminyum birikimin farklılığına dikkat çekmişlerdir. Tüm bu sonuçlar Tepecik-Çiftlik arkeolojik kemiklerinden alınan sonuçlar ile tutarlıdır.

Bireysel bazda incelendiğinde TP12-SK70 numaralı erişkin kadının femurunda alüminyum miktarı 158,67 ppm iken, kaburgadaki miktarı 4350,11 ppm'ye yükselmiştir. Bu sonuç kirlenmenin farklı kaynaklardan geldiğini düşündürür. Kaburgadaki en yüksek alüminyum değeri çıkarıldığında ortalama 174,89 ppm'ye düşer. Böylece femur ve tarak kemiklerine yaklaşır. Tarak kemiklerinde ise ortalamayı yükselten bir çocuğa ait metakarpaldır (245,56 ppm). Bu bireyin femur ve kaburgası analiz edilmemiştir. Metakarpal örneği çıkarılarak yeniden hesaplanan ortalama 178,23 ppm'ye düşer. Dolayısıyla tüm kemiklerdeki alüminyum ortalamaları benzer. Bu nedenle ANOVA analizi anlamlılık vermemiş olabilir.

Alüminyumun kemik hidroksiapatitinde bulunduğuna dair bir veri olmadığı, çoğunlukla kemik yüzeyinde olduğu belirtilir (Ezzo, 1994b). Buna karşın Lambert ve ark., (1983), elektron mikroprob analizi sonucunda alüminyumun kemiğin iç kısmına girme eğilimi olduğunu belirtmiştir. Tarak kemiklerinde, bu elementin zirkonyum ile olan doğrusal ilişkisi kemiğin iç kısmına girdiğini ve ultrasonik banyoda yıkanmış olmalarına rağmen arındırılmamış alabileceğini düşündürmektedir. Benzer yıkama metodunu kullanan Janos ve ark., (2011)'da bu elementi tamamiyle uzaklaştıramamıştır. Zapata (2006), kimyasal ile muamele edilen örneklerinde de benzer sonucu almıştır. Dolayısıyla alüminyumu arkeolojik kemiklerden tamamiyle uzaklaştırmak mümkün olmayabilir.

Tepecik-Çiftlik arkeolojik alanında analiz edilen toprak örneklerinde yüksek miktarda bulunun bir diğer element potasyumdur. Toprakta potasyumun 15.000 ppm'ye kadar yükseldiği ve oldukça hareketli olduğu belirtilir (Ezzo, 1994b). Esansiyel olmasına rağmen vücutta hücrelerarası sıvıda bulunduğundan kemikte yüksek oranda olması beklenmez. Bu nedenle potasyum, arkeolojik kemiklerde diyageneze neden olan elementler sınıfında değerlendirilmektedir (Özdemir, 2008; Lambert, 1979). Kemiklerde 600 ppm'nin altında olduğu tespit edilmesine rağmen arkeolojik kemiklerde potasyumun 1000 ppm'nin altında olması normal kabul edilir (Ezzo 1996). Potasyumun kemikteki miktarları çevreye spesifik olarak farklılık gösterebilir (Lambert ve ark., 1983). Bu çalışmada kemik gruplarında tespit edilen potasyum, bu elementi değerlendiren diğer çalışmalarda elde edilen miktarların oldukça üstünden kalmıştır (Janos, 2011; Özdemir, 2008; Zapata, 2006; Klepinger, 1986). Elektron mikroprobe analizleri ile potasyumun iç ve dış yüzeyde homojen bir dağılım sergilediği tespit edilmiştir (Lambert ve ark., 1983). Bu nedenle topraktan gelen potasyumu yıkama ile arındırmak mümkün olamamış olabilir.

Çalışmadaki tüm kemik grupları için 600 ppm referans olarak kabul edildiğinde, potasyum miktarının diyagenetik etkisi açıkça görülebilir. Femur (2421,1 ppm), kaburga (1754,1 ppm) ve tarak kemiklerinde (1786,6 ppm) tespit edilen seviyeler referans değere göre oldukça yüksek, toprakta (12451,0 ppm) tespit edilen miktardan düşüktür. Femur ve hayvan kemikleri (2359,7 ppm) birbirine daha yakın sonuç verirken kaburga ve tarak kemikleri diğer örneklerden ayrılır.

Elementler arası ilişki kemik gruplarında benzer bir örüntü sergilemez. Femurda potasyumun hiçbir element ile anlamlı korelasyon oluşturamamıştır (Çizelge 4.11). Tarak

kemiklerinde kirletici element olarak tanımlanan alüminyum ve zirkonyum ile pozitif korelasyon sergiler (Çizelge 4.19). Bu sonuç diğer elementlerde varılan toprak varlığı sonucunu desteklemektedir. Kaburgada kurşun ile pozitif korelasyon gösteren potasyum, mangan ile anlamlılık sergileyen negatif ilişki gösterir (Çizelge 4.15). Tüm kemiklerde kalsiyum ile potasyum arasındaki pozitif korelasyon anlamlılık göstermez, ancak pozitifdir. Bu elementin kemik kalsiyumunun yerini almadığı düşünülebilir.

Femur ve tarak kemikleri arasında potasyum için benzerlik görülememiştir. TP10-SK21A numaralı erişkin bir erkek bireyin kaburga ve tarak kemikleri, tüm kemikler içerisindeki en düşük değeri (kaburga 74,68 ppm; taraklar 73,02 ppm) verir. Buna karşın femurunda tespit edilen potasyum miktarı 1471,46 ppm'ye yükselir. TP12- SK 77 numaralı yaşlı erkek bireyde ise femurda en yüksek potasyum değeri olan 6134,10 değeri görülür. Bu bireyin diğer kemikleri kendi grubu içerisinde farklılık sergilemez. Femurun dayanıklı yapısı düşünüldüğünde bu sonuç beklenmediktir.

Potasyum ile benzer şekilde hücrelerarası sıvıda bulunan diğer element sodyumdur. Kemik dokuda da hücrelerarası sıvıda yer aldığından, mineral bileşen ile temas etmemektedir. Hem hücreler için gerekli bir element olması hem de birçok besinde bulunması nedeniyle sodyum miktarları beslenme ile ilişkili olarak değerlendirilir. Kemikte ölçülen sodyum değeri 15.000 ppm'dir. Ancak bunun eser miktarının mineral matriste olduğu belirtilir (Ezzo, 1994b). Hancock ve ark., (1989), modern kemik külünde 9700 ± 1400 ppm olduğunu belirtir. Parker ve Toots (1970), arkeolojik kemiklerdeki sodyumun kalsiyum ile yer değiştirebileceğini öne sürmesine rağmen, elektron probe analizlerine göre fosil ve normal kemiklerdeki sodyumun hemen hemen aynı seviyede olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma sonucunda sodyumun gömü sonrası değişmediği düşünülebilir. Nitekim Klepinger ve ark., (1986), Morgantina'da elde ettiği Demir Çağı (7154 ppm), Arkaik Dönem (7649 ppm) ve Helenistik Dönem (6546 ppm) örneklerinde sodyum seviyelerinin farklılık göstermediğini belirtmiş ve bu seviyelerin beslenme ile ilişkilendirmiştir. Öncelikle bu benzerliğin araştırma alanlarının birbirine yakınlığı nedeniyle olabileceğini düşünmüş, Helenistik Dönem alanının diğerlerine göre uzak olması nedeniyle bu düşüncenin desteklenmediğini görmüştür.

Bununla birlikte Lambert ve ark., (1983), kemikte yaptıkları elementel dağılım analizinde sodyumun iç kısımda homojen bir dağılım sergilediğini görüntülemiş ve bu dağılımın

biyojenik sodyumu gösterdiğini belirtmiştir. Kemiklerin dış kısımlarında gözlemlenen sodyum nedeniyle bu elementin magnezyuma benzer şekilde her iki yönde hareket edebileceği düşünülmüştür. Tepecik-Çiftlik topluluğunun kemik gruplarında sodyum miktarları ilginçtir. Femur (1382,1 ppm), faunal (1379,3 ppm) ve toprak örnekleri (1324,4 ppm) kendi aralarında benzerlik gösterir, kaburga (793,2 ppm) ve tarak kemiklerinin (791,4 ppm) neredeyse 2 katı seviyeye çıkar (Çizelge 4.1). Tüm kemiklerde değişim katsayısının düşük olması ve sodyum seviyelerinin referans değerin altında kalması, bu miktarların biyojenik olduğu fikri ile uyumludur. Sodyumun arkeolojik çalışmalarda kullanımı yaygın olmamasına rağmen Tepecik-Çiftlik topluluğunun tüm kemik gruplarında elde edilen seviyelerin diğer araştırmalardaki seviyelerin altında kaldığı görülür (Hancock, 1989; Klepinger, 1986). Analizi yapılan kemik gruplarında sodyum, Lambert ve ark (1982)'nin çalışmasına konu olan Gibson (femur 6320 ppm, kaburga 4130 ppm) ve Ledders (femur 4910 ppm, kaburga 3710 ppm) örneklerinden oldukça düşüktür. Bu çalışmada araştırmacılar kaburga kemiklerindeki sodyum seviyelerinin femura kıyasla düşük olmasını diyagenez olarak nitelendirmişlerdir. Her ne kadar topraktaki seviyeleri kaburga ve tarak kemiklerindeki seviyelerden yüksekse de, Tepecik-Çiftlik örneklerinde de benzer durum ile karşılaşıldığından aynı yorum yapılabilir. Bununla birlikte sodyumun kemik gruplarında farklılaşması istatistiksel olarak anlamlılık göstermemektedir (Çizelge 4.3).

Tüm kemiklerde sodyumun kalsiyum ve magnezyum ile korelasyonu lineer olduğundan, kemik kalsiyumunun yerini almadığı görülür (Çizelge 4.8- 10- 12). Femur ve tarak kemikleri alüminyum ile sodyum arasındaki doğrusal korelasyon açısından da benzerlik gösterir. Kaburgada bu korelasyon anlamlılık sergilemez ancak negatiftir. Femurda beslenme ile ilişkili olan elementlerin (Mg, Zn, Cu) sodyum ile ilişkisinin doğrusal olduğu görülür. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde Tepecik-Çiftlik kemik örnekleri düşük sodyum seviyeleri nedeniyle gömü sonrası değişim akla gelir. Kemik grupları arasında bu elementlerin davranışı açısından bakıldığında farklı süreçler ile ilişkili olabilecekse de kalsiyumun yerini almamış ve kemik içerisine alüminyum gibi kirletici element ile birlikte hareket etmiştir. Dolayısıyla gömü sonrası değişim fikri ile tutarlılık gösterir.

