

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



İNCİ KEFALİ (*Alburnus tarichi* (GÜLDENSTÄDT, 1814))'NİN OTOLİT
STRONSIYUM İZOTOP ORANLARINDAN ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) FAYDALANILARAK EN
UYGUN DOĞAL ÜREME ALANININ BELİRLENMESİ VE TÜRÜN BİYOLOJİK
DÖNGÜSÜ

SEMRA SAYGIN

DOKTORA TEZİ

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İNCİ KEFALİ (*Alburnus tarichi* (GÜLDENSTÄDT, 1814))'NİN OTOLİT
STRONSIYUM İZOTOP ORANLARINDAN ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) FAYDALANILARAK
EN UYGUN DOĞAL ÜREME ALANININ BELİRLENMESİ VE TÜRÜN
BİYOLOJİK DÖNGÜSÜ

SEMRA SAYGIN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Semra Saygın tarafından hazırlanan "İnci Kefali (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814))'nin Otolit Stronsiyum İzotop Oranlarından ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Faydalanılarak En Uygun Doğal Üreme Alanının Belirlenmesi ve Türün Biyolojik Döngüsü" adlı tez çalışması 30/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Nazmi POLAT
Biyoloji Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Nazmi POLAT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı

Üye

Prof. Dr. Hüsametdin BALKIS
İstanbul Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı

Üye

Prof. Dr. Mahmut ELP
Kastamonu Üniversitesi
Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Üye

Prof. Dr. Derya BOSTANCI
Ordu Üniversitesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Üye

Prof. Dr. Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım/.../2019

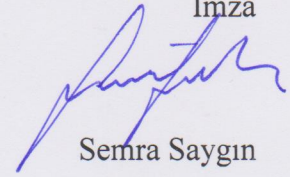
Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

07/08/2019

İmza



Semra Saygın

ÖZET

Doktora Tezi

İNCİ KEFALİ (*Alburnus tarichi* (GÜLDENSTÄDT, 1814))'NİN OTOLİT STRONSIYUM İZOTOP ORANLARINDAN ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) FAYDALANILARAK EN UYGUN DOĞAL ÜREME ALANININ BELİRLENMESİ VE TÜRÜN BİYOLOJİK DÖNGÜSÜ

Semra Saygın

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nazmi Polat

Otolit jeokimyası kullanılarak balıkların geçmiş hayat evrelerinde hangi doğal habitatta yumurtadan çıktıklarının belirlenmesi mümkündür. Juvenil bireylerin doğal habitatlarını belirlemek için otolit merkezindeki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) anahtar kısmı oluşturmaktadır. Ancak yapılan araştırmalarda, ülkemizde balık otolitlerinde stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ile ilgili gerçekleştirilen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. *Alburnus tarichi* Van Gölü ile buraya dökülen akarsularda yaşayan anadrom, endemik bir türdür. Araştırmamızda uygulanan yöntem, inci kefalinin göç özelliklerinin ortaya çıkarılmasını sağlamanın yanı sıra benzer yaşam şekli olan türler için de anahtar özelliğini gösterecektir. Bu amaçla, Van Gölü'nden 120 inci kefali örneklenmiştir. Her bir bireyden çıkarılan otolitlerin morfometrik özellikleri belirlenmiştir. Van Gölü ve göle dökülen akarsulardan su örnekleri alınmış, fizikokimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Otolitlerin ve su örneklerinin mikrokimyasal özellikleri California Üniversitesi'nde yüksek hassasiyetli LA-MC-ICPMS (Lazer Ablasyon-Multi Collector-Inductively Coupled Plasma Mass Spectroskopy) cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Van Gölü'nden elde edilen ergin bireylerin otolitlerinde larval döneme denk gelen kısım belirlenerek bu kısımdaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı ölçülmüştür. Larvaların bulunduğu farklı habitatlardan alınan su örnekleri ergin bireylerin merkez kısmındaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda otolit ve su örneklerinin iz element analizlerinden de faydalanılmıştır. İstatistiksel analizlerde, Excel 2010, SPSS 20, R-Studio programları kullanılmıştır. Analizler sonucunda 40 bireyin Engil, 27 bireyin Deliçay, 18 bireyin Gevaş, 12 bireyin Karasu, 11 bireyin Karmuç, 8 bireyin Bendimahi, 3 bireyin Zilan çaylarından Van Gölü stoğuna katıldığı belirlenmiştir. 1 bireyin hangi habitattan Van Gölü stoğuna katıldığı belirlenememiştir. Türün üreme alanlarının korunması noktasında bu bilgilerin yönlendirici olacağı düşünülmektedir.

Haziran 2019, 349 sayfa

Anahtar Kelimeler: Stronsiyum, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, *Alburnus tarichi*, İnci kefali, Van Gölü

ABSTRACT

Doctoral Dissertation

DETERMINING THE MOST SUITABLE NATURAL BREEDING GROUND
FOR TAREK (*Alburnus tarichi* (GULDENSTÄDT, 1814)) THROUGH
UTILIZATION OF OTOLITH STRONTIUM ISOTOPE RATIOS ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) AND
THE SPECIES' BIOLOGICAL CYCLE

Semra Saygın

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Nazmi Polat

By utilizing the otolith geochemistry, it is possible to define in which natural habitat the fish came into being in the past life phases. Strontium isotope rates ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) holds the key point for spotting the natural habitats of the juvenile individuals. However, as a result of our research, no studies on strontium isotope ratios ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) fish otoliths were encountered in our country. *Alburnus tarichi* is an anadromous and endemic species living in the Lake Van and the rivers flowing into it. This method which applied in this study, also it will show the key characteristic for species with similar life style in addition to revealing the migratory characteristics of tarek. A total of 120 tarek individuals were sampled from Lake Van for this purpose. Morphometric characteristics of otoliths extracted from each individual were determined. Water samples were taken from Lake Van and the streams pouring into the lake and their physicochemical properties were determined. Microchemical properties of otoliths and water samples were determined at the University of California with the help of high-precision LA-MC-ICPMS (Laser Ablation-Multi Collector-Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy). In the otoliths of the adult individuals sampled from Lake Van by defining the section that coincides the larval phase, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratio are subtracted from this part. Water samples taken from the different habitats where larvae found are compared with the adult individuals' $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios. In these comparisons, trace element analysis of otolith and water samples were also used. In statistical analysis, Excel 2010, SPSS 20, R-Studio package-software programs were used. As a result of the analyzes, it was determined that 40 individuals from Engil, 27 from Deliçay, 18 from Gevaş, 12 from Karasu, 11 from Karmuç, 8 from Bendimahı and 3 from Zilan streams participated in the stock of Lake Van. It was not determined which habitat an individual participated in the stock of Lake Van. It is thought that this information will be a guide for the protection of the breeding areas of tarek.

June 2019, 349 pages

Keywords: Strontium, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, *Alburnus tarichi*, Tarek, Lake Van

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca her konuda desteğini gördüğüm, tez konusunun belirlenmesinde, tezin yürütülmesinde fikir ve engin tecrübelerinden faydalandığım, akademik duruşunu örnek aldığım, emekleri kelimelerle ifade edilemeyecek kadar çok olan, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nazmi Polat'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tez süreci boyunca tezimin şekillenmesinde emeği geçen tez izleme komitesinde yer alan Sayın Prof. Dr. Mahmut Elp ve Sayın Prof. Dr. Savaş Yılmaz hocalarıma,

Her konuda desteğini gördüğüm, tüm özverisi ile bana yol gösteren, benim için meslektaştan da öte olan, Sayın Araş. Gör. Dr. Melek Özpiçak'a,

Van Gölü ve göle dökülen akarsularda gerçekleştirilen arazi çalışmaları esnasında her türlü konuda destek veren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ataman Altuğ Atıcı'ya,

ABD California Üniversitesi, UC Davis MC-ICMPS ve Stable Isotope Laboratuvarları çalışanlarına, otolit örneklerinin analizlerinin gerçekleştirilmesi ve sonuçlarının yorumlanmasında tecrübelerini paylaşan Dr. James A. Hobbs ve Dr. Malte Willmes'e, su örneklerini analiz eden Justin Glessner'e, otolitlerin analize hazırlanması aşamasında yardımlarından dolayı Alyssa Alfonso, Rachel Fichman, Wilson Xieu'na,

Tüm eğitim hayatım boyunca hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan sevgili aileme, tezimin her aşamasında motivasyonu ile yanımda olan eşim Araş. Gör. Hayrettin Saygın'a, varlığı bize armağan olan biricik kızım Zeynep Saygın'a,

Tez süresince yardımcı olan Sayın Dr. K. Gürkan Polat'a,

Tez çalışmam süresince burs aldığım "TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) 2228-B kodlu" programa desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, "TÜBİTAK (1001) KBAG Grubu 215Z148 Nolu Proje" ile desteklenmiştir, desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Haziran 2019, Samsun

Semra Saygın

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Otolitler ve Otolit Kimyası Hakkında Genel Bilgi.....	1
1.2. Otolit Kimyası ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	9
1.3. <i>Alburnus tarichi</i> Hakkında Genel Bilgi.....	16
1.4. <i>Alburnus tarichi</i> Türü ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	16
1.5. Van Gölü Havzası, Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsular Hakkında Genel Bilgi.....	23
1.6. Van Gölü ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	27
1.7. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi.....	32
2. MATERYAL VE METOT.....	35
2.1. Çalışma Materyali.....	35
2.2. Çalışma Alanının Tanıtımı (Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsular).....	36
2.3. Balık Örneklerinin Elde Edilmesi ve Diseksiyonu.....	39
2.4. Van Gölü Bireylerinin Otolit Morfometrisi ve Şekil Analizleri.....	44
2.5. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsulardan Su Örneklerinin Alınması ve Analize Hazır Hale Getirilmesi.....	47
2.6. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Stronsiyum İzotop Oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Belirlenmesi ve İz Element Analizleri.....	52
2.6.1. Su örneklerinde stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlenmesi.....	52
2.6.2. Su örneklerinde iz element analizi.....	53
2.7. <i>A. tarichi</i> Otolitlerinin Mikrokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	54
2.7.1. Otolitlerin gömülmesi.....	55
2.7.2. Otolitlerden kesit alınması.....	60
2.7.3. Otolitlerin zımparalanması ve parlatılması.....	64
2.7.4. Otolitlerin görüntülenmesi.....	68
2.7.5. Otolit görüntülerinin birleştirilmesi.....	70
2.7.6. Lamların kesilmesi ve otolitlerin kimyasal analiz lamlarına yerleştirilmesi.....	70
2.7.7. Otolit mikrokimyasal analizleri.....	72
2.7.8. Otolitlerin lazer sonrası görüntülenmesi ve yaşlarının belirlenmesi.....	81
2.7.9. Lazer hattı boyunca yaş mesafelerinin mikrometrik (μm) ölçümü (lazer sonrası).....	82
2.8. Natal Bölgenin Değerlendirilmesi ve Ergin Bireylerin Yumurtadan Çıktıkları Habitatların Tespiti.....	84
3. BULGULAR.....	87
3.1. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsulardan Elde Edilen <i>A. tarichi</i> Bireylerine Ait Veriler ve Tanımlayıcı İstatistikler.....	87

3.2. Van Gölü Bireylerinin Otolit Morfometrisi ve Şekil Analizleri	96
3.3. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Fizikokimyasal Parametreleri	99
3.4. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Stronsiyum İzotop Oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)	102
3.5. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların İz Element Analizleri.....	107
3.6. <i>A. tarichi</i> Otolitlerinin (Lapillus Kesiti) Yaş Verileri	118
3.7. <i>A. tarichi</i> Otolitlerinin (Lapillus Kesiti) Yaş Mesafeleri (μm)	126
3.8. <i>A. tarichi</i> Otolitlerinin Stronsiyum İzotop Oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Sonuçları.....	129
3.9. <i>A. tarichi</i> Otolitlerinin İz Element Analizi Sonuçları.....	150
4. TARTIŞMA.....	171
4.1. <i>A. tarichi</i> Bireylerinin Tanımlayıcı İstatistiklerinin Değerlendirilmesi	172
4.2. Van Gölü Bireylerinin Yaş Verilerinin Değerlendirilmesi	178
4.3. Van Gölü Bireylerinin Otolit Morfometrisi ve Şekil Analizleri	180
4.4. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Fizikokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi	188
4.5. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Stronsiyum İzotop Oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Değerlendirilmesi	199
4.6. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların İz Element Analizlerinin Değerlendirilmesi	211
4.7. <i>A. tarichi</i> Otolitlerinin Stronsiyum İzotop Oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve İz Element Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	215
4.8. Göç Özelliklerinin Değerlendirilmesi	228
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	231
KAYNAKLAR.....	235
EKLER	261
EK 1 Ergin İnci Kefali Otolitlerinin Kimyasal Özelliklerinin Otolit Boyunca Değişimi	263
EK 2 Etik Kurul Belgesi.....	343
ÖZGEÇMİŞ	347

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

%	Yüzde
'	Dakika
<	Küçüktür
°C	Santigrat Derece
~	Yaklaşık
°	Derece
µm	Mikrometre
Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
Be	Berilyum
Bi	Bizmut
Br	Brom
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
cm	Santimetre
Co	Kobalt
CO ₃	Karbonat
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
D	Ayrılma derecesi
Fe	Demir
g	Gram
HCO ₃	Bikarbonat
Hg	Civa
hPa	Hektopaskal
I	İyot
j	Joule
K	Potasyum
km ²	Kilometre kare
Kr	Kripton
KSO ₄	Potasyum sülfat
Li	Lityum
m	Metre
meq/l	Miliequivalent/litre
Mg	Magnezyum
mg/l	miligram/litre

MgCO ₃	Magnezyum karbonat
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
MW	Moment Büyüklüğü
N	Azot
Na	Sodyum
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
NaCl	Sodyum klorür
NaCO ₃	Sodyum karbonat
NH ₄	Amonyak
Ni	Nikel
NO ₂	Nitrit dioksit
NO ₃	Nitrat
NO ₃ -N	Nitrat Nitrojen
O	Oksijen
P	Fosfat
Pb	Kurşun
pH	Hidrojenin gücü
PO ₄	Fosfat
ppt	Part per thousand (ppt), binde bir
Rb	Rubidyum
rpm	rounds per minute
S	Kükürt
Se	Selenyum
Si	Silisyum
sn	Saniye
SO ₄	Sülfat
Sr	Stronsiyum
U	Uranyum
X ²	Ki-kare testi
Zn	Çinko
α	Alfa
δ	Delta
π	Pi Sayısı
σ	Sigma

KISALTMALAR

A	Otolit Alanı
CR	Kritik
Ç	Otolit Çevresi
D	Doğu Boylam
DI	Deiyonize
EPMA	Elektron Probe Mikroanalizi
GPS	Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi
ICPMS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optic Emission Spectroscopy
IUCN	Uluslararası Doğayı Koruma Birliği

K	Kuzey Enlem
L	Lateral
LA	Lazer Ablasyon
Mak	Maksimum
MC	Multi Collector
M	Mesiyal
Min	Minimum
N	Normalite
NT	Neredeyse Tehdit Altında
OB	Otolit Boyu
OE	Otolit Eni
Ort	Ortalama
OY	Otolit Yüksekliği
RSD	Residual Standart Sapma
sd	Serbestlik Derecesi
Sh	Standart Hata
Ss	Standart Sapma
TDS	Total Dissolved Solids, Toplam Çözünmüş Katı Madde
TIMS	Termal Ionization Mass Spectrometry
UC	Universiy of California, Kaliforniya Üniversitesi
VU	Hassas

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Otolitlerde mevcut element konsantrasyonları (C, O, N ana elementler, Th ve Ra gibi radyoaktif elementler dahil edilmemiştir) (Campana, 1999).....	2
Şekil 1.2.	Elementlerin sudan otolitlere geçiş esnasında bariyerlerden geçiş yolları (Campana, 1999)	3
Şekil 1.3.	1999 ve 2004 yılları başı arasındaki otolitlerin kullanıldığı çalışma alanlarının konularına göre dağılımı (Campana, 2005'ten uyarlanmıştır)	5
Şekil 1.4.	1999 ve 2004 yılları başı arasındaki otolitlerin kullanıldığı çalışma alt araştırma alanlarına göre dağılımı (Campana, 2005'ten uyarlanmıştır) ...	6
Şekil 1.5.	Otolit kimyası çalışmalarının yıllara göre dağılımı (Carlson vd, 2017).....	10
Şekil 1.6.	Van Gölü Havzasının Jeoloji Haritası (Kaynak: MTA 1/500.000'lik Jeoloji Paftaları; Çiftçi vd, 2008'den alınmıştır).....	27
Şekil 2.1.	<i>Alburnus tarichi</i> (Güldenstädt, 1814).....	35
Şekil 2.2.	Arazi çalışma alanı	38
Şekil 2.3.	Örnekleme alanlarının genel görünüşü	39
Şekil 2.4.	<i>A.tarichi</i> Van Gölü ergin bireyler	40
Şekil 2.5.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> dişi ve erkek bireylere ait gonad görünüşleri.....	41
Şekil 2.6.	Van Gölü'ne dökülen akarsulardan elde edilen larval bireylerin genel görünüşü.....	41
Şekil 2.7.	Van Gölü'ne dökülen akarsulardan elde edilen larval bireyler (20-22.06.2017).....	42
Şekil 2.8.	Larval bireylere ait ölçümler ve tartım.....	43
Şekil 2.9.	Larval bireylere ait otolitler.....	44
Şekil 2.10.	Van Gölü ergin bireylere ait otolitler	45
Şekil 2.11.	Otolit ölçümlerinin yapıldığı eksenler	46
Şekil 2.12.	Arazi çalışması esnasında suyun fizikokimyasal parametrelerinin ölçülmesi	48

Şekil 2.13. Su örneklerinin analize hazır hale getirilmesi için gerekli malzemeler ...	48
Şekil 2.14. Su örneklerinin filtreden geçirilip santrifüj tüplerine alınması.	49
Şekil 2.15. Nitrik asitin alınması ve santrifüj tüpüne eklenmesi.	50
Şekil 2.16. Analize hazır hale getirilen su örnekleri.....	50
Şekil 2.17. Arazi çalışma alanı	51
Şekil 2.18. Çalışma alanı koordinatlarının ve suyun fizikokimyasal parametrelerinin alınması.	51
Şekil 2.19. Otolitlerin gömülmeleri esnasında kullanılan kalıpların genel görünüşü	55
Şekil 2.20. Epoksi kalıplarının taban kısımlarının yağlanması	56
Şekil 2.21. Epoksi karışımının tartılması, karıştırma açısı, çeker ocak genel görüntüsü	57
Şekil 2.22. Çeker ocak genel görüntüsü	58
Şekil 2.23. Otolitlerin epoksi kalıplarına yerleştirme düzleminin oyun hamuru ile gösterimi	58
Şekil 2.24. Otolit yerleştirme işleminde kullanılan malzemelerin genel görüntüsü	59
Şekil 2.25. Otolitlerin üzerine ikinci kat epoksi karışımının eklendikten sonraki görüntüsü	60
Şekil 2.26. Termo lamların genel görünüşü	60
Şekil 2.27. Portatif ısıtıcı ve kesit alma için gerekli malzemeler	61
Şekil 2.28. Otolitlerin kalıplardan alınarak lamlara kesit için yerleştirilmeleri	61
Şekil 2.29. Kesit makinesi ve kesit bıçaklarının konumu.....	62
Şekil 2.30. Lamın kesit makinesine yerleştirilmesi ve kesit alınması	62
Şekil 2.31. Kesiti alınan otolit kalıbının lama tekrar yerleştirilmesi	63
Şekil 2.32. Otolit kesitlerinin numaralı lam kutularına yerleştirilmesi	64
Şekil 2.33. Zımpara ve parlatma cihazı	64
Şekil 2.34. Zımpara kağıdı, micro polish alüminyum oksit, deiyonize su	65
Şekil 2.35. Otolitlerin zımparalanması esnasında görüntüleme için kullanılan mikroskoplar.....	66

Şekil 2.36. Otolitlerin parlatılmasında kullanılan parlatma kağıdı ve düzeneği	67
Şekil 2.37. Zımparalamada kağıdı (800 grit).....	67
Şekil 2.38. Zımparalama ve parlatma yapılan otolit kesitinin genel görüntüsü	68
Şekil 2.39. Kesit otolitlerin görüntülenmesi.....	69
Şekil 2.40. Aynı otolit kesitine ait çakıştırılacak şekilde alınan dört farklı çekim....	69
Şekil 2.41. Otolit kesitinin LA-MC-ICPMS ve iz element analizi öncesi fotoğraflanması.....	70
Şekil 2.42. Lamlar üzerindeki kristal bondun uzaklaştırılması işlemi (soldaki lam; kristal bond uzaklaştırılmadan önceki, sağdaki lam: kristal bond uzaklaştırıldıktan sonraki lam görüntüleridir).....	71
Şekil 2.43. Otolit kesitlerinin kimyasal lamlara yerleştirilmesi işlem basamakları ..	72
Şekil 2.44. UP-213 Laser Ablasyon Sistem (a), Nu Plasma HR (b)	73
Şekil 2.45. Nu Instruments (a) ve bilgisayar bağlantısı (b).....	73
Şekil 2.46. LA-MC-ICPMS cihazı kalibrasyon çizgileri	74
Şekil 2.47. Lazer ablasyon sistemine yerleştirilen kimyasal lam görüntüsü.....	74
Şekil 2.48. Kimyasal laminin ICPMS cihazındaki konumu.....	75
Şekil 2.49. Lazer çizim hattının cihazda (a) ve mikroskopta görüntüsü (b).....	76
Şekil 2.50. MC-ICMPS cihazında verilen bilgisayara aktarımı	76
Şekil 2.51. İz element analizi cihazı genel görüntü ve işleyiş mekanizması.....	78
Şekil 2.52. İz element analizi için aparata ve ardından cihaza yerleştirilen kimyasal lamların genel görüntüsü.....	79
Şekil 2.53. LA-ICPMS cihazında otolitte iz element analizinin yapıldığı hattın bilgisayar görüntüsü	80
Şekil 2.54. Otolitte ölçülen iz elementlerin bilgisayar ortamında görüntülenmesi ...	81
Şekil 2.55. ImageJ programına tanıtılan milimetrik lam görüntüsü.....	82
Şekil 2.56. Lazer sonrası yaş mesafelerinin mikrometrik (μm) ölçüm aşamaları a) ölçüm kalibrasyonu b) piksel ayarları c) tiff dosyası	83
Şekil 2.57. R programında verilerin kodlanması.....	85
Şekil 3.1. Gevaş Deresi ile Van Gölü arasındaki bağlantı noktası.....	88

Şekil 3.2.	Van Gölü'ne dökülen akarsulardan örneklenen larval bireyler.....	89
Şekil 3.3.	Akarsulardan örneklenen larvaların total boy dağılımları.....	90
Şekil 3.4.	Akarsulardan örneklenen larvaların standart boy dağılımları	91
Şekil 3.5.	Akarsulardan örneklenen larvaların ağırlık dağılımları	91
Şekil 3.6.	Habitatlara göre stronsiyum izotop oranları değişimi ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). 1, 2: Deliçay, 3, 4, 5: Bendimahi,6: Engil, 7, 8, 9: Gevaş, 10, 11, 12: Karasu, 13, 14: Karmuç, 15, 16, 17: Zilan.	104
Şekil 3.7.	Van Gölü'nde yaşayan ergin <i>A.tarichi</i> bireyine ait otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değerleri	106
Şekil 3.8.	Van Gölü ve göle dökülen akarsuların stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kutu grafikleri.....	106
Şekil 3.9.	Lokasyonlara ait renklendirmeler.....	107
Şekil 3.10.	Çalışma alanı su örneklerinin alüminyum ve antimon değerleri.....	107
Şekil 3.11.	Çalışma alanı su örneklerinin arsenik ve baryum değerleri	108
Şekil 3.12.	Çalışma alanı su örneklerinin berilyum ve bor değerleri	108
Şekil 3.13.	Çalışma alanı su örneklerinin kadmiyum ve kalsiyum değerleri	109
Şekil 3.14.	Çalışma alanı su örneklerinin krom ve kobalt değerleri.....	109
Şekil 3.15.	Çalışma alanı su örneklerinin bakır ve demir değerleri	110
Şekil 3.16.	Çalışma alanı su örneklerinin kurşun ve lityum değerleri.....	110
Şekil 3.17.	Çalışma alanı su örneklerinin magnezyum ve manganez değerleri	111
Şekil 3.18.	Çalışma alanı su örneklerinin molibden ve nikel değerleri.....	111
Şekil 3.19.	Çalışma alanı su örneklerinin fosfor ve potasyum değerleri.....	112
Şekil 3.20.	Çalışma alanı su örneklerinin selenyum ve silisyum değerleri	112
Şekil 3.21.	Çalışma alanı su örneklerinin gümüş ve sodyum değerleri.....	113
Şekil 3.22.	Çalışma alanı su örneklerinin stronsiyum ve talyum değerleri	113
Şekil 3.23.	Çalışma alanı su örneklerinin kalay ve titanyum değerleri	114
Şekil 3.24.	Çalışma alanı su örneklerinin uranyum ve vanadyum değerleri	114
Şekil 3.25.	Çalışma alanı su örneklerinin çinko değeri	115

Şekil 3.26. Lokasyonlara ait su örneklerinin baryum:kalsiyum oranı.....	116
Şekil 3.27. Lokasyonlara ait su örneklerinin magnezyum:kalsiyum oranı	117
Şekil 3.28. Lokasyonlara ait su örneklerinin stronsiyum:kalsiyum oranı	117
Şekil 3.29. Lokasyonlara ait su örneklerinin manganez:kalsiyum oranı.....	118
Şekil 3.30. Van Gölü <i>A.tarichi</i> bireyelerine ait yaş verileri.....	119
Şekil 3.31. Van Gölü ergin <i>A.tarichi</i> bireyelerinin yumurtadan çıkış yılları	120
Şekil 3.32. İnci kefali bireyelerinin lapillus kesiti yaşlarına göre boy dağılımları ...	121
Şekil 3.33. II(III) yaş (Örnek no: 102; Yakalanma tarihi: 19.11.2016, Lapillus kesiti).....	122
Şekil 3.34. III yaş (3+) (Örnek no: 59, Yakalanma tarihi: 23.06.2017, Lapillus kesiti).....	122
Şekil 3.35. IV yaş (Örnek No:42, Yakalanma tarihi: 20.05.2017, Lapillus kesiti).....	123
Şekil 3.36. V yaş (Örnek no: 40, Yakalanma tarihi: 14.04.2017, Lapillus kesiti).....	123
Şekil 3.37. VI yaş (Örnek no:28, Yakalanma tarihi: 20.03.2017, Lapillus kesiti).....	124
Şekil 3.38. VIII yaş (7+)(Örnek no:94, Yakalanma tarihi: 19.10.2016, Lapillus kesiti).....	124
Şekil 3.39. IX yaş (Örnek no:17, Yakalanma tarihi: 22.02.2017, Lapillus kesiti).....	125
Şekil 3.40. X yaş (Örnek No:11, Yakalanma tarihi: 22.02.2017)	125
Şekil 3.41. Yaş mesafeleri ölçüm hattı ve ölçüm yapılan mesafeler (μm).....	127
Şekil 3.42. Otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm hattı (Dikey ve yatay eksen)	130
Şekil 3.43. Otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm hattı (yatay eksen)....	130
Şekil 3.44. Su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$).....	131
Şekil 3.45. Van Gölü ergin bireyin merkezden kenar kısma doğru her bir noktasında elde edilen stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm değerleri.....	131
Şekil 3.46. Van Gölü ergin bireyin merkezden kenar kısma doğru her bir noktasında elde edilen stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm değerlerinin grafik ile çakıştırılması	132

Şekil 3.47. Van Gölü <i>A.tarichi</i> bireyine ait otolit stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm değerlerinin dosya görünümü.....	132
Şekil 3.48. İnci kefalı bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar	134
Şekil 3.49. Van Gölü inci kefalı bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar arasında birey sayısı dağılımı	134
Şekil 3.50. Yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen Van Gölü inci kefalı bireylerinin yaş dağılımı (N: Balık sayısı, Unknown: Belirlenemeyen)	135
Şekil 3.51. Yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen Van Gölü inci kefalı bireylerinin yıllara göre dağılımı.....	137
Şekil 3.52. Yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen inci kefalı bireylerinin örneklendikleri aylara göre dağılımı	139
Şekil 3.53. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 53).....	140
Şekil 3.54. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 69).....	141
Şekil 3.55. Deliçay'dan yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 65).....	141
Şekil 3.56. Deliçay'dan yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 67).....	142
Şekil 3.57. Deliçay'dan yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 79).....	142
Şekil 3.58. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 30).....	143
Şekil 3.59. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 47).....	143
Şekil 3.60. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 80).....	144
Şekil 3.61. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 13).....	144
Şekil 3.62. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 66).....	145
Şekil 3.63. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 75).....	145

Şekil 3.64. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 59)	146
Şekil 3.65. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 110)	146
Şekil 3.66. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 50)	147
Şekil 3.67. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 51)	147
Şekil 3.68. Zilan Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 48)	148
Şekil 3.69. Deliçay'da yumurtadan çıkan üreme göçünde Gevaş Deresi'ni tercih eden inci kefali bireyinin otolit $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 11).....	149
Şekil 3.70. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan üreme göçünde Bendimahi Çayı'nı tercih eden inci kefali bireyinin otolit $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 70)	149
Şekil 3.71. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan üreme göçünde Engil Çayı'nı tercih eden inci kefali bireyinin otolit $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 98).....	150
Şekil 3.72. Otolit kimyasında kullanılan oranların renklendirme skalası	151
Şekil 3.73. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 53).....	152
Şekil 3.74. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 69).....	153
Şekil 3.75. Deliçay'da yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 65)	154
Şekil 3.76. Deliçay'da yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 67)	155
Şekil 3.77. Deliçay'da yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 79)	156
Şekil 3.78. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 30).....	157
Şekil 3.79. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 47).....	158

Şekil 3.80. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 80).....	159
Şekil 3.81. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 13).....	160
Şekil 3.82. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 66).....	161
Şekil 3.83. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 75).....	162
Şekil 3.84. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 59).....	163
Şekil 3.85. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 110).....	164
Şekil 3.86. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 50).....	165
Şekil 3.87. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 51).....	166
Şekil 3.88. Zilan Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 48).....	167
Şekil 3.89. Balık örnek no; 53, 69, 65, 67, 79, 90, 47, 80 olan balıkların otolit çinko: kalsiyum oranları.....	168
Şekil 3.90. Balık örnek no; 47, 13, 66, 75, 59, 50, 51, 48 olan balıkların otolit çinko: kalsiyum oranları.....	169
Şekil 4.1. Van Gölü ve Gevaş Deresi bağlantı noktası, 22.06.2017.....	173
Şekil 4.2. Van Gölü-Gevaş Deresi (04.08.2016).....	174
Şekil 4.3. Gevaş Deresi'nden su alımı (22.09.2016).....	174
Şekil 4.4. Gevaş Deresi kenarında inşaat çalışmaları (22.09.2016).....	175
Şekil 4.5. Gevaş Deresi (22.03.2018).....	175
Şekil 4.6. Van Gölü'nde hava sıcaklığı, buharlaşma, tatlısu girdisi, epilimniyon, termoklin tabakalarının aylara göre durumu (Kempe vd, 1978'den uyarlanmıştır).....	190
Şekil 4.7. Stronsiyum izotop oranlarının tuzluluk ile ilişkisi (Hobbs vd, 2010).....	201
Şekil 4.8. Van Gölü'nden örneklenen ergin birey otolit stronsiyum izotop oranı değişimi (Örnek No:23).....	202

Şekil 4.9. Van Gölü Havzasının basitleştirilmiş jeolojik konumu (Tolluoğlu vd, 2004).....	207
Şekil 4.10. 1967 ve 2015 yılları arasında gerçekleştirilen otolit kimyası çalışmalarında kullanılan elementler ve izotoplar (Tüm element ve izotoplar en az üç çalışmada kullanılmışlardır) (Carlson vd, 2017).	212
Şekil 4.11. Deliçay’da su kalitesinin bozulması, 16.06.2015.....	218
Şekil 4.12. Gevaş Deresi, 04.08.2016	219
Şekil 4.13. Gevaş Deresi, 22.09.2016	219
Şekil 4.14. Karasu Çayı’nda kum alma çalışması, 1995 yılı (Elp, 1996).....	221
Şekil 4.15. Karasu Çayı’nda kum alma çalışmalarının akarsu yatağı üzerindeki etkisi, 01.10.2003 (Elp vd, 2006).....	221
Şekil 4.16. Üreme dönemi ve av yasağının başladığı dönemde Karasu Çayı’nda faaliyet gösteren kum ocağı tesisi, 18.04.2015 (Şen vd, 2015).....	222
Şekil 4.17. Karasu Çayı’nın Ablangez bölgesinde köprü eşiği nedeniyle oluşan şelale, Haziran, 1995 (Elp, 1996).....	223
Şekil 4.18. Karasu Çayı Ablangaz köprüsü ıslah çalışmasından sonraki hali, 12.10.2006 (Şen vd, 2015)	224
Şekil 4.19. Van Gölü Havzası’nda yayılım gösteren balıkların bulunduğu noktalar (Elp vd, 2016).....	225

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Van Gölü'ne dökülen akarsularda yayılış gösteren balık türleri (Elp vd, 2016'dan uyarlanmıştır)	25
Çizelge 1.2.	Van Gölü suyunda çözünmüş halde bulunan anyon ve katyonlar (Degens vd, 1978)	26
Çizelge 2.1.	Çalışma alanı koordinatları.....	42
Çizelge 2.2.	Otolitlerde hesaplanan şekil indeksleri (Tuset, 2003; Zischke vd, 2016).....	46
Çizelge 2.3.	Çalışma alanı koordinatları (22-23.09.2016).....	47
Çizelge 2.4.	Çalışma alanı koordinatları (22-23.03.2018).....	52
Çizelge 2.5.	ppm'de her element için belirlenen ortalama limitler	80
Çizelge 3.1.	<i>Alburnus tarichi</i> larval bireylerine ait boy değerleri	88
Çizelge 3.2.	<i>Alburnus tarichi</i> larval bireylerine ait ağırlık değerleri.....	89
Çizelge 3.3.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Ocak ayı (18.01.2017) örneklerine ait veriler.....	92
Çizelge 3.4.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Şubat ayı (22.02.2017) örneklerine ait veriler.....	92
Çizelge 3.5.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Mart ayı (20.03.2017) örneklerine ait veriler.....	93
Çizelge 3.6.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Nisan ayı (14.04.2017) örneklerine ait veriler.....	93
Çizelge 3.7.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Mayıs ayı (20.05.2017) örneklerine ait veriler.....	93
Çizelge 3.8.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Haziran ayı (23.06.2017) örneklerine ait veriler.....	94
Çizelge 3.9.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Temmuz ayı (13.07.2017) örneklerine ait veriler.....	94
Çizelge 3.10.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Ağustos ayı (19.08.2017) örneklerine ait veriler.....	94
Çizelge 3.11.	Van Gölü <i>A.tarichi</i> Eylül ayı (01.09.2016) örneklerine ait veriler.....	95

Çizelge 3.12. Van Gölü <i>A.tarichi</i> Ekim (19.10.2016) ayı örneklerine ait veriler.....	95
Çizelge 3.13. Van Gölü <i>A.tarichi</i> Kasım ayı (19.11.2016) örneklerine ait veriler.....	95
Çizelge 3.14. Van Gölü <i>A.tarichi</i> Aralık (22.12.2016) ayı örneklerine ait veriler.....	96
Çizelge 3.15. <i>A. tarichi</i> türüne ait otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri	96
Çizelge 3.16. Van Gölü ergin <i>A. tarichi</i> bireyelerine ait otolit şekil indeks değerleri	98
Çizelge 3.17. Van Gölü <i>A.tarichi</i> bireyelerinin sağ ve sol otolitlerinin şekil indeks değerleri bakımından karşılaştırılması (*İstatistiki açıdan fark var) ..	99
Çizelge 3.18. Göle dökülen akarsulara ait fizikokimyasal parametreler (larval bireylerin alınması, 20-22.06.2017)	100
Çizelge 3.19. Van Gölü ve göle dökülen akarsulara ait fizikokimyasal parametreler (22-23.09.2016)	101
Çizelge 3.20. Van Gölü ve göle dökülen akarsulara ait fizikokimyasal parametreler (22-23.03.2018)	101
Çizelge 3.21. Van Gölü'ne dökülen akarsuların su numunelerinin stronsiyum izotop oranlarına ait LA-MC-ICPMS sonuçları	102
Çizelge 3.22. Van Gölü su örneği stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analiz sonuçları.....	105
Çizelge 3.23. Otolit mesafelerinin yaşlar ile karşılaştırılması önemlilik düzeyleri ve alt kümeleri	128
Çizelge 4.1. Farklı çalışmalarda örneklenen inci kefali popülasyonlarının yaş gruplarına göre ortalama boy (cm) değerleri.....	180
Çizelge 4.2. Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin asteriskus otolit ölçümlerine ait veriler.....	183
Çizelge 4.3. Van Gölü Havzası'nda farklı göllerden örneklenen inci kefali otolitlerine ait veriler (ÇB: Çatal Boy) (Saygın vd, 2017)	184
Çizelge 4.4. Farklı çalışmalarda inci kefali popülasyonu için hesaplanan otolit şekil indeks değerleri ve tanımlayıcı istatistikleri	186
Çizelge 4.5. Gevaş Deresi 2010-2017 yılları arası debi bilgileri.....	209
Çizelge 4.6. Deliçay 2010-2017 yılları arası debi bilgileri.....	210
Çizelge 4.7. Karasu Çayı 2010-2017 yılları arası debi bilgileri	210

1. GİRİŞ

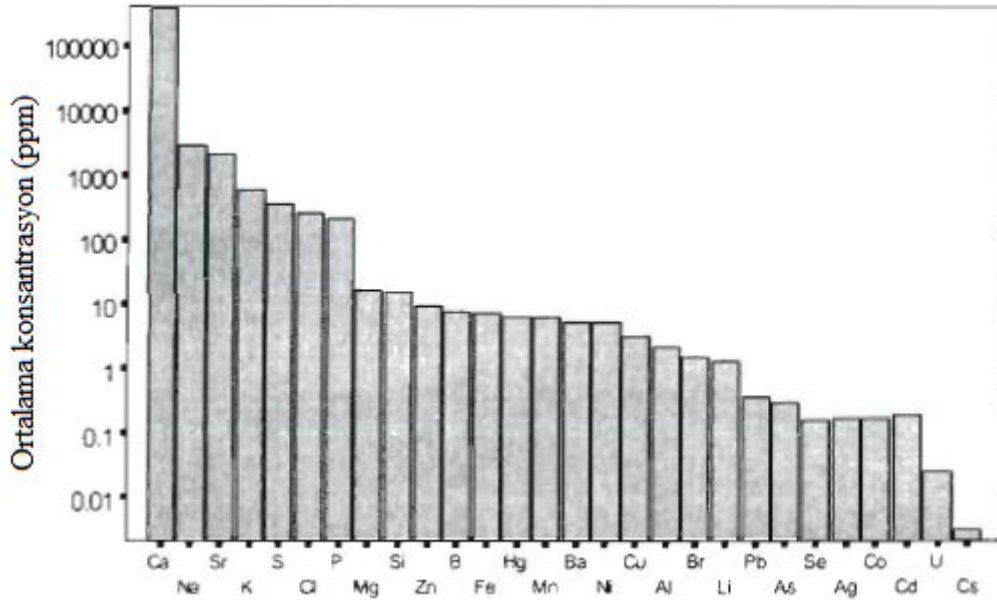
1.1. Otolitler ve Otolit Kimyası Hakkında Genel Bilgi

Köpek balıkları, vatozlar ve yuvarlak ağızlılar hariç balıkların kafalarının iki yanında bulunan, denge ve duyma organı olarak görev yapan otolitler kalsiyum karbonattan oluşmuş yapılardır (Campana, 2004). Kemikli balıkların tümünde sagitta, lapillus ve asteriskus olmak üzere üç çift otolit mevcuttur. Çoğu kemikli balıkta sagittal otolitler en büyük, lapilluslar ise en küçük otolitlerdir, fakat Cypriniformes ve Siluriformes ordolarına ait üyelerde asteriskuslar en büyük ve sagittal otolitler en küçük otolitler olarak gözlenmektedir (Harvey vd, 2000; Campana, 2004). Otolitlerin şekilleri ve boyutları türler arasında önemli derecede farklılık arz etmektedir (Campana ve Thorrold, 2001).

Otolitler; bireysel ve populasyon düzeyinde balıkların yaş tayininde (Vilizzi ve Walker, 1995; Polat vd, 2005; Gümüş vd, 2007; Aydın, 2018; Hançer, 2018), biyometrik özellikleri ile stok ayırımında (Campana ve Casselman, 1993; DeVries vd, 2002; Bostancı vd, 2017; Kumar vd, 2017; Mapp vd, 2017; Saygın vd, 2017; Özpiçak vd, 2018), ekomorfoloji çalışmalarında (Aguirre ve Lombarte, 1999; Volpedo ve Echeverria, 2003; Tuset vd, 2010), arkeolojik araştırmalarda (Tuset vd, 2008), taksonomik çalışmalarda (Battaglia vd, 2010) kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra mikrokimyasal özellikleri yardımıyla da balıkların göç özelliklerinin belirlenmesinde önem arz eden otolitler, balık yumurtadan çıktığı andan itibaren tüm yaşamları boyunca karbonat kristallerinin birikmesi ile oluşur. Çevresel parametreleri tüm yaşam boyunca yapılarında çeşitli göstergeler ile kaydettikleri için, balık yaşam hikâyesinin “kara kutusu” olarak da anılırlar. Otolitler iklimsel değişimleri, su sıcaklıklarını, ortamdaki element konsantrasyonlarını, beslenme farklılıkları ve daha birçok ekolojik parametreyi kaydederler (Radtke vd, 1990). Diğer kemiksi yapılarda (pul, yüzgeç ışını, operkül) uzun süre açlık olması durumunda geri emilim meydana gelirken, otolitlerin büyümesi esnasında birikim yüzeyine yerleşen element ve bileşiklerde herhangi bir kayıp ya da geri emilim söz konusu olmadığı için değişmeden kalırlar (Campana ve Neilson, 1985). Balıklarda kemiksi yapı olarak otolitler; tuzluluk, sıcaklık ve ortam suyunun element kompozisyonlarının değerlendirilmesinde dikkate alınırlar. Bu sebeple de balıklar yumurtadan çıktığı

andan itibaren balıkların otolit kimyası incelenerek balık biyolojileri hakkında bilgi sahibi olunabilir (Campana, 2004).

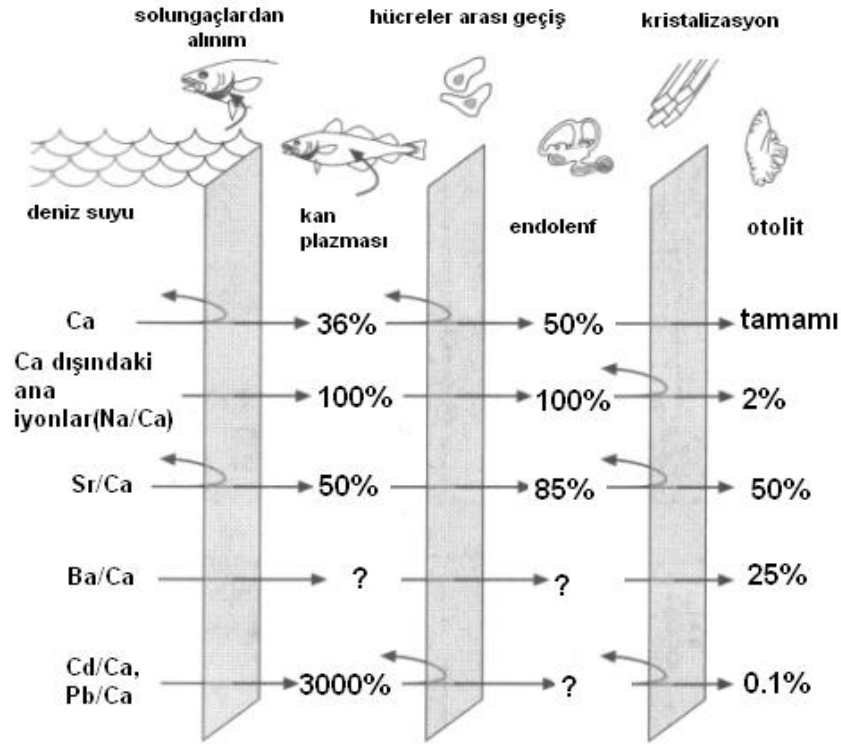
Otolitlerin yapısında bugüne kadar Th ve Ra gibi radyoaktif elementlerin dışında 31 element belirlenmiştir (Ca, Na, Sr, K, S, Cl, P, Mg, Si, Zn, B, Fe, Hg, Mn, Ba, Ni, Cu, Al, Br, Li, Pb, As, Se, Ag, Co, Cd, U, Cs, C, O, N). Bu elementler, otolitlerde nispi bulunma düzeylerine göre değerlendirildiğinde ana, yan ve iz elementler olarak adlandırılırlar (Campana, 1999). Element kompozisyonu içeriğinde kalsiyum karbonat (CaCO₃) matrisini oluşturan kalsiyum, oksijen ve karbon elementleri ana elementlerdir ve otolitlerde yüksek oranlarda bulunurlar (10.000 ppm'den yüksek). Bununla birlikte büyük bir kısmı da yan ve iz elementlerden oluşmaktadır. Na, Sr, K, S, Cl ve P gibi elementler ise yan elementler olarak adlandırılır ve 100-10.000 ppm arasında konsantrasyona sahiptirler (Şekil 1.1). Otolitlerde iz elementler olarak adlandırılan Zn, B, Fe, Hg, Mn, Ba, Ni gibi elementler ise 100 ppm'den daha düşük konsantrasyonlardadır. Bunların dışında belirlenmeyi bekleyen muhtemelen daha çok sayıda element mevcuttur (Campana, 1999).



Şekil 1.1. Otolitlerde mevcut element konsantrasyonları (C, O, N ana elementler, Th ve Ra gibi radyoaktif elementler dahil edilmemiştir) (Campana, 1999)

Elementlerin sucul ortamdan balık otolitlerine geçişlerinde bazı detaylar önemli yer tutmaktadır. Balıkların bulunduğu ortam suyunda mevcut olan elementler ve iyonlar belirli bariyerlerden geçerek otolitlere aktarılırlar. Balıklar yüksek

osmoregülasyona sahip oldukları için elementer ve iyonik bariyerler bu geçiş aşamalarında oldukça önemlidir. Otolitlerdeki bu geçiş yolları diğer dokulardaki geçiş yollarına göre daha düzenlidirler. Elementlerin büyük bir kısmı otolitlere solungaçlar veya bağırsaklar aracılığıyla; sudan kan plazmasına, kan plazmasından endolenfe ve son olarak da otolitlere ulaşırlar (Şekil 1.2) (Campana, 1999).



Şekil 1.2. Elementlerin sudan otolitlere geçiş esnasında bariyerlerden geçiş yolları (Campana, 1999)

Otolitlerin %95 üzerinde kalsiyum karbonat, %3-5 oranında organik matriks ve %1'den de az organik olmayan iz elementlerden oluştuğu bildirilmiştir. Otolitlerdeki inorganik elementlerin çoğu sudan türevlenmektedir, örneğin balıklarda Ca %80, Sr ise %90 ortamdaki sudan gelmektedir (Simkiss, 1974; Farrell ve Campana, 1996). Ortam suyundan otolitlere herhangi bir element veya iyon geçişi çok safhalı bir süreçtir, az veya çok sayıda birbirinden bağımsız bariyerler dizisi ile karakterize edilir. Şekil 1.2'den de anlaşılacağı gibi elementlerin paylaşımı üç ara yüzeyin herhangi bir aşamasında veya bu aşamaların hepsinde de meydana gelebilmektedir. Ara yüzeyler ise; su-solungaç, kan-endolenf, endolenf-otolittir. Ca ve diğer ana iyonların plazmadaki konsantrasyonları deniz suyundakinin yaklaşık üçte biri kadardır. Na⁺, K⁺, Cl⁻ iyonlarından örnek verilecek olursa, ana iyonların birçoğu üç

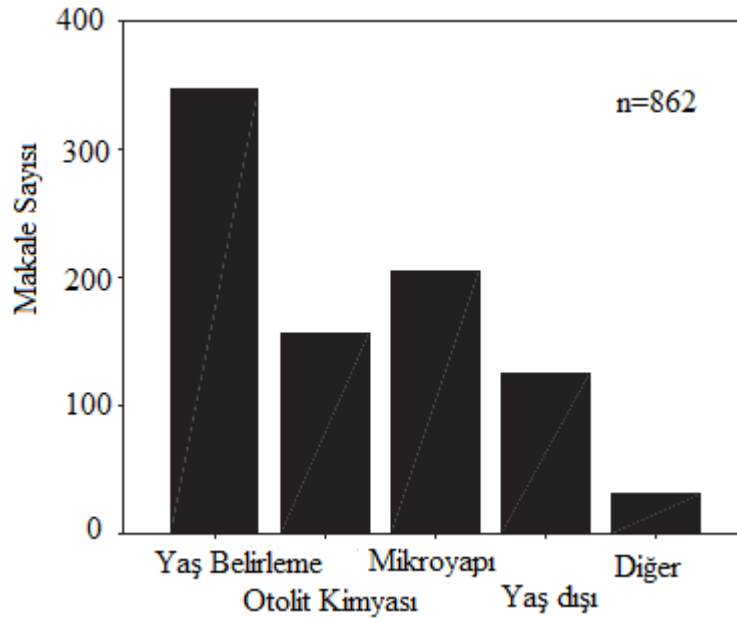
ara yüzeyin hepsinde birden ayrılmaya uğrarken, stronsiyum (Sr) iz elementi ise ayrıma uğramamaktadır. Elementlerin ayırım derecesi ve ayırımın meydana geldiği yerler büyük değişiklikler gösterdiğinden dikkat edilmelidir. Otolitlerdeki çoğu elementlerin kalsiyuma oranı kan plazması ve ortam suyundan çok daha düşüktür. Ayrıca elementler arasında ayrılma derecesinde de farklılıklar mevcuttur. Su ve otolit arasındaki ayrılma derecesi ise;

$$D=(\text{element:Ca})_{\text{otolit}}/(\text{element:Ca})_{\text{su}}$$

formülü kullanılarak belirlenir. D=1 olduğunda element ayırımı yoktur ve D=0 olduğunda ise element ortam suyundan otolite hiç geçiş yapmamıştır anlamına gelmektedir. Stronsiyum için bu değer 0.14 iken, ana iyonların (Na⁺, K⁺, Cl⁻ gibi iyonlar) birçoğu için gözlenen değer 0.05'ten daha azdır. İz elementlerin çoğunun dağılım katsayıları 0.25'i aşmaktadır ve hatta bazen 1.0'e bile yaklaşabilmektedir (Campana, 1999). İyon geçişi osmoregülasyon ile gerçekleştiği için tatlısu balıkları ile deniz balıklarında farklılık göstermektedir. Tatlısu balıklarında element geçişi solungaç-su arasında meydana gelirken, deniz balıklarında ise bağırsak ile emilim yüzeyi arasında gerçekleşir. Elementler endolenfe de geçiş yaparlar ve geçiş plazma-endolenf arasında da devam eder (Mugiya ve Takahashi, 1985). Endolenfteki element kompozisyonu su veya kan plazması ile karşılaştırıldığında otolit kompozisyonuna daha yakındır. Endolenfe geçecek elementlerin seçimi ve konsantrasyonu hücreler aracılığı ile olur (Mugiya ve Yoshida, 1995). Deniz balıklarında ise element kaynağı, sürekli su içilen su ve barsaklardan emilim ile alınan sudur (Olsson vd, 1998). Ortam suyundan otolite geçen elementlerin geçişinin son aşaması ise kristalleşmedir. Örneğin sudaki mevcut Sr/Ca oranı ile otolitteki Sr/Ca oranında Sr elementinin geçişinde otolit kristalizasyonu önemlidir, deniz suyundan kan plazmasına geçişteki seçilim dikkate alınmaz (Campana, 1999). Ortam suyunda bol miktarda bulunan bazı iz elementler otolitlerde aynı oranda bulunmayabilirler. Bu durum tatlısu ortamında ve denizel ortamda yaşayan balıkların su, kan ve otolit element kompozisyonlarının karşılaştırılması ile açıklanabilir. Ca, Na, P, Mg, Cu gibi elementler tatlısu ve denizel ortamda farklı konsantrasyonlarda bulunurlar. Örneğin Ca deniz suyunda bol miktarda bulunurken tatlısu ortamında ise daha azdır. Ancak gerek tatlısuda ve gerekse denizel ortamda yaşayan balıklarda kalsiyum elementinin otolitte bulunma miktarı hemen hemen aynıdır. Ortamdaki Ca elementinin otolite geçerken seçilime uğraması yanında osmoregülasyon kontrolü ile

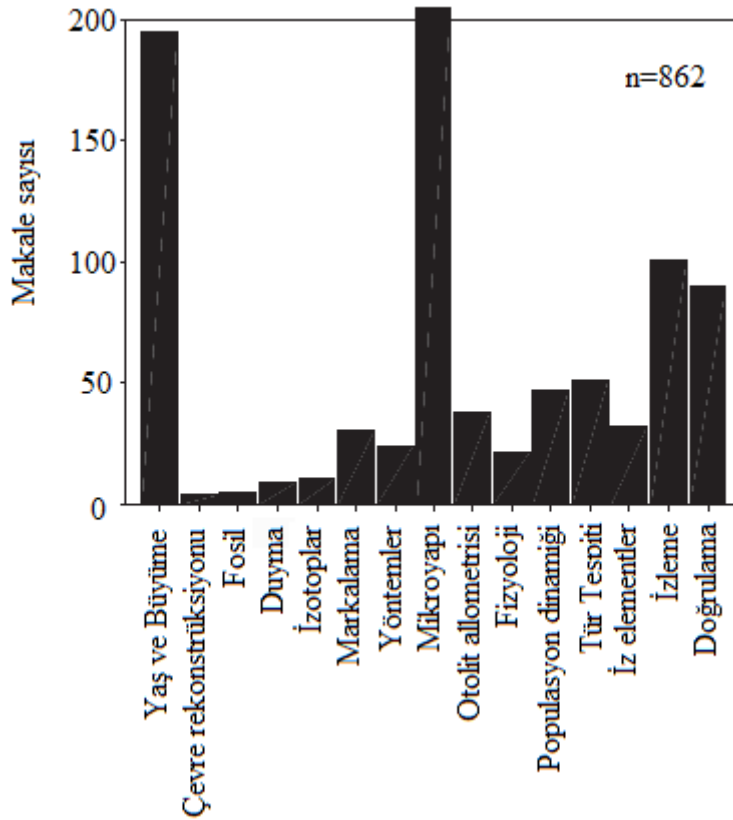
bu durum açıklanabilir. Ortamda elementin bol miktarda olması ile aynı ölçüde balığın bu elementi alması söz konusu değildir. Otolitte bulunan Ca, Na, P, Mg, Cu gibi iz elementlerin konsantrasyonu ortam suyunun element konsantrasyonunu yansıtmazken, Sr, Zn, Pb, Mn, Ba, Fe gibi bazı iz elementler ortam suyunun konsantrasyonunun göstergesi olabilirler. Denizel ve tatlısu ortamlarında bu elementler farklı oranlarda bulunurlar ve bu fark otolit yapısında görülür. Dolayısıyla Sr, Zn, Pb, Mn, Ba, Fe gibi elementler ortam suyundan otolite geçişi esnasında herhangi bir ayırma uğramazlar ve ortam suyundaki bolluk durumuna göre de otolitlere geçerler (Campana, 1999).

Otolitler değerlendirildiğinde, yaş ve büyüme çalışmaları, tür belirleme, populasyon dinamiği, stok tespiti, balıkçılık yönetimi, fosil araştırmaları, mikrokimyasal çalışmalar, balık göçlerinin ortaya çıkarılması gibi pek çok konu aydınlatılabilir. Sözgelisi, Campana (2005), “21. Yüzyıla girişte otolit bilimi” adlı çalışmasında otolitlerden faydalanılarak gerçekleştirilen verileri istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Araştırmacı, 1999 ve 2004 yılları arasında yayınlanan otolit makalelerini; yaş ve büyüme, otolit kimyası, mikro-yapı, yaş dışındakiler ve diğer uygulamalar olmak üzere beş ana başlık altında ele almıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. 1999 ve 2004 yılları başı arasındaki otolitlerin kullanıldığı çalışma alanlarının konularına göre dağılımı (Campana, 2005'ten uyarlanmıştır)

Yapılan çalışmalar (1999-2004 yılları arasında) alt araştırma alanlarına göre değerlendirildiğinde ise; yaş ve büyüme çalışmaları %23, çevre rekonstrüksiyon çalışmaları < % 1, fosiller < %1, duyma < % 1, izotoplar %1, markalama %4, yöntemler %3, otolit mikroyapısı %24, otolit allometrisi %4, fizyolojisi %2, populasyon dinamiği %6, tür tespiti %6, iz elementler %4 ve izleme çalışmaları %12, yaş doğrulama ve yaş tayini metotlarını karşılaştırma çalışmaları %10'luk bir dilimi kapsamaktadır (Şekil 1.4) (Campana, 2005).



Şekil 1.4. 1999 ve 2004 yılları başı arasındaki otolitlerin kullanıldığı çalışma alt araştırma alanlarına göre dağılımı (Campana, 2005'ten uyarlanmıştır)

Ülkemizde henüz uygulanmamış olan kullanım alanı ise, otolitlerin jeokimyasal yapılarından faydalanılarak özellikle göç eden balıklarda, balıkların yumurtadan çıktıkları habitatların tespit edilmesidir. Böyle habitatların tespit edilmesi ve korunması türlerin devamlılığı açısından önemlidir. Ergin bireylerin bulunduğu populasyona farklı larval habitatların ne derecede katkı yaptığının bilinmesi en zor olan kısımdır. Otolit jeokimyasının ortaya çıkarılması ile ergin balıkların daha önceden kullandıkları larval habitatları belirlemek mümkündür.

Otolitlerin jeokimyasal özelliklerinden yararlanarak balıkların geçmişte yaşadıkları doğal habitatlarının ve göç hikâyelerinin belirlenmesi hem balık ekolojisi hem de balıkçılık yönetimi açısından önemli avantajlara sahiptir (Hobbs vd, 2005). Otolitin kimyasal kompozisyonu, balığın bulunduğu habitatteki suyun özellikleri hakkında bilgi verir (Kennedy vd, 2000, 2002; Bacon vd, 2004; Walther ve Thorrold, 2008; Wolff vd, 2012; Sousa vd, 2016; Fortunato vd, 2017; Camin vd, 2018). İzotop analizi ile çevre özellikleri objektif bir şekilde analiz edilir. Burada konu edilen, otolitlerdeki stronsiyum izotop oranlarıdır ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). Stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analizi ile geçmişe yönelik olarak balıkların yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenebilir (Ingram ve Weber 1999; Hobbs vd, 2005; Barnett-Johnson vd, 2008, Walter ve Thorrold, 2008; Hogan vd, 2017; Long vd, 2018) ve anadrom göç hikâyeleri ortaya çıkarılabilir (Kennedy vd, 2002; Outridge vd, 2002; Bacon vd, 2004; Woodhead vd, 2005; Padilla vd, 2015). Geçmişe yönelik olarak balıkların doğal habitatlarının doğru bir şekilde belirlenmesi, o türün populasyon ekolojisinin anlaşılması ile ilgili uygulamalarda önemli bir yere sahiptir. Larvaların yaşadığı ortamda mevcut olan çevresel şartlardaki farklılıklar, larvaların stok oluşturma potansiyelleri üzerinde de oldukça etkilidir (Crecco ve Savay, 1985; Houde 1989; Cushing ve Horwood, 1994). Mekânsal olarak heterojen olan çevrelerde bireylerin doğal habitatlarını belirleyebilmek üreme habitatlarını daha iyi bir şekilde değerlendirmemize imkan verir. Ayrıca stok başarısını etkileyen faktörleri ve tehdit altında olan balık populasyonlarının yönetimini doğru yapmamıza imkân sağlar (Hobbs vd, 2005).

Balık otolitlerindeki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) birkaç sebepten dolayı çevre tarihinin kronolojik olarak ortaya çıkarılması için ideal bir araçtır. Bunlardan; birincisi bir akarsuyun stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), farklı havzaların jeokimyasal kompozisyonları ile oluşur ve zamanla sabitlenir (Kennedy vd, 2000; Bacon vd, 2004). İkincisi ise, deniz ortamının stronsiyum izotop oranının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) küresel olarak aynıdır ($=0.70918$) (Kennedy vd, 2000; Bacon vd, 2004; Miller ve Kent, 2009) ve tahminen 400.000 yıldır da sabit kalmıştır (Gillanders, 2005a). Sonuncusu ise stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) biyolojik veya dış çevresel faktörlerden etkilenmemesidir (Kennedy vd, 1997; Kennedy vd, 2000, 2002; Outridge vd, 2002). Balık otolitlerindeki stronsiyum izotop oranı fizyolojik olarak düzenlenmez ve jeokimyasal durumu ortaya çıkarmada oldukça iyi bir tahmin

aracıdır (Kennedy vd, 1997; Outridge vd, 2002). Coğrafik olarak birbirlerinden farklı alanların stronsiyum izotop oranlarının birbirinden farklı olması jeolojik oluşumların yapısından kaynaklanır. ^{87}Rb 'nin ^{87}Sr 'ye radyojenik olarak bozulması ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı sonuçları suyun litolojik özellikleri hakkında bilgi verir. Stronsiyum izotop oranları jeolojik zamanla değişiklik gösterdikleri için ekolojik çalışmalarda stabil bir gösterge olarak da kabul edilirler (Dickin, 1995).

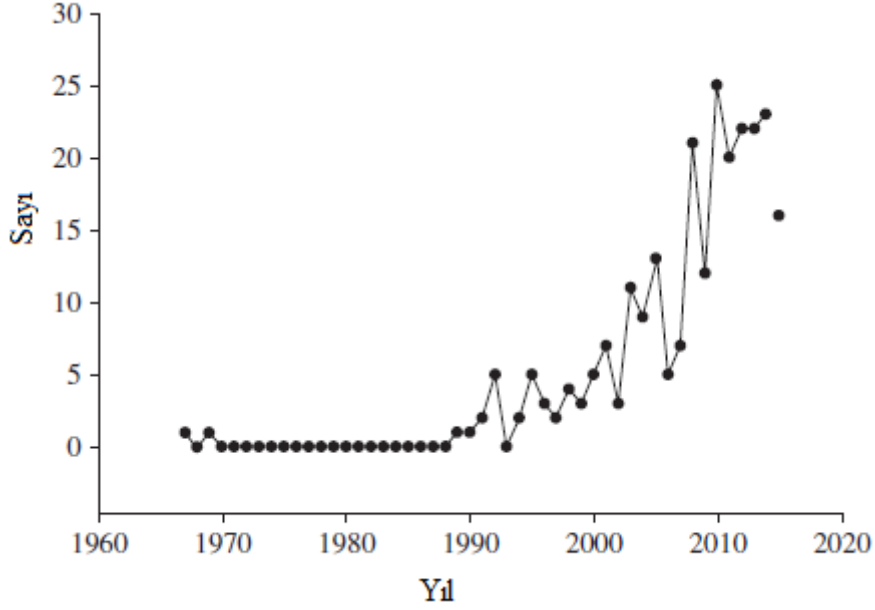
Balık otolitlerindeki stronsiyum izotop oranları; stok yapılarının belirlenmesinde, göç hikâyelerinin ortaya çıkarılmasında (Kennedy vd, 2002) ve alabalık göçlerinde doğal orjinlerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Örneğin; Kennedy vd (1997) Connecticut Nehri'nin iki havzasında iki farklı nehir arasında Atlantik alabalıklarının stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlemiştir. Kral somon balığının, Sacramento-San Joaquin Havzası'nda her alanda doğal olarak buldukları, nehre özgü tek bir stronsiyum izotop oranına ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sahip oldukları bulunmuştur (Ingram ve Weber, 1999). Kennedy vd (2000) stronsiyum izotop alımının üreme çiftliklerinde yetiştirilen alabalıklarda besin alımı yoluyla olduğunu ileri sürmüştür, ancak Simkiss (1974), stronsiyum izotop oranlarının önemli bir kısmının doğrudan sudan alındığını göstermiştir. Fakat her iki durumda da stronsiyum izotopları doğal besin ağındaki trofik seviyeler boyunca dalgalanma göstermez ve bu yüzden balıkların otolitlerindeki stronsiyum izotop oranları balıkların yaşadıkları akarsuların özelliklerini yansıtır (Blum vd, 2000).

Daha önceden yapılan çalışmalarda balıkların doğal orjinlerinin, stok yapılarının ve tuzluluk özelliklerinin ortaya çıkarılmasında otolitlerdeki iz element konsantrasyonları (stronsiyum, baryum, magnezyum) da kullanılmıştır (Thorrold vd, 1998; Campana vd, 2000; Gillanders, 2005a; Hobbs vd, 2007; Sarimin ve Mohamed, 2014). Söz gelişi, *Alosa sapidissima* türünün göç özellikleri ve çevre özelliklerinin ortaya çıkarılmasında iz elementlerin kullanılabilceği ispatlanmış, deniz türlerinin doğal habitatlara ne derecede dönüş yaptıkları da yine iz element çalışmaları yardımıyla belirlenmiştir (Limburg, 1995; Thorrold vd, 1998, 2001). Yapılan çalışmalarda göç eden bazı balıkların tuzluluk geçmişlerinin ortaya çıkarılmasında Sr/Ca oranlarının da tuzluluğu makul bir şekilde açıkladığı gösterilmiştir. Ancak bu tekniğin örneğin 5 ppt'den düşük tuzlu sular arasında ayırım yapma konusunda duyarlı olup olmadığı hâlâ tartışmalıdır (Kalish, 1989; Secor vd, 1995; Secor ve Rooker, 2000). Aksine düşük tuzluluklarda yaşayan balıklarda, tuzluluk geçişini

stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) daha iyi gösterdiği ifade edilmiştir (Ingram ve DePaolo, 1993; Faure ve Mensing, 2005). Bu yüzden de otolit stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) tatlısu balıklarının doğal orjinlerini belirlemek amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte çevredeki stronsiyum izotop oranlarındaki farklılıklar zor tespit edilmektedir ve bu değişiklikleri ortaya çıkarmaya yarayacak yüksek-çözünürlüklü araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. ICP-MS ile stronsiyum izotop oranı ölçümü %1'den daha düşük bir standart sapma ile (RSD) ve lazer ablasyon (LA) tekniği ile yapılmaktadır (Machado ve Gauthier, 1996). Multi collector (MC) ICP-MS ile sırasıyla %0.1 ve %0.04 RSD ile daha yüksek hassasiyet sağlanır (Thorrold ve Shuttleworth 2000; Outridge vd, 2002). Avustralya'da *Lates calcarifer* ve *Galaxias maculatus* (Woodhead vd, 2005; Milton vd, 2008) türleri, Alaska'da *Salvelinus malma* (Outridge vd, 2002), Vermont'ta *Salmo salar* (Kennedy vd, 2000) türü ile çalışılmıştır. Kaliforniya'nın Central Vadisi'nde *Oncorhynchus tshawytscha* (Barnett-Johnson vd, 2008), *Pogonichthys macrolepidatus* (Feyrer vd, 2007) ve nesli tehlike altında olan *Hypomesus transpacificus* (Hobbs vd, 2005) türlerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar da bu tekniklerle (MC-ICP-MS) belirlenmiştir. Secor ve Rooker (2000) anadrom balıklardan *Morone saxatilis*, *Alosa sapidissima* ve *Salvelinus alpinus* türlerinde tatlısulardan ve oligohalin üreme alanlarından örneklenen juvenil bireylerin ve ergin bireylerin göçlerini kaydetmek için otolit stronsiyumunu incelenmişlerdir. Yine bu türlerde üreme göçü frekansı ile uyumlu olarak otolit stronsiyumu yardımıyla mevsimsel döngü gözlenmiştir. Literatür incelemeleri sonucunda elde edilen değerlere dayanarak tatlısu, estuarin ve deniz taksonları arasında habitat tuzlulukları ile otolit stronsiyumu arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Secor ve Rooker, 2000).

1.2. Otolit Kimyası ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Çok sayıda makale değerlendirmeye alınarak Ocak 1967-Temmuz 2015 tarihleri arasında otolit kimyası ile ilgili yapılan çalışmaların sayılarının yıllara göre değişim grafiği Carlson vd (2017) tarafından çizilmiştir (Şekil 1.5). Son yıllarda otolit kimyası ile ilgili çalışmaların artış gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 1.5. Otolit kimyası çalışmalarının yıllara göre dağılımı (Carlson vd, 2017)

Suzuki vd (1972), Japonya'daki tatlısu balıklarında stronsiyum ve kalsiyum birikimini incelemişlerdir. Tatlısu ekosistemlerinden örnekledikleri balıkların (*Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*) ^{90}Sr seviyelerini değerlendirmişlerdir. 1963 ve 1970 yılları arasında hem balıkların kemiksi yapılarında ($^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$) hem de buldukları sudaki stronsiyum oranlarının ($^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$) düştüğü belirlenmiştir. Araştırmacılar, ^{90}Sr konsantrasyonunun kemiksi yapılardaki düşüş hızı ile sudaki düşüş hızını karşılaştırdıklarında sudaki ^{90}Sr konsantrasyonunun düşüşünün çok daha hızlı olduğunu bulmuşlardır.