Toksik bir metal olan arsenik, hayat boyu vücutta kemik dâhil birçok dokuda birirmektedir. Bu birikimin toprak altında da devam ettiği görülür (Özdemir, 2010; Rasmussen, 2008). Modern kemik örneklerinde 0,35- 0,18 µg/g gibi oldukça eser miktarda olduğu tespit edilmiştir (Rasmussen, 2008). Arkeolojik kemiklerde tespit edilen yüksek arsenik içeriği yaşayan birey için toksik etkiye neden olabileceğinden diyagenez ile ilişkilendirilir (Özdemir, 2010). Bu çalışmada alınan referans değer 1 ppm'nin altıdır. Femur (21,4 ppm), kaburga (22,5 ppm) ve tarak kemiklerinde (22,1 ppm) tespit edilen arsenik miktarı birbirine yakındır, faunal kemiklerde (17,9 ppm) biraz düşüş gösterir. Bu element toprak (6,5 ppm) örneklerinde en düşük değeri verir.

Kemiklerde tespit edilen arsenik seviyeleri, Erken Bronz çağına tarihlendirilen Resuloğlu kaburga (15,5±7,71 ppm) örneklerinden yüksek (Güner ve ark., 2011), İkiztepe femur (erkek 27,3±8,2 ppm; kadın 29,8±24,4 ppm) örneklerinden (Özdemir ve ark., 2010) ve Adramytteion kaburga (29,43±9,52 ppm) örneklerinden (Güner ve ark., 2012) düşüktür. Bu çalışmalarda tespit edilen miktarlar topraktaki arsenik seviyesinin üzerindedir. Araştırmacılar elde edilen miktarları diyagenez ile ilişkilendirmiştir. Benzer şekilde Tepecik-Çiftlik toprak örneklerindeki seviyeler kemik gruplarından düşüktür. Modern ve arkeolojik kemiklerde beklenen düzeyin üzerindedir. Bu nedenle arsenik birikimi diyagenezi düşündürmektedir. Bölgeden elde edilen üç su örneğinde yapılan ICP-MS analizinde arsenik miktarı 26 ppb olarak tespit edilmiştir (Özdemir ve ark., 2015). Rapor edilen ortalama değer Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiye ettiği 10 ppb'den yüksektir (WHO 1993). Karşılaştırmalar suda çözülebilen bir metal olan arseniğin kemikleri çevreleyen yeraltı suları vasıtasıyla kemiğin yapısına girdiği ve fosfatla yer değiştirdiği (Özdemir ve ark., 2010) ve dolayısıyla kontaminatif bir element olduğu bulgusunu destekler.

Arsenik gibi toksik elementlerin, tahrip olmuş kemiklerde birikimi normal kabul edilebilir. Kemiklerin gömülü olduğu alandaki toprak ve su içeriği kadar (Güner ve ark., 2012), çevredeki maden yatakları veya metal alaşımlı hediyelerle gömülme (Özdemir ve ark., 2010) bu birikimleri etkileyebilir. Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğunda mezar hediyelerine rastlanılmamıştır.

Elementler arası ilişkiye bakıldığında arseniğin tüm kemiklerde kirletici olabilecek elementler ile ters yönde hareket ettiği görülür. Tarak kemiklerinde arsenik ve zirkonyum

arasındaki anlamlı pozitif korelasyon, zirkonyumun tarak kemiklerinde oluşturduğu kirlilik fikrini destekleyen bir başka örnektir.

Arsenik gibi arkeolojik kemikler için kirletici olan kurşun, vücuda beslenme ve soluma yoluyla alınan toksik bir elementtir (Özdemir ve ark., 2015). Kemikteki varlığı yaşam boyunca maruz kalınması ile açıklandığı kadar gömü sonrası değişimi de düşündürmektedir. Rasmussen ve ark., (2013)'nın belirttiği gibi kurşun su boruları, seramik yüzeyleri gibi günlük yaşamda kullanılan materyaller ile vücutta birikim oluşturabilir. Modern kemiklerde kurşun seviyesi 100 ppm'nin altındadır (Özdemir, 2008; Zapata, 2006). Çalışmada kullanılan kemik gruplarında bu değerin oldukça altında ve topraktaki seviyelerinden düşük olduğu görülür. Tarak kemiklerinde (8,4 ppm) kurşun birikimi femur (3,0 ppm) ve kaburga (5,1 ppm) örneklerine göre yüksektir. Kemik gruplarındaki farklılaşma istatistiksel olarak anlamlılık sergiler. Bu durumda kurşun için diyagenez sürecinin etkisini düşünmek yanlış olmayacaktır.

Kemik gruplarında tespit edilen kurşun miktarları Zapata (2006)'nın Puerto de Mazarrón örneklerinin oldukça altında kalırken, Jurkiewicz ve ark., (2004)'nın Polonya örneklerinin üzerindedir. Femurda tespit edilen kurşun miktarı, Güner ve ark., (2011)'nin Resuloğlu kaburga örnekleri (3,81 ppm) ile benzerdir. Resuloğlu toprak örnekleri kemikten düşük kurşun içeriğine (0,45 ppm) sahiptir. Bu örneklerin diyagenez süreci nedeniyle değiştiği belirtilmiştir. Güner ve ark., (2012)'nin Adramytteion Antik kentindeki kurşunun seviyeleri (erkek 19,05 ppm; kadın 22,81 ppm) ile Anadolu'dan bir başka örnek olan İkiztepe topluluğundaki kurşun seviyesi (21,1 ppm), Tepecik-Çiftlik örneklerinin tümünden yüksektir. Araştırmacıların tümü örneklerdeki seviyeleri diyagenez ile ilişkilendirmiştir.

Kurşunun, kaburga kemiklerinde bakır ve mangan ile pozitif korelasyon gösterdiği görülür. Benzer korelasyon tarak kemiklerinde de görülmüştür. Femurda diğer elementlerle anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Kullanılan tüm örnekler için gömü sonrası değişim söz konusudur. Ancak bu element için beklendiği gibi femur ve tarak kemikleri arasında benzerlik görülemedi.

Arkeolojik çalışmalarda kirletici sınıflamasında yer alan iki element itriyum ve uranyumdur. Bu çalışmada kemiklerde tespit edilen itriyum miktarları tüm kemik

gruplarında aynı seviyelerdedir (0,5 ppm). Toprak örneklerinde itriyum miktarı kemiklere göre yüksektir (11,6 ppm). Bu durumda kirletici olarak nitelendirilmesine rağmen istatistiksel analizlerde hata vermiştir.

Uranyumun ise femur (13,7 ppm), kaburga (18,1 ppm) ve tarak kemiklerindeki (15,4 ppm) seviyeleri toprak örneklerinden (6,7 ppm) düşüktür. Nadir toprak elementi olarak değerlendirilen uranyum canlı kemikte bulunmadığından bu elementin alımı toprak altında kaldığı sürede gerçekleşmektedir. Bu nedenle, uranyum varlığı kemiğin toprak altında geçirdiği sürenin tahminin de oldukça kullanışlıdır (Hedge ve Millard, 1995). Tepecik-Çiftlik örneklerinde uranyumun topraktaki seviyeleri kemiklerden yüksek olmakla birlikte, bu elementin yalnızca gömülü olduğu süreçte artıyor olması kirlilik oluşturduğunu göstermektedir. Yer altı suları vasıtasıyla kemiğe dâhil olan uranyumun, porozitesi ve kristalleşme oranı yüksek olan kemiklerde miktarlarının artabileceği belirtilmektedir (Millard ve Hedge, 1995). Bununla birlikte toprak ve kemikteki uranyum miktarlarının U biçimli bir etkileşim geçirdiği belirtilir. Bu etkileşim, kemiklerin bulunduğu ortamdaki uranyum seviyelerindeki değişimlerden etkilendiği ve kemikten toprağa hareket edebileceği şeklinde açıklanmıştır. Kemik uranyum miktarlarındaki bu değişimin, kemikteki Sr/Ca gibi elementel oranları değiştirebileceği belirtilir (Hedge ve Millard, 1995). Bu özelliği nedeniyle uranyumun değerlendirilmesi diyagenetik etki hakkında bir fikir verebilir.

Uranyum aynı zamanda fosfor yakalayıcı olarak nitelendirilmektedir (Burton, 2008). Bu durumda fosfat ile negatif korelasyon beklemek yanlış olmaz. Uranyum, fosfor ile sadece femurda negatif korelasyon gösterir, ancak bu korelasyon anlamlılık sergilememiştir.

Kaburgalarda uranyumun, stronsiyum ve zirkonyum ile ilişkisi anlamlıdır. İki toprak elementinin benzer davranışı göstermesi kaburga örneklerindeki toprak varlığını göstermektedir. Bu korelasyon diğer kemik gruplarında görülmemiştir. Dolayısıyla kaburga kemiklerinin diğer kemiklere oranla daha porotik olduğu düşünülebilir. Kaburga kemiklerinin süngerimsi yapısı bu sonuç ile uyumludur.

Tepecik-Çiftlik arkeolojik topluluğuna ait kemik örnekleri için belki de en bariz sonuç zirkonyum elementi ile ilişkilidir. Zirkonyumun beslenme için bilinen bir fonksiyonu yoktur. Toprak zirkonyum açısından oldukça zengindir. Bu nedenle bitkiler ve hayvansal

dokularda oldukça eser miktarda (kemik külünde 0,5-0,8 µg/g) bulunduğu tespit edilmiştir (Underwood, 1977). Arkeolojik kemiklerdeki miktarları ise kemikteki toprak varlığı ile ilişkilidir. Parker ve Toots (1970), elektro mikroprob analizinde bu elementin kemik kırıklarını dolduran toprak ile geldiğini göstermiştir. Beslenmeye dâhil olan elementlerin araştırıldığı çalışmalarda diyagenez sürecinin izlenmesinde kullanılır (Lopez-Costas, 2016). Arkeolojik çalışmalarda zirkonyumun obsidyen analizlerinde kullanımı görülmektedir. Obsidyen içeriğinde bulunan zirkonyum seviyeleri ile bu materyalin kaynağı olan bölgenin tespiti mümkündür (Nelson ve ark., 1977). Tepecik-Çiftlik Arkeolojik alanı, obsidyen açısından zengin kaynaklar içerdiğinden bu bölgedeki toprakta seviyelerinin yüksek olması beklenen bir durumdur. Toprak örneklerindeki zirkonyum seviyesi (125,6 ppm) kemiklerden yüksek olduğundan bu elementin kemikler için fiziksel diyagenez oluşturduğu fikrini verir. Femur (9,5 ppm), kaburga (11,3 ppm) ve tarak kemiklerinde (11,3 ppm) tespit edilen zirkonyum seviyeleri Lopez-Costas ve ark., (2016)'nin Lanza örneklerinden düşüktür. Ancak bu çalışmada kullanılan kaburgalardaki seviyelerin (30 ppm), femur (13 ppm) ve kraniyum kemiklerinden (15 ppm) yüksek olduğu görülür. Araştırmacılar elde ettikleri seviyeler ile kemiklerin değişime uğradığını tespit etmişlerdir. Tepecik-Çiftlik kaburga örnekleri diğer kemik grupları ile bu kadar büyük fark göstermemiştir. Bununla birlikte kemiklerde toprak varlığını açıkça göstermektedir.

Kemik gruplarında zirkonyum birikimi açısından kaburga ve tarak kemiklerinde benzerlik görünür. Standart sapma tüm kemiklerde düşük olduğundan benzer gömü çevresine sahip olduklarını gösterir. Her ne kadar tüm örnekler için kirletici olarak düşünüüyorsa da kemiklerdeki zirkonyum davranışı ayrışır ve bu ayrışma istatistiksel olarak anlamlılık göstermiştir.

Tüm kemiklerde zirkonyumun kalsiyum ve fosfor ile ilişkisi pozitiftir. Bu korelasyon yalnızca tarak kemiklerinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Korelasyonlar zirkonyumun, kemiğin en önemli bileşenleri ile yer değiştirmedeğini gösterir. Yanı sıra tarak kemiklerinde magnezyum, sodyum ve alüminyum ile güçlü pozitif korelasyonu vardır (Çizelge 4.12). Çinko, demir, mangan, arsenik ve kurşun ile anlamlılık sergilemiyor olsa da, aksi yönde hareket ettiği görülür. Nitekim bu elementlerin tümünün, Tepecik-Çiftlik örnekleri için diyagenezi yansıttığı daha önce tartışılmıştır.

Tarak kemiklerine benzer ortalamaya sahip olsa da zirkonyumun kaburgalarda farklı bir davranış sergilediği görülür (Çizelge 4.10). Bu grupta zirkonyumun potasyum ile güçlü negatif korelasyonu bu iki elementin kemikte aksi yönde hareket ettiğini gösterirken, uranyum ile oluşturduğu güçlü doğrusal korelasyon zirkonyum miktarının bu elementle birlikte arttığına işaret eder. Bu iki element kemiğin normal kompozisyonunda bulunmadığından diyagenezin varlığını açıkça göstermektedir. Kaburgada zirkonyum, demir ile negatif korelasyon gösterir ancak bu anlamlılık sergilememiştir.

Femur örneklerinde, zirkonyumun etkisi diğer kemiklere göre daha az hissedilir (Çizelge 4.8). Zirkonyumun, stronsiyum ve baryum ile güçlü pozitif korelasyonu tespit edilmiştir. Bu elementlerin tümünün toprak elementi olduğu düşünüldüğünde bu korelasyon normal kabul edilebilir. Yanı sıra kemikteki stronsiyum ve baryum seviyeleri her ne kadar referans sınırlar içerisinde kalmışsa da elde edilen seviyelerde gömü sonrası zirkonyum aracılığıyla arttığı düşünülebilir. Bu durum femurda tespit edilen düşük kalsiyum seviyelerini açıklamaya yardımcı olabilir.

Bu çalışmada kullanılan kemik gruplarında gerek kemiğin iyi korunmamış olması gerekse element konsantrasyonları (Mg, Cu, Fe, Al, Mn, K, Na, Pb, U, Zr) gömü sonrası değişimlerin varlığını açıkça göstermektedir. Ancak tüm kemiklerin toprak altında geçirdiği elementel kompozisyonlar farklılıklar sergilemektedir.

VI. BÖLÜM

SONUÇ

Bu çalışmanın konusu yapısal ve işlevsel olarak farklı kemik gruplarının toprak altında geçirdiği element birikimleri ile ilgili değişimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirmek ve benzerlik ve farklılıkları ortaya koymaktır. Çalışma kapsamına alınan kaburga ve tarak kemikleri Niğde İli, Tepecik İlçesi'nde bulunan Çiftlik Höyük Kazılarında ele geçmiş 3., 4. ve 5. Tabakalarda bulunan ve Neolitik döneme tarihlendirilen örneklerdir. Örneklerin element içerikleri PED-XRF analizi ile tespit edilmiştir. Elde edilen element seviyeleri aynı topluluğun beslenme modelinin yapılandırılması araştırmasında (Özdemir, 2015) kullanılan femur örneklerindeki element miktarları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışılan kemik gruplarındaki kalsiyum ve fosfor miktarı önerilen referans değerlerden düşük çıkmıştır. Söz konusu düşük miktarlar kemiği oluşturan bu iki ana elementin gömü sonrası süreçte kemiğin yapısından ayrıldığını gösterir. Yüksek Ca/P oranı element miktarlarının işaret ettiği sonucunu destekler. Arkeolojik kemiklerde kirletici olarak değerlendirilen demir ve manganın birbirine oranlanması tüm kemiklerdeki gömü sürecinin etkilerini desteklerken, femur ve tarak kemiklerinin nispeten daha iyi olduğunu göstermiştir. Tarak kemiklerinde hesaplanan düşük değer daha önceden femur üzerinde yürütülen çalışmadan elde edilen değerle karşılaştırdığında benzerdir. Bu durumda gömü sonrası süreçlerden daha az etkilendiği düşünülen femur kemiğine korunma açısından benzeyen tarak kemiklerinin araştırmalarda kaburga kemiğine göre daha elverişli olduğu düşünülebilir.

Kalsiyum ve fosforun referans değerlerden düşük çıkması gömü çevresinden kaynaklı olarak bazı elementlerin kemiklerde kalsiyumun ve fosforun yerine geçtiğine ve kemiklerde gömü sonrası biriktiğine işaret eder. Fosforla yer değiştiren elementlerden arsenik ve uranyumun seviyeleri, kaburga ve tarak kemiklerinde benzerdir. Elde edilen değerler femurdaki söz konusu elementlerin birikimi ile de örtüşmektedir.

Bu çalışmada tüm kemiklerde tespit edilen seviyeleri topraktan düşük olan ve gömü sonrası değişimi yansıtan 9 element tespit edilmiştir. Bunlar Mg, Cu, Fe, Mn, K, Al, Pb,

Zr ve Y'dur. Magnezyum normalde beslenmeye dâhil olan besinlerin tahmininde kullanılmasına rağmen, tespit edilen seviyeleri, birçok arkeolojik çalışmada olduğu gibi bu çalışma için de diyagenez etkisini yansıtmıştır. Magnezyumun diyagenetik etkisi femura kıyasla diğer kemik gruplarında daha az hissedilmektedir.

Benzer şekilde bakır elementi beslenme yapısı hakkında bilgi vermesine rağmen kemiklerdeki düşük seviyeleri diyagenez etkisini akla getirmiştir. Kemik gruplarında bakır açısından benzerlik görülmemiştir. Bu seviyelere bakıldığında sadece yakılma sonrası elementin kaybindan ziyade gömü sonrası toprak etkileşimi ile ilişkilendirilmiştir.

Kirletici elementlerden demir seviyelerine bakıldığında femurda kirlenmenin düşük olduğu kaburgada ise yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Nitekim standart sapmanın büyük olması iki kemik grubunun yapısal farklılıklarının element birikiminde etkili olduğunu düşündürmüştür. Benzer standart sapma ve yüksek kemik seviyeleri mangan için de tespit edilmiştir. Bu element için kirliliğin en fazla tarak kemiklerinde olduğu gözlenmiştir.

Kaburgadaki elementel farklılaşmayı yansıtan bir başka örnek alüminyumdur. Alüminyumun kemik grupları içerisinde en fazla kaburgada biriktiği görülmüştür. Bu örneklerde alüminyumun kalsiyum, fosfor, magnezyum, çinko, baryum, demir, mangan ve zirkonyum ile negatif korelasyonu, bu elementler ile yer değiştirdiğini gösterir. Diğer kemiklerde alüminyumun bu elementler ile korelasyonu doğrusaldır. Bu sonuç kaburgaların diğer kemiklere göre gömü şartlarından daha fazla etkilendiği sonucunu desteklemektedir.

Kemik gruplarındaki element birikimleri hakkında bilgi veren bir diğer element zirkonyumdur. Kemiklerdeki seviyeleri zirkonyumca zengin topraktan kemiğe hareketi net bir şekilde göstermektedir. Zirkonyumun etkinliği en fazla tarak kemikleri ve kaburgalarda hissedilir. Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde ise tarak kemiklerindeki diyagenezde zirkonyumun etkisi açıkça görülmektedir.

Örneklerin mekanik olarak temizlenmesinde aynı metot kullanılmış olmasına rağmen tarak kemikleri ve kaburga kemiklerinin zirkonyum açısından benzer içeriğe sahip olması ve bu ortalamaların diğer çalışma için hazırlanan femurdan nispeten fazla olması, yıkama

basamağından kaynaklı olabilir. Nitekim femur örnekleri ultrasonik banyoda 15 dakika yıkanmışken bu çalışmada ultrasonik banyoda 10 dakika muamele edilmiştir. Tüm bu veriler sonucunda, zirkonyum açısından tarak kemikleri ve onlarla aynı yapıya sahip femur örneklerinde benzerlik görülmemiştir. Hazırlık aşamasında kullanılan standardize edilmiş bir yöntem ile bu iki kemikte benzer sonuçlar yakalanabilir.