Chesney vd (1998), *Brevoortia patronus* türünün juvenil bireylerinin otolit kimyasını incelemişlerdir. Çevre göstergeleri olarak stronsiyum, stronsiyum:kalsiyum ve stronsiyum izotop oranları araştırılmıştır. Stronsiyumu hem asteriskus, lapillus ve sagittada hem de omurlarda incelemişlerdir. Deneysel ortamda gerçekleştirilen bu çalışmada, stronsiyum konsantrasyonu üzerinde sıcaklık ve tuzluluğun etkisinin belirlenmesi için su örnekleri ICPMS ve TIMS ile analiz edilmiştir. Asteriskusta mevcut olan stronsiyum miktarı sagitta ve lapillusa göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Otolitlerin kimyasal özelliklerindeki bu farklılığın kalsiyum karbonat matriksteki farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşünmüşlerdir. Stronsiyum konsantrasyonunun veya stronsiyum:kalsiyum oranlarının sıcaklık, tuzluluk veya büyüme hızıyla ilişkili olmadığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) su sıcaklığından

etkilendiğini gösteren herhangi bir belirti de bulamamışlardır. Stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) suyun tuzluluğunu yansıttığını ifade etmişlerdir. Otolitlerde ve omurlarda mevcut olan stronsiyum izotop oranları karşılaştırıldığında aralarında herhangi bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Secor vd (1998), *Lateolabrax japonicus* türünde mikroprob analiz yöntemini kullanmış, otolit stronsiyumu ile tuzluluk arasında pozitif bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir.

Secor ve Rooker (2000), estuarin balıkların yaşam döngülerinin ortaya çıkarılmasında otolitlerdeki stronsiyumun kullanışlı olup olmadığını araştırmışlardır. Literatür verileri taranarak iki soruya cevap aramışlardır. Bunlardan birincisi; otolitlerdeki stronsiyum geçmişe ait bilgileri net bir şekilde ortaya çıkarır mı, ikincisi; otolit stronsiyumu ve ortam tuzluluğu arasında pozitif bir ilişki var mıdır? Tuzluluk ile Sr:Ca arasında dikkate değer biçimde pozitif ilişki olduğu, stronsiyum izotop oranındaki değişim ile habitatın belirlenebileceğini ifade edilmiştir.

Volk vd (2000), Pasifik alabalıkların göç özelliklerini yansıtan otolit kimyasını araştırmıştır. Deniz ve tatlısulardan gelen anaçları ayırmak için otolitin merkez kısmının kimyasal özelliklerini incelemişlerdir.

Markwitz vd (2000), balıkların yaşam hikâyelerinin ortaya çıkarılmasında otolitlerdeki stronsiyumun mikro-ölçümlerinin anahtar rol oynadığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında *Trachurus murphyi* türünün otolitlerinde stronsiyum ölçümünün güvenilir olup olmadığı, değişimi gösterip göstermediği araştırılmıştır. Otolitlerde stronsiyum değerlerinin iki boyutlu haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada 25 µm kesitlerin otolitteki stronsiyum birikimini göstermek için uygun olduğu ifade edilmiştir, 25 µm 'den daha az olanlarda (2 ve 6 µm olan çalışmalarda) stronsiyum birikiminin önemli derecede değişiklik gösterdiği vurgulanmıştır.

Howland vd (2001), otolit stronsiyum analizi yardımıyla Mackenzie Nehir sisteminde anadrom bir tür olan *Stenodus leucichthys*'in yaşam hikâyesi ve göç özelliklerini ortaya koymuşlardır. Otolitlerden element analizini yaparken elektron probe mikroanalizi (EPMA) kullanılmışlardır. Yıllık halkalar içerisinde yer alan stronsiyum oranları incelenerek bu türün göç şekillerine göre; tamamen anadrom, kısmen anadrom ve anadrom olmayan tatlısu formları olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Araştırılan iki nehir kolunda da stronsiyum seviyelerindeki farklılığın

tuzlulukla önemli derecede ilişkili olduğu diğer etkenlerin ise benzer tutulduğu ifade edilmiştir.

Gillanders (2005b), diadrom balıklar ve tatlısu balıklarının hareketlerini belirlemek için otolit kimyasını araştırmıştır. Stronsiyum izotoplarının daha çok salmonidler üzerinde (farklı nehir sistemlerinden yakalanan balıkların ayırt edilmesi, balıkların bireysel olarak hareketlerinin belirlenmesi gibi) yoğunlaştığını belirlemiştir. Diğer izotopların (oksijen ve sülfür gibi) balık hareketlerini belirlemede çok az sayıda çalışmada kullanıldığını ifade etmiştir.

Hobbs vd (2005), stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yardımıyla geriye dönük olarak estuarin balıklardan *Hypomesus transpacificus* türünün juvenil bireylerin yumurtadan çıktıkları habitatları belirlemiştir. Bu tür, anadrom göç yapan ve nesli tehlike altında olan bir türdür. Lazer ablasyon, LA-MC-ICP-MS tekniği ile yaptıkları bu çalışmada San Francisco Estuarin bölgesinde habitatlar arasında yüksek derecede değişikliklerin olduğu, otolitteki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ile sudaki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) arasında pozitif ilişkilerin olduğu ortaya çıkarılmıştır. Böylece nesli tehlike altında olan bu türün doğal habitatı belirlenmiştir.

Elsdon ve Gillanders (2006), kalsifiye yapılarda bulunan kimyasallar yardımıyla balıkların geçmişte yaşadıkları ortamların belirlenmesi konusunu araştırmışlardır. Estuarin ortamlarda, bu kimyasallardan stronsiyum, kalsiyum, baryum ve magnezyumdaki geçici değişiklikler dikkate alınmıştır. Stronsiyum konsantrasyonunun tüm çalışılan habitatlarda en yüksek değere yazın ulaştığı belirlenmiştir. Tuzluluk ile ilişkili olduğu da ifade edilmiştir.

Hobbs vd (2010), sekiz farklı habitatta çalışma yaparak, tehdit altında olan estuarin balık olan *Spirinchus thaleichthys* türünün yumurtadan çıktığı habitatları tespit etmek için otolitlerdeki stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) incelemiştir. *Spirinchus thaleichthys* türünün otolitlerinin jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Otolitlerde LA-MC-ICP-MS yöntemi ile türün larval tuzluluk sürecinin yeniden ortaya çıkarılması, tuzluluk ile stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde de otolit stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), estuarin balıkların yumurtadan çıktıkları habitatların belirlenmesinde güçlü bir kanıt olduğu gösterilmiştir. Ayrıca düşük tuzluluk

derecelerine sahip habitatlarda kullanılabilir önemli bir araç olduğu ispatlanmıştır. Çalışma sonucunda düşük tuzlulukta bulunan bölgelerin türün üremesi için oldukça önemli habitatlar olduğu, türün bulunduğu habitatlardan özellikle 2 ppt'den düşük tuzlulukta bulunan alanların yetkililer tarafından korunması gerektiği ileri sürülmüştür.

Hodge (2010), *Onchorhynchus mykiss* türünün göç özelliklerini değerlendirmek için (anadrom veya nonanadrom gibi) otolit stronsiyum izotop oranlarını analiz etmiştir. Klamath Nehri'nde gerçekleştirilen bu çalışmada havzanın aşağı kısmındaki anadrom balıkların bulunduğu sulara odaklanılmıştır. LA-ICP-MS tekniği kullanılarak yapılan bu çalışmada şayet tatlısu büyüme bölgesi ve tuzlu su büyüme bölgesindeki stronsiyum izotop oranları arasında önemli fark var ise balığın anadrom olduğuna, bu iki bölge arasında önemli farkın olmadığı durumlarda ise nonanadrom olduğuna karar verilmiştir.

DiMaria vd (2010), *Gadus macrocephalus* türünde LA-ICPMS yöntemi ile larvaların otolit element kimyası üzerinde sıcaklık ve büyümenin etkisini araştırmıştır. Otolitlerde lityum, magnezyum, kalsiyum, çinko, mangan ve baryumun yanı sıra stronsiyum oranları da belirlenmiştir. Stronsiyum/kalsiyum oranının tuzluluk ile pozitif bir şekilde arttığını, balığın beslenmesinden ise etkilenmediği tespit etmişlerdir.

Hobbs (2010), *Hypomesus transpacificus* türünün stok başarısındaki değişiklikleri belirlemek için otolit büyümesi ve mikrokimyasını incelemiştir. Otolitlerdeki stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) incelendiği bu çalışmada, örnekler San Francisco'da 1999 ve 2007 yılları arasında yakalanmıştır. Türün, 2002 yılından önce larval periyotlarını Suisun Körfezi'nde geçirdiğini, 2002'den sonra değişiklik olduğunu ve larvaların çoğunun Sacramento Nehri'nin aşağı kısmında bulunduğunu ifade etmişlerdir. 2006 yılı boyunca da larvaların yetiştiği habitatların başında Suisun Körfezi'nin olduğunu belirtmiştir.

Lin vd (2011), Asi Nehri'nin üç farklı tatlısu bölgelerinden (Demirköprü, Güzelburç, Samandağ) *Anguilla anguilla* türünün göç özelliklerini ve otolit Sr:Ca oranlarını incelemişlerdir.

Wolff vd (2012), Nehir Havzası'nın üst bölgesinde (Amerika) istilacı balık türlerinin otolitlerindeki stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kullanarak orjinlerini belirlemeyi hedeflemiştir.

Sarimin ve Mohamed (2014), Malezya Yarımadası'nda *Lates calcarifer* türünün otolitlerinde tuzluluğu etkileyen belirteçler olarak Sr/Ca, Mg/Ca ve Ba/Ca oranlarını incelemiştir. 23 farklı habitattan örnekleme yapılmış ve bu elementlerin oranları ile tuzluluk ilişkilendirilmiştir. Bunlar arasında tuzlu sularda Sr/Ca oranının en yüksek seviyede bulunduğunu, oligohalin habitatlarda ise Ba/Ca en yüksek seviyede olduğu belirtilmiştir.

Demirci vd (2015), İskenderun Körfezi'nde *Sphyræna sphyræna* türünün otolitlerinde Na, K, Li ve Ca elementinin yaşa bağlı olarak değişimlerini incelemiştir. Araştırmacılar 9 adet balık örneğinin otolitini alev fotometri ile analiz etmişlerdir. I yaşında 2, II yaşında 1, III yaşında 1, IV yaşında 2 örnek üzerinden hesaplamalarını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda Na miktarının diğer elementler kadar yaşa bağlı değişiklik göstermediğini, Ca elementinin ise yaşa bağlı artış gösterdiğini, K ve Li elementlerinin ise yaşın artması ile azaldıklarını tespit etmişlerdir.

Padilla vd (2015), anadrom göç özelliği sergileyen *Coregonus laurettae* türünün stok kompozisyonunu belirlemek için türün otolitlerinin stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analiz etmişlerdir. Ticari örneklemedeki balıkların stronsiyum izotop oranları diskriminant fonksiyonel analizine tabi tutulmuş ve %97'den fazlasının Yukon Nehri'nden, %0.7'sinin Kuskokwim Nehri'nden %1.5'inin ise Susitna Nehri'nden orjinlendiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde türün otolit stronsiyum oranlarının stok kompozisyonu ve göç yollarının belirlenmesinde güçlü bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Siskey vd (2016), *Thunnus thynnus* türünün otolit stronsiyum:kalsiyum oranının yıllık halkalar boyunca değişimini incelemiştir.

Sousa vd (2016), Negro Nehri (Amazonlar-Brezilya)'nde yaşayan *Cichla temensis* türünün nehrin orta kısmı ile nehir kolu arasındaki hareketlerini belirlemek için otolitlerinin jeokimyasal özelliklerinden ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Sr/Ca, Ba/Ca) faydalanmışlardır. Nehir jeolojik heterojenite nedeniyle farklı izotop oranları ve element içeriğine sahiptir.

Irrgeher vd (2016), lazer ablasyon MC-ICPMS ile stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümlerinin elde edilme aşamalarını incelemiş, ölçümlerdeki karmaşıklıkların altını çizmiştir.

Fortunato vd (2017), juvenil *Mugil cephalus* bireylerinin otolit morfometrisi ve otolit mikrokimyasını bir arada değerlendirmiş ve türün habitatlarını belirlemeyi ve karakterize etmeyi hedeflemişlerdir.

Hogan vd (2017), amfidrom göç özelliği gösteren bir kayabalığı türü olan *Awaous stamineus* türünün otolit birikimleri ve mikrokimyasal özelliklerini kullanarak larval büyüme ve habitat kullanımını geriye dönük olarak ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Mg:Ca, Cr:Ca, Mn:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Zn:Ca, Sr:Ca, Ba:Ca, Pb:Ca element oranları ve $\delta^{18}\text{O}$ izotoplarını analiz etmişlerdir.

Coelho vd (2017), biyolojik araştırmalarda stronsiyum ve stronsiyum izotoplarındaki eğilimler ve son gelişmeleri ele almışlardır. 2012 ve 2016 yılları arasında yayınlanmış makaleleri değerlendirerek, biyoloji ile ilgili uygulamalarda stronsiyum izotop oranlarının kullanımını vurgulanmış analitik bir veri tabanı oluşturmuşlardır.

Sellheim vd (2017), *Acipenser transmontanus* türünün göç hikâyesinin rekonstrüksiyonu için araç olarak yüzgeç ışınlarının mikrokimyasının kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Otolitlerin alınması balığın öldürülmesine sebep olduğu için, yüzgeç ışınlarının mikrokimyasının bu türde göç hikâyesinin ortaya çıkarılmasında kullanılmasının daha makul olabileceğini ifade etmişlerdir.

Willmes vd (2018), lazer ablasyon MC-ICPMS yardımıyla elde edilen stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sonuçlarının analizi için bir uygulama olan IsoFishR programını sunmuştur.

Balık türlerinde stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kullanıldığı çok sayıda araştırma mevcuttur (Kennedy vd, 1997, Ingram ve Weber, 1999; Kafemann vd, 2000; Outridge vd, 2002; Zimmerman ve Reeves, 2002; Woodhead vd, 2005; Swan vd, 2006; Feyrer vd, 2007; Milton vd, 2008; Barnett-Johnson vd, 2008; Walther ve Thorrold, 2008; Limburg vd, 2015; Tzadik vd, 2017; Carlson vd, 2017; Camin vd, 2018; Long vd, 2018).

Literatür incelendiğinde balıkların doğal orjinlerinin belirlenmesinde stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yanısıra Sr/Ca oranlarının da yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmüştür. Düşük tuzluluklarda Sr/Ca oranları elverişli sonuçlar vermediği için özellikle estuarin, katadrom veya anadrom balık

çalışmalarında stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) daha doğru sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

1.3. *Alburnus tarichi* Hakkında Genel Bilgi

İnci kefali, yalnızca Van Gölü Havzası'nda yayılış gösteren endemik, diyadrom bir balık türüdür. Ağız tipi; terminal, vücut tipi fusiform olup farinks dişleri iki sıralıdır. Farinks dişi sıralaması ise 5:2-2:5'tir. Baş boyu, total boyunun 1/6'sına denk gelmektedir (Geldiay ve Balık, 1996). Yanal çizgideki pul sayısı 70-90 arasında değişiklik göstermektedir, solungaç dikenleri sayısı 21-29 arasındadır (Elp vd, 2013). Genel vücut rengi parlak gümüştür. Sırt kısmı koyu grimsi yeşil ya da koyu gri renkli, karın kısmı ise parlak gümüş rengindedir (Geldiay ve Balık, 1996). İnci kefalinin başında pul yoktur, burun delikleri gözün hemen önünde yer alır. Vücut sikloid pullarla kaplıdır (Çetinkaya ve Elp, 1995). Anal ve ventral yüzgeçler arasında pulsuz bir karina bulunur (Kuru, 1975; Geldiay ve Balık, 1996). İnci kefali genellikle planktonik besinlerle beslenen tipik bir planktivordur (Danulat ve Selçuk, 1992). Türün besini bitkisel ve hayvansal planktondan oluşur. Yılın 10 ayını Van Gölü'nün kendine uygun sıcaklıkta olan bölgelerinde geçirir, kış aylarında havalar soğuduğunda ise gölün 70 m derinliklerine kadar inmektedir. Türün üreme göçü esnasında her türlü avcılık yasaktır. İnci kefali, yöre ekonomisi için vazgeçilmez bir değer ve besindir (Sarı, 2009).

1.4. *Alburnus tarichi* Türü ile İlgili Yapılan Çalışmalar

İnci kefali ile ilgili yapılan çalışmalar sistematik çalışmalar ile başlamış olup, günümüze kadar türün biyolojik özellikleri, ekolojisi, avcılığı, populasyon yapısı, stok tahmini, üreme özellikleri gibi birçok özelliği araştırılmıştır.

Kuru (1975), "Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası Tatlısularında Yaşayan Balıkların (Pisces) Sistematik ve Zoocoğrafik Yönden İncelenmesi" adlı doçentlik tezinde türün bazı morfolojik ve morfometrik özelliklerini araştırmıştır.

Akgül (1980), morfolojik özelliklerinin yanı sıra inci kefalinin büyüme ve üreme özelliklerini çalışmıştır. Türün boy-ağırlık ilişkisi, eşey oranı, gonad gelişimi ve üreme zamanı, üreme alanı, kondisyon gelişimini incelemiştir. Ayrıca yaş

gruplarına göre balıkların ortalama boy ve ağırlık değerlerini hesaplamış, balıkların yaş aralığının I-VI yaş arasında değiştiğini, erkek:dişi oranının 1.13:1 olduğunu, balıkların üreme alanı olarak 0.5-1.8 m derinlikleri tercih ettiğini bildirmiştir.

Özdemir (1982), inci kefalinin boy-ağırlık ilişkisi, kondisyon faktörü ve kondisyon faktörünün eşeyler ve boy grupları arasında ne şekilde değiştiğini incelemiştir.

Özdemir vd (1985), inci kefalî türünün et randımanı ve yöre halkı için ne derecede tercih edildiğini araştırmışlardır. İnci kefalininin az kılçıklı, et veriminin yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Akyurt vd (1985), inci kefalinin büyüme, üreme ve et verimliliği konusunda araştırma yapmışlardır. Populasyondaki bireylerin yaşlarının I-IV yaş arasında değiştiğini belirterek her bir yaş grubuna denk gelen çatal boy değerlerini dişi ve erkek bireyler için ayrı ayrı hesaplamıştır.

TOKB (1986), türün yaş dağılımı, eşey oranı, embriyonik ve larval gelişim özelliklerini araştırmıştır. Populasyondaki bireylerin yaşlarının I-V arasında değiştiğini ve %34.3 ve %36.5'lik oranlarla en baskın yaş sınıflarının II ve III yaşlarında olduğunu belirterek her bir yaş sınıfına denk gelen ortalama çatal boy değerlerini hesaplamışlardır. Populasyonda dişi ve erkek dağılımını değerlendirdiklerinde ise %63.2'lik kısmı dişi bireyler oluştururken %36.8'lik kısmı erkek bireylerin oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Danulat ve Kempe (1992), türün nitrojenli atık boşaltımı ve üre ile amonyak birikimini araştırmışlardır. İnci kefallerinin temel azot atık ürününün amonyak olduğunu belirterek, deney balıklarının karaciğerlerindeki amonyak içeriğini incelemişlerdir. Üre boşaltım miktarını belirleyebilmiş ancak ürik asit boşaltımını belirleyememişlerdir.

Danulat ve Selçuk (1992), inci kefalinin morfolojik, anatomik özelliklerinin yanı sıra, büyüme, üreme, beslenme, yumurtlama göçü ve yaşadığı çevreye uyumunu araştırmışlardır. Üreme döneminin Nisan ortası-Temmuz ortası arasında gerçekleştiğini balıkların %90'ının Mayıs ayı içerisinde tatlı sulara geçiş yaptığını belirlemişlerdir.

Şen (1993), Van Gölü'nden örneklenen inci kefalinde kurşun, kadmiyum, çinko ve bakır gibi bazı ağır metallerin birikim düzeylerini ve toksik etkilerini

araştırmıştır. Ağır metal birikiminin en düşük kadmiyumda en yüksek çinkoda olduğunu tespit etmiştir.

Çetinkaya (1993), Van Gölü Havzası'nda mevcut su kaynaklarını, bu su kaynaklarının özelliklerini ve havzadaki balıkçılık potansiyelilerini araştırmıştır. Havzada 17 doğal göl, baraj gölleri, ve 40 kadar gölet ve çok sayıda akarsu olduğunu belirtmiştir.

Çetinkaya vd (1994), Van Gölü'ne dökülen Karasu Çayı'nın limnolojisi konusunda çalışma yapmışlardır ve çayda inci kefalinin hemen her mevsimde bulunduğunu, örnekledikleri inci kefalı bireylerinin 3.2-24.1 cm çatal boya sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Çetinkaya vd (1995b), Van Gölü'nde türün avcılığında kullanılan fanyalı uzatma ağların av verimi ve seçiciliğini araştırmışlar ve en fazla balığı 22 mm göz açıklığına sahip fanyalı ağlardan yakalamışlardır.

Arabacı (1995), türün üreme dönemi öncesi, üreme sırasında ve üreme sonrası serum inorganik iyon konsantrasyonları, toplam protein, üre, amonyak, bazı enzimler ve hematokrit değerlerini ele almıştır. İnci kefalinin tatlı suya girdiğinde enzimlerinde yükselme, serum inorganik konsantrasyonlarında, toplam protein miktarlarında, hepatosomatik indeks, üre ve amonyak seviyelerinde ise düşüş olduğunu ifade etmiştir.

Bilgili vd (1995), Van Gölü'nden avlanan inci kefalinde tespit edilen kurşun miktarının insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek seviyelere ulaştığını belirterek bazı ağır metallerin seviyelerini tespit etmişlerdir.

Çetinkaya ve Elp (1995), inci kefalinin morfolojisi ve sistematik özelliklerini inceleyerek üreme döneminde erkek bireylerin baş kısımlarında üreme tüberküllerinin meydana geldiğini belirtmiştir.

Duyar (1995), inci kefalinden balık unu üretimi ve üretilen balık ununun kalitesini incelemiştir. Kimyasal analizlerini de yaparak üretim randımanını belirlemiştir.

Çetinkaya ve Öksüz (1996), Van Gölü'nden örneklenen inci kefalinin yaş aralığının II-VIII yaş olduğunu, üreme başladığında su sıcaklığının 15°C olduğunu, üremenin en yoğun olduğu dönemin Mayıs'ın ikinci yarısı ile Haziran'ın ilk yarısı

olduğunu bildirmişlerdir. Akarsularda yüksek oranda bulunan silt ve kilin ilkbahar ve yaz aylarında yüksek oranda olmasının balıkların yumurta, larva ve yavruları üzerinde ölümcül etki yaptığını tespit etmişlerdir.

Elp (1996), inci kefalinin üreme biyolojisini çalışmış, türün kondisyon faktörü, gonadosomatik indeks, eşey oranlarını hesaplayarak fekonditenin boy, ağırlık ve yaşla olan ilişkilerini ortaya çıkarmıştır. Van Gölü'nde erkek:dişi oranını 1:1.8 olduğunu ve üremenin III. yaşta gerçekleştiğini kaydetmiştir.

Sarı (1997), doktora tez çalışmasında Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin stok miktarını belirlemiş ve göldeki balıkçılık yönetim esaslarını tespit etmiştir. Elde ettikleri veriler ile inci kefali popülasyonunun aşırı avlandığını, aşırı avcılığın önlenmesi için ilk avlanma boyunun 16 cm'den 17.3 cm'ye yükseltilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Tez çalışmasında türün Van Gölü'ndeki stok miktarı tahmini ve balıkçılık yönetimi üzerine kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Sarı ve Arabacı (1997), inci kefali popülasyonunun üreme sıcaklığını, göç özelliklerini araştırmış GSI değerlerini hesaplamıştır. Su sıcaklığının 17-20°C'ye ulaşması ile üreme göçünün başladığını, eşey olgunluk yaşının hem dişiler hem de erkekler için II yaş olduğunu belirtmiştir.

Bilgili vd (1999), Van Gölü'nden örneklenen inci kefalinin arsenik kalıntı düzeyini belirlemiş bulunan değerlerin toplum sağlığı yönünden bir risk taşımadığını belirtmişlerdir.

Ünal vd (1999), Van Gölü ve göle dökülen Karasu Çayı'nda yaşayan inci kefalinin gonad gelişimini histolojik açıdan incelemişlerdir.

Kocabaş (1999), Nazik Gölü'nde yaşayan inci kefali popülasyonunun yapısını araştırmıştır. Türün büyüme, üreme ve beslenme özelliklerini incelemiştir. Erkek:dişi oranını 1:1.8, eşey olgunluk yaşını hem dişi hem erkek bireylerde III yaş olarak belirlemiştir. Çalışmada eşey olgunluk boyu, bireysel ve nispi fekonditenin yanı sıra yumurta çapı da tespit edilmiştir.

Duyar (2000), inci kefalinin kas ve yumurtasının kimyasal içeriğini incelemiştir.

Sarı (2000), Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin av verimi üzerine ay ışığının nasıl bir etkisinin olduğunu araştırmıştır.

Koyuncu (2000), inci kefalinin merkezi sinir sistemini anatomik ve histolojik açıdan incelemiştir.

Oyar (2000), tatlısında bulunan inci kefali yumurta, larva ve erginlerinin sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijen toleransını araştırmıştır.

Sarı ve Tokaç (2000), Van Gölü'ndeki inci kefali balıkçılığında kullanılan iki farklı fanyalı uzatma ağların av verimlerini karşılaştırmışlardır.

Arabacı vd (2001), Van Gölü inci kefalinin üreme esnasında, üreme öncesinde ve üreme sonrasında serum iyon içeriğini incelemiş ve karşılaştırmalarını yapmıştır.

Ünal vd (2001), Van Gölü'nden örneklenen inci kefalinin sindirim sistemi ve yüzme kesesinin histolojisini incelemiştir. İnci kefali larvalarında, sindirim kanalı, karaciğer, pankreas ve yüzme kesesinin histolojik gelişimi ve erginlerdeki yapısı değerlendirilmiştir.

Arabacı ve Sarı (2004), Van Gölü'nden örnekledikleri inci kefallerinin yumurtlama özelliklerini incelemiştir.

Elp ve Şen (2006), Van Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen balık aşılama çalışmalarını ele almıştır. Balık aşılamasının amaçlarına değinmiş, Van Gölü Havzası, su kaynakları ve yerli balık türlerine değinmiş, Van Gölü Havza'sında aşılama yapılan kaynaklar ve türleri dikkate alarak aşılama sonuçlarını değerlendirmiştir.

Elp vd (2006), Van Gölü Havzası'nda mevcut olan su kaynaklarındaki balık populasyonlarının karşılaştığı problemler ve bu problemlere yönelik çözüm yollarını ele almışlardır.

Sarı (2008), Van Gölü inci kefalinin genel özelliklerini değerlendirmiştir.

Gündoğdu (2010), Erçek Gölü'nde yaşayan inci kefalinin populasyon özellikleri ile ilgili yüksek lisans tez çalışması gerçekleştirmiştir. Erçek Gölü'nden örnekledikleri 527 adet inci kefalinin çatal boy, ağırlık ve gonad ağırlıkları, yumurta verimliliği belirlenmiş, yaş tayinini operkül ve otolitlerden gerçekleştirmiş, kondisyon faktörü ve gonadosomatik indeks değerlerini hesaplamıştır. Yaş aralığı II-VII, ortalama boy 21.9 cm, erkek:dişi oranı 1:1 olarak belirlenmiştir.

Bostancı ve Polat (2011), türün yaş ve büyüme özelliklerini incelemiştir. Van Gölü'nden örnekledikleri 240 inci kefalinin dişi:erkek eşey oranını 1.47:1, boy-ağırlık ilişkisi denkleminde türün negatif allometrik büyüme sergilediğini, çatal boy

değerlerinin 14.3 ile 19.2 cm arasında, yaşların ise II ile VI yaşlar arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Keskin ve Atar (2013), ticari açıdan önemli 89 farklı türün DNA barkodlamasını yaptığı çalışmada inci kefaline de yer vermiştir. DNA barkodlamasına dayalı neighbour-joining ağaçları oluşturulmuştur. Çalışma sonuçları, DNA barkodlama çalışmalarının balıkçılık yönetiminde ve izleme çalışmalarında etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Elp vd (2014), inci kefalinin Van Gölü Havzası'nda yaşadıkları su kaynaklarını incelemişlerdir. Türün Nazik Gölü, Van Gölü, Erçek Gölü, Aygır Gölü, Koçköprü Baraj Gölü'nde yayılış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sodali özellikteki göllerde türün üreme döneminde (Mayıs-Haziran aylarında), gölleri besleyen su kaynaklarına giriş yaptığı ifade edilmiştir.

Bostancı vd (2015a), inci kefalinin otolit özelliklerini incelemiş, otolit boyu, yüksekliği, ağırlığı, çevresi, alanı gibi çeşitli ölçüm değerlerini alarak diğer üç farklı *Alburnus* cinsi üyeleri ile karşılaştırmışlardır.

Bostancı vd (2015b), türün otolit morfometrisini elektron ve ışık mikroskopunda değerlendirmiştir.

Kızmaz (2015), Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin kas karaciğer ve gonadlarında yağ asidi miktarının mevsimsel değişimini incelemiştir.

Oğuz (2015), yüksek oranda alkalın su ve tatlısuya uyum sağlayabilen inci kefali böbreklerinin histolojik yapısını incelemiştir. Ayrıca böbreklerindeki Na⁺, K⁺ ve ATPaz, immunolojik değişiklikleri ele almıştır. Her iki ortamdan alınan inci kefallerinin böbrekleri karşılaştırılmıştır. Farklı ortamlardaki balıkların, farklı fizikokimyasal parametrelere uyum sağlamak için böbreklerinde histolojik ve immünolojik değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir.

Şen vd (2015), inci kefalinin genel özelliklerinin yanısıra türün geçmişteki durumu, bugünü ve gelecekteki durumu ile ilgili değerlendirmeler yapmışlardır. Türün gelecekte koruma altına alınabilmesi için av yasaklarının düzenlenmesi ve ticari balıkçılığın takiplerinin yanı sıra, üreme alanlarının korunması üzerine dikkat çekmişlerdir. Doğayı koruma bilincinin aşılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Elp vd (2016), Van Gölü Havzası'nda mevcut balık türlerini ve bu türlerin bulunduğu göl ve akarsuları tespit etmişlerdir. Türlerin yayılım alanlarını belirlemek amacıyla 2008-2012 yılları arasında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında Van Gölü Havzası'nda yayılış gösteren balık türlerini ele almışlardır. Araştırmalarında havzada doğal yayılış gösteren balık türlerinin tamamının endemik türlerden oluştuğu ifade edilmiştir.

Kubanç vd (2016), *A. tarichi* türünün tüm mitokondriyal genomunu incelemişlerdir. Mitogenom dizilerinin nesli tükenmekte olan türlerin koruma çalışmaları için yararlı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Saygın vd (2017), Van Gölü Havzası'nda türün popülasyon oluşturduğu Van Gölü, Erçek Gölü, Nazik Gölü, Aygır Gölleri'nden örnekledikleri inci kefalinin otolit özelliklerinin karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmişlerdir. Dört farklı göl bir arada değerlendirildiğinde otolit boyu, otolit eni ve otolit ağırlığının her bir gölde birbirinden farklı olduklarını, otolit özelliklerinin stok ayırımında kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Arihan vd (2017), *A. tarichi* türünün yüksek alkaline seviyeye sahip göl suyundan (Erçek Gölü) tatlısuya göçü (Memedik Deresi) esnasında kanlarındaki eritrosit fragilitesi üzerine çalışma yapmışlardır.

Oğuz (2018), *A. tarichi* türünün larval gelişimi boyunca osmoregülasyon dokularının gelişimini incelemiştir.

Yeltekin ve Oğuz (2018), *A. tarichi* türünün çeşitli dokularında (kas, karaciğer, solungaç, gonad ve beyin) bazı makro ve iz elementlerin cinsiyete ve ağırlığa göre değişimini değerlendirmişlerdir. Elementlerden kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, kobalt, krom, lityum seviyelerine ICP-OES kullanılarak bakılmıştır. Sonuçları makroelement ve mikroelementler şeklinde iki gruba ayırarak değerlendirmişlerdir. Beyin dokusunda kobalt konsantrasyonunun diğer dokulara göre daha yüksek olduğunu erkek balıkların dişi balıklara göre daha yüksek metal konsantrasyonuna sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Yeltekin vd (2018), Van balığının yaş değişkenine bağlı olarak farklı dokularındaki bazı metal düzeylerini incelemişlerdir. Kas, karaciğer, solungaç, böbrek, bağırsak, gonad ve beyin dokularında berilyum (Be), bizmut (Bi), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), selenyum (Se), nikel (Ni),

mangan (Mn), kobalt (Co), krom (Cr), lityum (Li), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve potasyum (K) elementlerini ICP-OES ile analiz etmişlerdir. Sonuçlar toksik elementler, eser elementler ve makro elementler olarak değerlendirilmiştir ve oldukça toksik olan Be, Bi, Pb ve Cd elementlerinin inci kefalı dokularında, özellikle de beyin dokusunda daha yüksek konsantrasyonda olduğunu gözlemişlerdir. 3 yaş ve 4 yaş gruplarının metal konsantrasyon değerleri arasında fark gözlenmezken 5 yaş grubunun değerlerin farklı olduğu tespit edilmiştir.

Mangit ve Yerli (2018), yeni türlerin tanımlanmasıyla *Alburnus* (Cyprinidae) cinsini sistematik açıdan değerlendirmişlerdir ve bu cinse ait türler arasında *A. tarichi* türüne de yer vermişlerdir.

Kaptaner ve Doğan (2018), *A. tarichi* türünün anadrom göç boyunca dokularındaki antioksidan sistemin durumunu değerlendirmişlerdir.

1.5. Van Gölü Havzası, Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsular Hakkında Genel Bilgi

Van Gölü Havzası kapalı havzalardan biri olup, ortalama yükseltisi 1700-2500 m, alanı yaklaşık 1797.643 hektardır. Van Gölü Havzası'nın alanının Türkiye alanına oranı %2.3'tür. Yıllık su potansiyeli 3.54×10^9 m³ olarak belirlenmiştir. Havzada kara iklimi hüküm sürmekte fakat Van Gölü'nün etkisi ile kıyılarda daha yumuşak bir iklim mevcuttur. Yıllık yağışın en fazla olduğu ay genellikle Nisan, en az olduğu ay ise Ağustos'tur. Yıllık ortalama sıcaklık 8.9 °C olmakla beraber buharlaşmanın en fazla olduğu ay Temmuz ayıdır (Munsuz ve Ünver, 1983).