Bu çalışmanın sonucunda Tepecik-Çiftlik Neolitik topluluğuna ait kaburga kemiklerinin element birikimi açısından femurdan ayrıştığı görülmüştür. Kemik korunma durumu değerlendirildiğinde kaburganın gömü ortamından diğer kemiklere göre daha fazla etkilendiği görülür. Bu sonuç arkeolojik beslenme araştırmalarında sıklıkla belirtilen bir husustur. Bu nedenle araştırmaların çoğunda femurun kullanılması önerilir. Tarak kemiklerindeki elementel birikim ise hem femur hem de kaburgaya benzerlik göstermiştir. Buna karşın kemik grupları arasındaki geçişlerin incelendiği Diskriminat Analiz, kaburga ve tarak kemikleri arasındaki benzerlikleri ortaya koyarken femurun diğer kemiklerden ayrıştığını göstermektedir. Nitekim Düzensizlik Matrisi’de bu sonucu desteklemektedir. Femur örneklerinin element seviyeleri ve korelasyonlar açısından diğer kemiklerle benzerlikleri olmasına rağmen bu derece ayrışması, element birikimi ve diyagenetik süreçlerin kemik türü dışındaki birçok faktöre bağlı olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın işaret ettiği bir diğer sonuç ise element birikimleri açısından parçalanmış kemik ile daha iyi korunduğu düşünülen parçalanmamış kemikten kesilerek alınan örnek arasında farklılıkların istatistiki açıdan anlamlılık göstermemiş olmasıdır. Bu sonuç kemik seçimi açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

- ABDEL MAKSOUD, G., ABDEL- HADY, M. (2011). " Effect of burial environment on crocodile bones from Hawara excavation, Fayoum, Egypt." *Journal of Cultural Heritage* 12(2);180-189.
- AMBROSE, S.H. (1990). "Preparation and Characterization of Bone and Tooth Collagen for Isotopic Analysis." *Journal of Archaeological Science* 17,431-451.+A1:A122.
- AMBROSE, S.H. ve NORR, L. (1993). "Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate". *Prehistoric Human Bone Archaeology at the Molecular Level*" Joseph B. Lambert Gisela Grupe (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- AMBROSE, S.H. ve DE NIRO, M.J. (1986). "Reconstruction of African Human Diet Using Bone Collagen carbon and nitrogen isotope ratios." *Nature* Vol. 319; 321-324.
- AMBROSE, S.H., BUIKSTRA, J., KRUEGER, H.W. (2003). "Status and Gender Differences in Diet at Mound 72, Cahokia, Revealed by Isotopic Analysis of Bone" *Journal of Anthropological Archaeology* 22; 217–226 .
- ANKE, M. (1986). "Arsenic." *Trace Element in Human and Animal Nutrition- Fifth Edition*, Vol:2, Chapter 6; 347-372. Eds. Walter Mertz. Academic Press.
- ANTOINE, S.E., CHILD, A.M., NICHOLSON, R.A., POLLARD, A.M. (1991), "The Biochemistry and Microbiology of Buried Human Bone, In Relation to Dietary Reconstruction." *Circaea* 9(2); 65-79.
- ARNAY-DE-LA-ROSA, M., GAMEZ-MENDOZA, A., NAVARRO-MEDEROS, J.F., HERNANDEZ-MARRERO, J.C., FREGEL, R., YANES Y., GALINDO-MARTIN, L., ROMANET, C.S., GONZALES REIMERS, E. (2009). "Dietary Patterns During The Early Prehispanic Settlement in La Gomera (Canary Islands)." *Journal of Archaeological Science* 36; 1972–1981.

- ATAKUMAN, Ç. (1994). "Dietary Reconstruction from Chemical Analysis of Archaeological Bones." Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- BALKAN- ATLI, N., BINDER, D. (2012). "Neolithic Obsidian Work at Köümürçü-Kaletepe (Central Anatolia)." *The Neolithic in Turkey*, Vol 3. (Eds) M. ÖZDOĞAN, N. BAŞGELEN, P KUNIHOLM. Archaeology and Art Publications. İstanbul; 71-88.
- BEATTIE, J.H., AVENELL, A. (1992). "Trace Element Nutrition and Bone Metabolism." *Nutrition Research Review*, 5; 167-188.
- BENTLEY, R.A. (2006). "Strontium Isotopes from the Earth to the Archaeological Skeleton: A Review." *Journal of Archaeological Method and Theory*, Vol.13. Issue 3; 135-187.
- BETHARD, J.D. (2013). "Isotopes". *Research Methods in Human Skeletal Biology*. E.A. DiGangi ve M.K. Moore Edt. Academic Press. Chapter 15; 425-447.
- BETHELL, P.H. ve CARVER, M.O. H. (1987). "Detection and Enhancement of Decayed Inhumations at Sutton Hoo. In: Boddington A, Garland AN, Janaway RC (eds) *Death, Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*. Manchester University Press, Manchester; 10–21.
- BIÇAKÇI, E. (2001). "Tepecik-Çiftlik Höyüğü (Niğde) Kazısı Işığında Orta Anadolu Tarihöncesi Kültürleri ile İlgili Yeni bir Değerlendirme." *Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi* 4.
- BIÇAKÇI, E., ALGÜL, Ç.A., BALCI, S., GODON, M. (2007). "Tepecik-Çiftlik." Türkiye'de Neolitikleşme Dönemi (Eds.) M. ÖZDOĞAN, N. BAŞGELEN, Arkeoloji ve Sanat Yayınları İstanbul; 237-253.
- BIÇAKÇI, E., (2012a). "Tepecik-Çiftlik 2010 Yılı Çalışmaları." 33. Kazı Sonuçları Toplantısı, (1); 69-91. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü. Yayın No: 155-1.

- BIÇAKÇI, E., GODON, M., ÇAKAN, Y.G. (2012b). "Tepecik-Çiftlik." The Neolithic in Turkey Vol 3. (Eds) M. ÖZDOĞAN, N. BAŞGELEN, P. KUNIHOLM. *Archaeological and Art Publications*. Istanbul; 89-134.
- BLAKELY, R.L., (1989). "Bone Strontium in Pregnant and Lactating Females From Archaeological Samples". *American Journal of Physical Anthropology* 80; 173-185.
- BOAZ, N.T., ALMQUIST, A.J. (2002). "Biological Anthropology: A Synthetic Approach to Human Evolution." Chapter 12.
- BRADY, N.C., WEIL, R.R. (1999). "The Nature and Properties of Soils." 13th Edition: N.C. Brady, R.R. Weil, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ; 960 pp. ISBN 0-13-016763-0.
- BRISTOW, J., SIMMS, Z., RANDOLPH-QINNEY, P.S. (2010). "Taphonomy." Forensic Anthropology 2000 to 2010. Eds. Sue Black and Elidh Ferguson. Chapter 9. CRC Press.
- BRODY, T. (1999). "Inorganic Nutrients." *Nutritional Biochemistry*. Chapter 10. Academic Press.
- BUDD, P., MONTGOMERY J., BARRIERO B., THOMAS R.G. (2000). "Differential Diagenesis of Strontium in Archaeological Human Dental Tissues." *Applied Geochemistry* 15; 687–694.
- BUDD, C., LILLIE, M.C., ALPASLAN-ROODENBERG, S., KARUL, N., PINHASI, R. (2013). "Stable Isotope Analysis of Neolithic and Chalcolithic Populations from Aktopraklık, Northern Anatolia." *Journal of Archaeological Science* 40; 860–867. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.011>.
- BUIKSTRA, J., FRANKENBERG, S., LAMBERT, J.B., XUE, L. (1989). "Multiple elements: multiple expectations." In: Price, T.D. (Ed.), *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*. Cambridge University Press Cambridge; 155-210.

- BURTON, J.H., PRICE, T.D. (1990a). "The Ratio of Barium to Strontium as a Paleodietary Indicator of Consumption of Marine Resources". *Journal of Archaeological Science*. 17; 547-551. Academic Press Limited.
- BURTON, J.H., PRICE, T.D., (1990b). "Paleodietary Application of Barium Values In Bone". *Archeaometry*; 787-795. Birkhauser Verlag Basel.
- BURTON J.H., WEIGHT L.E. (1995). "Nonlinearity in the Relationship Between Bone Sr/Ca and Diet Paleodietary Implications". *American Journal of Physical Anthropology*. 96; 273-282.
- BURTON, J.H. (1996). "Archaeological Chemistry Organic, Inorganic and Biochemical Analysis." Eds. Mary Virginia Orna ACS Symposium Series. *American Chemical Society*. Washington, DC. Chapter 23; 327-333.
- BURTON, J.H., PRICE, T. D. (2002). "The Use and Abuse of Trace Elements for Paleodietary Research." *Biochemical Approaches to Paleodietary Analysis*; Eds. Stanley H. Ambrose, M.Anne Katzenberg; Chapter 8. Kluwer Academic Publishers; 159-172.
- BURTON, J.H., PRICE, T.D., CAHUE, L., WRIGHT, L.E. (2003). "The Use of Barium and Strontium Abundance in Human Skeletal Tissues to Determine Their Geographic Origins." *International Journal of Osteoarchaeology* 13; 88–95.
- BURTON, J. (2008). "Bone Chemistry and Trace Element Analysis." *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Second Edition. Eds. by M. Anne Katzenberg and Shelley R. Saunders. John Wiley & Sons, Inc.
- BUSETTO M., GIORDANI, L., BRANDONE, A., CATTENEI, C., MAZUCCHI, A. (2008) "Dietary Investigation by Trace Element Content in Bones of Ancient Inhabitants of Northern Italy." *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 275, No.2; 355–363.
- BÜYÜKKARAKAYA, A.M., ERDAL, Y.S., ÖZBEK, M. (2009). "Tepecik/ Çiftlik İnsanlarının Antropolojik Açından Değerlendirilmesi." 24. *Arkeometri Sonuçları*

Toplantısı. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü; 119-138.

BÜYÜKKARAKAYA, A.M. (2015). "Tepecik-Çiftlik Neolitik Topluluğunda Süt Köpekdişlerindeki Lokalize Hipoplaziler (SKLH) Üzerine Bir İnceleme." *Edebiyat Fakültesi Dergisi/ Journal of Faculty of Letters* Cilt/Volume 32 Sayı/Number 1.

CARTER, D.O., YELLOWLESS, D., TIBBET, M. (2007). "Cadaver Decomposition in Terrestrial Ecosystems." *Naturwissenschaften* 94: 12. doi:10. 1007/s00114-006-0159-1

CARVALHO, M.L., MARQUES, A.F. (2008). "Diagenesis Evaluation in Middle Ages Human Bones Using EDXRF." *X-Ray Spectrometry* 37; 32–36.

CHAMBERLAIN, A.T., PARKER-PEARSON, M. (2001). "Earthly Remains: The History and Science of Preserved Human Bodies." London: British Museum Press.

CHANG, L.L.Y., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. (1996). "Rock Forming Minerals, Non-Silicates: Sulphates, Carbonates, Phosphates, Halides." 2nd ed. *Geological Society*, London. vol. 5B.

COLLINS, M.J., NIELSEN-MARSH, C.M., HILLER, J., SMITH, C.I., ROBERTS, J.P. (2002). "The Survival of Organic Matter in Bone: A Review." *Archaeometry* 44; 383–394. [http://dx.doi.org/ 10.1111/1475-4754.t01-1-00071](http://dx.doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00071).

COPELAND, S.R., SPONHEIMER, M., LEE-THORP, J.A., LE ROUX, P.J., DE RUTIER, D. J., RICHARDS, M.P. (2010). "Strontium isotope ratios in fossil teeth from South Africa: assessing laser ablation MC-ICP-MS analysis and the extent of diagenesis." *Journal of Archaeological Science* 37 (7); 1437-1446.

ÇAKAN, Y.G. (2013). "Tepecik-Çiftlik Son Neolitik Dönem Mimarisi." Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. T.C. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Prehistorya Bilim Dalı.

ÇIRAK, T. (2003). "Kelenderis İskelet Popülasyonu Paleodiyeti Üzerine Bir Araştırma." Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi.

- ÇIRAK, T. (2010). "Minnetpınarı Ortaçağ Toplumunda Esere Element Analizi ile Paleodiyetin Belirlenmesi." Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi.
- DEGAETANO, DH, KEMPTON, J.B., ROWE, W.F. (1992). "Fungal tunneling of hair from a buried body." *Journal of Forensic Science* 37 (4); 1048-54.
- DEMIRCI, S., KAYATURK, N. (1995). "Chemical Analysis of Some Fossil Bones." I. Liritzis ve G. Tsokas (Eds.) *Archaeometry in South-Eastern Europe. Second Conference in Delphi, 19th-21st 1991*. Rixensart: PACT; 111-118.
- DENIRO, M.J. (1985). "Stable Isotopy and Archaeology." *American Scientist* Vol. 75, No. 2; 182-191.
- DENT, B.B., FORBES, S. L., STUART, B.H. (2004). "Review of human decomposition processes in soil." *Environmental Geology* 45; 576-585.
- DENYS, C. (2002). "Taphonomy and Experimentation." *Archaeometry* 44, 3; 469– 484.
- DERMIENCE, M., LOGNAY, G., MATHIEU, F., GOYENS, P. (2015). "Effects of thirty elements on bone metabolism." *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 32; 86–106.
- DOLPHIN, A.E., NAFTEL, S.J., NELSON, A.J., MARTIN, R.R., WHITE, C.D. (2013). "Bromine in teeth and bone as an indicator of marine diet." *Journal of Archaeological Science* 40, 1778-1786.
- DOMINGO, I., GARCIA-BORJA, P., ROLDAN, C. (2012). "Identification, Processing and Use of Red Pigments (Hematite and Cinnabar) In The Valencian Early Neolitik (Spain)." *Archaeometry* Vol. 54, 5; 868-892.
- DUFOUR, D.L. (2010). "Nutrition, Health, and Function." *A Companion to Biological Anthropology*. Eds. Clark Spencer Larsen. Chapter 14. Blackwell Publishing Ltd.

- EDWARD, J. B., BENFER, Jr. R.A. (1993). " The Effecets of Diagenesis on The Oaloma Skeletal Material. In: *Investigation of Ancient Human Tissue; Chemical Analysis in Antropology*. Eds. By Sandford; 183-268. Gordon and Breach, Langhorne, PA.
- ERICSON, J.E., SMITH, D.R. , FLEGAL, A.R. (1991). " Skeletal Concentrations of Lead, Cadmium, Zinc, and Silver in Ancient North American Pecos Indians." *Environmental Health Perspectives* Vol. 93; 217-223.
- ERICSON, J.E. (1993). "Ba/Ca as a Diagenetic Indicator for Evaluating Buried Bone Tissues: Advances in Tissue Selection, Reducing Contamination, and Data Evaluation." syf 157-172. "*Prehistoric Human Bone Archaeology at the Molecular Level*" Joseph B. Lambert Gisela Grupe (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- EZZO, J.A. (1994a). "Zinc as a Paleodietary Indicator: An Issue of Theoretical Validity in Bone-Chemistry Analysis". *American Antiquity* 59(4); 606-621.
- EZZO, J.A., (1994b). "Putting the Chemistry" Back into Archaeological Chemistry Analysis: Modeling Potential Paleodietary Indicators." *Journal of Antropological Archaeology* 13; 1-34.
- EZZO, J.A., LARSEN, C.S., BURTON, J. H. (1995). "Elemental Signature of Human Diets From The Georgia Bight." *American Journal Of Anthropology* 98: 471-481.
- FARNUM, J., SANDFORD, M.K. (2008). "Trace Element Analysis." *Encyclopedia of Archaeology* 3; 2134-2156.
- FORBES, S., STUART, B., DENT, B. (2005). "The Effect of the Burial Environment on Adipocere Formation." *Forensic Science International* 154, 24-34.
- FULLER, B.T., DU CUPERE, B., MARINOVA, E., VAN NEER, W., WAELEKENS, M., RICHARDS, M.P. (2012). " Isotopic Reconstruction of Human Diet and Animal Husbandry Practices During the Classical-Hellenistic, Imperial, and Byzantine Periods at Sagalassos, Turkey." *American Journal of Physical Anthropology* 149; 157-171. <http://dx.doi.org/10.1002/ajpa.22100>.

- GONZALES, T., VANCE, M., HELPERN, M., UMBERGER, C. (1954). "Legal Medicine, Pathology and Toxicology." New York, Appleton-Century Crofts Inc.
- GONZALES- RODRIGUEZ, J., FOWLER, G. (2013). "A Study on The Discrimination of Human Skeletons Using X-ray Fluorescence and Chemometric Tools in Chemical Anthropology." *Forensic Science International* 231; 4071–4076."
- GONZALEZ-REIMERS, E., VELASCO-VAZQUEZ, J., ARNAY-DE-LA-ROSA, M., SANTOLARIA-FERNANDEZ, F., GALINDO- MARTIN, L. (2001). "Paleonutritional analysis of the pre-Hispanic population from Fuerteventura (Canary Islands)." *Journal of Archaeological Science* 37 (7); 1490-1501.
- GONZALEZ-REIMERS, E., VELASCO-VAZQUEZ, J., ARNAY-DE-LA-ROSA, M., ALBERTO-BARROSO,, V., GALINDO-MARTIN, L., SANTRLARIA-FERNANDEZ, F. (2003). "Bone Cadmium and Lead in Prehistoric Inhabitants and Domestic Animals fFrom Gran Canaria." *Science of the Total Environment* 301 (1); 97-103.
- GORDON, C. C. ve BUIKSTRA, J. E. (1981). "Soil pH, Bone Preservation, and Sampling Bias at Mortuary Sites." *American Antiquity* 46(3); 566-571.
- GOSMAN, J.H., STOUT, S.D. (2010). "Current Consept in Bone Biology" *A Companion to Biological Anthropology*. Chapter 11. Blackwell Publishing Ltd. ISBN 978-1-4051-89002.
- GRATTAN, J., HUXLEY, S., ABU KARAKI, L., TOLAND, H., GILBERTSON, D., PYATT, B., AL-SAAD, Z. (2002). "Death. More Desirable Than Life'? The Human Skeletal Record and Toxicological Implications of Ancient Copper Mining and Smelting in Wadi Faynan, Southwestern Jordan." *Toxicology and Industrial Health* 18; 297–307.
- GRATTAN, J., ABU KARAKI, L., HINE, D., TOLAND, H., GILBERTSON, D., AL-SAAD, Z., PYATT, B. (2005). "Analyses of Patterns of Copper and Lead Mineralization in Human Skeletons Excavated From an Ancient Mining and

- Smelting Centre in the Jordanian Desert: a Reconnaissance Study.” *Mineralogical Magazine* 69 (5); 653–666.
- GRAY, H. (2000). “Osteology: The Thorax: The Ribs, Anatomy of the Human Body.” 20th edition. Philadelphia, Lea & Febiger.
- GROBLER, S.R., LOUW, A.J., KOTZE, T.J. (2001). “Dental fluorosis and caries experience in relation to three different drinking water fluoride levels in South Africa.” *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 11, 372–379.
- GRUPE, G. (1995). “Reconstructing Migration in the Bell Beaker Period by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotope Ratios in Teeth and Bones.” R. J. Radlandski ve H. Rene, *Proceedings of the 10th International Symposium on Dental Morphology*. Berlin: ‘M’ Marketing Services, C&M Bünne Gbr; 338-342.
- GRUPE, G. (1988). “Impact of The Choise of Bone Samples on Trace Element Data In Excavated Human Skeletons.” *Journal of Archaeological Science*. 15; 123-129.
- GRUPE, G. (2007). “Taphonomic and Diagenetic Processes.” *Handbook of Paleoantropology*. Eds. Winfried Henke ve Ian Tattersall. Chapter 7; 241-259.
- GUNER, C., ALIYEV, V., ATAMTURK, D., DUYAR, I., SOYLEMEZOGLU, T. (2011). “Retention of Zn, Cu, Cd, Pb, and As on human bones unearthed at a Central Anatolian Early Bronze Age excavation site (Resuloğlu, Turkey).” *Eurasian Journal of Anthropology* 2(1); 27–39.
- GUNER, C., TURKSOY, V.A., ATAMTURK, D., DUYAR, İ. (2012). “Adramytteion (Örentepe, Balıkesir) Erken Bizans Dönemi İnsan İskeletlerinin Kimyasal Analizi.” *İnsanbilim Dergisi* 1(2); 81-93.
- HAGLUND, W.D., REAY, D.T., SWINDLER, D.R. (1989). "Canid scavenging/disarticulation sequence of human remains in the Pacific Northwest." *Journal of Forensic Science* 34; 587–606.

- HANCOCK, R.G.V., GRYPNAS, M.D., PRITZKER, K.P.H. (1989). "The Abuse of Bone Analyses for Archaeological Dietary Studies." *Archaeometry* 31; 169-179.
- HARRISON, R. G., KATZENBERG, M.A. (2003). "Paleodiet Studies Using Stable Carbon Isotopes From Bone Apatite and Collagen: Examples From Southern Ontario and San Nicolas Island, California." *Journal of Anthropological Archaeology* 22; 227–244.
- HEDGES, R.E.M., MILLARD, A.R. (1995). "Bones and Groundwater: Towards the Modelling of Diagenetic Processes." *Journal of Archaeological Science* 22, 155–164.
- HEDGES, R.E.M. (2002). "Bone diagenesis: an overview of processes." *Archaeometry* 44; 319–328.
- HEDGES, R.E.M., CLEMENT, J.G., THOMAS, C.D.L., O'CONNELL, T.C. (2007). "Collagen Turnover in The Adult Femoral Mid-Shaft: Modelled From Anthropogenic Radiocarbon Tracer Measurements." *American Journal of Physical Anthropology* 133, 808–816.
- HIGGINS, D., KALDONIS, J., TOWNSEND, G., HUGHES, T., AUSTINE, J.J. (2013). "Targeted Sampling of Sementum for Recovery of Nuclear DNA from Human Teeth and The Impact of Common Decontamination Measures." *Investigative Genetics* 4; 18.
- HILLSON, S. (1986). "Teeth". Cambridge University Press.
- HOPPE, K.A., KOCH, P.L., FURUTAMI, T.T. (2003). "Assessing The Preservation of Biogenic Strontium in Fossil Bones and Tooth Enamel." *International Journal of Osteoarchaeology* 13; 20-28.
- HORSTWOOD, M.S.A., EVANS, J.A., MONTGOMERY, J. (2008). "Determination of Sr Isotopes in Calcium Phosphates Using Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry and Their Application to Archaeological Tooth Enamel." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71; 569-5674.