Van Gölü kapalı havzasında farklı büyüklük, morfoloji, orjin ve su kalitesine sahip 17 adet göl bulunmaktadır. Bu göllerden en büyüğü ise havzaya adını veren Van Gölü'dür. Suyu sodalı, tuzlu, pH yüksek, Türkiye'nin en büyük gölüdür (Çetinkaya, 1993). Havzadaki ikinci büyük göl Erçek Gölü'dür (Elp vd, 2016). Erçek Gölü ise suyu sodalı, ornitolojik öneme sahip maksimum derinliği 30 m olan bir göldür (Çetinkaya, 1993). 1984 yılına kadar da sodalı özelliğe sahip olması nedeniyle herhangi bir balık türü içermediği bildirilmiştir. 1984 yılında Van Gölü'nden göle *A. tarichi* türü aşlanmıştır ve tür burada bir populasyon oluşturmuştur. 1990'lı yıllarda avcılığa da açılmıştır. Erçek Gölü'nde yakalanan türlerin ise Van Gölü populasyonuna göre daha büyük oldukları dikkati çekmiştir. Erçek Gölü'ndeki

bireyler üremek için de Memedik Deresi'ne gitmektedirler (Elp vd, 2016). Nazik Gölü sulamada kullanılan havzanın en büyük tatlısu gölüdür (Çetinkaya, 1993). Bu gölde, *A.tarichi* ve *Capoeta kosswigi* doğal yayılış gösterirken 1982 yılında göle *Cyprinus carpio* türü aşılanmıştır. Bu esnada yanlışlıkla göle *Carassius gibelio* da aşılanmıştır. Ortamda hem *C.carpio* hem de *C.gibelio* populasyon oluşturmuş, göldeki avcılık *C. carpio*, *A. tarichi*, *C. kosswigi* türüne odaklanmıştır. Nazik Gölü'nde yaşayan *A. tarichi* gölde üremektedir (Elp vd, 2016). Arin Gölü suyu sodalı, ornitolojik öneme sahip, soda üretiminde yararlanılmaktadır. Nemrut Gölü, suyu tatlı ve Türkiye'nin en büyük krater gölüdür (Çetinkaya, 1993). Elp vd (2016), gölde yapılan çalışmalarda *Barbus ercisianus*, *Cyprinus carpio* ve *Aphanius mento* türlerinin bulunduğunu ancak göle ne şekilde geldiklerinin bilinmediğini, gölde avcılığın olmadığını bildirmişlerdir.

Aygır Gölü'nün suyu tatlı ve Süphan Dağı'nın eteğinde yer alan küçük krater gölüdür (Çetinkaya, 1993). Aygır Gölü, sıcak lav veya magma ile temas eden yer altı suyunun neden olduğu bir patlama ile oluşmuş maar gölüdür (Doğu ve Deniz, 2015). Aygır Gölü'nün doğal faunasında *Capoeta kosswigi* ve *Alburnus tarichi* yerli iken, *Cypinus carpio* ve *Oncorhynchus mykiss* türleri aşılanmıştır. *O. mykiss* türü alabalık çiftliğinden kaçmış ancak populasyon oluşturamamıştır (Elp vd, 2016). Süphan (Sultan) Gölü, Hasantemuran, Akgöl, Bostaniçi, Gövelek Gölü, Değirmengöl gibi göller de havzada bulunan ve tatlısu karakterindeki diğer göllerdir. Havzada çok sayıda baraj gölleri de mevcuttur. Van Gölü Havzası'nda bulunan belli başlı akarsular ise Bendimahi Çayı, Zilan Çayı, Deliçay, Karasu Çayı, Memedik Deresi, Engil Çayı, Gevaş Deresi, Zap Suyu, Çatak Çayı, Müküs Çayı, Karmuç Çayı, Güzeldere şeklinde sıralanabilir (Çetinkaya, 1993).

Bendimahi Çayı havzadaki en büyük akarsudur. Göle Kuzeydoğu'dan dökülmektedir ve üzerinde Muradiye Şelalesi yer almaktadır (Çetinkaya, 1993). Zilan Çayı, Van Gölü'ne kuzeyden dökülür ve üzerinde Koçköprü Baraj Gölü vardır. Sulama ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır (Çetinkaya, 1993). Çayda mevcut türler çok geniş alanda yayılış göstermektedir. Deliçay'da *Alburnus tarichi* türüne Kadirasker Köyü'nden daha yukarılarda rastlanmadığı bildirilmiştir (Elp vd, 2016). Göle güneyden dökülen Engil ve Gevaş Dereleri'nde de *A.tarichi* türü yayılış göstermektedir (Çetinkaya, 1993; Elp vd, 2016). Bu akarsuların yanı sıra Karmuç Çayı, Engil Çayı, Karasu Çayı'nda mevcut türler Çizelge 1.1'de sunulmuştur. Sonuç

olarak akarsular bir arada değerlendirildiğinde Van Gölü Havzası'nda toplamda 10 tür balık yaşamaktadır (Elp vd, 2016).

Çizelge 1.1. Van Gölü'ne dökülen akarsularda yayılış gösteren balık türleri (Elp vd, 2016'dan uyarlanmıştır)

Van Gölü'ne dökülen akarsu	Yayılış gösteren türler
Engil Çayı	<i>Capoeta kosswigi</i> , <i>Alburnus tarichi</i> , <i>Oxynoemacheilus ercisanus</i> , <i>Cyprinus carpio</i> ve <i>Oncorhynchus mykiss</i>
Karasu Çayı	<i>Capoeta kosswigi</i> , <i>Alburnus tarichi</i> , <i>Alburnus timarensis</i> , <i>Oxynoemacheilus ercisanus</i> ve <i>Cyprinus carpio</i>
Karmuç Çayı	<i>Capoeta kosswigi</i> , <i>Alburnus tarichi</i> , <i>Oxynoemacheilus ercisanus</i> , <i>Cyprinus carpio</i> , <i>Carassius gibelio</i> ve <i>Oncorhynchus mykiss</i>
Zilan Çayı	<i>Capoeta kosswigi</i> , <i>Alburnus tarichi</i> , <i>Oxynoemacheilus ercisanus</i> , <i>Barbus ercisanus</i> ve <i>Cyprinus carpio</i>
Deliçay	<i>Capoeta kosswigi</i> , <i>Alburnus tarichi</i> , <i>Oxynoemacheilus ercisanus</i> ve <i>Barbus ercisanus</i>
Bendimahi Çayı	<i>Capoeta kosswigi</i> , <i>Alburnus tarichi</i> , <i>Oxynoemacheilus ercisanus</i> , <i>Cyprinus carpio</i> (Sonradan aşılannmış)
Gevaş Deresi	<i>Alburnus tarichi</i>

Havzanın en büyük Gölü olan Van Gölü, 12.470 km² drenaja sahiptir. Van Gölü'ndeki buharlaşma ile toplam su kaybı 4.2 km³/yıl ve toplam su girişi ise yağışla birlikte 2.5 km³/yıl, nehirler vasıtasıyla 1.7 km³/yıl olarak ölçülmüştür (Reimer vd, 2009). Doğu kesimi batı kesimine göre daha sığdır, gölün en sığ kesimi Van koyu ile Erciş körfezidir ve derinlik bu kesimlerde 50 m civarındadır. Ahlat ile Adilcevaz arasında ise 450 m derinlik ölçülmüştür (Çiftçi vd, 2008). Gölde kışın sıcaklık genellikle 0 °C'nin altındadır. Yazın yüzey suyu sıcaklığı 20-23 °C civarlarındadır (Kempe ve Degens, 1978). Göl suyunda baskın anyon bikarbonattır (HCO₃⁻) ve dominant katyon ise bikarbonat konsantrasyonunu dengeleyen sodyumdur (Na⁺). Bu durum Van Gölü'nün sodalı göl olmasının nedenini açıklamaktadır (Degens vd, 1984). Van Gölü monomiktik bir göldür ve 300 metreden aşağısı anoksik özellik

sergilemektedir (Kipfer vd, 1994). Kempe vd (1991), Van Gölü'nde 40 m yüksekliğe kadar dev mikrobiyalitlerin keşfedildiğini bildirmiştir.

Gölün kimyasal özellikleri değerlendirildiğinde suyu acı, sodalı ve tuzluk oranı %0.224'tür. Göle akarsulardan da tuzlar gelir ve buharlaşmanın da meydana gelmesiyle gölde yoğunluk artışı meydana gelir. Gölde bor ve sodyum karbonatın varlığı ile volkanik kayaların çok olması tuzluluk miktarının yükselmesine sebep olmaktadır. Göl suyundaki tuz bileşenlerinin kendi aralarındaki oranları ise %42 NaCl, %34 NaCO₃, %16 Na₂SO₄, %3 KSO₄ ve %2.5 MgCO₃ şeklinde sıralanmaktadır. Van Gölü bu özelliği ile soda üretim kaynağı olarak da büyük öneme sahiptir (Çiftçi vd, 2008). Van Gölü suyundaki iyonlar ve bu iyonların konsantrasyonları (mg/l) Çizelge 1.2'de sunulmuştur (Degens vd, 1978).

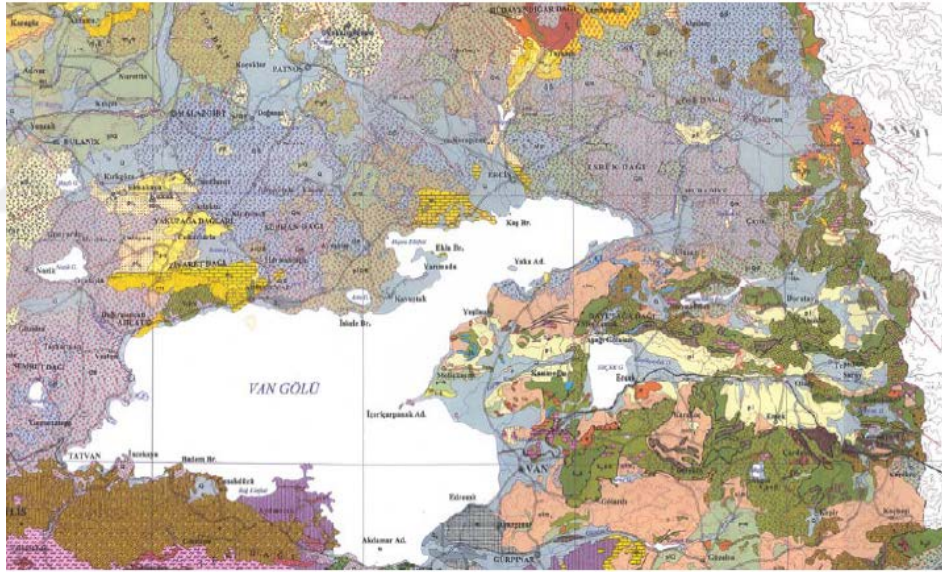
Çizelge 1.2. Van Gölü suyunda çözülmüş halde bulunan anyon ve katyonlar (Degens vd, 1978)

	Bileşenler	Van Gölü Suyundaki oranı (mg/l)
Katyonlar	Sodyum (Na)	7747
	Potasyum (K)	508
	Magnezyum (Mg)	94.8
	Kalsiyum (Ca)	5-10
	Lityum (Li)	1.5
	Stronsiyum (Sr)	0.7
Anyonlar	Klor (Cl)	5450
	Karbonat (CO ₃)	3331
	Sülfat (SO ₄)	2344
	Bikarbonat (HCO ₃)	2191
	Fosfat (P)	0.52

Van Gölü Havzası Paleozoyik'ten (560 milyon yıl önce) günümüzdeki çökellere kadar çok geniş yaş aralığı, her yaş konağından ve farklı kökenlere sahip kayaç gruplarından oluşmaktadır. Kayaç grupları dikkate alınarak bir genelleme yapıldığında, havzanın güney kısmının Bitlis Masifi'ne ait metamorfik kayaçlardan kurulduğu, batı ve kuzey kısmının genç volkanik ve volkanoklastik kayaçlarla örtülü olduğu belirlenmiştir. Van Gölü Havzası'nın doğu kısmı ise; Mesozoyik yaşlı kayaç gruplarından oluşan Tepedam metamorfikleri, Hasandağ grubu, Mordağ grubu,

Mehmetalın grubu ve Yüksekova karmaşığı ile kaplıdır. D-B uzanımlı küçük havzalar Senozoyik dönemde meydana gelen neotektonik olaylara bağlı olarak gelişmiştir. Bu havzalar da genç-güncel akarsu, gölsel kırıntı ve karbonatlar ile doldurulmuştur (Çiftçi vd, 2008).

Van Gölü Havzası'na ait jeokimyasal ve çevresel parametrelerin sürekli değişiklik gösterdiği ifade edilmektedir. Bunun nedenleri ise; havzada geniş bir alanda mevcut olan kayaç türlerinin barındırdığı kimyasal bileşimlerindeki elementlerin ayrışması, metalik mineralizasyonla birlikte yüksek eser element içeriğinin asitli su drenajı ile ortama geçişi, havzaya drene olan jeotermal çözeltilerin getirdikleri iyonlar ve eser elementler olarak sıralanmıştır. Ancak bahsi geçen bu değişimin ne boyutta olduğu, ne hızla gerçekleştiği ile ilgili günümüze dek bütüncül bir jeokimyasal alan araştırması mevcut değildir (Çiftçi vd, 2008). Van Gölü Havzası'na ait jeloji haritası Şekil 1.6'da sunulmuştur.



Şekil 1.6. Van Gölü Havzasının Jeoloji Haritası (Kaynak: MTA 1/500.000'lik Jeoloji Paftaları; Çiftçi vd, 2008'den alınmıştır)

1.6. Van Gölü ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Van Gölü havzasındaki balık türlerinin tespiti Van Gölü'nün hidrografisi, hidrokimyası, göl sedimentinin jeokimyası, gölde mevcut mikrobiyalitler, balıkçılık potansiyeli, göl suyunun değişimi ve bu değişime etki eden faktörler göz önüne alınarak Van Gölü'nün tarih ve oluşu ile ilgili birçok multidisipliner çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Lahn (1948) Türkiye göllerinin jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında bir etüt çalışması yapmıştır. Çalışmasında Van Gölü'ndeki su seviyesi değişimlerine yer vermiştir. Su seviyesinin son 12 yılda 40 cm yükseldiğini ifade etmiştir.

Degens ve Kurtman (1978), "Van Gölü'nün Jeolojisi" adlı kitaplarında Van Gölü'nün hidrografisi ve drenaj alanı, Van Gölü suyunun $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ve D/H analizleri, Van Gölü sediment örneklerinin jeokimyası, Van Gölü sedimentindeki Diatomeleri, Van Gölü'nün jeolojik gelişimini ve çeşitli başlıklar altında gölün diğer özelliklerini ayrıntılı olarak değerlendirmişlerdir.

Degens vd (1984), Van Gölü'nün jeolojisini ayrıntılı bir şekilde incelemişlerdir. Daha önceden gerçekleştirilen çalışmalar ile bulgular bir arada değerlendirilerek gölün jeokimyası, jeofiziği, su kimyası, limnolojisi, bölgesel jeolojisi, göl sedimenti, gölde meydana gelen su seviyesi değişimleri ve göl yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca göl su seviyesindeki dalgalanmaların yanı sıra göldeki iklim durumunu da ele almışlardır.

Kempe vd (1991), Türkiye, Van Gölü'nde keşfedilen en büyük mikrobiyalitler adlı çalışmalarında mikrobiyalitlerden kesitler almış elektron mikroskop görüntüleri elde etmiş, mikrobiyalitler üzerinde mevcut olan canlı gruplarını belirlemişlerdir.

Savran ve Ceylan (1992), Van Gölü suyunun bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerini incelemiştir.

Çetinkaya (1993), Van Gölü Havzası su kaynakları ve balıkçılık potansiyelini araştırmıştır. Çalışmasında Van Gölü havzasındaki su kaynaklarının son durumunu değerlendirerek, bu su kaynaklarında doğal olarak yayılış gösteren ve sonradan aşılannmış balık türlerini belirlemiş, balıkçılık potansiyelinin mevcut durumu ve geliştirme imkânları üzerinde durmuştur. Van Gölü başta olmak üzere doğal göller, baraj gölleri, göletler, sulak alanlar ile önemli olan akarsuları, göllerde yürütülen avcılık faaliyetlerini ve balık üretim tesislerini ele almıştır.

Çetinkaya vd (1994), Van Gölü'ne dökülen Karasu Çayı'nın limnolojik özelliklerini, makrofit, plankton, bentos ve balık türlerini belirlemiştir.

Bilgili vd (1995), Van Gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avladıkları inci kefali örneklerinde bazı ağır metal düzeylerini belirlemişlerdir. Van Gölü'nden dört farklı bölgeden 40 su örneği ve 160 balık örneği almışlardır. Balık kaslarında Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre yardımı ile metal düzeyleri ölçülmüştür. Analiz

sonuçlarında Van Gölü suyunun sahip olduğu anyonlar ve katyonlar dikkate alındığında Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre oldukça kirlenmiş olduğu belirlenmiştir. Ayrıca inci kefali balıklarında belirlenen kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko kalıntılarının doğal derelerdeki örneklere yakın olduğu kurşun düzeylerinin ise insan sağlığı açısından bazı riskler taşıyabileceği ifade edilmiştir.

Landmann vd (1996a), Pleistosen/Holosen geçişi sırasında Van Gölü'ndeki iklimsel nedenlerle meydana gelen göl seviyesi değişimleri incelemişlerdir.

Landmann vd (1996b), 1990 yılında Van Gölü'nde 446 metre derinliğe kadar 10 sediment örneği alarak incelemişlerdir. Çoğu durumda sedimantasyon oranında gözlenen değişikliklerin organik ve inorganik karbon, opal gibi jeokimyasal parametrelerin ve Si, Ca, Mg, Al gibi ana elementlerdeki değişiklikleri yansıttığını ifade etmişlerdir. Kendi sonuçlarının ve palinolojik çalışmaların sonuçlarının paleoçevresel şartların geriye dönük olarak tanımlamalarda kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Lemcke ve Sturm (1997), Van Gölü'ndeki iklimsel değişikliklerin geriye dönük olarak ortaya çıkarılabilmesi için belirteç olarak $\delta^{18}\text{O}$ ve iz element ölçümlerini kullanmışlardır. Göldeki tuzluluğun belirteci olarak Mg/Ca oranı kayıtlarını karşılaştırmışlardır.

Kadıoğlu vd (1997), Van Gölü'nün iklimsel değişikliklerden nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Van Gölü seviyesi ile bazı meteorolojik değişiklikler arasındaki ilişkiyi çokgen iklimsel diyagramlar ile göstermişlerdir.

López-García vd (2005), Van Gölü'ndeki dev mikrobiyalitlerdeki bakteriyal çeşitliliği ve karbonat çökmesini incelemişlerdir. 16S rDNA amplifikasyonu sonucunda Alfa-, beta- ve Gammaproteobakteri, Cyanobakteri, *Cytophaga-Flexibacter-Bacteroides* (CFB), Aktinobakteriler ve Firmicutes gruplarının olduğu belirlenmiştir. En bol ve çeşitli soy hattının Firmicutes şubesine ait olduğu bulunmuştur.

Altunkaynak ve Şen (2007), Van Gölü'ndeki su seviyelerindeki dalgalanmaların bulanık mantık modelini (fuzzy logical model) ele almıştır. Gerçekleştirdikleri çalışma ile geçmişteki yağış miktarları ve su seviyesi kayıtları yardımı ile gelecekteki su seviyesini tahmin etmeyi planlamışlardır. Göl

seviyesindeki dinamik su seviyesindeki değişimi bulanık yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir. Elde edilen veriler ARMAX model, Takagi-Sugeno bulanık yöntemi gibi farklı modeller ile karşılaştırılmıştır.

Çiftçi vd (2008), Van Gölü Havzası'nın çevre jeolojisine odaklanmışlardır. Havzanın kendi özğün jeokimyasal bileşiminin antropojenik etkiler nedeniyle değiştiğini belirtmişlerdir ve bunların dışında havzanın hangi jeokimyasal riskler altında olduğu tartışılmış ve bu değişimde havzanın jeolojik yapısının rolünü incelemişlerdir.

Aydın ve Akın (2008), 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları'nda "Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı Bildiri Kitabı" yayınlamışlardır. Bildiri kitabında Van Gölü su seviyesi modellemelerine, Van Gölü'nün iklim özelliklerine, Van Gölü'ne dökülen bazı akarsuların ağır metal içeriklerine, Van Gölü havzasının çevre jeolojisine ve daha birçok konuya yer verilmiştir.

Reimer vd (2009), Van Gölü'nün hidrokimyası ve tarihi ile ilgili kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Van Gölü ve akarsuların kimyasal içeriği incelenirken sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH, redoks potansiyeli, toplam alkalinite, çözünmüş oksijen, nütrientlerden PO₄, NH₄, NO₂, NO₃ ve silis değerleri belirlenmiştir. Göl suyundaki katyonlar (Na, K, Mg ve Ca), nehir ve akarsulardaki Sr, Ba ve B konsantrasyonları, iyon kromatografisi, sediment örneklerindeki toplam karbon ve toplam nitrojenler analiz edilmiştir. Van Gölü'ne karışan akarsularda dominant anyonun karbonat olduğu ifade edilmiştir. Tüm nehirler içerisinde en düşük iyon konsantrasyonunun ise Zilan Çayı'nda olduğu belirlenmiştir.

Litt vd (2009), palinolojik ve oksijen izotop analizini de içeren sediment sonuçlarını yayınlamışlardır. ICPD-Paleo Van Projesi'nde kullanılan sismik profillere yer verilmiştir. Çalışmalarında uzun süreli iklim kayıtları, Van Gölü seviyesindeki dinamik dalgalanmalar, volkanik ve sismik aktiviteler yer almaktadır.

Kuzucuoğlu vd (2010), Van Gölü'nün oluşumunu inceledikleri çalışmalarında gölün iklimi, su seviye değişimleri, yaşı ve orjini ile değerlendirmeler yaparak Van Gölü seviyesindeki değişimler ile iklim arasındaki ilişkileri, göl seviyesi değişimi üzerinde volkanik aktivitelerin etkilerini incelemişlerdir.

Huguet vd (2011), biyo-belirteçleri araç olarak kullanarak Van Gölü'nün organik verimi, Van Gölü'nün mevsimsel durumu ve tabakalaşmasını incelemek için ayrıntılı bir organik kimya çalışması gerçekleştirmişlerdir.

Damcı vd (2012), Van Gölü'nün son 400 bin yıldaki göl seviyesi değişimlerini, sismik yansıma hatlarındaki deltalar ve ICDP (Uluslararası Kıtasal Sondaj Verileri) sondaj verilerini değerlendirmiştir.

Öğretmen (2012), yüksek lisans tez çalışmasında son buzul-holosen devrinde Van Gölü'nde meydana gelen paleoçevresel değişiklikleri değerlendirmiştir.

Utkucu (2013), 23 Ekim 2011 yılında Van'da meydana gelen deprem (M_w 7.1) hakkında bilgi vermiş ve Van Gölü'ndeki sismotektonik durumunu ele almıştır.

Stockhecke vd (2014), Van Gölü'nün 600.000 yıldır tortul evrimi ve çevresel tarihi konusunda araştırma yapmışlardır. Sediment-çevre arasındaki ilişkiyi incelemek için litolojik analizler gerçekleştirmiş ve Van Gölü sedimentinin litostratigrafik özelliklerini belirlemişlerdir.

Pecoraino vd (2015), volkanik alanlardaki alkalın göllerin jeokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Farklı ülkelerde mevcut olan alkalın göllerin kimyasal kompozisyonlarını ele almışlardır ve pH, Na, K, Mg, Ca, F, Cl, SO₄, SiO₂ değerlerini incelemişlerdir. Çalışmalarında ayrıca alkalın göllerin oluşumu, alkalın göllerdeki hidrolojik ve jeokimyasal süreçler açıklanmıştır.

Jalili vd (2016), çeşitli zaman serilerinde Van Gölü ve Urmia Gölü (İran)'nün su seviyelerinin karşılaştırmalı analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu iki gölü ele almalarının sebebini Van Gölü ile Urmia Gölü'nün iklimsel şartlarının ve coğrafik yapılarının benzer olması şeklinde açıklamışlardır. Elde ettikleri sonuç ise Van Gölü'nün su seviyesinin pozitif yönde eğilim gösterirken Urmia Gölü su seviyesi negatif yönde eğilim göstermektedir.

Anonim (2017), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı (2017-2013) oluşturulmuş, Van Havzası'nın gelen durumu, yerleşim yerleri, su kaynakları, Van Gölü ve gölün su kalitesi değerlendirilmiştir.

Yiğit vd (2017), "Van Gölü Suyunun İyon Karaktetizasyonu ile Su Kalitesinin Belirlenmesi" adlı çalışmalarında iyon kromatografisi tekniği ile Van Gölü suyunun

doğal kalitesinin göstergesi olarak anyon ve katyon düzeylerini belirlemişlerdir. 8 farklı noktadan 9 farklı derinlikten almış oldukları su örneklerinin kimyasal analizi sonucunda ortalama pH değerini 9.52 düzeylerinde bulmuşlardır. Ayrıca elde edilen katyonlar ve anyonların sonuçları da mevzuat kapsamında değerlendirildiğinde Van Gölü suyunun içerdiği iyonik bileşenler bakımından Yerüstü Su kalitesi Yönetmeliği'ndeki parametrelere göre IV. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

Tomonaga vd (2017) yayınladıkları bilimsel raporda, Van Gölü gözenek suyunun tuzluluğu ile geçmişte göl seviyesindeki değişiklikleri elde etmeyi amaçlamıştır. Hidrokimyasal veriler değerlendirilerek iyon konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışmada, hem Na⁺ hem de Cl⁻ 'nin tuzluluk ile arasındaki linear korelasyonlar, Van Gölü'ndeki toplam tuzluluğun jeokimyasal olarak korunduğunu ve göl seviyesinin geçmiş dönemlerde nasıl değiştiğini izlemede kullanılabileceğini göstermiştir.

Çağatay (2018), Van Gölü'nün seviyesi ve iklim kayıtlarını bölgesel ve küresel kayıtlar yardımı ile karşılaştırmışlardır. Yapılan analizler yardımı ile de kalsitin genellikle en bol bulunan karbonat minerali olduğunu, aragonitin ikinci sırada olduğunu ve dolomitin ise en az miktarda bulunan karbonat minerali olduğunu vurgulamıştır.

1.7. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi

Balıklar, doğaları gereği buldukları akarsularda göç etme içgüdüüne sahiptirler. Göç etme sebepleri, üreme, beslenme ve su kalite kriterlerinde meydana gelebilecek ani değişimler şeklinde sıralanabilir. Uzun ya da kısa süreli olabilecek bu göçlerden en dikkate değer olan da üreme amaçlı olanıdır. Neslin devamlılığının sağlanabilmesi için gerçekleştirilen üreme göçü türler arasında değişiklik gösterir ve bazı türlerde denizlere bazı türlerde göllere doğru gerçekleşir. Türün devamlılığı için bu olgu önemlidir ve döngü devam etmelidir (Kocabaş vd, 2013). Van Gölü'nde yaşayan ve göle dökülen akarsulara üremek için giren inci kefali (*Alburnus tarichi*) de bu türlerdendir. Ülkemiz için endemik olan bu türün devamlılığının sağlanması da ancak verimli üreme alanlarının tespit edilmesi, göç yollarının izlenmesi, göç özelliklerinin ortaya çıkarılması ile mümkündür.

İnci kefalinin yaşamlarının hangi dönemlerini nerede, ne kadar zaman geçirdikleri ve hangi üreme alanını daha çok kullandıklarının ortaya çıkarılması amacıyla yapılan bu araştırmada, stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yardımıyla bu bilgilere ulaşılması hedeflenmiştir. Ayrıca otolitlerdeki iz element konsantrasyonlarının da habitatların belirlenmesi konusunda yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Türkiye’de ilk kez inci kefalinde uygulaması yapılan bu yöntemde üremek için doğal engelleri geçerek farklı tatlısulara göç eden, endemik bir tür olan ve IUCN’de NT statüsünde olması sebebiyle tercih edilmiştir. Özellikle anadrom göç özelliği sergilemesi nedeniyle stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kullanılması için uygun bir balık türüdür. Çünkü bu izotoplar özellikle düşük tuzlu sularda da iyi sonuçların alınmasını sağlamaktadır. Hem ülkemizde bu izotopların ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ilk defa balık otolitlerinde incelenmesi hem de tür ile ilgili bu konuda daha önce benzer çalışma olmaması açısından bu uygulama önem arz etmektedir. Bu tekniğin kullanılması ile göç özellikleri ortaya çıkarılan türün devamlılığı için alınacak önlemler de önemli bir yere sahip olacaktır.

Tez çalışmasının amacı maddeler halinde şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Anadrom göç eden inci kefallerinin doğal üreme habitatlarını belirlemek,
- ❖ Anadrom formların yaşamlarının hangi dönemlerini nerede, ne kadar geçirdiklerini tespit etmek,
- ❖ Larvaların, ergin bireylerin ve doğal habitatlardaki suyun otolit stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element konsantrasyonlarını ortaya çıkarmak,
- ❖ Ergin bireylerin olduğu ortama en çok hangi habitatlardan larval katılımın olduğunu belirlemek,
- ❖ İnci kefalinin göç gerçekleştirdiği akarsulardan hangi üreme habitatlarının korunma altına alınması gerektiğini tespit etmek,
- ❖ Türün yaşam hikâyesinin ortaya çıkarılmasını sağlamak,
- ❖ İstatistiksel analizler ile deneysel sonuçları desteklemek,
- ❖ Ekonomik açıdan önemli ve endemik olan bu türün korunması açısından fikirler sunabilmektir.

Ülkemizde göç özellikleri konusunda araştırılmayı bekleyen diğer balık türlerinin de doğal habitatlarının stronsiyum izotop oranlarından ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yararlanılarak belirlenmesine bu çalışmanın öncülük edeceği düşünülmektedir.

Araştırmamızda uygulanan yöntem, inci kefalinin göç özelliklerinin ortaya çıkarılmasını sağlamanın yanı sıra benzer yaşam şekli olan türler için de anahtar özelliği gösterecektir.



2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Materyali

Cyprinidae familyasından olan inci kefali (Şekil 2.1) (*Alburnus tarichi*), Van Gölü Havzası'nda yayılış gösteren endemik bir türdür (Elp vd, 2014). Ekonomik öneme sahip olan inci kefali, iç su balık üretiminde önemli yer tutmaktadır. 2016 yılı iç su ürünleri toplam üretim miktarı 33.856,0 ton iken inci kefali bu üretimin 9.950 tonluk bir kısmını 2017 yılında ise 32.145,0 tonluk üretimin 9.830,0 tonunu oluşturmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2019). Türün biyolojik özellikleri göz önüne alındığında anadrom göç özelliğine sahip olduğu, üremek amacıyla akarsulara giriş yaptığı ve iklim şartlarına bağlı olarak değişimler olmakla birlikte 15 Mayıs-15 Haziran tarihleri arasında kitlesel olarak akarsularda yayılım gösterdiği çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Çetinkaya vd, 1994; Çetinkaya vd, 1995a; Elp ve Çetinkaya, 2000). Türün üremesini ve hayat hikâyesini konu eden araştırmalar da bulunmaktadır (Danulat ve Selçuk, 1992; Elp ve Çetinkaya, 2000).

İnci kefali, IUCN (The IUCN Red List of Threatened Species™) tarafından 1996 yılından itibaren kırmızı listedeki türler arasına dahil edilmiş, statüsü NT: Near Threatened (Neredeyse tehdit altında) olarak belirlenmiştir. Tür yakın gelecekte VU, EN veya CR kategorisine girmeye aday olarak belirlenmiştir (Freyhof, 2014). Bu nedenle gerek üremesi gerekse biyolojik özellikleri üzerinde durulması gereklidir.



Şekil 2.1. *Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)

İnci kefalinin sistematik yerinin belirlenmesinde Froese ve Pauly (2018) ve Kuru (2011) dikkate alındığında türün sistematigi aşağıdaki gibidir.