Meteoroloji: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=NIGDE>. 25.12.2016

HUBERT, J.F., PANISH, P.T., CHURE, D.J., PROSTAK, K.S. (1996). "Chemistry, Microstructure, Petrology and Diagenetic Model of Jurassic Dinosaur Bones." Dinosaur National Monument, *Utah. J. Sediment. Res.* 66; 531–547.

HUCULAK, M. A., ROGERS, T. L. (2009). "Reconstructing the Sequence of Events Surrounding Body Disposition Based on Color Staining of Bone." *Journal of Forensic Sciences* 5;; 979–984.

İZCİ, Y., KAYA, S., ERDEM, O., AKAY, C., KURAL, C., SOYKUT, B., BAŞOĞLU, O., ŞENYURT, Y., KILIÇ, S., TEMİZ, Ç. (2013). *Journal of Anthropology* Volume 2013, Article ID 534186, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/534186>. Hindwai Publishing Corporation.

JANAWAY, R.C. (1996). " The decay of Buried Human Remains and Their Associated Materials," in *Stude in Crime: An Introduction to Forensic Archaeology* (,Eds J. Hunteri C.A. Roberts and A. Martin). London: B.T. Batsford; 58-85.

JANJUA, M. A., ROGERS, T.L. (2008). "Bone Weathering Patterns of Metatarsal v. Femur and the Postmortem Interval in Southern Ontario." *Forensic Science International* 178; 16–23. "

JANOS I, SZATHMARY L., NADAS E., BENI A., DINYA Z., MATHA E. (2011). "Evaluation of Elemental Status of Ancient Human Bone Samples From Northeastern Hungary Dated to The 10th Century AD by XRF." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 269; 2593–2599.

JANS, M.M.E., NIELSEN-MARSH, C.M., SMITH, C.I. , COLLINS, M.J., KARS, H. (2004). "The Characterisation of Microbial Attack in Archaeological Bone." *Journal of Archaeoical Science* 31; 87-95.

JENKINSON, D.S., LADD, J.N. (1981). "Microbial Biomass in Soil; Measurement and Turnover." *In Soil Biochemistry* (E.A. Paul and N. Ladd, Eds), Vol.5; 415-471.

- JURKIEWICZ, A., WIECHULA, D., NOWAK, R., GAZDZIK, T., LOSKAC, K. (2004). "Metal Content In Femoral Head Spongy Bone of People Living In Regions of Different Degrees of Environmental Pollution In Southern and Middle Poland." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59; 95–101.
- MADGWICK, R., MULVILLE, J., EVANS, J. (2012). "Investigating Diagenesis and The Suitability of Porcine Enamel for Strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Isotope Analysis." *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 27, 733–742.
- MARIEB, E. (2004). "Human Anatomy and Physiology." San Francisco, Daryl Fox.
- MILLARD, A. (2001). "The Deterioration of Bone." In: Brothwell, D. & Pollard, A. (eds.), *Handbook of Archaeological Sciences*, Durham, John Wiley and Sons.
- KATZENBERG, M.A., HARRISON, R.G. (1997). "What's in a Bone? Recent Advances in Archaeological Bone Chemistry." *Journal of Archaeological Research*, 5(3); 265-293.
- KATZENBERG, M.A., HERRING, D.A., SAUNDERS, S.R. (1996). "Weaning and Infant Mortality: Evaluating the Skeletal Evidence." *Yearbook of Physical Anthropology* 39; 177-199.
- KILINÇ, G.M., OMAK, A., ÖZER, F., GUNTHER, T. BÜYÜKKARAKAYA, A.M., BIÇAKÇI, E., ve arkadaşları (2016). "The Demographic Development of the First Farmers in Anatolia." *Current Biology* 26; 2659–2666.
- KILINÇ, G.M., OMAK, A., ÖZER, F., GUNTHER, T. BÜYÜKKARAKAYA, A.M., BIÇAKÇI, E., ve arkadaşları (2016). Supplemental Information "The Demographic Development of the First Farmers in Anatolia." *Current Biology* 26; 2659–2666.
- KING, C.L., TAYLES, N., GORDON, K.C. (2011). "Re-examining the chemical evaluation of diagenesis in human bone apatite." *Journal of Archaeological Science* 38; 2222-2230.

- KINI, U., NANDEESH, B. N. (2012). "Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism." *Radionuclide and Hybrid Bone Imaging*, I. Fogelman vd. (eds.), 2012, XIV, 1046. ISBN: 978-3-642-02399-6. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- KLEPINGER, L. (1984). "Nutritional Assessment From Bone". *Annual Review Anthropology*. 13; 75-96.
- KLEPINGER, L., KUHN, J.K., WILLIAMS, W.S. (1986). "Elemental Analysis of Archaeological Bone From Sicily as a Test of Predictability of Diagenetic Change." *American Journal of Physical Anthropology* 70; 235-331.
- KLIPPEL, W. E., SYNSTELIEN, J.A. (2007). "Rodents as Taphonomic Agents: Bone Gnawing by Brown Rats and Gray Squirrels. *Journal of Forensic Sciences*, 52; 765–773.
- KNUDSON, K.J., PRICE, T.D., BUIKSTRA, J.E., BLOM, D.E. (2004). The Use of Strontium Isotope Analysis to Investigate Tiwanaku Migration and Mortuary Ritual In Bolivia and Peru. *Archaeometry* 46; 1: 5- 18.
- KOCH, P.L., HEISINGER, J., MOSS, C. (1997). "The Effects of Sample Treatment and Diagenesis on The Isotopic Integrity of Carbonate in Biogenic Hydroxylapatite. *Journal of Archaeology Science* 24; 417-429.
- KUZUCUOĞLU, C., MOURALIS, D., TÜRKECAN, A. (2013) "Geomorphological Mapping as an Illustration of Geomorphological Evolution Reconstruction: The Example of the Çiftlik Plain in Cappadocia (Nigde)", *Profesör Doktor İlhan Kayan'a Armağan*, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- KYLE, J. (1986). "Effect of Post-burial Contamination on the Concentrations of Major and Minor Elements in Human Bones and Teeth-The Implications for Palaeodietary Research." *Journal of Archaeological Science*, 13; 403-416.
- LAMBERT, J. B., SZPUNAR, C. B., BUIKSTRA, J. E. (1979). "Chemical Analysis of Excavated Human Bone From Middle and Late Woodland Sites." *Archaeometry* 21, 2; 115-129. Printed in Great Britain.

- LAMBERT, J.B., SIMPSON, S. V., SPUZNAR, C. B., BUIKSTRA, J.E. (1984). "Ancient Human Diet from Inorganic Analysis of Bone." *Accounts of Chemical Research* 17; 298-305.
- LAMBERT, J.B., VLASAK, S. M., THOMETZ, A. C., BUIKSTRA, J. E. (1982). "A Comparative Study of the Chemical Analysis of Ribs and Femurs in Woodland Populations." *American Journal of Physical Anthropology* 9; 289-294.
- LAMBERT, J.B., SIMPSON, S. V., BUIKSTRA, J. E., HANSON, D. (1983). "Electron Microprobe Analysis of Elemental Distribution in Excavated Human Femurs." *American Journal of Physical Anthropology* 62; 409-423.
- LARSEN, C.S. (2002). "Bioarchaeology: The Lives and Lifestyles of Past People." *Journal of Archaeological Research*. 10(2); 119-166.
- LARSEN, C.L., WALKER, P.L. (2010). "Bioarchaeology: Health, Lifestyle, and Society in Recent Human Evolution." *A Companion to Biological Anthropology*. Eds. Clark Spencer Larsen. Chapter 21. Blackwell Publishing Ltd.
- LOPEZ-COSTAS, O., LANTES-SUAREZ, O., CORTIZAS, A.M. (2016). "Chemical Compositional Changes In Archaeological Human Bones Due to Diagenesis: Type of Bone vs Soil Environment." *Journal of Archaeological Science* 67; 43-51.
- LÖSCH, S., GRUPE, G., PETERS, J. (2006). "Stable Isotopes and Dietary Adaptations in Human and Animals at Pre-Pottery Neolithic Nevalı Çori, Southeast Anatolia." *American Journal of Physical Anthropology* 131, 181-193. <https://dx.doi.org/10.1002/ajpa.20395>.
- LÖSCH, S., MOGHADDAM, N. , GROSSCHMIDT, K., RISSER, D.U., KANZ, F. (2014). "Stable Isotope and Trace Element Studies on Gladiators and Contemporary Romans from Ephesus (Turkey, 2nd and 3rd Ct. AD) - Implications for Differences in Diet." *PLoS ONE* 9(10):e110489.doi:10.1371/journal.pone.0110489.
- LUTGENS, F.K., TARBUCK, E.J., TASA, D. (2013). "Genel Jeoloji; Temel İlkeleri." Bölüm 3 "*Magmatik Kayaçlar ve İntrüzif Faaliyetler*" Nobel Akademik Yayıncılık E. D. Tic. San. L.T. D. 11. Basımdan Çeviri. ISBN 978-605-133-433-2.

- MANT, A.K. (1987). "Knowledge From Post-War Exhumations." In: Boddington A, Garland AN, Janaway RC (eds) *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*. Manchester Univ. Press, Manchester; 65-80.
- MARDEN, K., SORG, M.H., HAGLUND, W.D. (2013). "Taphonomy." *Research Methods in Human Skeletal Biology*. Eds. E.A. DiGangi and M.K. Moore. Chapter 9.
- MARKS, J. (2011). "What Is Anthropology, What Is Biological Anthropology, and Should I Be Getting Science Credit for This? (On The Philosophy of Science)." *The Alternative Introduction to Biological Anthropology*. Eds. J. Marks. Chapter 1. Oxford University Press.
- MARSHALL, J.H., LINIECKI, J., LLOYD, E.L., MARIOTTI, G., MAYS, C.W., RUNDO, J., SISSONS, H.A., SNYDER, W.S. (1973). "Alkaline earth metabolism in adult man." *Health Physics* 24; 125–221.
- MAURER, A., PERSON, A., TUTKEN, T., AMBLARD-PISON, S., SÉGALEN, L. (2014). "Bone Diagenesis in Arid Environments: An Intra-Skeletal Approach." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 416; 17–29.
- MAYS, S. (2003). "Bone strontium: calcium ratios and duration of breastfeeding in a Mediaeval skeletal population." *Journal of Archaeological Science* 30; 731–741.
- MICOZZI, M.S. (1991). "Postmortem Changes in Human and Animal Remains: A Systematic Approach." Charles C Thomas, Springfield, IL.
- MILLARD, A.R., HEDGES, R.E.M. (1995). "The Role of the Environment in Uranium Uptake by Buried Bone." *Journal of Archaeological Science*. 22; 239–250.
- MOUNT, H.R., PAETZOLD, R.F. (2002). "The Temperature Regime for Selected Soils in the United States". Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, *National Soil Survey Center*. Lincoln, Nebraska.
- NAFTE, M. (2000). "Flesh and Bone: An Introduction to Forensic Anthropology." Durham, Nc: Carolina Academic Press.

- NELSON, D.A., SAUER, N. J. (1984). "An Evaluation of Postdepositional Changes in the Trace Element Content of Human Bone." *American Antiquity* 49(1); 141-147.
- NELSON, F.W., NIELSON, K.K., MANGELSON, N.F., HILL, M.W., MATHENY, R.T. (1977). "Preliminary Studies of the Trace Element Composition of Obsidian Artifacts from Northern Campeche, Mexico." *American Antiquity* 42(2); 209-225.
- NIELSEN-MARSH C. M. (2007). "Patterns of Diagenesis in Bone I: The Effects of Site Environments." *Journal of Archaeological Science* 27; 1139–1150.
- NIELSEN-MARSH, C.M., HEDGES, R.E.M. (2000). "Patterns of Diagenesis in Bone II: Effects of Acetic Acid Treatment and the Removal of Diagenetic CO₃." *Journal of Archaeological Science* 27; 1151–1159.
- ORTNER, D.J. (2003). "Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains." Second Edition. Academic Press.
- ÖZBEK, M. (2012). "50 Soruda İnsanın Tarih Öncesi Evrimi." Bilim ve Gelecek Yayınları.
- ÖZDEMİR, K. (2008). "İkiztepe Tunç Çağı Topluluğunda Element Analizleriyle Beslenme Yapısının Belirlenmesi." Basılmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Antropoloji Bölümü.
- ÖZDEMİR, K., ERDAL, Y.S. (2009). "Erken Tunç Çağı İkiztepe topluluğunda Stronsiyum-Kalsiyum Oranı ile Sütten Kesme Yaşının Belirlenmesi." *Hacettepe Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 52; 128-140.
- ÖZDEMİR, K., ERDAL, Y.S. (2010). "Metal Objects in the İkiztepe: Manufactured or Imported Items?" Proceedings of the International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East, May, 5th- 10th 2008, "Sapienze"- Università di Roma, Volume 1, Edited by Paolo Matthiae, Frances Pinnock, Lorenzo Nigro and Nicolo Marchetti; 495-506.

- ÖZDEMİR, K., ERDAL, Y.S., DEMİRCİ Ş. (2010a). “Arsenic accumulation in the Early Bronze Age İkiztepe population.” *Journal of Archaeological Science* 37(5); 1033-1041. doi:10.1016/j.jas.2009.12.004.
- ÖZDEMİR K., ERDAL, Y.S., BÜYÜKKARAKAYA A.M. (2010b). İkiztepe Çocuklarında Beslenme ve Büyüme. 25. *Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sonuçları Toplantısı* 1(1); 375-398.
- ÖZDEMİR, K., ERDAL Y.S. (2012). “Element Analizleri ile Erken Tunç Çağı İkiztepe Toplumunun Yaşadığı Ekolojik Ortam ve Besin Kaynaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Deneme”, in: Akyol, A.A., Özdemir, K. (Eds.), Aymelek Özer ve Şahinde Demirci’ye Armağan. *Bilgin Kültür ve Sanat Yayınları*, Ankara; 281–293.
- ÖZDEMİR, K., AKYOL, A.A., ERDAL, Y.S. (2015). “A Case of Ancient Bladder Stones from Oluz Höyük, Amasya, Turkey.” *International Journal of Osteoarchaeology* 25 (6); 827–837.
- PARKER, R.B., TOOTS, H. (1970). “Minor Elements in Fossil Bone.” *Geological Society of America Bulletin*, v. 81; 925-932.
- PATE, F.D., HUTTON J.T., NORRISH K. (1989). “Ionic exchange between soil solution and bone: toward a predictive model.” *Appl. Geochem.* 4; 303–316.
- PATE, F. D. (1994). “Bone Chemistry and Paleodiet”. *Journal of Archaeological Method and Theory*, Vol 1, No. 2; 161-209.
- PEARSON, J.A., HEDGES, R.E.M., MOLLESON, T.I., ÖZBEK, M. (2010). “Exploring the Relationship Between Weaning and Infant Mortality: an Isotope Case Study from Aşikli Höyük and Çayönü Tepesi.” *American Journal of Physical Anthropology* 143; 448-457.
- PEARSON J., GROVE M., OZBEK M., HONGO H. (2013). "Food and social complexity at Çayönü Tepesi, southeastern Anatolia: Stable isotope evidence of differentiation in diet according to burial practice and sex in the early Neolithic". *Journal of Anthropological Archaeology* 32; 180–189.

- PEARSON, J.A., HADDOW, S.D., HILLSON, S. W., KNUSEL, C. J., LARSEN , C.S. SADVARI, J.W. (2015). "Stable carbon and nitrogen isotope analysis and dietary reconstruction through the life course at Neolithic Çatalhöyük, Turkey." *Journal of Social Archaeology*. Vol. 15(2); 210-232.
- PFRETZSCHNER, H.U (2004). "Fossilization of Haversian bone in aquatic environments." *Comptes Rendus Palevol* 3; 605–616.
- PICKARD, C., SCHOOP, U.D., DALTON, A., SAYLE, K.L., CHANNELL, I., CALVEY, K., THOMAS, J.L., BARTOSUEWICZ, L., BONSALE, C. (2016). "Diet at Late Chalcolithic Çamlıbel Tarlası, North-Central Anatolia: An Isotopic perspective." *Journal of Archaeological Science*; 296-306.
- PIGA, G., SANTOS-CUBEDO, A., SOLA, S. M., BRUNETTI, A., MALGOSA, A., ENZO, S. (2009). "An X-ray Diffraction (XRD) and X-ray Fluorescence (XRF) Investigation in Human and Animal Fossil Bones From Holocene to Middle Triassic." *Journal of Archaeological Science* 36; 1857–1868.
- POLLARD, M., BATT, C. , STERN, B., YOUNG, S.M.M. (2007). "Analytical Chemistry in Archaeology." *Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge University Press.
- POLLARD, A.M., HERON, C. (1996). "Archaeological Chemistry." *Cambridge: The Royal Society of Chemistry*.
- POLSON, C.J., GEE, D. J., KNIGHT, B. (1985)." The Essentials of Forensic Medicine" 4th ed. Oxford: Pergamon Press.
- PRICE, T.D., SCHOENINGER, M.J., ARMAGELOS, G.J. (1985). "Bone Chemistry and the Past Behavior: an Interview". *Journal of Human Evolution* 14; 419-447. *Academic Press Inc.* (London).
- QUATTROPANI, L., CHARLET, L., LUMLEY, H., MENU, M. (1999). "Early Palaeolithic Bone Diagenesis in the Arago Cave at Tautavel, France." *Mineralogical Magazine* 63; 801-812.

- QUIGG, A. (2008). "Trace Elements." *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from Encyclopedia of Ecology*; 3564-3573.
- RASMUSSEN, K.L., BOLDSSEN, J.L., KRISTENSEN, H.K., SKYTTE, L., HANSEN, K.L., MOLHOLM, L., GROOTES, P.M., NADEAU, M., FERIKSEN, K.M. (2008). "Mercury levels in Danish Medieval human bones." *Journal of Archaeological Science* 35; 2295–2306.
- RICHARDS, M.P., PEARSON, J.A., MOLLESON, N., RUSSELL N., MARTIN, A. (2001). "Stable Isotope Evidence of Diet at Çatalhöyük, Turkey." *Journal of Archaeological Science* 30; 67-76.
- RICHARDS, M.P., J.A. PEARSON, T.I. MOLLESON, N. RUSSELL, L. MARTIN (2003). "Stable Isotope Evidence of Diet at Neolithic Çatalhöyük, Turkey." *Journal of Archaeological Science* 30; 67-76. <http://dx.doi.org/10.1006/jasc.2001.0825>.
- ROSS, A.H., CUNNINGHAM, S.L. (2011). "Time-since-death and bone weathering in a tropical environment." *Forensic Science International* 204(1); 126-133.
- SAFFONT, S., MALAGOSA, A., SUBIRA, M.E., GIBERT, J. (1998). Can Trace Elements in Fossils Provide Information about Palaeodiet?" *Int. J. Osteoarchaeol.* 8; 23–37.
- SAMUEL, S., BARAN, G., WEI, Y., DAVIS, B. (2009). "Biomechanics - Part II." In: Khurana, J. (eds) *Bone Pathology*, (2009), New York, Humana Press.
- SANDFORD, M.K. (1992). "A Reconsideration of Trace Element Analysis In Prehistoric Bone." *Skeletal Biology of Past People: Research Methods*. 79-103.
- SANTASIERO, A., L. MINELLI, D. CUTILLI, CAPPIELO, G. (2000). "Hygienic aspects related to burial." *Microchemical Journal* 67; 135-139.
- SCHOENINGER, M.J. (1979). "Diet and Status at Chaçatzingo: Some Emperical and Technical Aspects of Strontium Analysis." *American Journal of Physical Antropology*. 51; 295-310.

SCHROEDER, H.A., TRIPTON, I.H., NASON, A.P. (1972). "Trace Metal in Man: Strontium and Barium." *Journal of Chronic Disease* 25; 491-517. Pergamon Press.

SEER EĞİTİM MODÜLLERİ.

<https://training.seer.cancer.gov/anatomy/skeletal/tissue.html>

SILLEN, A. (1981). "Strontium and Diet at Hayonim Cave." *American Journal Of Physical Anthropology*. 56;131-137.

SILLEN, A., KAVANAGH, M. (1982). "Strontium and Paleodietary Research: A Review." *Yearbook of Physical Anthropology* 25; 67-90.

SKUJINS, J.J., McLAREN, A.D. (1967). "Enzyme reaction rates at limited water activities." *Science* 158; 1569-1570.

STATHOPOULOU, E.T., PSYCHARIS, V., CHRYSSIKOS, G.D., GIONIS, V., THEODOROU, G. (2008). "Bone Diagenesis: New Data From Infrared Spectroscopy and X-ray Diffraction." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266; 168–174.

STEELE, D. G., C.A. BRAMBLETT (1988). "Anatomy and Biology of the Human Skeleton." Texas A&M University Press.

STIPISIC, A., VERSIC-BRATINCEVIC, M., KNEZOVIC, Z., SUTLOVIC, D. (2014). "Metal Content in Medieval Skeletal Remains From Southern Croatia." *Journal of Archaeological Science* 46; 393-400.