Alem	:	Animalia
Şube	:	Chordata
Grup II	:	Craniata
Altşube	:	Gnathostomata
Üst sınıf	:	Pisces
Sınıf	:	Osteichthyes
Altsınıf	:	Actinopterygii
Üst takım	:	Teleostei
Takım	:	Cypriniformes
Alttakım	:	Cyprinoidei
Familya	:	Cyprinidae
Cins	:	<i>Alburnus</i>
Tür	:	<i>Alburnus tarichi</i>

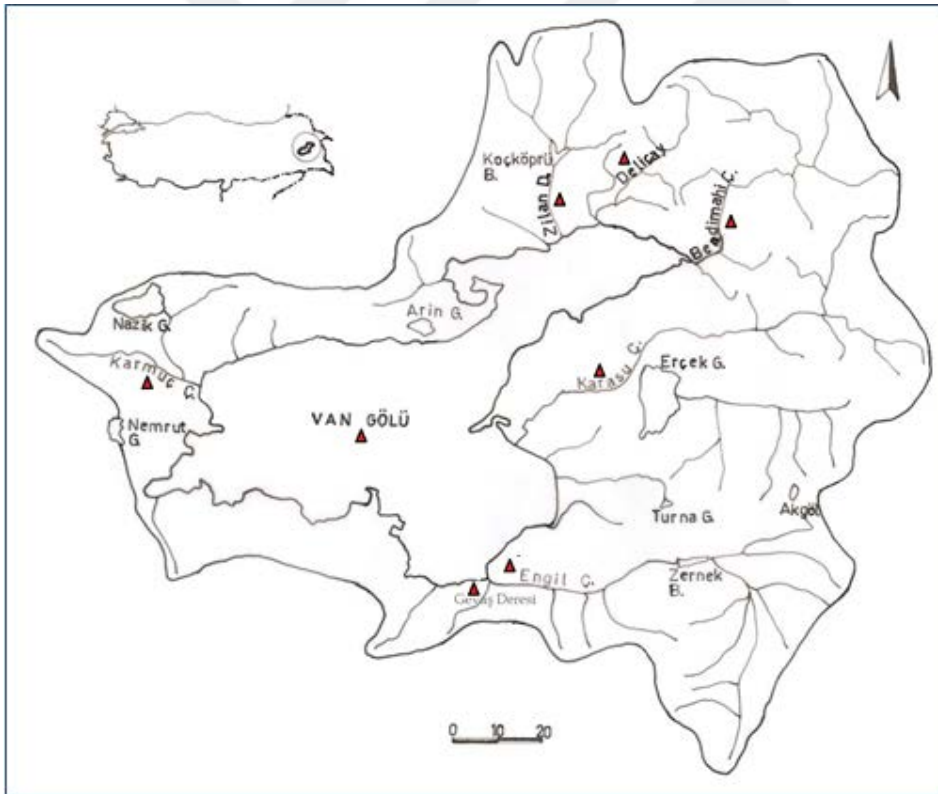
2.2. Çalışma Alanının Tanıtımı (Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsular)

Van Gölü, inci kefalinin yayılış gösterdiği en büyük su kaynağıdır (Elp vd, 2014). İnci kefalinin Van Gölü, Nazik Gölü, Erçek Gölü, Aygır Gölü ve Koçköprü Baraj Gölü'nde yayılış gösterdiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Kuru 1975; Geldiay ve Balık 1996; Çetinkaya 1993, 1999, 2000; Kocabaş 1999; Elp, 2002; Elp vd, 2006, 2014). Göl, 38°15'–39°05'K enlemleri; 42°15'–43° 44'D boylamlarında yer almaktadır. Van Gölü 3574 km² yüzey alanına, ortalama 171 m, maksimum 451 m derinliğe sahiptir ve Türkiye'deki en büyük göldür. Soda gölü olarak bilinen bu göl içme suyu olarak kullanılamaz (pH 9.8) (Kempe vd, 1978). Yeryüzündeki en büyük soda gölü olmasının yanı sıra kapalı göller arasında da hacim bakımından (607 km³) dördüncü sırayı alır. Su seviyesi, deniz seviyesine göre 1646 m kotundadır (Çiftçi vd, 2008). Gölde yaşayan tek balık türünün *Alburnus tarichi* olduğu bildirilse de (Sarı, 2001), 2018 yılı içerisinde Van Gölü'nde yeni bir balık türünün yaşadığı tespit edilmiştir. Türün adlandırılması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Van İli Jandarma Komutanlığı'nın Sualtı Timi'nin eğitim dalışları sırasında belirlediği yeni tür, Van Gölü'nde ikinci bir balık varlığı olarak kayıtlara geçmiştir. Van Gölü dünyanın en büyük mikrobiyalitlerini barındırmaktadır. Bu mikrobiyalitler gölün dibindeki çatlaklardan çıkan kalsiyumca zengin suların göldeki karbonat ve bikarbonatlarla reaksiyona girmesi ve bu reaksiyona biyolojik süreçlerin de

katılmasıyla oluşmaktadır. Bu mikrobiyalit göl tabanından çıkan tatlı su kaynağı çatlağının üzerinde oluşmuştur ve gövdesinden göl suyunun etrafına tatlı su sızıntısı olmaktadır. Göl dibinde yukarıya doğru yükselen taşlaşmış yapılar ağaç gibi sürekli büyümektedir. Yeni keşfedilen tür çok sınırlı bir alanda bu mikrobiyalitlerin üzerinde yaşamaktadır. 5-6 cm boyunda olan balık, gölün ortasındaki yaklaşık 13 metre boyundaki mikrobiyalit üzerinde bulunmaktadır. Bu balık türünün adı ve bilimsel türü ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Göl biyoçeşitlilik açısından değerlendirildiğinde; 103 fitoplankton, 36 zooplankton ve iki balık türü yaşamaktadır (Anonim, 2018). İnci kefalinin üremek için Van Gölü'nü besleyen su kaynaklarından Karasu, Bendimahi, Deliçay, Zilan, Uludere, Karmuç, Sapur, Güzelkonak, Gevaş, Engil akarsularına girdiği bildirilmiştir (Elp vd, 2014). 2000'li yılların başlarında Kurubaş ve Akköprü derelerine giriş yaptığı ancak 2007 yılından sonra gerçekleştirilen arazi çalışmalarında inci kefaline bu bölgede rastlanmadığı belirtilmiştir. Karasu Çayı'na yoğun olarak girdiği, Ablangaz köprüsünün köprü eşiğinde oluşturduğu şelaleden kaynaklı olarak 2006 yılına kadar görsel şölen şeklinde bir görüntü meydana getirdiği ve Kasımoğlu Köyü'nün yukarılarına kadar çıktığı bildirilmiştir. Elp vd (2014), gerçekleştirdikleri çalışmalarında türün çok az sayıda örneklendiğini ifade etmişlerdir. Bendimahi Çayı'nda köprünün alt bölgelerinde inci kefalini tespit ettikleri halde köprünün üst bölgesinde yer alan Muradiye Şelalesi'nin çevresinde örnek temin edememişlerdir. İnci kefalinin bir diğer üreme alanı Deliçay'ın inci kefalinin göçlerinin de izlenebildiği tek kaynak olduğunu ifade etmişlerdir (Elp vd, 2014). Zilan Çayı da inci kefalinin önemli üreme alanlarından biridir. Ancak akarsuya yoğun müdahaleler yapılmıştır. Uludere'nin küçük bir dere olsa da inci kefalinin üremek için az da olsa girdiği bir dere olduğu ifade edilmiştir. Karmuç Çayı'na da türün az miktarda giriş yaptığı, üremelerini ise göl ile birleşme bölgesinde, mansaplarda gerçekleştirdiği vurgulanmıştır. Araştırmalarında Sapur Çayı'na da türün girdiği ancak bu girişlerin çok sınırlı olduğunu, sadece birkaç birey örnekleediklerini belirtmişlerdir. Güzelkonak'a az sayıda da olsa giriş yaptığı ve küçük bir su kaynağı olduğu bildirilmiştir. Gevaş Deresi üzerinde Van-Gevaş bağlantısını oluşturan köprü mevcuttur. Elp vd (2014), örneklemelerinde köprü eşiği alt ve üst bölgelerinde avcılık gerçekleştirdiklerini, eşiğin üst bölgesinde inci kefaline hiç rastlanamazken alt bölgesinde ise bol miktarda örnek olduğunu ifade etmişlerdir. Engil Çayı'nda ise Dönemeç Köyü yukarısında mevcut olan şelalenin üst bölgelerinde inci kefaline rastlanılmazken Dönemeç köyü mevkinde ise inci

kefalinin bulunduğu bildirilmiştir (Elp vd, 2014). Bu güncel bilgiler neticesinde, örnekleme alanları için habitatlar;

- Van Gölü
- Gevaş Deresi
- Engil Çayı
- Karasu Çayı
- Karmuç Çayı
- Zilan Çayı
- Deliçay
- Bendimahı Çayı şeklinde belirlenmiş ve harita üzerinde ilgili habitatlar (kırmızı üçgen ile) işaretlenmiştir (Şekil 2.2).



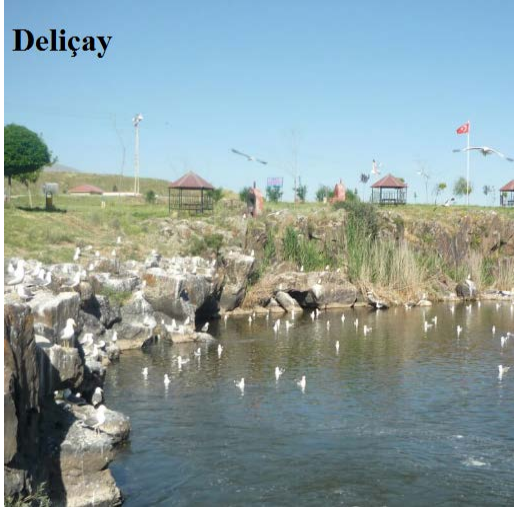
Şekil 2.2. Arazi çalışma alanı

2.3. Balık Örneklerinin Elde Edilmesi ve Diseksiyonu

Otolit kimyasının belirlenmesinde kullanılacak ergin bireyler Van Gölü'nden, larvalar ise göle dökülen akarsulardan (Şekil 2.3) örneklenmiştir.



Şekil 2.3. Örnekleme alanlarının genel görünüşü



Şekil 2.3. (devam)

Van Gölü örneklerinin elde edilmesinde 16, 18, 20 ve 22 mm göz açıklığında fanyalı ağlar kullanılmıştır. Örnekleme Eylül 2016-Ağustos 2017 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleştirilmiş ve her ay 10'ar örnek olmak üzere toplam 120 inci kefali bireyi yakalanmıştır. Örnekler Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'na getirilip dondurulmuş ve oradan da Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İhtiyoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler incelenmeye başlanmadan önce üzerlerindeki artık materyal ve mukus uzaklaştırılmıştır. Her bir örneğin total boy, çatal boy, standart boyları ölçülmüş (± 0.1 cm) ve ağırlıkları (± 0.01 g) tartılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. *A. tarichi* Van Gölü ergin bireyler

Gonadların makroskobik olarak incelenmesiyle eşeyleri tayin edilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Van Gölü *A.tarichi* dişi ve erkek bireylere ait gonad görünüşleri

Larval bireylerin örneklemeinde ise iki farklı zaman diliminde arazi çalışması yapılmıştır. Göle dökülen akarsulardan larval bireylerin temini için ilk arazi çalışması 30.06.2016 tarihinde gerçekleştirilmiş (Şekil 2.6), larvaların elde edilmesinde atrap kullanılmıştır. Bu dönemde gerçekleştirilen arazi çalışmasında Engil Çayı, Karasu Çayı, Karmuç Çayı, Zilan Çayı, Deliçay ve Bendimahi Çayı'ndan larval bireyler elde edilmiş ancak Gevaş Deresi'nden larva örneklememiştir.



Şekil 2.6. Van Gölü'ne dökülen akarsulardan elde edilen larval bireylerin genel görünüşü

Larval bireylerin örnekleme için ikinci arazi çalışmasında ise 20.06.2017 tarihinde Engil Çayı'na ve Gevaş Deresi'ne, 21.06.2017 tarihinde Karmuç, Zilan, Deliçay ve Bendimahi Çayı'na, 22.06.2017 tarihinde Karasu Çayı'na gidilmiştir. Larva örneklerinin temin edilemediği Gevaş Deresi'ne 22.06.2017 ve 2018 yılı üreme döneminde tekrar arazi çalışması gerçekleştirilse de örnekleme yapılamamıştır. Larval bireylerin alındığı koordinatlar şu şekildedir (Çizelge 2.1):

Çizelge 2.1. Çalışma alanı koordinatları

Lokalite	Koordinat		Rakım
Engil Çayı	38° 20' 45.60"K	43° 11' 23.99"D	1652 m
Karasu Çayı	38° 35' 20.40"K	43° 13' 40.80"D	1650 m
Karmuç Çayı	38° 43' 12.00"K	42° 25' 48.00"D	1653 m
Zilan Çayı	39° 0' 25.20"K	43° 19' 01.20"D	1659 m
Deliçay	39° 0' 18.00"K	43° 28' 12.00"D	1656 m
Bendimahi Çayı	38° 56' 16.80"K	43° 39' 43.20"D	1650 m

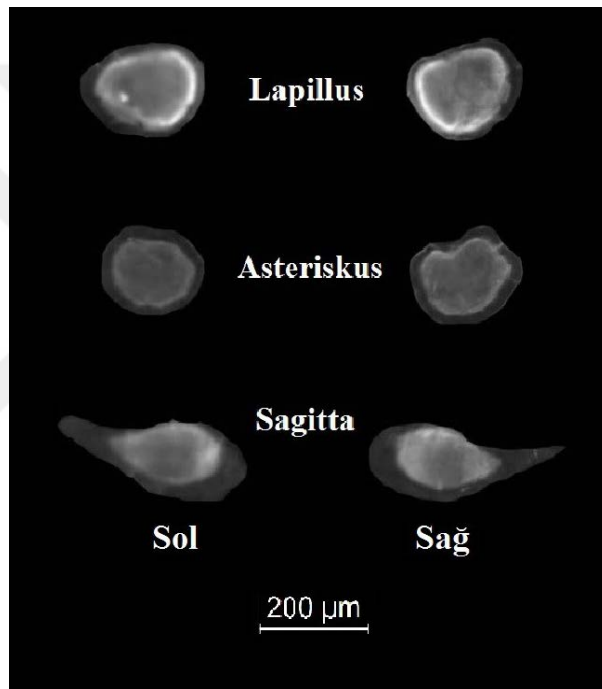


Şekil 2.7. Van Gölü'ne dökülen akarsulardan elde edilen larval bireyler (20-22.06.2017)

Arazi çalışmalarında YSI Marka multimetre yardımıyla 9 farklı su parametresi ölçülerek suyun fizikokimyasal verileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2.4. Van Gölü Bireylerinin Otolit Morfometrisi ve Şekil Analizleri

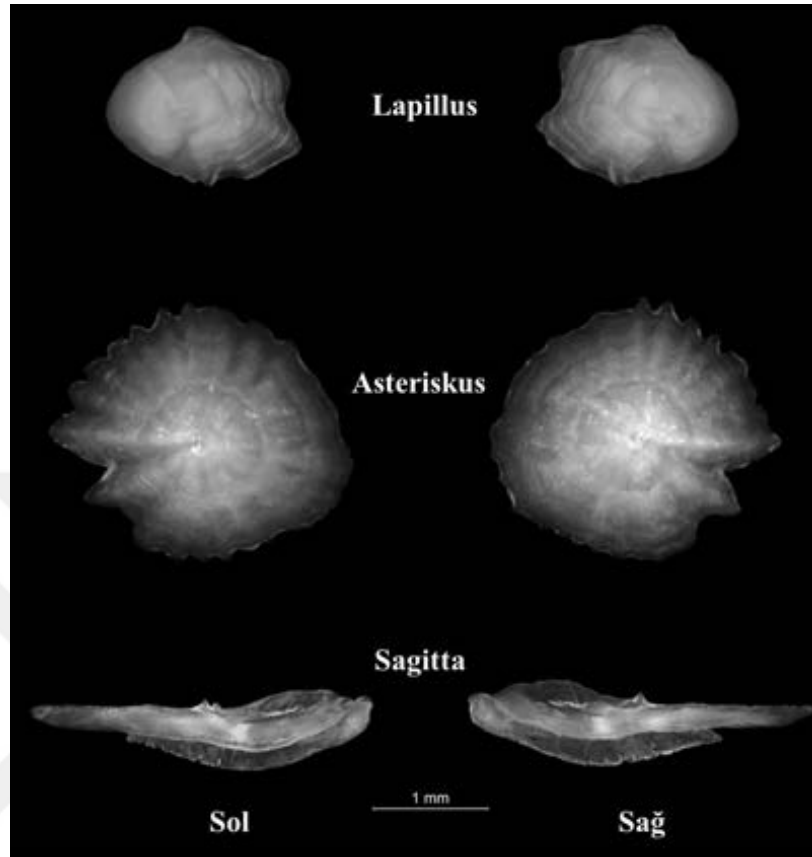
Her bir larvadan üç çift halde otolitler (sagittal, lagenar ve utrikular) binoküler mikroskop altında pikler yardımıyla çıkarılmış ve Leica Application Suit Versiyon 3.8 marka görüntü analiz programı ile distal yüzeylerinden fotoğraflanmış ve ağırlıkları alınmıştır (Şekil 2.9). Otolitler etiketlenmiş ependorf tüplerine yerleştirilmiştir.



Şekil 2.9. Larval bireylere ait otolitler

Ergin 120 bireyin her birinden sağ ve sol ayrımları yapılarak sagittal, lagenar ve utrikular otolitler çiftler halinde çıkarılmış, ultra saf su ile temizlenmiş ve Leica DFC295, Leica Application Suit Versiyon 3.8 görüntü analiz programı ile distal yüzeylerinden fotoğraflanmıştır (± 0.001 mm) (Şekil 2.10). Üç çift otolitin de sağ ve sol ayrımları yapılarak ağırlıkları Radwag marka hassas terazi yardımıyla (± 0.00001 g) tartılmıştır. Her bir bireye ait otolit çiftleri ependorf tüplerine koyulmuş, ependorf tüpleri de ilgili bilgilerin yer aldığı kilitli poşetlere yerleştirilmiş analize hazır hale getirilmiştir. Otolitlerin çıkarılması ve temizlenmesi, görüntülenmesi aşamasında

alkol vs benzeri hiçbir kimyasal kullanılmamıştır. Analiz edilmek üzere otolitler ABD UC Davis ICPMS Laboratuvarı'na gönderilmiştir.

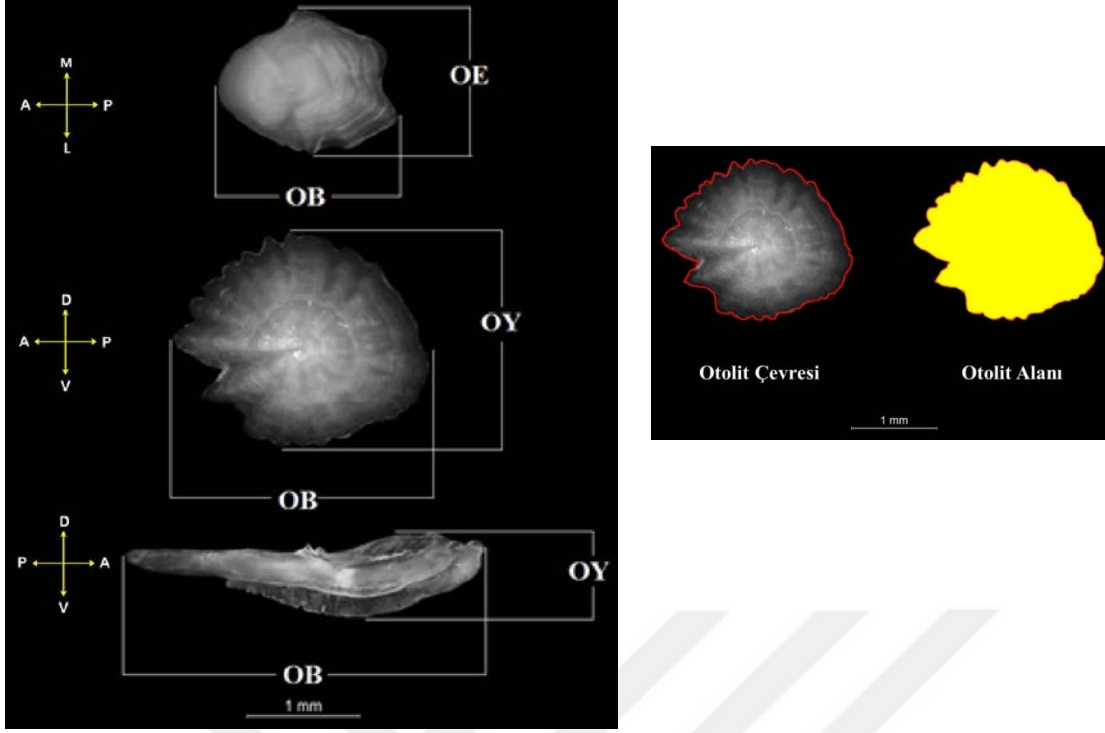


Şekil 2.10. Van Gölü ergin bireylere ait otolitler

Otolitlerden morfometrik ölçümlerin alınması ve analizi;

Sağ ve sol ayrımları yapılarak üç çift otolit de otolit boyu (OB), otolit alanı (A), otolit çevresi (Ç) ölçülerek, lapilluslarda otolit eni (OE), asteriskus ve sagittalarda otolit yüksekliği (OY), (± 0.001) belirlenmiştir. Ölçümler, paralel çizgi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. D; dorsal, V; ventral, A; anterior, P; posterior, M; mesiyal, L; lateral yönü ifade etmektedir (Şekil 2.11).

Sağ ve sol otolitlerin otolit boyu, eni, yüksekliği, alan, çevre ve ağırlıkları bakımından aralarında fark olup olmadığını tespit edebilmek için paired t testi ($\alpha=0.05$) uygulanmıştır. Veriler öncelikle normalite testine tabi tutulmuştur. Şayet veriler normal dağılım göstermiyorsa paired t testinin non-parametrigi olan Wilcoxon testi kullanılmıştır.



Şekil 2.11. Otolit ölçümlerinin yapıldığı eksenler

Otolit şekil analizlerinin ortaya çıkarılmasında şekil faktörü, yuvarlaklık, dairesellik, dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranı kullanılmıştır (Çizelge 2.2). Şekil indeksleri sağ ve sol ayrımı yapılarak asteriskus, lapillus ve sagitta otolit çiftlerinin her biri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Şekil indeks hesaplamalarında lapilluslarda otolit eni kullanılmıştır.

Çizelge 2.2. Otolitlerde hesaplanan şekil indeksleri (Tuset, 2003; Zischke vd, 2016)

Şekil indeksleri	Formül	Tanımlama
Şekil Faktörü	$(4\pi A)/\Ç^2$	Şekil yüzey alanının düzensizliğini tahmin eder (1=tam daire)
Yuvarlaklık	$(4A)/(\pi OB^2)$	Otolit şeklini tam bir daire ile karşılaştırır
Dairesellik	$\Ç^2/A$	Otolit şeklini tam bir daire ile karşılaştırır
Dikdörtgensellik	$A/(OB \times OY)$	Alana göre otolit uzunluğu ve yüksekliğindeki varyasyonları tanımlar (1= tam kare)
Ovallık	$(OB-OY)/(OB+OY)$	Eksenlerdeki değişikliklerin orantılı olup olmadığını gösterir
Boy-Yükseklik Oranı	OB/OY	Otolit boyunu yüksekliğine oranlar

Sağ ve sol asteriskus, lapillus ve sagittal otolitlerden hesaplanan şekil indeks değerleri de karşılaştırılırken öncelikle elde edilen değerlere normalite testi uygulanmış, parametrik olanlar paired t testi ile normal dağılıma uymayanlar Wilcoxon testi ile analiz edilmiştir.

2.5. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsulardan Su Örneklerinin Alınması ve Analize Hazır Hale Getirilmesi

Van Gölü ve göle dökülen akarsulardan farklı yıllarda, yılın farklı dönemlerinde su örnekleri alınmış, stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element analizlerinin tespit edilmesi için UC Davis ICPMS Laboratuvarı'na gönderilmiştir.

İlk arazi çalışmasında su örneklerinin alınması amacıyla 22.09.2016-23.09.2016 tarihlerinde Van Gölü'nde ve göle dökülen ilgili akarsularda arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Gevaş Deresi, Engil Çayı ve Karasu Çayı'na 22.09.2016 tarihlerinde, Van Gölü, Zilan, Karmuç, Deliçay ve Bendimahi Çayı'na ise 23.09.2016 tarihlerinde gidilmiştir. Lokalitelerden su örneklerinin alındığı koordinatlar şu şekildedir (Çizelge 2.3):

Çizelge 2.3. Çalışma alanı koordinatları (22-23.09.2016).

Lokalite	Koordinat		Rakım
Van Gölü	38° 59' 45.60"K	43° 24' 3.60"D	1650 m
Gevaş Deresi	38° 18' 25.20"K	43° 7' 22.78"D	1653 m
Engil Çayı	38° 20' 45.60"K	43° 11' 23.99"D	1652 m
Karasu Çayı	38° 35' 20.40"K	43° 13' 40.80"D	1650 m
Karmuç Çayı	38° 43' 12.00"K	42° 25' 48.00"D	1653 m
Zilan Çayı	39° 0' 25.20"K	43° 19' 01.20"D	1659 m
Deliçay	39° 0' 18.00"K	43° 28' 12.00"D	1656 m
Bendimahi Çayı	38° 56' 16.80"K	43° 39' 43.20"D	1650 m

Her bir habitattan alınan su örnekleri arazide naylon filtrelerden geçirilerek, polipropilen santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Canlı organizma gelişmesini durdurmak amacı ile de su örnekleri %2'lik nitrik asit ile tespit edilmiştir.

Su örnekleri her bir habitattan 500 ml olacak şekilde alınmıştır. Su örnekleri özellikle berrak olan kısımdan alınmış, dip sedimenti ve kıyı sedimentinin karışmamasına, suyun el ile temas etmemesine dikkat edilmiştir. Su örnekleri

süzülmelerinde kolaylık sağlaması için bitki ve taşlık alanların olmadığı bölgelerden alınmıştır. Aynı zamanda su örneklerinin YSI Marka multimetre yardımı ile fizikokimyasal parametreleri ölçülmüştür (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Arazi çalışması esnasında suyun fizikokimyasal parametrelerinin ölçülmesi

Şırınganın uç kısmına 0.45 mikron açıklığa sahip naylon filtre takılmıştır. Alınan su örneğinden şırınganın üst kısmına 50 ml koyulmuş ve filtre yardımı ile süzülerek aynı ölçekli polipropilen santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Süzme işlemi zorlaştığında filtre değişimi yapılmıştır (Şekil 2.13-14).



Şekil 2.13. Su örneklerinin analize hazır hale getirilmesi için gerekli malzemeler



Şekil 2.14. Su örneklerinin filtreden geçirilip santrifüj tüplerine alınması.

Santrifüj tüpüne süzdürülen su örneği üzerine mikropipet yardımı ile 1 ml %2'lik nitrik asit eklenmiştir (Şekil 2.15). Ekleme yaparken tüp döndürülerek çözeltinin tüpün geneline dağılması sağlanmıştır. Kapağı kapatılan santrifüj tüpü ters düz edilerek karıştırılmış parafilm ile kapak etrafı sarılmıştır. İlgili bilgiler yazılarak tüpler etiketlenmiştir. Böylece habitata ait su örneği analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.15. Nitrik asitin alınması ve santrifüj tüpüne eklenmesi.

Her habitattan 50 ml'lik 4 tüp örnek hazırlanmıştır. Her tüp için aynı işlemler tekrar edilmiş ve her habitattan 200 ml'lik örnek UC Davis Laboratuvarı'na gönderilmek üzere analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Analize hazır hale getirilen su örnekleri

Van Gölü ve göle dökülen akarsularda 22-23 Mart 2018 tarihlerinde su örneklerinin alınması amacı ile ikinci arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Su örnekleri alınırken su kimyasını ortaya çıkarmak için bir önceki arazi döneminden farklı örnekleme noktaları seçilmiştir. Önceki arazi döneminde akarsu örnekleme noktaları daha çok Van Gölü'ne dökülen kısımlara yakın iken, tekrar edilen bu arazi döneminde ise göle dökülme noktasından daha uzak lokaliteler seçilmiştir. İlgili

örnekleme lokaliteleri Şekil 2.17’de gösterilmiştir. Sarı imleç ile gösterilen lokaliteler 2. arazi noktalarını temsil etmektedir.



Şekil 2.17. Arazi çalışma alanı

Su örnekleri bir önceki arazi çalışmasında da olduğu gibi her bir habitattan 50 ml olacak şekilde alınmıştır. Su örnekleri alınması esnasında pH metre, HQ 40d marka multimetre, civalı termometre yardımlarıyla suyun fizikokimyasal parametreleri ölçülmüş ve Explorist 100 Magellan marka GPS ile koordinat bilgileri alınmıştır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Çalışma alanı koordinatlarının ve suyun fizikokimyasal parametrelerinin alınması.

Gevaş Deresi, Engil Çayı ve Karasu Çayı'na 22.03.2018 tarihlerinde, Van Gölü, Zilan, Karmuç, Deliçay ve Bendimahi Çayı'na ise 23.03.2018 tarihlerinde gidilmiştir. Van Gölü'nden su örneği alınması için Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Gemisi ile göle çıkılmış derinlik 19.2 m olduğu yerde yüzey suyundan örnek alınmıştır. Su örneklerinin alındığı koordinatlar şu şekildedir (Çizelge 2.4):

Çizelge 2.4. Çalışma alanı koordinatları (22-23.03.2018)

Lokalite	Koordinat		Rakım
Van Gölü	38° 33' 06.4''K	43° 15' 26.1''D	1655 m
Gevaş Deresi	38° 18' 02.88''K	43° 06' 39.78''D	1683 m
Engil Çayı	38° 20' 20.52''K	43° 13' 45.24''D	1669 m
Karasu Çayı	38° 35' 20.04''K	43° 13' 39.36''D	1668 m
Karmuç Çayı	38° 43' 31.62''K	42° 25' 28.86''D	1660 m
Zilan Çayı	39° 00' 25.98''K	43° 19' 01.26''D	1658 m
Deliçay	39° 00' 29.58''K	43° 27' 54.00''D	1662 m
Bendimahi Çayı	38° 59' 31.86''K	43° 44' 39.48''D	1686 m

2.6. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Stronsiyum İzotop Oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Belirlenmesi ve İz Element Analizleri

Elde edilen su örneklerinin, mikrokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlenmiş ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.6.1. Su örneklerinde stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlenmesi

Su örnekleri (25-ml) asit ile durulanıp poliprofilen santrifüj tüplerine alınmıştır. Su örneklerinin stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlenmesinde UC Davis ICPMS Laboratuvarı standart protokolü uygulanmıştır. Her bir su numunesinden bir kısım yaklaşık 1 μg Sr toplam hacmi dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu hacim, portatif ısıtıcı üzerinde asitle süzölmüş, PTFE (Teflon) şişe içerisinde kuruyana kadar buharlaştırılmıştır ve Sr, seçici iyon değişim kromatografisiyle diğer tüm sulu bileşenlerden izole edilmiştir (Horwitz vd, 1992). Ayrıştırılan stronsiyum, %2'lik HNO_3 (nitrik asit)'te sulandırılmıştır ve çözündürücü nebulizör uygulama sistemi

kullanılarak MC-ICP-MS'ye (Nu Plazma HR) yerleştirilmiştir (Nu Instruments DSN-100). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ verileri, ölçülen $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ oranıyla dahili olarak normalleştirilmiştir ($^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ dikkate alınmıştır). Stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) enstrümental kütle kırılımını doğrulamak için $^{86}\text{Sr} / ^{88}\text{Sr} = 0.1194$ 'e göre normalize edilmiştir. Şayet ortamda mevcut ise ^{87}Rb 'yi doğrulamak için ^{85}Rb Rubidyum izlenmiştir, fakat önceden yapılan seçici iyon değişimi kromatografisinden ötürü Rb'nin, düzeltme eşiğinin çok altında olduğu gözlenmiştir. $^{84}\text{Kr} / ^{86}\text{Kr}$ izotop oranını tahmin etmek için $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izlenmiştir. Kütle-öngerilim düzeltme yinelemesi sırasında, $^{84}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ oranı 0.006755 kanonik değere eşit olana kadar ^{86}Kr eksiltmiştir. İşlem boşluğu ölçülmüştür ve numune başına işlenen toplam Sr'nin $<0.002\%$ 'sini oluşturmuştur. NIST SRM 987'nin tekrarlanan analizleri, gün boyunca enstrüman kayması ve seanslar arasındaki analitik eserler için normalleştirilen altı numunenin her birinde yapılmıştır. Kurum içinde standart olarak kullanılan deniz mercanı örneği, su örneklerine paralel olarak işlenmiştir ve ortalama $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ izotop oranı 0.70918 ± 0.00002 ile sonuçlanmıştır ($n=8, 2\sigma$).

Analize gönderilen numunelerin LA-MC-ICPMS stronsiyum izotop oranları ve bu işlem esnasındaki kimyasal süreçlerin standart hataları ve normalizasyon faktörleri hesaplanmıştır.

2.6.2. Su örneklerinde iz element analizi

Elde edilen her bir su numunesinin bir kısmı kullanılmış ve iz element konsantrasyonları California Üniversitesi ICPMS Laboratuvarı'nda (ICPMS.UCDavis.edu) Agilent 8900 ICP-MS (Agilent Technologies, Palo Alto, CA) cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Su numuneleri, harici standartlar bir karışım ağacı kullanılarak dahili standart karışım ile ~16:1 oranında karıştırılmıştır, daha sonra, 1550 W'lık bir plazmaya giden 2°C sıcaklık kontrollü bir püskürtme haznesinde aerosol üretmek üzere 0.4 mL/dakikalık bir MicroMist nebülizör kullanılarak peristaltik pompa aracılığıyla Agilent 8900 ICP-MS (Agilent Technologies, Palo Alto, CA)'e yerleştirilmiştir. Sc, Ge, Y, In ve Bi içeren dahili standart çözelti, Inorganic Ventures tarafından belirlenen tek element standartlarına göre (Inorganic Ventures, Inc. 300 Technology Drive, Christiansburg, VA 24073) her bir element 7.5 ppm olacak şekilde seyreltilmiştir. Harici standartlar, bir SPEX Certiprep 2A standardından, Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se,

Rb, Sr, Ag, Cd, Cs, Ba, Tl, Pb ve U kalibrasyonları için 0.01 ppb, 0.1 ppb, 1 ppb, 10 ppb, 100 ppb ve 1000 ppb'ye kadar seyreltilmiştir. 10 ppm'ye 100 ppm'ye seyreltilmiş SPEX CertiPrep Kalibrasyon Standardı 3 (SPEX CertiPrep Claritas, 203 Norcross Avenue, Metuchen, NJ 08840), Na, Mg, K, Ca ve Fe kalibrasyon aralığını genişletmek için kullanılmıştır. ICP-MS cihazı analizden önce ayarlanmış, kalibre edilmiş ve enjeksiyon başına 3 kopya ve kopya başına 50 tarama içeren 3 noktalı bir tepe deseni kullanılarak MSMS modunda çalıştırılmıştır. Ölçüm sırasında çarpışma/reaksiyon hücrelerinde H₂, He ve No Gas modları kullanılmıştır. Bağımsız bir kaynak kalite kontrol standardı olan NIST 1640a Doğal Sudaki Eser Elementler (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü, 100 Bureau Drive, Stop 2300, Gaithersburg, MD 20899-2300) ve boş (blank-analit içermeyen çözelti) bir solüsyon ilk olarak kalibrasyon ve doğrulama için analiz edilmiştir. 50ppb'de SPEX CertiPrep 2A ve 1000ppb'de SPEX CertiPrep Kalibrasyon Standardı 3, her 10'luk numunede veya daha az, kalite kontrolü olarak boş bir çözelti ile cihaz performansını izlemek, sürekli kalibrasyon ve boş çözelti doğrulaması sağlamak için analiz edilmiştir. Tüm standartlar % 3'lük HNO₃'te (v:v, kons. TraceMetals HNO₃ (Fisher Scientific): 18.2 MΩ /cm su) hazırlanmıştır. Harici standartlar ve örnekler 15mL'lik polipropilen santrifüj tüplerinde, dahili standart çözelti 50mL'lik polipropilen santrifüj tüplerinde hazırlanmıştır (Fisherbrand). Ham veriler MassHunter ICP-MS yazılımı (G7201C, Sürüm C.01.03, Agilent) kullanılarak işlenmiştir.

2.7. A. *tarichi* Otolitlerinin Mikrokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

İnci kefalı larval bireylerine ait otolitler çiftler halinde ependorf tüplerine koyularak analize gönderilmiştir. Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylere ait otolitlerin merkez kısmının görünür hale getirilmesi ve analize hazırlanması UC Davis'te, Wildlife Fish ve Conservation Biology Bölümü'nde, Hobbs Biyojeokimya ve Balık Ekolojisi Laboratuvarı'nda ilgili protokoller izlenerek tarafımızdan gerçekleştirilmiştir (Hobbs vd, 2005; 2010).

Otolit kimyasının ortaya çıkarılmasında kullanılan otolitler lapilluslardır. Her bir otolit Milli-Q su ile temizlenmiştir. Otolitler Epoxicure®'e yerleştirilmiş, düşük hızlı kesit cihazı kullanılarak frontal düzlemde kesitler alınmış ve Kristal Bond (509) termoplastik yapıştırıcı kullanılarak lamlara yerleştirilmiştir (Kristal Bond™ 509, Ted Pella Inc. Redding, CA). Otolitler 400, 800, 1200 zımpara kağıdı ile

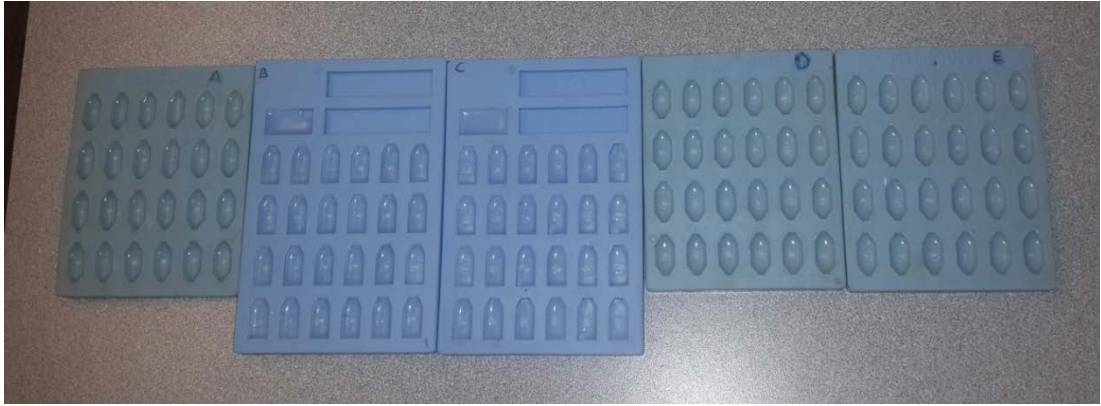
zımparalanıp 0.3 µm alüminyum oksit (Al₂O₃) ve parlatici bez ile parlatılmıştır (Wells vd, 2003). Kimyasal lamlara (petrografik lam) yerleştirilen otolitlerin stronsiyum izotop oranları (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) ve iz elementleri belirlenmiştir. Analiz öncesi ve analiz sonrası otolitlerden görüntüler alınmıştır.

Otolit stronsiyum izotop oranları (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) Amerika Birleşik Devletleri California Üniversitesi “UC Davis Interdisciplinary Center for Plasma Mass Spectrometry” Laboratuvarı’nda, iz elementler ise Stable Isotope Laboratuvarı’nda belirlenmiştir (UC Davis, University of California, 2018).

Otolit kimyasının ortaya çıkarılmasındaki işlem basamakları; analize hazırlanmaları, analiz esnası ve sonrası alt başlıklar halinde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

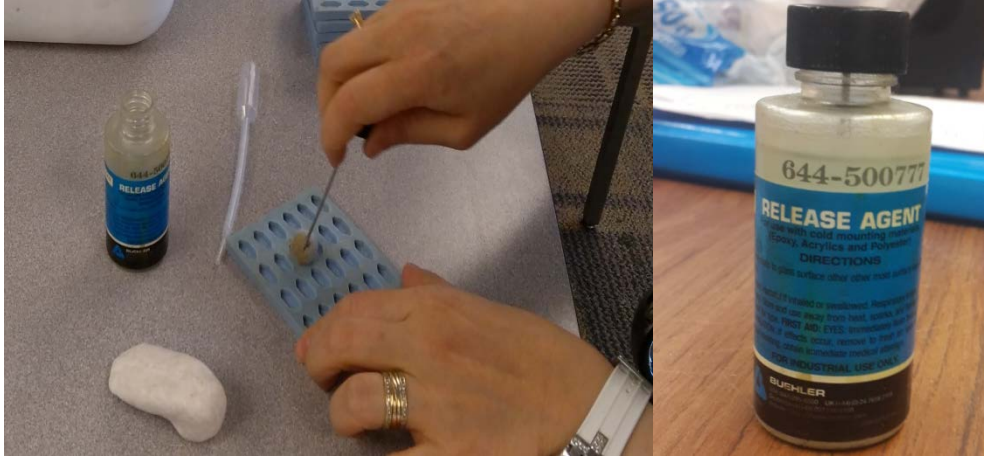
2.7.1. Otolitlerin gömülmesi

Van Gölü ergin bireylere ait otolitlerin tamamı gömüleceği Pelco I05 marka, 5 adet 24’lü blok (Şekil 2.19) su yardımıyla yıkanıp su kalmayacak şekilde kurulanmıştır.



Şekil 2.19. Otolitlerin gömülmeleri esnasında kullanılan kalıpların genel görünüşü

Kurulan her bir blok, epoksi ve polyester gibi materyallerin gömülmesinde kullanılan Release Agent yağı ile sünger yardımı ile yağlanmıştır (Şekil 2.20).



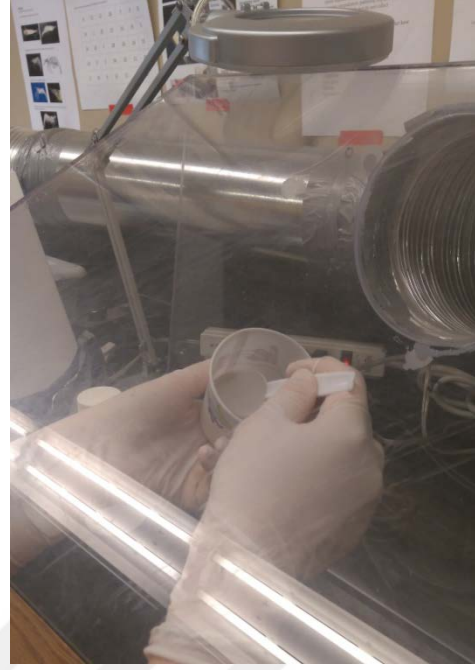
Şekil 2.20. Epoksi kalıplarının taban kısımlarının yağlanması

Buradaki amaç boşluklara dökülecek olan epoksi karışımının kalıplara yapışmadan çıkarılmasını sağlamaktır. Otolitlerin gömüleceği karışımın oranları şu şekildedir;

*EpoxiCure 2 Epoxy Resin (20-3430-128)'den 100 ml

* EpoxyCure™ 2 Epoxy Hardener (20-3432-032)'dan 23 ml

Karışım, 100 ml Epoxy Resin'e 23 ml Epoxy sertleştirici denk gelecek şekilde hazırlanmıştır. Yüzdelik değerler korunarak 120 örnek için oranlar yarıya indirilmiştir. Hazırlık aşamasında Nettler Toledo marka hassas terazi (± 0.0001 g) yardımıyla karton bardağın darası alınmış ve 50 ml Epoxy Resin tartılmış ve üzerine sertleştiriciden 11.5 ml eklenerek 61.5 ml'lik karışım hazırlanmıştır. Sertleştirici eklenmesi esnasında ise bardak 45°C'lik açı ile tutulmuş ve kaşık yardımı ile bileşik yavaşça dipten yukarıya olacak şekilde karıştırılmıştır (Şekil 2.21).



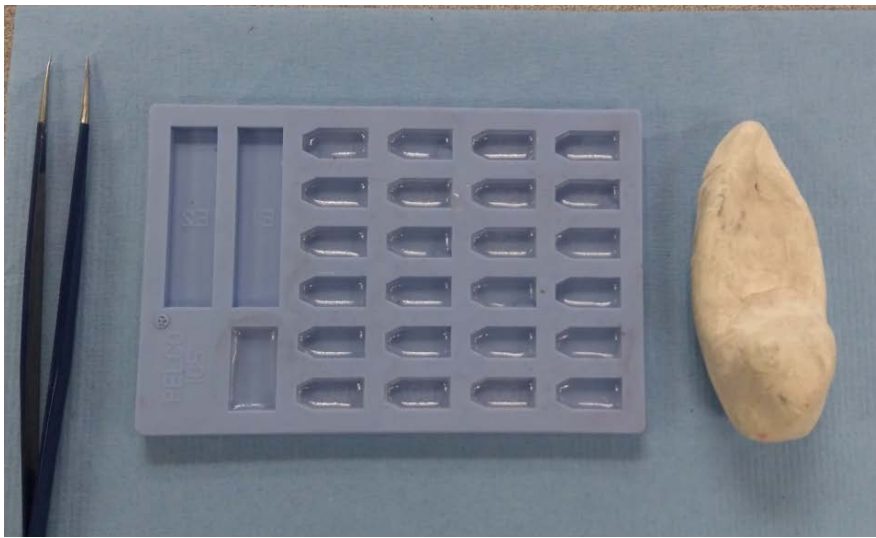
Şekil 2.21. Epoksi karışımının tartılması, karıştırma açısı, çeker ocak genel görüntüsü

Hem sertleştirici dökümü esnasında hem de karıştırma esnasında baloncuk oluşmamasına dikkat edilmiştir. Baloncuklar kesit almada otolitin kırılmasına neden olduğu gibi otolit üzerinde merkez (fokus) kısmının belirlenmesinde de zorluklar yaşatmaktadır. Şeffaf görüntü oluşuncaya kadar karıştırmaya devam edilmiştir. Bu esnada zamanlamanın çok iyi ayarlanması gerekmektedir. Çok beklenmesi durumunda karışım yavaşça soğuyup dışarıya ısı verir ve katılaşmaya başlayabilir. Karışım hazır hale geldiğinde önceden yağlanmış her bloğa yarısına denk gelecek şekilde damlalık yardımı ile 3'er damla karışımdan dökülmüştür. Bu aşamada da baloncuk olmamasına ve zeminin eğimli olmamasına dikkat edilmiştir. Baloncuk oluşur ise kürdan yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Elde edilen karışım 24 saatlik kurumaya bırakılmıştır. Her kalıpta 1 adet bloğa da kontrol amaçlı döküm yapılmıştır. Bu işlemlerin hepsi çeker ocakta gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.22).



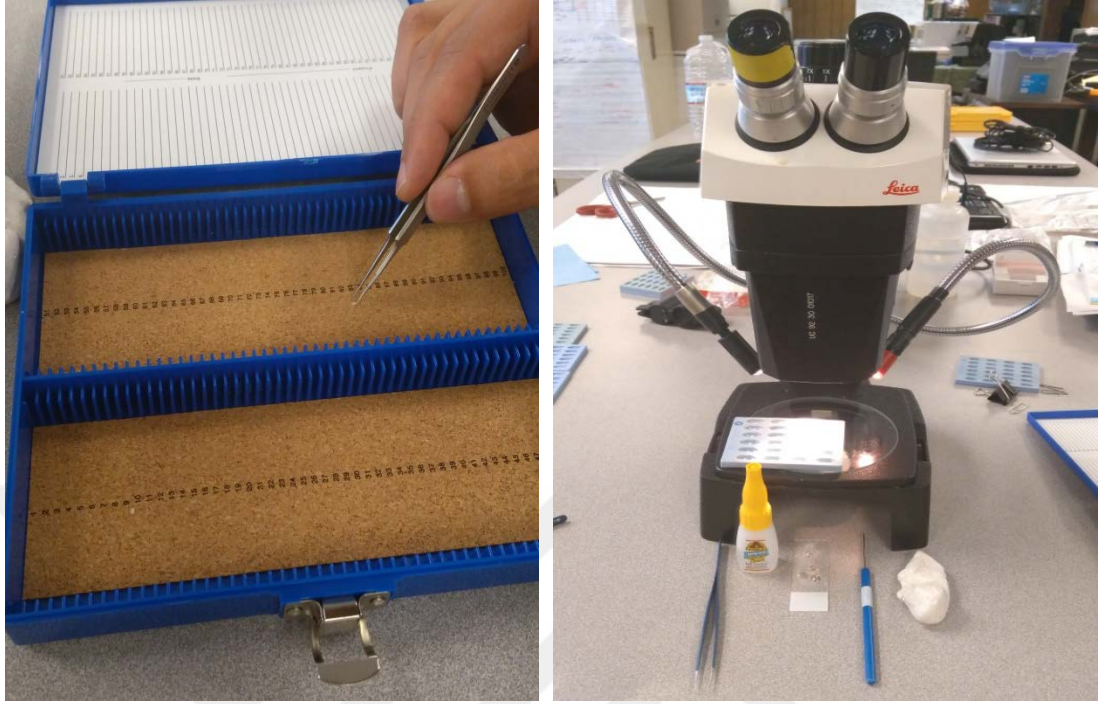
Şekil 2.22. Çeker ocak genel görüntüsü

Karışımın kuruması için örnekler çeker ocakta 1 gün bekletilmiştir. Ortamda toz partiküllerinin de olmamasına dikkat edilmiştir. Bir günlük beklemenin ardından karışımın sertliği deneme bloğundan kontrol edilmiştir. Yeterli sertliğe gelindiğinde otolitlerin sabitlenmesi aşamasına geçilmiştir. Otolit kesitleri frontal düzlemde alınmıştır, distal yüzey zemine denk gelen kısımdır (Şekil 2.23). Bu işlemlerde ergin bireylere ait sol lapilluslar tercih edilmiştir.



Şekil 2.23. Otolitlerin epoksi kalıplarına yerleştirme düzleminin oyun hamuru ile gösterimi

Otolitler Şekil 2.24'te de gösterildiği gibi Leica marka binoküler mikroskop altında yapıştırıcı yardımıyla donmuş zemine yapıştırılarak sabitlenmiştir.



Şekil 2.24. Otolit yerleştirme işleminde kullanılan malzemelerin genel görüntüsü

Öncelikle bir lam üzerine yapıştırıcıdan bir damla damlatılmıştır. Lam üzerindeki yapıştırıcı pik yardımı ile alınmış ve zemine çok az miktarda sürülmüştür. Daha sonra otolit alınarak şekilde gösterildiği düzlemde yapıştırıcı üzerine bırakılmış ve sabitlenmiştir. Düzlemin doğru olması sonraki aşamalar için önemlidir. Otolitler sağa ya da sola eğimli yerleştirilirse otolitlerden alınacak kesitlerde kesit hattı merkeze denk gelmez. Otolitlerin sabitlenmesi işlemleri tamamlandıktan sonra epoksi karışımı yukarıda belirtildiği gibi aynı prosedür ile hazırlanmıştır. Sabitlenen otolitler üzerine damla sayısı 5 ya da 6 damla olacak şekilde dökülmüştür. Baloncuk oluşumu gözlemlendiğinde baloncuklar uzaklaştırılmıştır. Bloklar, ikinci kat epoksi karışımı döküldükten sonra çeker ocakta 24 saat kurumaya bırakılmıştır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Otolitlerin üzerine ikinci kat epoksi karışımının eklendikten sonraki görüntüsü

2.7.2. Otolitlerden kesit alınması

Önceden not edilmiş balık numaraları ile gömülme esnasında verilen blok kodlar kontrol edilmiştir. Bu örnek numaraları dikkate alınarak ısıya dayanıklı thermo lamlar etiketlenmiştir (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Thermo lamların genel görünüşü

Bu esnada portatif ısıtıcı açılmış ve ısı değeri 2 ile 3 arasına ayarlanmıştır. Kristal bondu eritebilmesi için yeterli sıcaklığa ulaşması yaklaşık 10-15 dakikalık bir zaman gerektirir (Şekil 2.27).



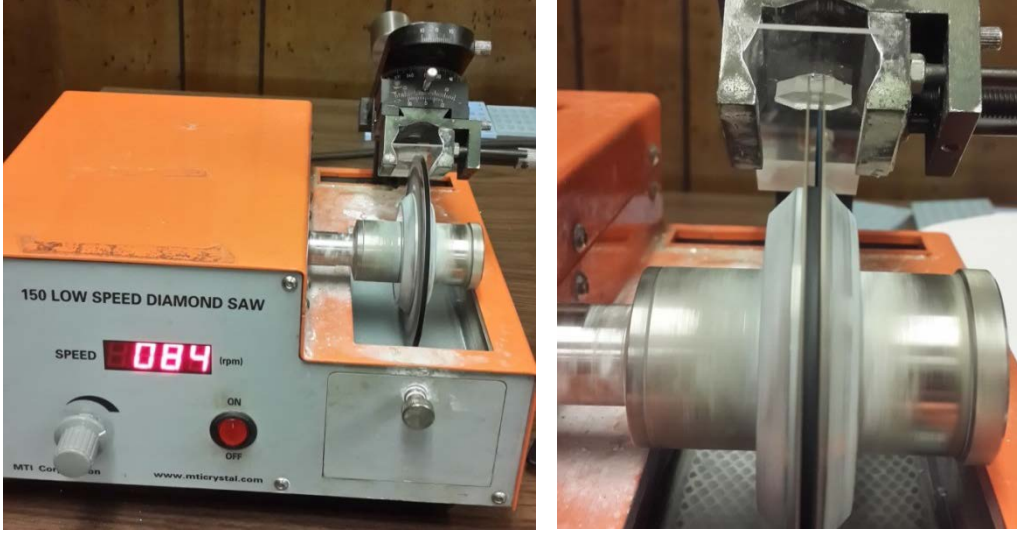
Şekil 2.27. Portatif ısıtıcı ve kesit alma için gerekli malzemeler

Kesit alma işlemleri esnasında kristal bond, jilet, pens, ışık kaynağı, oyun hamurundan hazırlanmış otolit maketi hazır bulundurulmuştur. Bloklardan çıkarılan otolit kalıpları Şekil 2.28'i gibidir. Lam portatif ısıtıcı üzerine koyulmuş ve üzerinde bir miktar kristal bond eritilmiştir. Kristal bond çok bekletilmeden lam üzerine kalıp yerleştirilmiş ve lam portatif ısıtıcı üzerinden alınmış, pens yardımıyla zemini düzlenmiştir.



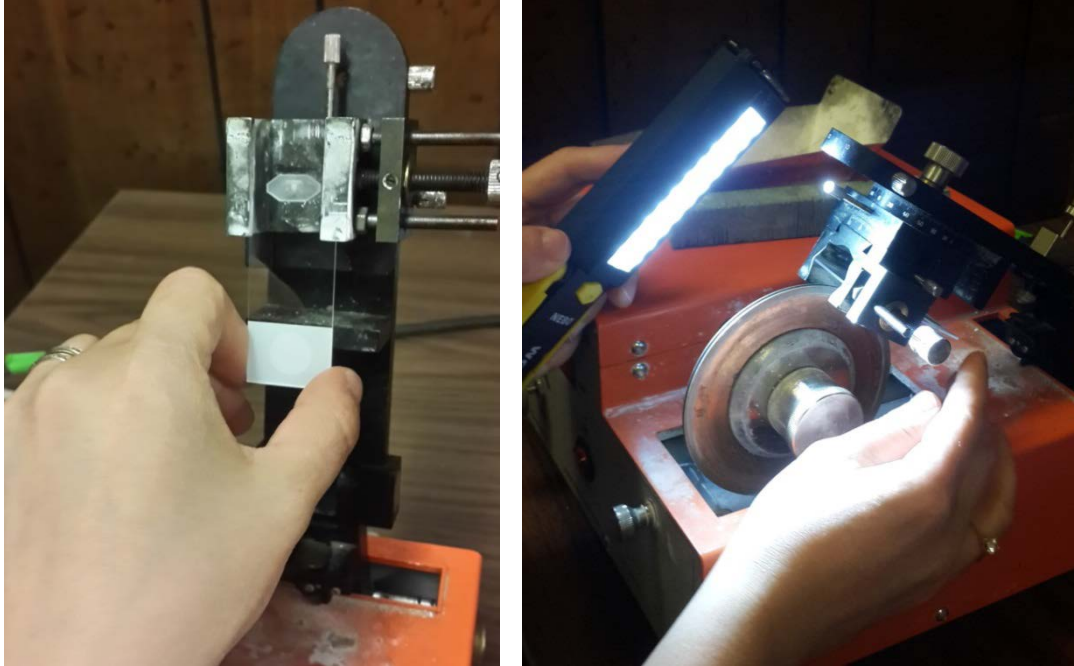
Şekil 2.28. Otolitlerin kalıplardan alınarak lamlara kesit için yerleştirilmeleri

Kesit alma işlemleri esnasında 150 Lowspeed Diamond Saw marka kesit makinesi kullanılmıştır. Kesit makinesi su haznesi doldurulduktan sonra 110 rpm hız ile çalışacak şekilde ayarlanmıştır. Kesit makinesine iki bıçak yerleştirilerek cihaz hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.29).



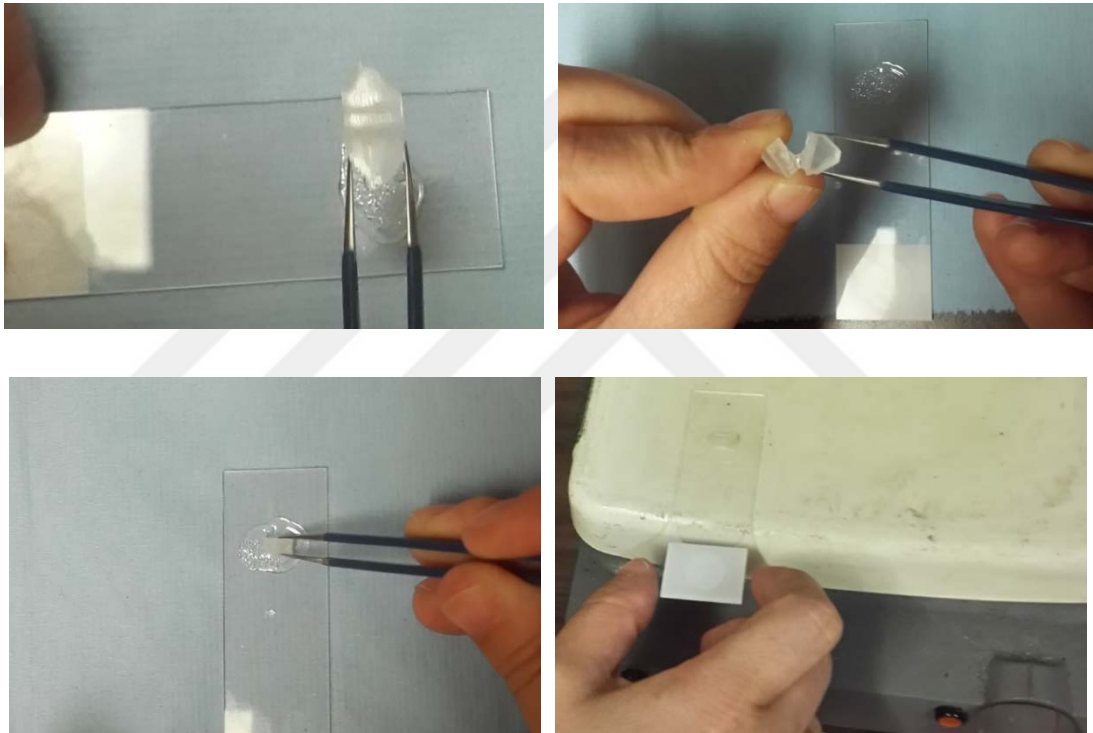
Şekil 2.29. Kesit makinesi ve kesit bıçaklarının konumu

Kesit makinesinde kullanılan bıçaklar; 104 mm çap, 0.3 mm kalınlık; Buehler Diamond Watering Blade 15HC, Series 15HC, No:11.4244 özelliklerine sahiptir. Kalıp içerisinde yer alan otolitın tamamının tam olarak bu iki bıçak arasında denk gelmesine dikkat edilmiş, ışık kaynağı ile denk gelip gelmediği kontrol edilmiş ve emin olduğunda termolam sabitlenmiştir. Lam, otolit bıçağına dönük ve üst kısmı bıçaklara denk gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Kesit alınırken lamın düz bir hat üzerine yerleştirildiğinden emin olunmalıdır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Lamın kesit makinesine yerleştirilmesi ve kesit alınması

Kesme işlemi tamamlandığında bıçakların dışında kalan epoksi kesitten uzaklaştırılmış olur. Kesit makinesinde denge mekanizmasını bu esnada ayarlamak önemlidir. Lam sesini duyduğumuz anda kesit makinesi kapatılmıştır. Lam kesit makinesinden çıkarılmış ve portatif ısıtıcı üzerine koyulmuştur. Burada çok kısa süre bekletilmiş ve kristal bond erimeye başlandığında kenar parçaları kesitten uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan kısımlar lamdan alınarak temizlenmiştir. Lam tekrar portatif ısıtıcı yerleştirilmiş ve üzerinde kristal bond eritilmiştir. Kesit alınan parça otolit konumu sağa bakacak şekilde kristal bond üzerine koyulmuştur. Kristal bond eridikten sonra pens yardımı ile bastırılarak zemin düzlenmiştir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Kesiti alınan otolit kalıbının lama tekrar yerleştirilmesi

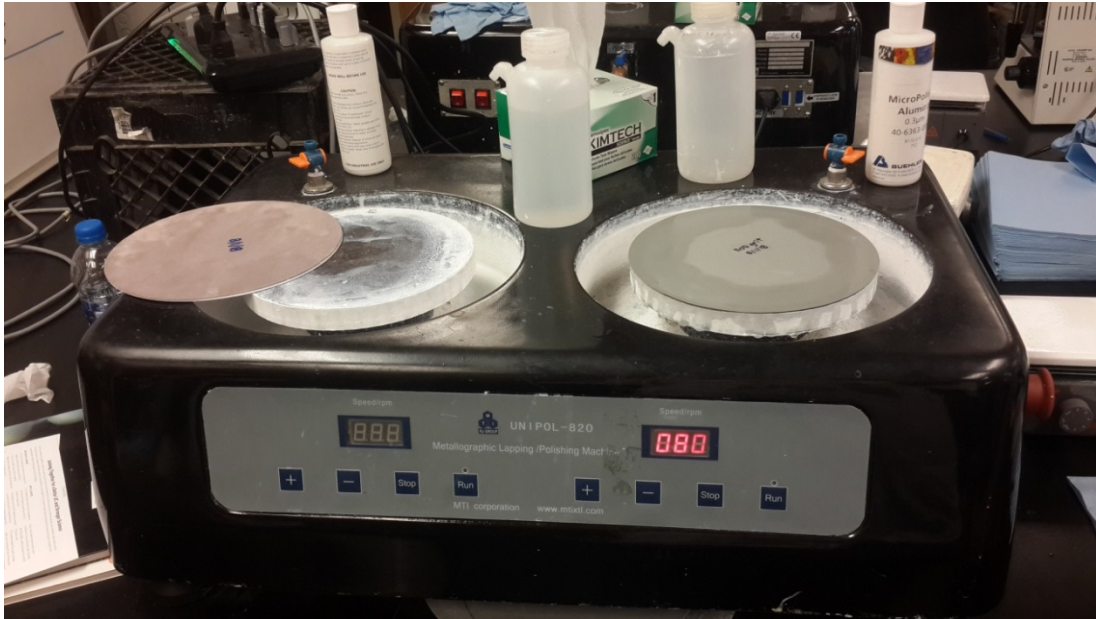
Kesit otolit ve kalıbı lama yerleştirirken kareli defter kâğıdı kullanılarak hizalama yapılmıştır. Düzgün olmaması sonraki aşamalarda (zımparalama, parlatma gibi) daha çok zaman kaybına neden olur. Bu esnada otolit üzerine baskı yapmamaya özen gösterilmelidir. Kesit alınan örnek lama yapıştırma işlemi tamamlandıktan sonra numaralı lam kutusuna yerleştirilmiştir. Art arda olan örneklerin birbirlerine değmesini engellemek için sağlı sollu olarak yerleştirilmiştir (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. Otolit kesitlerinin numaralı lam kutularına yerleştirilmesi

2.7.3. Otolitlerin zımparalanması ve parlatılması

Otolitlerin zımparalanması ve parlatılması çalışmanın dikkat edilmesi gereken bölümlerindendir. Çünkü yaşların okunur hale getirilmesi ve LA-MC-ICPMS cihazında stronsiyum izotop oranının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlenebilmesi açısından otolitin merkez kısmının net bir şekilde görüntülenmesi önemlidir. Zımparalama ve parlatma işlemleri UNI POL-820 Metallographic Lapping/Polishing Machine adlı makine yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.33).



Şekil 2.33. Zımpara ve parlatma cihazı

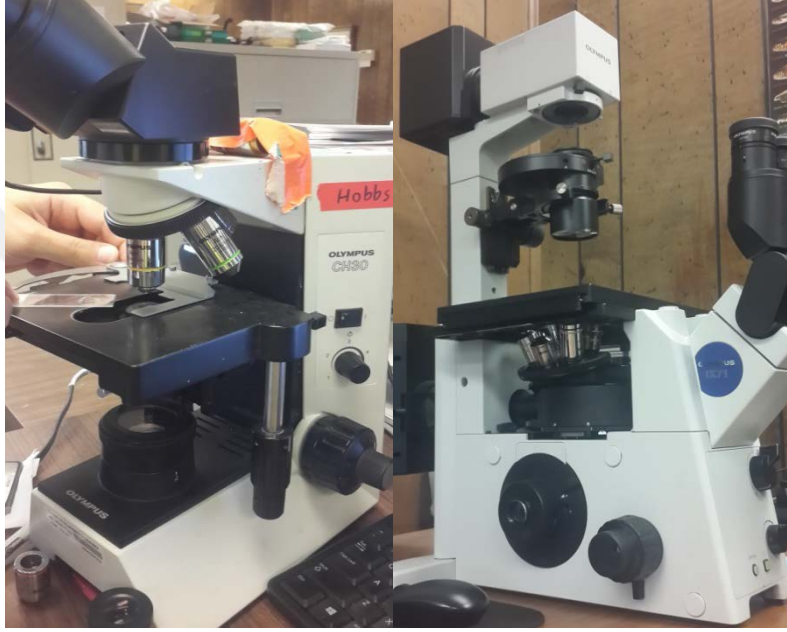
Makine çalışması esnasında belirli aralıklarla zımpara ve parlatma kağıdı üzerine otolitın kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişime sebep olmayan deiyonize su (DI) dökülmüştür. Zımparalama için 400 grit ve 800 grit zımpara kâğıtları kullanılmıştır. Parlatmada ise belirli aralıklarla DI suyun yanı sıra Micro Polish Alüminyum oksit 0.3 µm (40-6363-006 BH 92416753) (Buehler Marka) dökülmüş ve parlatma kağıdı üzerine dağıtılarak çalışılmıştır (Şekil 2.34).



Şekil 2.34. Zımpara kağıdı, micro polish alüminyum oksit, deiyonize su

Öncelikle kalıplardan çıkarılarak lam üzerine yerleştirilen otolitın açıkta olan yüzeyi zımparalanmaya başlanmıştır. İlk olarak 400 gritlik zımpara kağıdı makineye takılmış ve makine hızı 70 ile 80 rpm arasında çalıştırılmıştır. Deiyonize su döküldükten sonra lam üzerinde açıkta olan kısım dikkatli bir şekilde zımparalanmaya başlanmıştır. Zımparalama esnasında Olympus CH30 marka ışık mikroskopunda 4'lük ve 10'lük büyütmede sık sık otolit görüntüsü kontrol edilmiştir (Şekil 2.35). Bu esnada tek taraf için zımpara işleminin hangi aşamada bırakılacağı önemli bir adımdır. Yeterince zımparalama yapılmaz ise merkez (core) kısmı görünür hale gelmeyecektir. Gereğinden fazla zımparalama yapılması durumunda merkez kısma zımpara ile zarar verilir veya tamamen silinmiş olur ki bu da ICPMS cihazında fokus bölgesinden izotop oranı ve iz elementlerin ölçümünü imkânsız hale getirir. Zımparalama esnasında yeterince DI suyun dökülmesi de önemlidir. Susuz zımparalama olması durumunda otolit üzerinde çok sayıda çizikler oluşur ve otolitte aşınmalara neden olur. Otolitin ilk zımparalama yapılan tarafında merkez kısmı net

olarak görünmemesi gerekir. Merkez kısım belirginleşmeye başladığında 400 gritlik zımparadan 800 gritlik zımparaya geçilmiştir. Bu zımparada uzun süre zımpara yapmaya gerek yoktur. Çok sık aralıklarla mikroskop kontrolleri yapılmalıdır. Tutma şeklinden kaynaklı veya eğim kaynaklı ya da otolithin birikim düzeyinden kaynaklı olarak otolithin bir kısmı daha çok incelmış olabilir. Şayet belirli bir bölgede incelme var ise diğer taraf zımpara üzerinde eğimli tutulmalıdır. Zımparalama adeta bir düğmeye basar gibi yavaş dokunuşlar ile bastırıp bırakılarak yapılmalıdır.



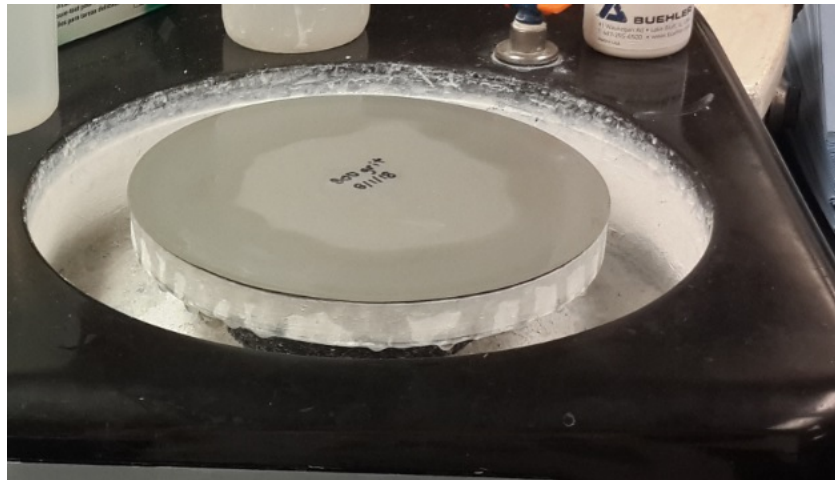
Şekil 2.35. Otolitlerin zımparalanması esnasında görüntülemeye kullanılan mikroskoplar

Otolitlerin parlatılması esnasında ise parlatma kağıdına, DI su ve Micro Polish alüminyum oksit 0.3 μm dökülmüş ve kağıt üzerinde yayılmıştır. Parlatma süresi örneğin görüntü durumuna göre değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık 5-10 dakikalık bir zaman dilimi almıştır. Parlatma kâğıdı takılan cihaz yaklaşık 120 rpm hız ile çalıştırılmıştır (Şekil 2.36). Parlatma işlemi esnasında da mikroskopta kontroller yapılmıştır.



Şekil 2.36. Otolitlerin parlatılmasında kullanılan parlatma kağıdı ve düzeneği

Otolitin lamın üstünde kalan kısmının zımparalama ve parlatma işlemi tamamlandıktan sonra diğer yüzeyde de aynı işlemler tekrar edilmiştir. Lam portatif ısıtıcıda ısıtılmış ve kristal bondun erimesi ile kalıp çıkarılmış ve 180°C döndürülerek dikkatli bir şekilde tekrar lama yerleştirilmiştir. Bu yönün zımparalanması esnasında daha çok 800 gritlik zımpara kullanılmalıdır (Şekil 2.37). Parlatma işleminden sonra merkez net hale getirildiğinde işlem tamamlanmış olur.

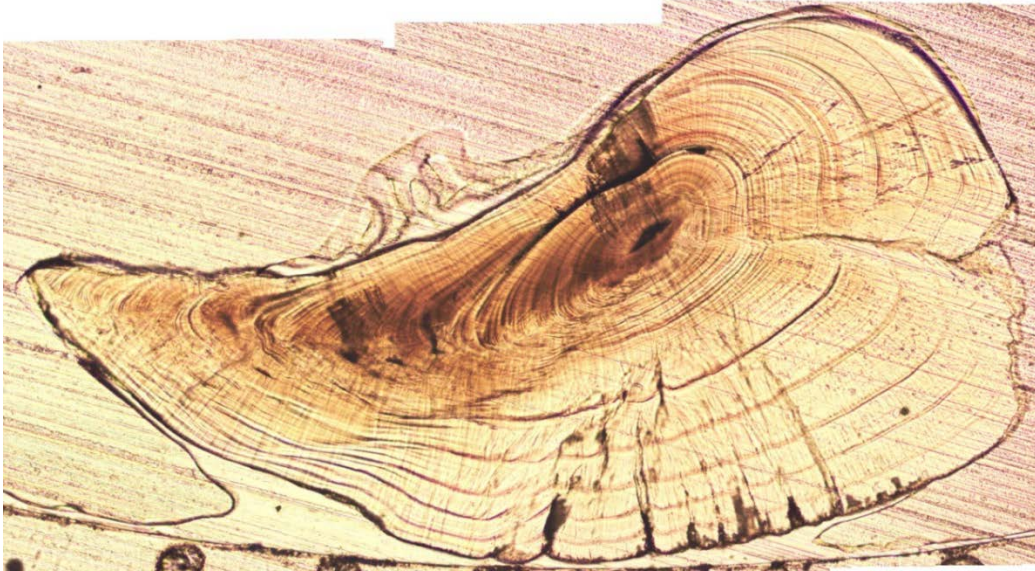


Şekil 2.37. Zımparalamada kağıdı (800 grit)

Mikroskop altında lam üzerinde yer alan otolitin her iki tarafına bakılmıştır. Şayet açık olan değil de diğer taraftan otolitin merkez noktası daha net görünüyorsa otolit ters çevrilmiştir. Bunun için de lam portatif ısıtıcı üzerine yerleştirilmiş kristal

bondun erimesi sağlanmış ve otolit kesiti hiç kaldırılmadan pens yardımıyla lam kenarına itilerek yavaşça lamdan uzaklaştırılmıştır. Ters çevrilerek kesit ısıtılan kristal bond üzerine hava olmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Ters çevrilen otolit üzerindeki kristal bondun uzaklaştırılması için zımparalanması gereklidir. Zımparalama işlemi ise 800 grit zımparada 70 rpm hız ile çok az süreli yapılmış ve tekrar parlatma yapılmıştır.

Otolitlerin frontal düzlemde her iki yönünde zımparalama ve parlatma işlemi bittikten sonra elde edilmesi gereken görüntü Şekil 2.38'deki gibidir. Merkez kısmı net ve yaş halkaları görünür hale gelmiştir. LA-MC-ICPMS stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analizleri ve iz element analizlerinde merkez kısmının ve yaş halkalarının net bir şekilde görüntülenmesi önemli bir adımı oluşturmaktadır.



Şekil 2.38. Zımparalama ve parlatma yapılan otolit kesitinin genel görüntüsü

Tüm bu işlemler sırasında şayet kırılma, merkez kısımda kayıp meydana gelir ise alternatif olarak sağ lapilluslar kullanılarak tüm işlemler baştan tekrar edilerek gerçekleştirilmiş ve ilgili kataloglara bilgiler kaydedilmiştir.

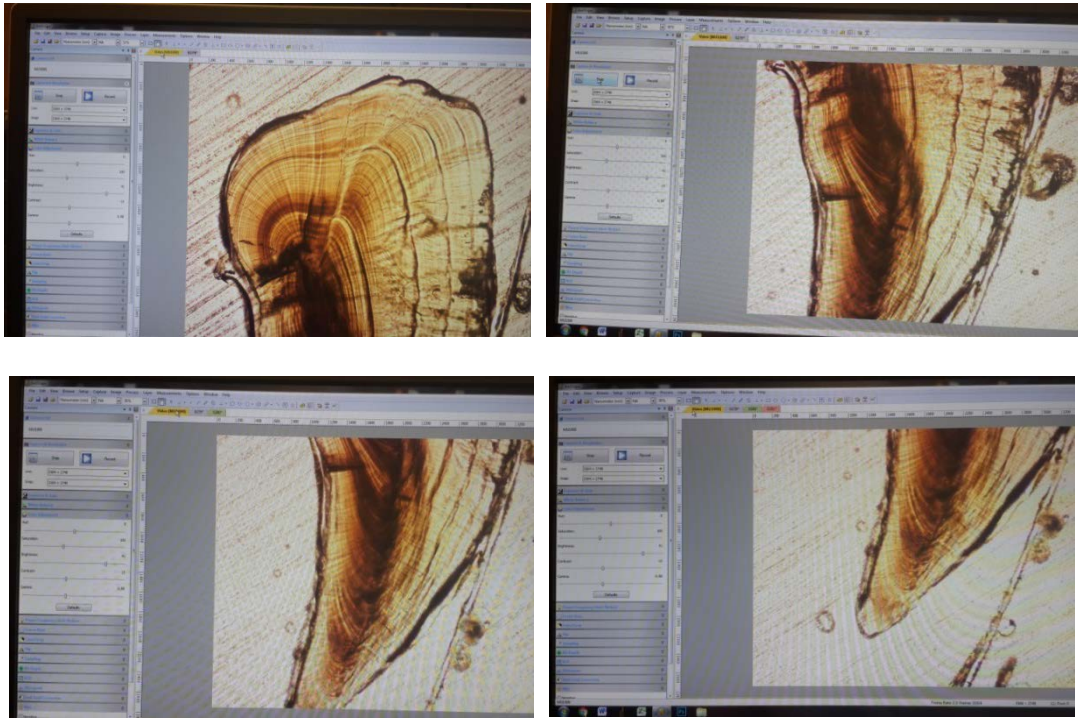
2.7.4. Otolitlerin görüntülenmesi

Otolit kesitlerinin analize gönderilmeden bir bütün olarak görüntü analiz sistemine aktarılmaları gerekmektedir. Otolitlerin görüntülenmesi esnasında Olympus CH30 marka ışık mikroskobuna AmScope FMA050 kamera (12 megapiksel) aparatı takılmış ve görüntüleri 10'luk objektif ile alınmıştır (Şekil 2.39).



Şekil 2.39. Kesit otolitlerin görüntülenmesi

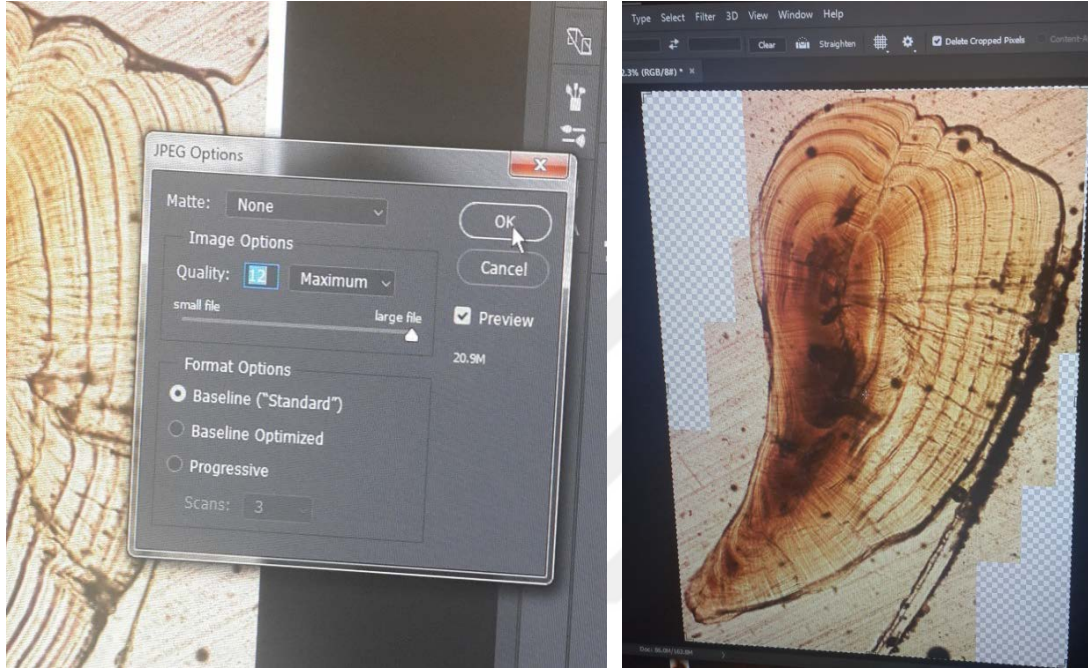
Bir otolit örneği için tüm görüntüler aynı kamera ayarları ile çekilmiştir. Otolitin tümünü kapsayacak ve birbirileri ile çakışacak şekilde farklı açılardan ortalama 4-5 fotoğraf alınmıştır (Şekil 2.40). Görüntü ayarlarında çekim hattı (3584x2748) ve görüntü yakalama ayarları (3584x2748) aynı olmalıdır. Dosya şekli jpg formatında kaydedilmiştir. Tüm otolitler (120 otolit örneği) bu şekilde görüntülenmiştir.



Şekil 2.40. Aynı otolit kesitine ait çakıştırılacak şekilde alınan dört farklı çekim

2.7.5. Otolit görüntülerinin birleştirilmesi

Her bir örnekten alınan otolit görüntülerinin birleştirilmesinde Adobe Photoshop CC2017 programı kullanılmıştır. Bu program PS fotoğraf programı ile birlikte çalıştırılmıştır. Daha önceden otolitten çektiğimiz tüm görüntüler program yardımıyla üst üste çakıştırılmıştır. Aynı otolit kesitine ait fotoğraflar birleştirildiğinde örneğe ait genel bir fotoğraf elde edilmiştir (Şekil 2.41).



Şekil 2.41. Otolit kesitinin LA-MC-ICPMS ve iz element analizi öncesi fotoğraflanması

Görüntülerin birleştirilmesi esnasında katalog bilgileri doldurulmuştur. Otolit işlemlerinin tüm bilgileri bu kataloğlara işlenmiştir. Her bir balığa ait örnek numarası, görüntüleme için kullanılan otolitlerin hangisi olduğu (lapillus, sağ veya sol), gömülme, kesit alma, parlatma, görüntüleme ve kimyasal lamlara yerleştirilen, yaş okumalarının gerçekleştirildiği otolitlerin hangileri olduğu kataloğlara kaydedilmiştir.

2.7.6. Lamların kesilmesi ve otolitlerin kimyasal analiz lamlarına yerleştirilmesi

Kesiti alınmış ve gerekli zımparalama, parlatma görüntüleme işlemleri tamamlanmış olan lamlar kesilip kimyasal analize girmek üzere kimyasal lamlara aktarılmıştır.

Öncelikle jilet yardımı ile lam üzerinde kesitteki epoksi dışında kalan kristal bondlar uzaklaştırılmıştır. Bu esnada dikkatli olunmalıdır. Otolit üzerine baskı uygulanması halinde otolit kırılır. Şayet jilet kristal bond dışında epoksiye denk gelirse epoksi kırılabilir ya da epoksi havalanıp lamdan ayrılabilir. Otolit etrafındaki kristal bond temizlendiğinde otolit kesiti Şekil 2.42'deki gibi olmuştur.



Şekil 2.42. Lamlar üzerindeki kristal bondun uzaklaştırılması işlemi (soldaki lam; kristal bond uzaklaştırılmadan önceki, sağdaki lam: kristal bond uzaklaştırıldıktan sonraki lam görüntüleridir)

Öncelikle kimyasal lama kaç örnek yerleştirileceği belirlenmiştir. LA-MC-ICPMS cihazına yerleştirilecek olan kimyasal lamda sol yan, üst ve alt kısımlarda boşluklar olmalıdır. Cihazda kimyasal lamın sabitlenmesi ve lazer ışığının geçiş sınırları dikkate alınarak boşluklar belirlenmiştir. Otolitlerin büyüklükleri dikkate alındığında her bir petrografik lama 4x4 olacak şekilde 16 örnek yerleştirilmesine karar verilmiştir. Böylece 120 örnek için toplamda 8 kimyasal lam hazırlanmıştır. Lam üzerine cam kalemi yardımıyla A, B, C, D sütunları 1, 2, 3, 4 satırları hizalı bir şekilde yazılmıştır. Habitat bilgisi olan Van Gölü de yazılmış ve her bir kimyasal lama numara verilmiştir. Petrografik kimyasal lam numaraları ise 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 şeklindedir. Ayrıca gerekli bilgilerin yazıldığı lamların her birine çift taraflı bant yapıştırılmıştır. Çift taraflı bant yapıştırılması esnasında ilgili bilgilerin üzerine denk gelmemesine dikkat edilmiştir. Böylece kimyasal lamlar kesit alınan otolitlerin yerleştirilmesi için hazır hale getirilmiştir.

Cam kesme kalemi yardımıyla kesit ve epoksi dışında kalan lam parçaları uzaklaştırılmalıdır. Lamın kesitin dışında kalan kenar kısımları kesilmiş, kesit alt kısmında yer alan lamla birlikte olacak şekilde bütün lamdan ayrılmıştır. Kesme esnasında büyük parçalar kesilerek işlem tamamlanmalıdır. Büyük parçaların lamdan kırılarak ayrılması daha kolay olmaktadır. Kesilen parçalar kimyasal lam üzerinde

ilgili satır ve sütun kısmına yerleştirilmiştir. Her bir lam 16 örnek kesiti almaktadır. Kimyasal lamlar hazırlandıktan sonra her biri parafilm ile çevrilmiştir. Tüm otolit örnekleri LA-MC-ICPMS ve iz element analizlerine hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.43).



Şekil 2.43. Otolit kesitlerinin kimyasal lamlara yerleştirilmesi işlem basamakları

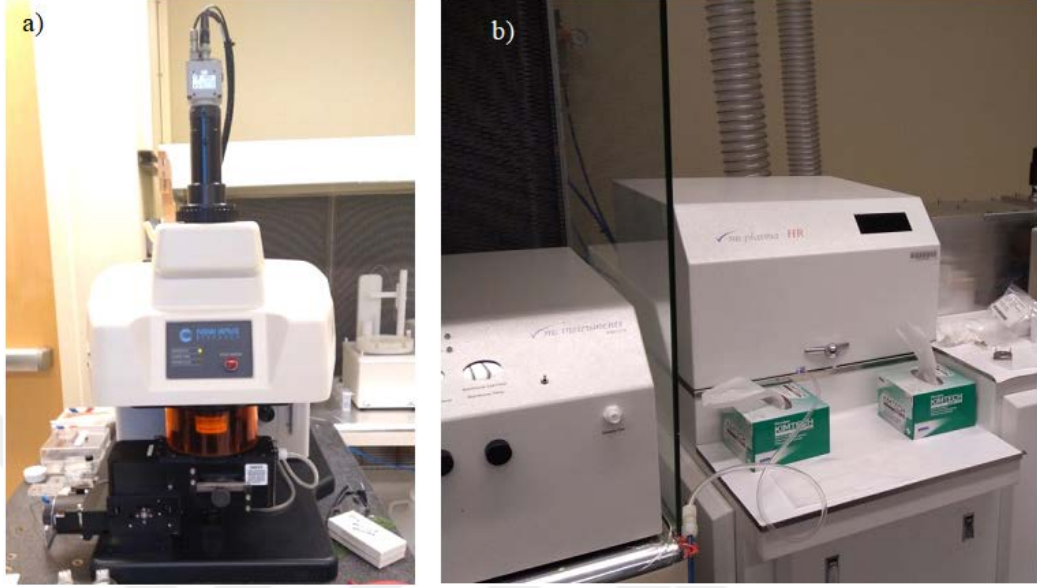
2.7.7. Otolit mikrokimyasal analizleri

Kesit alınan ve kimyasal lamlara yerleştirilen otolitlerin mikrokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla LA-MC-ICPMS cihazında stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve Agilent 7700x Quadrupole-ICPMS cihazında kütle element analizi ile de element ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analizi

Stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analizleri ABD California Üniversitesi Earth and Physical Science Building, UC Davis LA-MC-ICPMS Geology Clean Lab.'da gerçekleştirilmiştir. Kullanılan LA-MC-ICPMS cihazı UP-213 Laser Ablation Sistem, Nu Plasma HR (30.000°C sıcaklık içermekte) (Şekil 2.44), Nu Instruments (Şekil 2.45) olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Son kısımda da iki farklı

bilgisayara bağlantı kuracak şekilde veri aktarımına ve yazılımına sahiptir. İşlem basamakları ise Numune Alımı-Argon Plazması-Enerji Filtresi-Zoom Lensleri-Toplayıcı Blok-İzotop Sinyalleri-Sonuçlar şeklinde sıralanmaktadır.

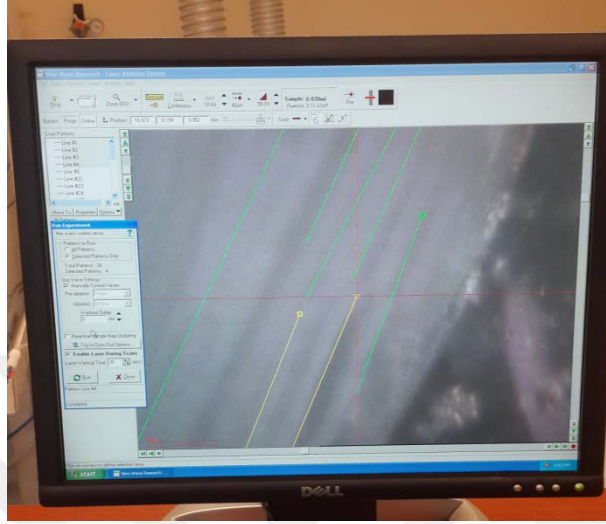


Şekil 2.44. UP-213 Laser Ablasyon Sistem (a), Nu Plasma HR (b)



Şekil 2.45. Nu Instruments (a) ve bilgisayar bağlantısı (b)

Kimyasal lamlar LA-MC-ICPMS cihazına yerleştirilmeden önce cihaz yaklaşık iki saat öncesinden kalibre edilmiştir (şekil 2.46). Standardizasyon; LA-MC-ICPMS'te 0.70918 değerine getirildiğinde cihaz kullanıma hazırdır (Hobbs vd, 2010).



şekil 2.46. LA-MC-ICPMS cihazı kalibrasyon çizgileri

Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra Laser Ablasyon sistemine kimyasal lam 1, şekildeki gibi yerleştirilmiş, kenar kısımları bantlanarak lam sabitlenmiş, hazneye koyulmuştur (şekil 2.47).

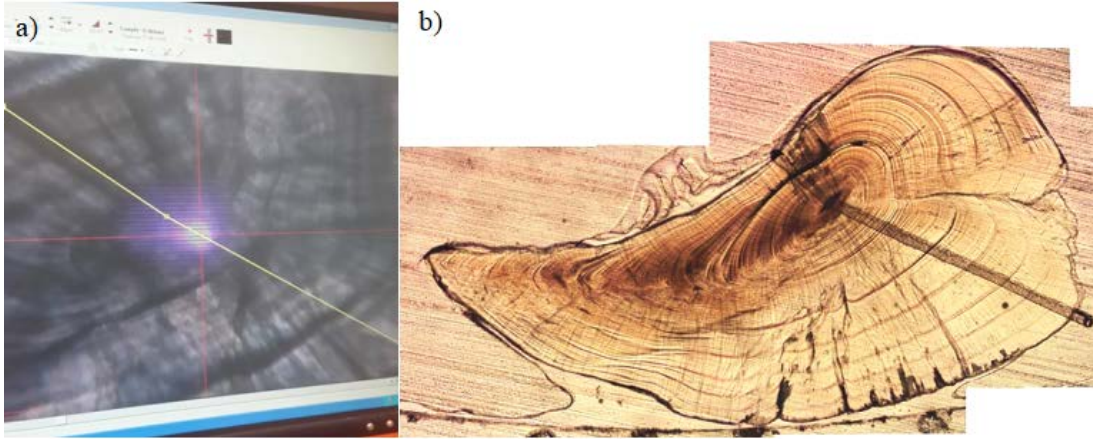


şekil 2.47. Laser ablasyon sistemine yerleştirilen kimyasal lam görüntüsü



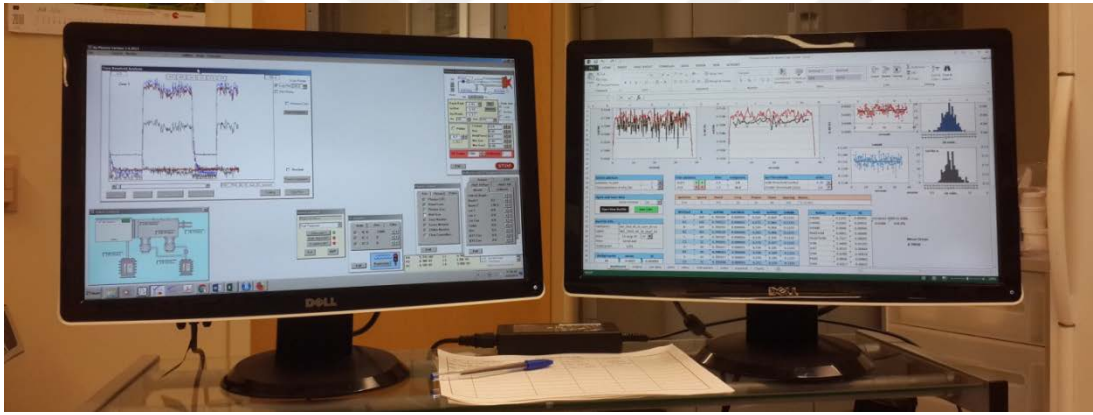
Şekil 2.48. Kimyasal lamın ICPMS cihazındaki konumu

Kimyasal lam yerleştirildikten sonra (Şekil 2.48) bilgisayar yazılım komutları ile kimyasal lamda ilgili örnek numarasına gidilmiştir. İlk örnek olan A1_1 örneğine gelindiğinde netlik ve ışık ayarları yapılmış ve otolitin fokus noktasına odaklanılmıştır. Sample map tıklanarak otolitin lazer sistemindeki genel görüntüsü alınmıştır. Elde edilen genel görüntüden odak noktası seçilmiş ve lazerin geçeceği hat çizilmiştir. Lazer hattı çizilirken dar açılı olmamasına dikkat edilmiştir. Ayrıca çizilen hat otolitin dış kısmından da bir kısım içermelidir. Çizim yönü de bütün örneklerde aynı olmalıdır. Bu çalışmada çizim yönü dorsalden ventral kısma olacak şekilde belirlenmiştir. Dorsalden fokus noktasına gelindiğinde dorsal ile merkez noktası arasındaki değer bilgisayarda yazmaktadır. İlgili değer yine sisteme bağlı olan ve analiz sonucunu değerlendiren diğer bilgisayara manuel olarak kaydedilmiştir. Bu değer otolitin fokus kısmının dorsalden uzaklığını vermektedir. Lazer hattının lazer sisteminde ve mikroskoptaki görüntüsü Şekil 2.49'daki gibidir.



Şekil 2.49. Lazer çizim hattının cihazda (a) ve mikroskopta görüntüsü (b)

Lazer sisteminde çizimi yapıldıktan sonra cihaz Plasma HR, Nu Instruments kısımlarını aktif etmiştir ve verilerin bilgisayara aktarımı gerçekleşmiştir (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. MC-ICMPS cihazında verilen bilgisayara aktarımı

Veriler kaydedildikten sonra diğer örneğe geçilerek işlemler tekrar edilmiştir. Her kimyasal lam değişiminde kalibrasyon tekrar edilmiştir.

Cihazın çalışma prosedürü ise şu şekilde ayarlanmıştır;

Otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

Davis, California Üniversitesi, Wildlife Fish ve Conservation Biology Bölümü'ndeki, ICPMS Laboratuvarı'ndaki cihaz kullanılmış ve laboratuvar protokolleri izlenmiştir. Multi-kollektör inductively coupled plasma kütle spektrometrisi yardımıyla (Nu Instrument Inc.'ten *Nu Plasma Hr*), lazer ablasyon tekniği kullanılarak (LA-MC-ICP-MS tekniği) stronsiyum izotop oranı ölçümü için

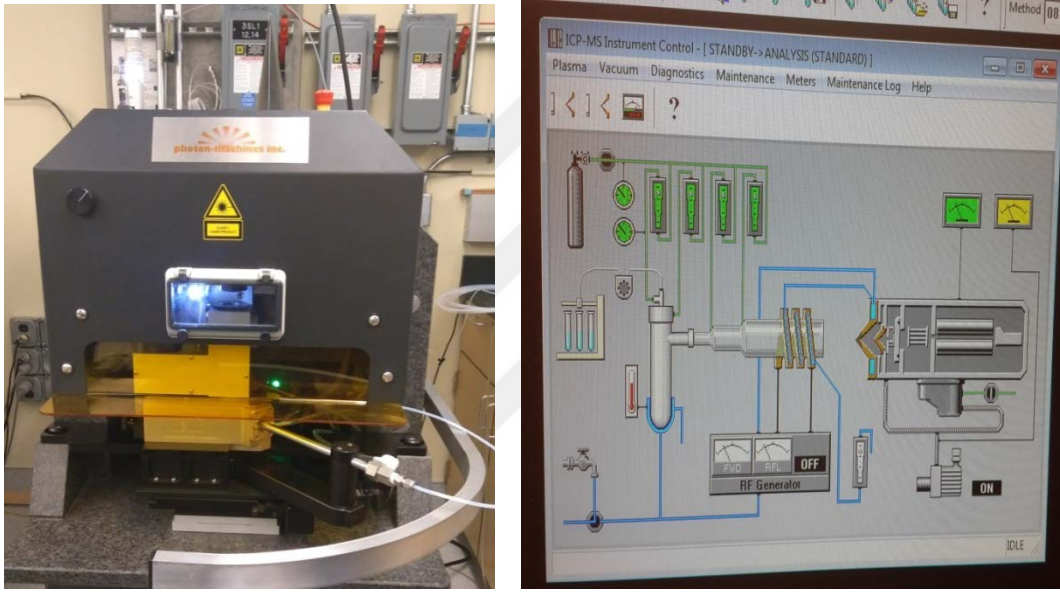
Nd: Yag 213 nm lazer ile (New Wave Research UP213, Fremont, CA) otolitler ara birimlerine ayrılmıştır. %100 güç verimli, 10 Hz vuruşlu ve 5-15 J/cm² foton çıkışlı lazer ile her saniyede 5 µm otolitin çekirdeğinden otolit kenarına (dorsalden ventrale) ara bağlantı yapacak şekilde 40 µm çapa sahip lazer ışını geçirilmiştir. Analiz boyunca tipik olarak 2-6 V ⁸⁸Sr sinyalleri elde edilmiştir. Maksimum hassasiyetin sağlanması için taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Ayrıca bağlanma yerlerinde örnek birikimini minimuma indirmek amacı için de helyum kullanılmıştır. Lazer örnek hücresi ile plazma kaynağı arasına Argon gazı karıştırılmıştır. Gaz boşluğu ve geri plan sinyalleri; örnek değişiminden sonra (örnek hücrenin havaya maruz kalması gibi) ⁸⁴Kr ve ⁸⁶Kr stabil hale gelinceye kadar 30 saniye boyunca ölçülmüştür. Lazer 30-60 saniyeye ayarlanmıştır. Stronsiyum izotop oranları (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) instrumental kütle kırılımını doğrulamak için ⁸⁶Sr / ⁸⁸Sr =0.1194'e göre normalize edilmiştir. ⁸⁸Sr, ⁸⁵Rb, ⁸⁴Sr'ün pik yoğunlukları eş zamanlı olarak ölçülmüştür. ⁸⁵Rb'in piki; ⁸⁷Rb'nin ⁸⁷Sr'ye karıştığını doğrulamak için izlenmiştir (Hobbs vd, 2010). LA-MC-ICP-MS'in çalıştırılma koşulları ve ölçüm sonuçlarının tekrarlanabilirliği, kurum içinde referans materyal olarak kullanılan Baja Kaliforniya açıklarından örneklenen *Atractoscion nobilis* deniz balığı otoliti kullanılarak değerlendirilmiştir. *A. nobilis* türü otolitinin stronsiyum izotop oranı (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) tekrarlı analiz değerleri 0.70918±0.00005 (n=53±2σ) deniz suyunun küresel ortalama ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr oranı 0.70918 ile uyumludur (McArthur vd, 2001; Mokadem vd, 2015). Otolit kimyası verilerinin işlenmesi IsoFishR uygulaması ile yapılmıştır (Willmess vd, 2018). Ham veriye 5-nokta entegrasyon zamanı ve 20-nokta hareketli ortalama uygulanmıştır. Dış değerler, 40-nokta hareketli ortalama aralığı kullanılarak ve 2σ dış değer kritiği dikkate alınarak çıkartılmıştır. Her bir otolitin fokus, natal, ergin bölgeleri görsel olarak belirlenmiştir ve bu bölgelerin her biri için ortalama değerler ve standart sapmalar hesaplanmıştır.

Lazer ayarları aşağıdaki gibidir.

Çalışma hızı	: 5 µm/s
Nokta büyüklüğü	: 40 µm
Lazer enerjisi	: %45
Profil tipi	: 4.89 j/cm ²
Çalışma yönü	: Tam profil
Notlar	: Dorsalden ventrale

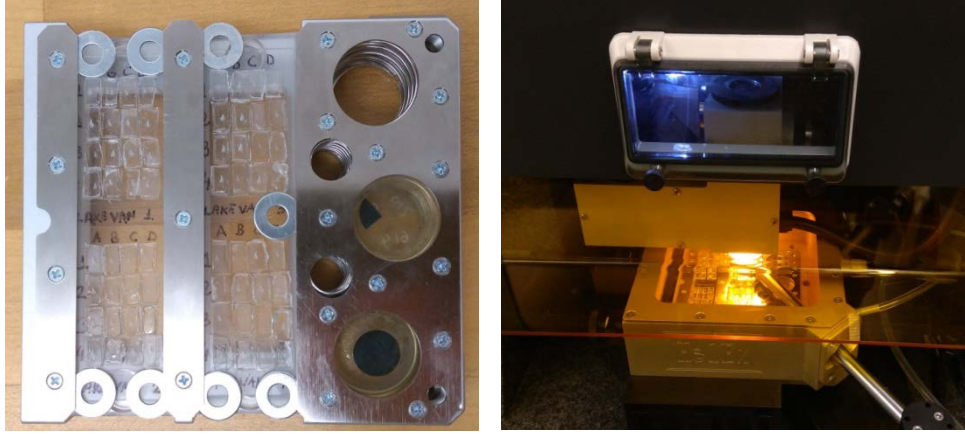
Otolit iz element analizi

Otolitlerin element konsantrasyonları ABD UC Davis Stable Isotope Laboratuvarı'nda; Agilent 7700x Quadrupole (Kuadrupol) ICPMS'e bağlanmış, HelEx çift hacimli LA hücresi ile Foton Makinesi 193nm ArF Excimer Lazer cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Cihaza örnekler yerleştirilmeden yaklaşık iki saat öncesinden cihazın kalibrasyon ayarları yapılmıştır. Şekil 2.51'de makinenin genel görüntüsü mevcuttur. Cihaza yerleştirmeden önce kimyasal lamın sabitlenmesi ve yürütülmesi esnasında hareket etmemesi önemlidir. Bu amaçla küçük bilyeler kullanılmıştır (Şekil 2.52).



Şekil 2.51. İz element analizi cihazı genel görüntü ve işleyiş mekanizması

Her sete dört kimyasal lam yerleştirilip, bir önceki LA-MC-ICPMS cihazında stronsiyum izotop oranı analizlerinde kullanılan hat üzerinden iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Aynı hattın seçilmesi önemlidir. Dorsalden ventrale olan bu hat (Şekil 2.53), lazer ışını ile daha önce geçildiğinden oldukça belirgindir ve hattın belirlenmesi noktasında zorlukla karşılaşılmamıştır.



Şekil 2.52. İz element analizi için aparata ve ardından cihaza yerleştirilen kimyasal lamaların genel görüntüsü

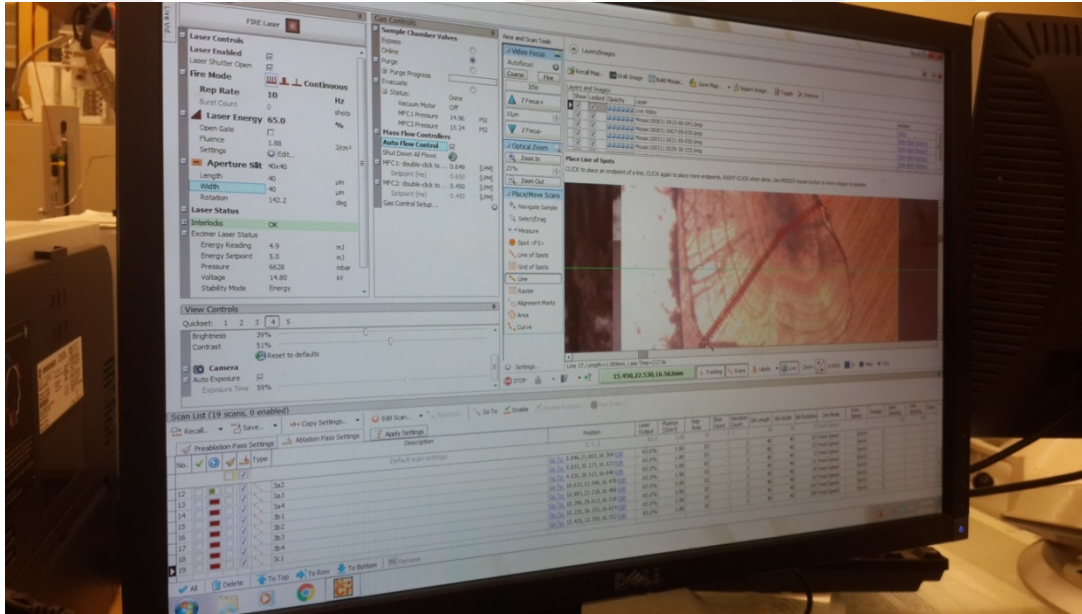
Cihazda lazerin tekrarlanma hızı 10 Hz, akıcılığı $\sim 3 \text{ J/cm}^2$ olarak ayarlanmıştır. Otolitin fokus bölgesi ile kesişecek şekilde dorsalden ventrale doğru spot büyüklüğü $40 \mu\text{m}$ olan hat belirlenmiştir. Veri toplama işlemine başlamadan önce (ablasyon öncesi), aynı düzlemde daha büyük ($150 \mu\text{m}$) spot büyüklüğüne ve daha hızlı tarama hızı ($100 \mu\text{m/sn}$) ile bir temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz için lazer hızı $5 \mu\text{m/s}$ 'dir. İz element analizi ile ölçümü yapılan elementler ise ^7Li , ^{23}Na , ^{24}Mg , ^{43}Ca , ^{44}Ca , ^{55}Mn , ^{63}Cu , ^{66}Zn , ^{85}Rb , ^{88}Sr , ^{127}I , ^{138}Ba şeklindedir. Analiz döngü süresi 1 saniyeye ayarlanmıştır, böylece tüm elementler her saniye ölçülmüştür ve konsantrasyonlar analizin her saniyesi için kaydedilmiştir. Daha sonra lazer çalışma hızı bilindiği için bu hızlar kullanılarak zaman, mesafeye dönüştürülmüştür. Standart en iyi uygulamalarla, veriler; İz_Element Veri Şeması kullanılarak iç standart olarak Iolite'ye (Paton vd, 2011) ve ^{43}Ca kullanılarak NIST 612'ye göre indirgenmiştir (Longerich vd, 1996; Jochum vd, 2011).

Otolit aragonitinin ağırlıkça %38.8 Ca (Kalsiyum) içerdiği varsayılmıştır (Hüseyin vd, 2016). Dahili standart referans materyalleri olarak NIST 610 ve 612 (glass) kullanılmıştır. Elemente özgü tespit limitleri (Çizelge 2.5) her bir element için, elemente özgü arka plan seviyesinin standart sapmasının 3 katı olarak hesaplanmıştır. Kendi tespit sınırlarının altındaki bir elementin ölçülen konsantrasyonları sıfıra ayarlanmıştır; bu da makine hassasiyetinin ihmal edilebilir bolluğunu göstermektedir. Elementler (X), daha sonra kalsiyuma oranlanmıştır ($X/^{43}\text{Ca}$) ve birim olarak da $\mu\text{mol/mol}$ olarak ifade edilmiştir. Veri analizleri R programında gerçekleştirilmiştir (R Core Team, 2018). Otolit iz element analiz UC Davis ICPMS Laboratuvarı standart protokolleri izlenerek gerçekleştirilmiştir.

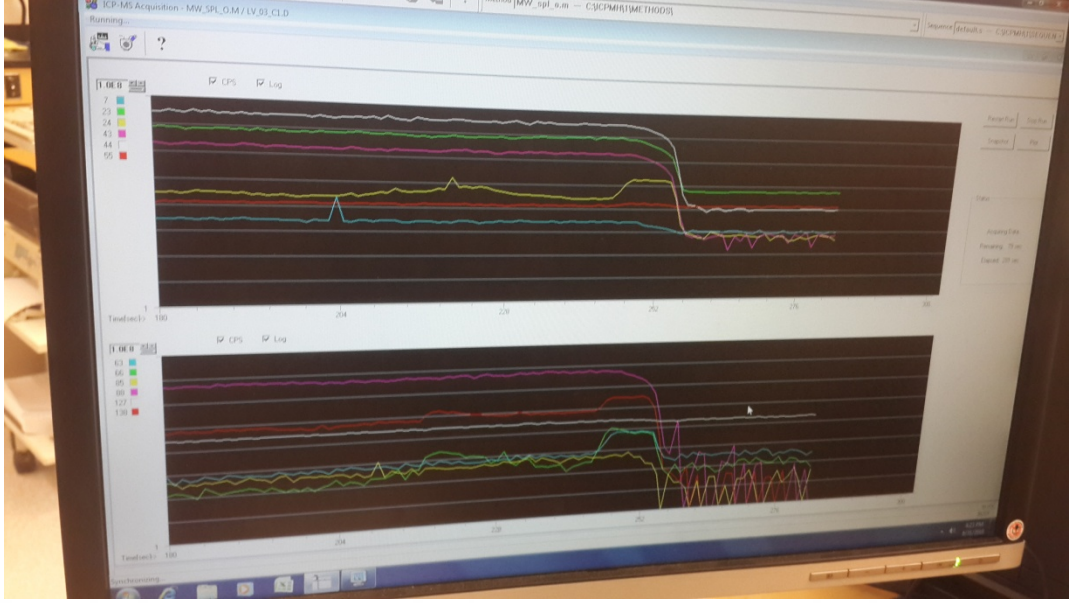
Çizelge 2.5. ppm’de her element için belirlenen ortalama limitler

	⁷ Li	²³ Na	²⁴ Mg	⁴⁴ Ca	⁵⁵ Mn	⁶³ Cu	⁶⁶ Zn	⁸⁵ Rb	⁸⁸ Sr	¹³⁸ Ba
NIST610	0.0616	0.3009	0.0535	9.9818	0.1664	0.0889	0.1156	0.0105	0.0457	0.0068
NIST612	0.0817	0.8508	0.0774	13.733	0.2867	0.0271	0.1675	0.0148	0.0715	0.0098
ÖRNEK	0.1301	34.7936	0.1049	20.1567	44.1433	0.1296	0.0878	0.1138	0.0067	0.0490

Dört kimyasal lamdaki otolitlerde analiz sonuçları elde edilip çıkarıldığında bir sonraki set yerleştirilmeden önce cihaz kalibre edilmiştir. Cihazın ilk verdiği veriler gerçek sonuçlar değildir (Şekil 2.54). Elementlerin değerlendirilmesi otolitte ölçülen Ca miktarına oranlanarak fonksiyonel olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.53. LA-ICPMS cihazında otolitte iz element analizinin yapıldığı hattın bilgisayar görüntüsü



Şekil 2.54. Otolitte ölçülen iz elementlerin bilgisayar ortamında görüntülenmesi

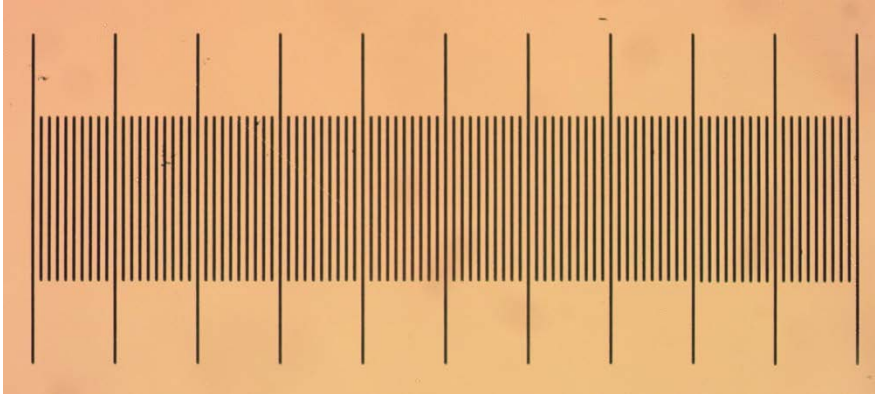
2.7.8. Otolitlerin lazer sonrası görüntülenmesi ve yaşlarının belirlenmesi

Otolitlerin lazer öncesinde görüntülenmesinin sebebi, otolit üzerinde lazer çizgisi geçirilmeden önceki halinin kaydedilmesidir. Lamlardan, kimyasal lamlara geçirilen otolitlerde kaymalar, kırılmalar gözlenebilir. Ayrıca lazer çizgisi, yaş halkalarının ayırt edilmesi konusunda belirsizliklere neden olabilir, böyle durumlarda lazer öncesi görüntülere başvurulur. Lazer çizgisi üzerinden otolit stronsiyum izotop oranları belirlendiği için, lazer sonrası otolitlerin görüntülenmesi gerekmektedir. Her bir yaş, bu çizgi üzerinden belirlendiği gibi lazer başlama ve bitiş noktalarının mesafeleri de lazer sonrası görüntülerle belirlenmiştir. Otolitlerin görüntülenmesinde Olympus CH30 marka ışık mikroskobu kullanılmıştır. Lazer uygulamasından önce otolitlerin görüntülenmesi 10'luk objektif ile yapılmıştır. Lazer uygulamalarından sonra da otolitlerin görüntülenmesi için aynı büyütme kullanılmıştır. Lazer öncesinde görüntüleme lamlardan gerçekleşirken bu kez, LA-MC-ICPMS cihazında analize giren kimyasal lamlar üzerinden otolitler görüntülenmiştir. AmScope ve PS Programları kullanılarak özellikle de lazer çizgisinin bulunduğu hat dikkate alınarak (otolit dışında kalan lazer başlangıç ve bitiş çizgileri de dahil edilerek) her bir örnek otoliti görüntülenmiştir. Lazer çizgisi netleştirilirken aynı zamanda yaş halkalarının da net olmasına dikkat edilmiştir.

2.7.9. Lazer hattı boyunca yaş mesafelerinin mikrometrik (μm) ölçümü (lazer sonrası)

Lazer çizgisi üzerinde balığın yaşam dönemlerinin hangi değerlere denk geldiğinin belirlenmesi gereklidir. Lazerin otolit dışında kalan kısmı, otolit dorsal kısmı ile fokus kısmı arasındaki mesafe, fokustan birinci yaş, ikinci yaş ya da diğer yaşlara denk gelen uzaklıklar belirlenmiştir. Bu işlem, stronsiyum izotop oranları ve iz elementlerin zamanla değişiminin izlenmesine yardımcı olmaktadır.

Yaşların lazer hattı üzerindeki mesafelerinin belirlenmesi işleminde kullanılan program ImageJ NIH yazılım (V1.51, <https://imagej.nih.gov/ij/>) programıdır. Programa boyutunu bildiğimiz lam ölçeği tanıtılmıştır. Öncelikle otolit fotoğrafları 10'luk büyütmede çekildiği için ölçekli lama 10'luk büyütmede fotoğraf çekilmiştir. Çekilen fotoğraf bilgisayar ortamında ImageJ programına tanıtılmıştır. Tanıtılırken boyutunu bildiğimiz (mm cinsinden) ölçekli lama (Şekil 2.55) yatay yönde çizgi çekilmiş ve başlangıç ile bitiş noktasındaki mesafe ölçülmüştür. Bilinen uzaklık kısmına 1000 (μm) yazılmış ve piksel ayarları otomatik ayarlanmıştır. Bu çalışmada $1 \mu\text{m} = 2,9393$ piksel birimindedir ($2,9393 \text{ px}/\mu\text{m}$ kalibrasyon).

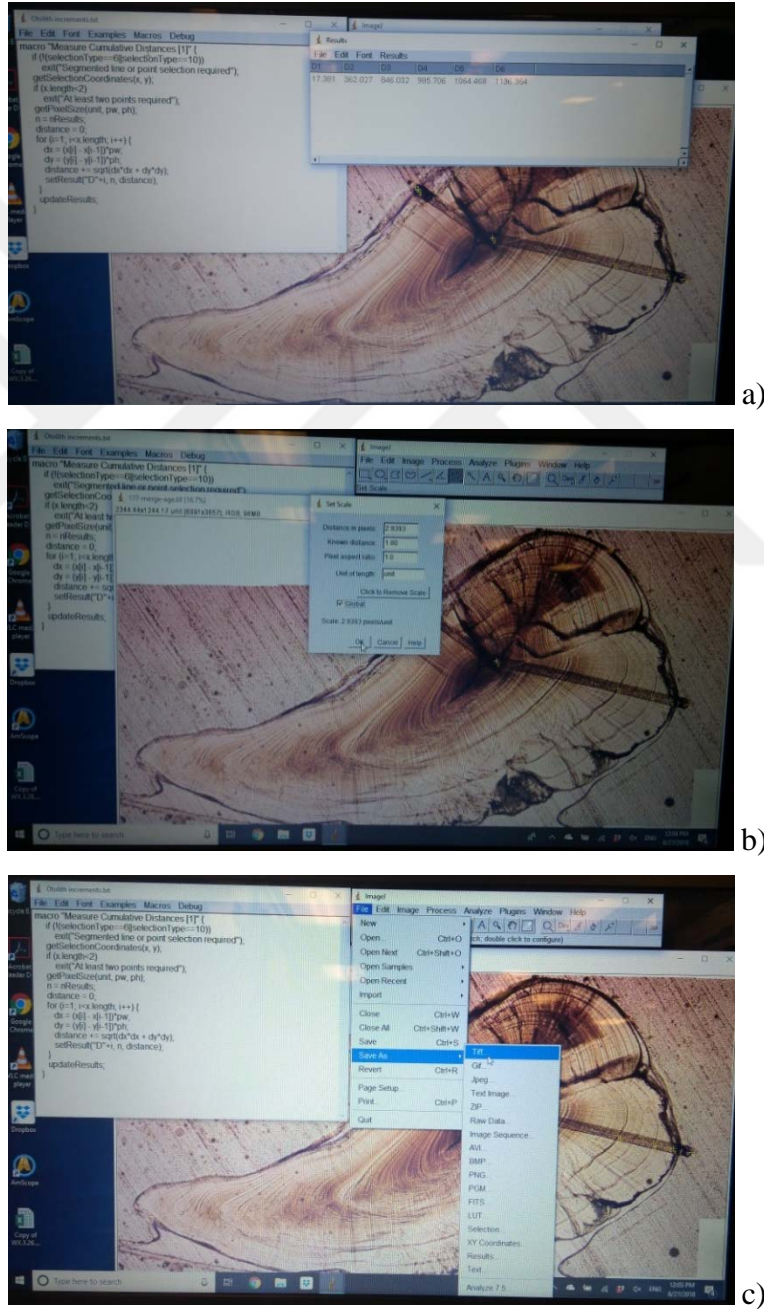


Şekil 2.55. ImageJ programına tanıtılan milimetrik lam görüntüsü

Ölçekli lamdan faydalanılarak programa çekilen fotoğrafların orijinal boyutları tanımlanmış olur. Ölçümler yapılırken de Excel dosyasında lazer çizgisinin otolit dorsalinden önceki kısımda dışarıda kalan uzaklığı (pre-dorsal), dorsal kısımdan fokus kısma kadar olan mesafe (dorsal-core), yaş 1, yaş 2, yaş 3 veya yaş 3+, yaş 3(4) vb. gibi mesafelerin ölçümleri mikrometrik (μm) olarak yapılmıştır. Ölçüm eksenini anteriyordan posteriyora doğru gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktaları programda fotoğraf üzerinde işaretleme yapıldıktan sonra Tiff dosyası olarak

kaydedilmiştir. Şayet farklı bir dosya olarak kaydedilirse (Jpeg gibi), örnek görüntü tekrar açıldığında ölçüm yapılan noktalar görüntülenemez, işlemi tekrarlamak gerekir (Şekil 2.56).

Fokus noktasının belirlenmesinde ve yaş halkalarının netliğinde tereddüt yaşanan 12 balığa ait otolitlerin sağ lapillusları aynı işlemlerden geçirilerek okumaya ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Her bir balığın yaşları deneyimli 3 farklı okuyucu tarafından okunarak belirlenmiştir.



Şekil 2.56. Lazer sonrası yaş mesafelerinin mikrometrik (μm) ölçüm aşamaları a) ölçüm kalibrasyonu b) piksel ayarları c) tiff dosyası

Otolit ölçümlerinin yaş ile birlikte artışları istatistiki analizlere tabi tutulmuştur. Normal dağılım gösteren bu verilerin varyansları homojen dağılmış ve yaş grupları arasında fark olup olmadığı ANOVA testi ile test edilmiştir. Post-HocTukey testi ile de yaş mesafeleri, yaş grupları arasında ikili gruplar halinde karşılaştırılmıştır.

2.8. Natal Bölgenin Değerlendirilmesi ve Ergin Bireylerin Yumurtadan Çıktıkları Habitatların Tespiti

Natal bölgenin belirlenmesinde otolitlerin merkez (fokus) kısmında, LA-MC-ICPMS ile stronsiyum izotop oranı ölçümü %1'den daha az standart sapma (RSD) ve lazer ablasyon (LA) tekniği ile yapılmıştır. Lazer ablasyon tekniği, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranını %0.003 standart sapma (1 sigma) ile belirlemiştir. Van Gölü'nden elde edilen ergin bireylerin otolitlerinde larval döneme denk gelen kısım belirlenerek bu kısımdan $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı çıkarılmıştır. Larvaların bulunduğu farklı habitatlardan alınan su örnekleri ile ergin bireylerin natal bölgedeki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerleri karşılaştırılmıştır. Tüm istatistiksel analizler Excel, Minitab 19, SPSS 20 Paket Programı ve R-Studio, IsoFishR Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Natal bölge, genç balıkların potansiyel olarak Van Gölü'ne göç etmeden önce yumurtadan çıktıkları nehirlerde geçen zamanı ifade eder. Ergin bireylerin yumurtadan çıktıkları habitatlar, R programında (R Core Team, 2018) (Şekil 2.57) linear diskriminant fonksiyon analizi (LDFA) kullanılarak, Sr izotop oranı ve iz element verilerinin kombinasyonuna dayanarak belirlenmiştir. Ergin bireylerin yumurtadan çıktıkları habitatlar, linear diskriminant fonksiyonu analizi öncesinde belirsiz olarak kabul edilmişlerdir. Sınıflandırma başarısı; habitatlardan alınan su numuneleri kullanılarak değerlendirilmiştir ve sınıflandırma başarısı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Sr/Ca, Ba/Ca, Mg/Ca ve Mn/Ca seçildiğinde en yüksek ~%75 çıkmıştır. Van Gölü'nden örneklenen tüm bireyler ayı ayrı LDFA kullanılarak sınıflandırılmıştır ve her biri bir akarsuya gruplandırılmıştır. LDFA'nın altında yatan varsayım (her zaman mutlaka böyle olmasa da), tüm potansiyel nehir kaynaklarının su veri setinde mevcut olduğu ve her balığı doğru şekilde sınıflandırmak için nehirler arasında yeterince büyük bir farklılığa sahip olunmasıdır. Bu nedenle, kesin olarak tek bir nehre sınıflandırılmamış balıklar dikkatlice değerlendirilmeli veya veri analizinden çıkarılmalıdır.

```
1 | Run this script second
2
3 #Prepare the environment
4 library(MASS) #Discriminant function analyses
5 library(tidyverse)
6 library(here) #better working directory management
7 library(stringr)
8 library(ggsci) # Themes for ggplot
9
10 #Step6: Import Sr isotope and TE data and Age file
11 LV_Sr <-read.csv(here::here('data','Lakevan_04_analyzed_data.csv'), stringsAsFact
12 LV_TE <-read.csv(here::here('data','LV_data_work_rmout.csv'), stringsAsFactors =
13 LV_notes <-read.csv(here::here('data','LV_ages.csv'), stringsAsFactors = F)
14
15 #Step7a: clean the notes
16 LV_notes_clean <- LV_notes %>%
17   #Subtract the pre otoliths distance from all distance measurements
18   mutate (dorsal_core = dorsal_core - pre_dorsal,
19           Age1 = Age1 - pre_dorsal,
20
```

1:1 (Top Level) | R Script

Console Terminal x

C:/Users/Semra/Desktop/TURKEY 3-UNKNOWN/Analyses/

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

[workspace loaded from C:/Users/Semra/Desktop/TURKEY 3-UNKNOWN/Analyses/.RData]

> |

Şekil 2.57. R programında verilerin kodlanması

3. BULGULAR

Van Gölü'nden ergin inci kefali bireyleri ve göle dökülen akarsulardan ise larval bireyler örneklenmiştir. Otolitlerin mikrokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Van Gölü ve göle dökülen akarsulardan alınan su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element analizleri ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen stronsiyum izotop oranı analizleri gerektiği durumlarda iz element sonuçları da dikkate alınarak, her bir bireyin yumurtadan çıktığı habitat belirlenmiş, Van Gölü stoğuna en çok hangi üreme alanından katılım olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca her bir bireyin yaşları belirlenerek yaşam döngüsü boyunca stronsiyum izotop oranları ve iz elementlerin değişimi yaşlar ile birlikte ilişkilendirilerek grafiklendirilmiştir.

3.1. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsulardan Elde Edilen *A. tarichi* Bireyelerine Ait Veriler ve Tanımlayıcı İstatistikler

Larval bireyler, göle dökülen akarsulara farklı yıllarda farklı dönemlerde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında örneklenmiştir. Arazi çalışmalarında Engil Çayı, Karasu Çayı, Karmuç Çayı, Zilan Çayı, Deliçay ve Bendimahi Çayı'ndan her seferinde istenilen sayıda larval birey örneklenmiştir. Larvaların daha çok bitki yoğunluğu olduğu ve suyun daha durgun olduğu kenar kısımlarda toplandığı dikkati çekmiştir. Tez çalışma alanlarından biri olan Gevaş Deresi'nde ise iki üreme döneminde de larval birey yakalanamamıştır. Gevaş Deresi için üçüncü yılda tekrar arazi çalışması yapılmış olsa da yine larval birey elde edilememiştir. İlk arazi döneminde larva örneklenememesinin nedeninin zamansal ayarlamadaki problemlerden kaynaklandığı düşünülse de ikinci kez aynı habitatta uzun süreli çalışma yapılmış ve Gevaş Deresi'nden hiç larval birey elde edilememiştir. İlk dönemde bu habitata örnekleme için 30.06.2016 tarihinde, bir sonraki dönemde ise bir hafta erken olacak şekilde 21-22.06.2017 tarihlerinde arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Özellikle Gevaş Deresi'nin diğer akarsulara göre, Van Gölü ile bağlantı yaptığı kesişim noktasının çok dar olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.1). Ayrıca ilk arazi çalışmasında ortamda inşaat çalışması olduğu ve bu bağlantı bölgesinden su

çekildiği gözlenmiştir. Son arazi çalışmasında ise çevre düzenlemesi yapıldığı dikkati çekmiştir. Tüm bu arazi çalışmalarının dışında 2018 yılı üreme döneminde larva tespiti için Gevaş Deresi'ne gidilmiş ancak larva örneklenememiştir.



Şekil 3.1. Gevaş Deresi ile Van Gölü arasındaki bağlantı noktası.

Sonuç olarak Gevaş Deresi haricinde kalan Engil Çayı, Karasu Çayı, Karmuç Çayı, Zilan Çayı, Deliçay ve Bendimahi Çayları'ndan larval bireyler istenen sayıda örneklenmiştir. Her bir akarsudan 20'şer tane inci kefalı larvasının total ve standart boyları ölçülmüştür (Şekil 3.2). Larvalara ait total boy, standart boy (Çizelge 3.1) ve ağırlık (Çizelge 3.2) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1. *Alburnus tarichi* larval bireylerine ait boy değerleri

Lokalite	Total Boy (mm)				Standart Boy (mm)			
	Min.	Mak.	Ort.	±Sh	Min.	Mak.	Ort.	±Sh
Engil	8.55	22.10	14.15	0.922	8.08	19.74	12.69	0.757
Karasu	9.32	16.85	13.73	0.549	8.18	15.82	12.07	0.511
Karmuç	8.06	15.73	10.75	0.533	7.16	14.38	9.43	0.474
Zilan	7.61	21.60	10.13	0.813	6.80	20.70	9.17	0.797
Deliçay	7.44	15.66	9.32	0.419	6.68	13.99	8.20	0.378
Bendimahi	7.91	16.42	11.98	0.670	7.27	15.17	10.85	0.620

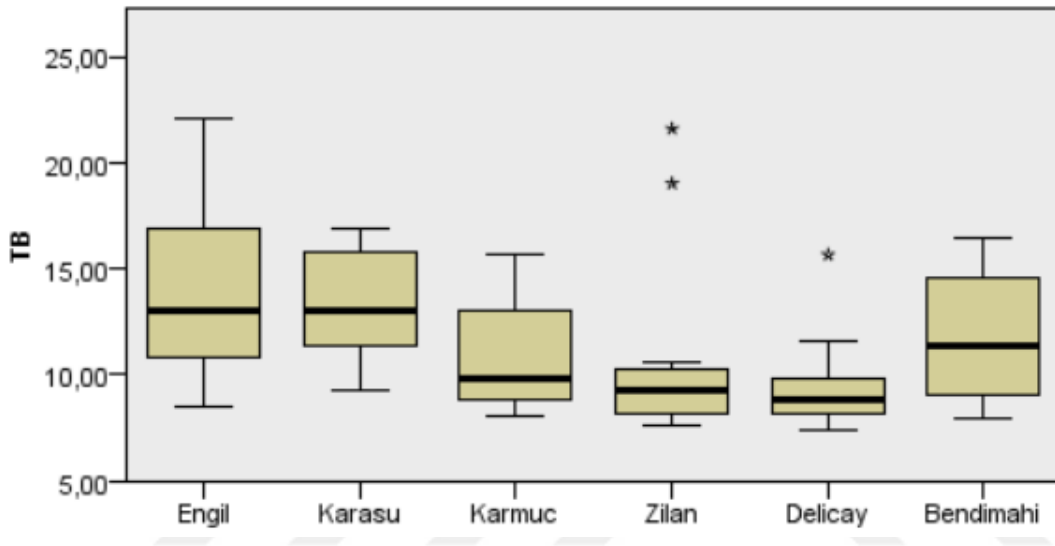
Çizelge 3.2. *Alburnus tarichi* larval bireylerine ait ağırlık değerleri

Lokalite	Ağırlık (g)			
	Min.	Mak.	Ort.	±Sh
Engil	0.00218	0.01745	0.00652	0.00107
Karasu	0.00210	0.00852	0.00459	0.00047
Karmuç	0.00218	0.00696	0.00337	0.00029
Zilan	0.00210	0.00585	0.00293	0.00019
Deliçay	0.00201	0.00315	0.00265	0.00007
Bendimahı	0.00199	0.00710	0.00341	0.00029



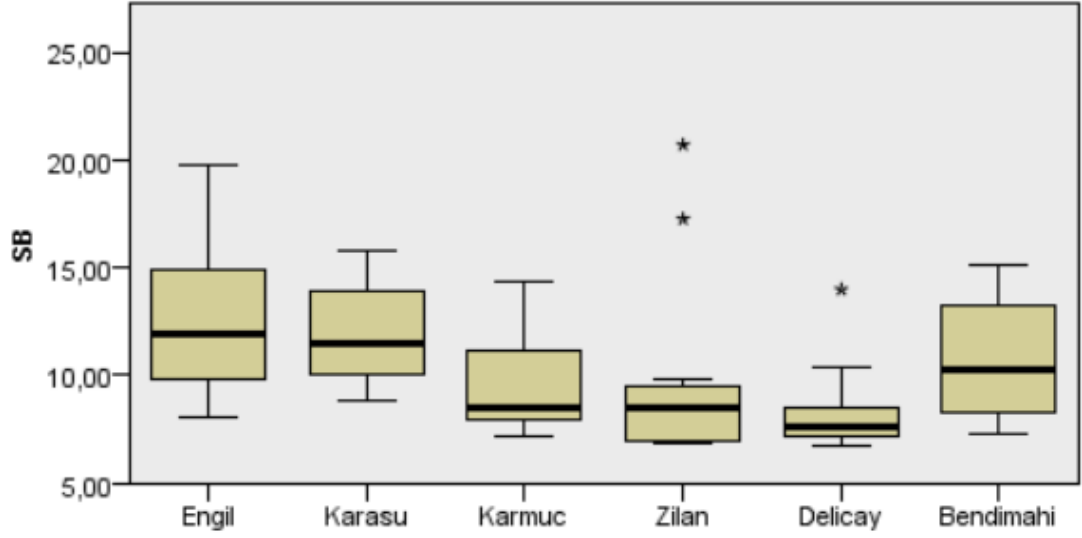
Şekil 3.2. Van Gölü'ne dökülen akarsulardan örneklenen larval bireyler

Akarsular arasında larva örneklerinin total boy, standart boy ve ağırlık değerleri bakımından fark olduğu belirlenmiştir ($P<0.001$, Independent K-S). Total boy bakımından akarsular arasındaki boy dağılımı Şekil 3.3'te sunulmuştur. Total boyun akarsular arasında anlamlı derecede farklı olduğu ($P<0.001$, $df=5$) tespit edilmiştir. İkili karşılaştırmalarda ise Deliçay-Engil ($P<0.001$), Deliçay-Karasu ($P<0.001$), Zilan-Engil ($P<0.001$), Zilan-Karasu Çayları'nın ($P<0.001$) larvalarının total boylarının istatistiki açıdan farklı oldukları belirlenmiştir.



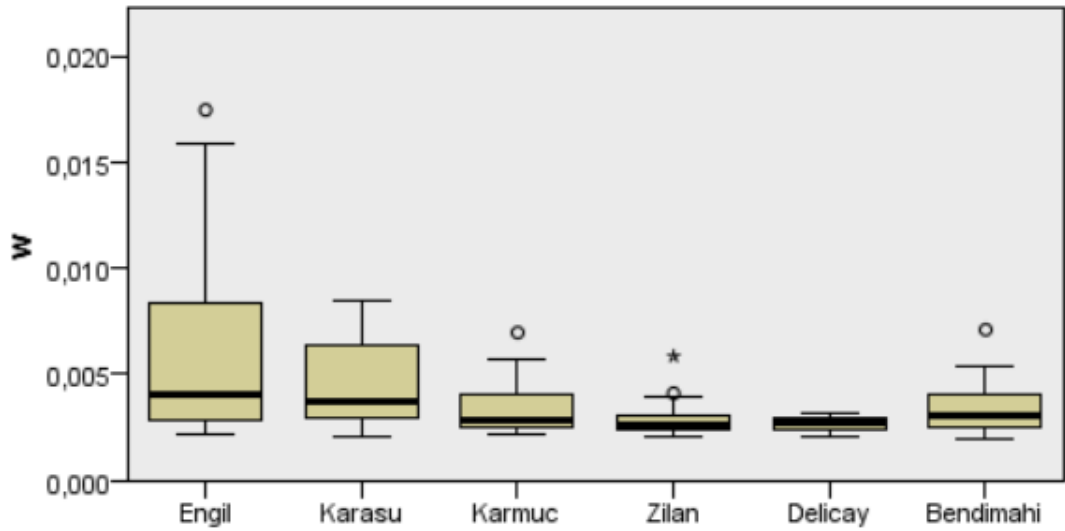
Şekil 3.3. Akarsulardan örneklenen larvaların total boy dağılımları

Larvaların standart boyları da habitatlar arasında farklılık göstermiştir ($P<0.001$, $df=5$) (Şekil 3.4). Deliçay; Bendimahi ($P=0.018$), Karasu ($P<0.001$) ve Engil Çayı'ndan ($P<0.001$), Zilan Çayı; Karasu ve Engil Çayları'ndan ($P<0.001$), Karmuç Çayı; Karasu ($P=0.031$) ve Engil Çayları'ndan ($P=0.024$) önemli derecede farklı boy değerlerine sahiptir.



Şekil 3.4. Akarsulardan örneklenen larvaların standart boy dağılımları

Akarsulardan örneklenen larvaların ağırlıkları habitatlar arasında anlamlı farklılık göstermiştir ($P < 0.001$, $df=5$) (Şekil 3.5). Delicay örneklerinin ağırlıkları Engil ($P=0.001$) ve Karasu ($P=0.003$) Çayları'ndan, Zilan Çayı örneklerinin de Karasu ($P=0.017$) ve Engil Çayları'ndan ($P=0.005$) önemli derecede farklı olduğu test edilmiştir.



Şekil 3.5. Akarsulardan örneklenen larvaların ağırlık dağılımları

Van Gölü'nden her ay 10 adet olmak üzere toplam 120 ergin inci kefali bireyi örneklenmiştir. Örneklenen balıkların boylarının 15 cm üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. Boylarının belirli bir değerin üstünde olmasının nedeni ise en az bir kez üreme şansı verilmiş balıkların tercih edilmek istenmesidir. Ayrıca her ay elde edilen

balıklarda da hem dişi bireyler hem erkek bireyler örneklenmiştir. Örneklem grubunu oluşturan balıkların örnekleme tarihleri, balıklara ait total boy, çatal boy ve standart boylar ve ağırlık değerleri Çizelge 3.3-14’te sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Van Gölü *A.tarichi* Ocak ayı (18.01.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	1	23.6	21.5	18.7	112.97	♀
Van Gölü	2	25.0	23.2	20.5	137.22	♀
Van Gölü	3	20.1	18.4	16.5	69.04	♂
Van Gölü	4	19.0	17.5	15.4	63.98	♀
Van Gölü	5	22.7	21.0	18.2	102.41	♀
Van Gölü	6	19.1	17.5	15.4	58.52	♂
Van Gölü	7	23.7	21.5	18.5	129.67	♀
Van Gölü	8	20.6	18.7	16.6	75.52	♂
Van Gölü	9	20.7	19.0	16.8	92.51	♀
Van Gölü	10	20.1	18.7	16.6	85.58	♀

Çizelge 3.4. Van Gölü *A.tarichi* Şubat ayı (22.02.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	11	24.3	22.2	19.2	136.36	♀
Van Gölü	12	22.0	20.0	17.8	93.79	♀
Van Gölü	13	20.9	19.2	16.9	85.86	♂
Van Gölü	14	21.6	20.0	17.1	96.54	♀
Van Gölü	15	21.0	18.9	16.4	88.05	♂
Van Gölü	16	20.6	19.0	16.7	83.56	♂
Van Gölü	17	21.7	20.0	17.7	88.64	♀
Van Gölü	18	22.6	21.0	18.7	118.28	♀
Van Gölü	19	21.2	18.9	16.7	74.42	♂
Van Gölü	20	21.7	20.0	17.7	88.75	♀

Çizelge 3.5. Van Gölü *A.tarichi* Mart ayı (20.03.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	21	22.3	21.0	18.1	123.30	♀
Van Gölü	22	22.5	20.8	18.2	104.50	♀
Van Gölü	23	20.2	18.9	16.5	82.55	♂
Van Gölü	24	22.5	20.5	18.0	108.30	♀
Van Gölü	25	22.1	20.5	18.0	94.20	♀
Van Gölü	26	21.9	20.0	17.5	99.61	♂
Van Gölü	27	19.5	18.0	16.3	74.01	♂
Van Gölü	28	23.0	21.0	18.8	92.89	♀
Van Gölü	29	19.5	18.0	16.2	76.45	♀
Van Gölü	30	19.4	17.8	16.0	59.01	♂

Çizelge 3.6. Van Gölü *