SURABIAN, D (2012). "Preservation of Buried Human Remains in Soil." US. *Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service*.

SUTLOVIC, D., LJUBKOVIC, J., STIPISIC, A., KNEZOVIC, Z., DRMIC-HOFMAN, I., ANDELINIVIC, S. (2014). "Skeletal Remains from Late Roman Period: »As Old as Diocletian's Palace«" *Collegium Antropologicum* 38(2); 749–754.

SWIFT, M. J., HEAL, O.W., ANDERSON, J.M. (1979). "Decomposition in Terrestrial Ecosystems." Oxford: Blackwell Scientific.

- SZOSTEK, K., GLAB, H., PUDLO, A. (2009). "The Use of Strontium and Barium Analyses For the Reconstruction of The Diet of The Early Medieval Coastal Population of Gdańsk (Poland): A Preliminary Study." *HOMO— Journal of Comparative Human Biology* 60; 359–372.
- TAN, K. (1994). "Environmental Soil Science." New York, Marcel Dekker Inc.
- TANAKA, G.I., KAWAMURA, H., NOMURA, E. (1981). "Reference japanese man-II. Distribution of Strontium In The Skeleton and In The Mass of Mineralized Bone." *Health Phys.* 40; 601–614.
- TIBBET, M., CARTER, D.O. (2008). "Soil Analysis in Forensic Taphonomy, Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains." CRC Press. Taylor& Francis Group. ISBN: 13: 978-1-4200-6991-4.
- TIESZEN, L.L., FAGREA, T. (1993). "Effect of Diet Quality and Composition on the Isotopic Composition of Respiratory CO₂, Bone Collagen, Bioapatite, and Soft Tissues." syf: 121-156. "Prehistoric Human Bone Archaeology at the Molecular Level" Joseph B. Lambert, Gisela Grupe (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- TOPPETS, V., V. PASTORET, V.D. BEHR, N. ANTOINE, C. DESSY, A. GABRIEL (2004). "Morphologie, Croissance et Remaniement Du Tissu Osseux." *Annales de Medicine Veterinaire* 148; 1–13.
- TORTORA, G., NIELSEN, M. (2012). "Principles of Human Anatomy". 12. Edition. John Wiley& Son Inc. Chapter 6. 178-202. HARRISON R. G., A. M. KATZENBERG (2003). "Paleodiet studies using stable carbon isotopes from bone apatite and collagen: examples from Southern Ontario and San Nicolas Island, California." *Journal of Antropological Archaeology* 22; 227-244.
- TOUZEAU, A., AMIOT, R., BLICHERT-TOFT, J., FLANDORIS, J., FOUREL, F., GROSSI, V., MARTINEAU, F., RICHARDIN, P., LÉCUYER, C. (2014). "Diet of ancient Egyptians inferred from stable isotope systematics." *Journal of Archaeological Science* 46; 114-124.

- TRAMMELL, L. H., KROMAN, A. M. (2013). "Bone and Dental Histology". *Research Methods in Human Skeletal Biology*. Eds. DiGangi ve M.K. Moore Edt. Academic Press. Chapter 13. 361- 395.
- TRICKETT, M.A., BUDD, P., MONTGOMERY, J. (2003). "An Assessment of Solubility Profiling as a Decontamination Procedure for the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Analysis of Archaeological Human Tissue." *Geochemistry* 18 (15); 653-658.
- TRUEMAN, C.N., MARTILL, D.M. (2002a). "The long-term survival of bone: the role of bioerosion." *Archaeometry* 44; 371–382.
- TRUEMAN, C.N., N. TUROSS (2002b). "Trace Elements In Recent and Fossil Bone Apatite." In: Kohn, M.J., Rakovan, J., Hugues, K.M. (Eds.), *Phosphates: Geochemical, Geobiological and Materials Importance. Mineralogical Society of America*. 48; 489–521.
- TRUEMAN, C.N.G., A.K. BEHRENSMEYER, N. TUROSS, S. WEINER, S., (2004). "Mineralogical and Compositional Changes In Bones Exposed on Soil Surfaces In Amboseli National Park, Kenya: Diagenetic Mechanisms and The Role of Sediment Pore Fluids." *Journal of Archaeological Science*. 31; 721–739.
- TRUEMAN C.N., MARTIN R. PALMER M.R., FIELD J., PRIVAT K., LUDGATE N., VALERIE CHAVAGNAC V., EBERTH D.A., CIFELLI R., ROGERS R.R. (2008). "Comparing rates of recrystallisation and the potential for preservation of biomolecules from the distribution of trace elements in fossil bones." *Comptes Rendus Palevol* 7: 145–158.
- TURNER-WALKER, G. (2008). "The Chemical and Microbial Degradation of Bones and Teeth." *Advances in Human Palaeopathology* Editor(s): Ron Pinhasi, Simon Mays. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-03602-0.
- TURNER-WALKER, G., JANS, M. (2008). "Reconstructing taphonomic histories using histological analysis." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266; 227–235.

- TUROSS, N., BEHRENSMEYER, A.K., EANES, E.D. (1989). "Strontium Increases and Crystallinity Changes in Taphonomic and Archaeological Bone." *Journal of Archaeological Science* 16; 661-672.
- UNDERWOOD, E.J. (1977). "Trace Elements in Human and Animal Nutrition." Academic Press.
- VAN DER MERWE N.J., R.H. TYKOT, N. HAMMOND, K. OAKBERG (2002). "Diet and Animal Husbandry of the Preclassic Maya at Cuello, Belize: Isotopic and Zooarchaeological Evidence." *Advance in Archaeological and Museum Science*, 5, "Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis", Edited by Stanley H. Ambrose and M. Anne Katzenberg. Chapter 2."
- VAN DER MERWE N.J., J.A. LEE-THORP, J.S. RAYMOND (1993). "Light, Stable Isotopes and the Subsistence Base of Formative Cultures at Valdivia, Ecuador."; 63-98. "Prehistoric Human Bone Archaeology at the Molecular Level" Joseph B. Lambert Gisela Grupe (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- VAN KLINKEN, G.J. (1999). "Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurements." *Journal of Archaeological Science*, Volume 26, Issue 6; 687-695.
- VASS, A.A. (2001). "Beyond The Grave—Understanding Human Decomposition." *Microbiology Today* 28; 190-193.
- VELASCO-VAZQUEZ, J., ARNAY DE LA ROSA, M., GONZALEZ REIMERS, E., HERNANDEZ-TORRES, O, (1997). "Paleodietary analysis on the prehistoric population of El Hierro (Canary islands)." *Biological Trace Element Research* 60; 235-241. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02784443>.
- WEINER, S., WAGNER, H.D. (1998). "THE MATERIAL BONE: Structure-Mechanical Function Relations." *Annual Review of Materials Science* 28; 271-298.
- WHITE T., BLACK, M.T., FOLKENS, P.A. (2012). "Leg; Femur; Patella, Tibia and Fibula." *Human Osteology*. Chapter 12. Third Edition. Academic Press.

- WHITE, C.D. (2005). "Gendered Food Behaviour Among the Maya: Time, Place, Status and Ritual." *Journal of Social Archaeology* 5(3); 356- 382.
- WHO (World Health Organization), (1993). "Guidelines for Drinking Water Quality." Volume I: Recommendations, second ed. Geneva.
- WILLEY, P., SYNDER, L. (1989). "Canid Modification of Human Remains: Implications for Time Since-Death Estimations." *Journal of Forensic Sciences* 34; 894-901.
- WILLSON, L., POLLARD, A.M. (2002). "Here Today, Gone Tomorrow? Integrated Experimentation and Geochemical Modeling in Studies of Archaeological Diagenetic Change." *Accounts of Chemical Research* Vol. 35, NO. 8; 644-651.
- WYCKOFF, R.W.G., DOBERENZ, A.R. (1968). "The Strontium Content of Fossil Teeth and Bones." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 32: 109– 115.
- ZAPATA, J., PÉREZ-SIRVENT, C., MARTINEZ-SÁNCHEZ, M.J., TOVAR, P. (2006). "Diagenesis, Not Biogenesis: Two Late Roman Skeletal Examples." *Science of the Total Environment* 369; 357–368.
- ZAZZO, A., LECUYER, C., MARIOTTI, A. (2004a). "Experimentally-Controlled Carbon and Oxygen Isotope Exchange Between Bioapatites and Water Under Inorganic and Microbially-Mediated Conditions." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68(1); 1–12.
- ZAZZO, A., LECUYER, C., SHEPPARD, S.M.F., GRANDJEAN, P., MARIOTTI, A. (2004b). "Diagenesis and the Reconstruction of Paleoenvironments: A Method to Restore Original $\delta^{18}\text{O}$ Values of Carbonate and Phosphate From Fossil Tooth Enamel." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68(10); 2245–2258.
- ZAZZO, A. (2014). "Bone and enamel carbonate diagenesis: A radiocarbon prospective." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 416; 168–178.
- ZIMMERMAN, H.H., CAYLI, J., MEIZEL-LAMBERT, C.J., SCHULTZ, J.J., MICHAEL, E., SIGMAN, M.E. (2015). "Chemical Differentiation of Osseous,

Dental, and Non-skeletal Materials in Forensic Anthropology Using Elemental Analysis.” *Science and Justice* 55; 131–138.





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ANTROPOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 14/02/2017

Tez Başlığı / Konusu: Farklı Arkeolojik Kemik Türlerinde Element Birikiminin Belirlenmesi: Tepecik-Çiftlik Örneği

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 190 sayfalık kısmına ilişkin, 08/02/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 3'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç
- 3- Alıntılar hariç/dâhil
- 4- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

14.02.2017

Adı Soyadı: Ebru Emre SEVDİN

Öğrenci No: N12124833

Anabilim Dalı: Antropoloji A.B.D.

Programı:

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Yard. Doç. Dr. Kameray ÖZDEMİR



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KURUL İZİN MUAFİYETİ FORMU**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ANTROPOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih: 16/01/2015

Tez Başlığı / Konusu: Farklı Arkeolojik Kemik Türlerinde Element Birikiminin Belirlenmesi: Tepecik/Çiftlik
Örneği

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullar ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

16.01.2015

Adı Soyadı: Ebru Emre SEVDİN

Öğrenci No: N12124833

Anabilim Dalı: Antropoloji A.B.D.

Programı: Antropoloji A.B.D.

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

Teze ilgili herhangi bir etik problem
yoktur.

Yard. Doç. Dr. Kameray ÖZDEMİR

Telefon: 0-312-2976860

Detaylı Bilgi: <http://www.sosyalbilimler.hacettepe.edu.tr>

Faks: 0-3122992147

E-posta: sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr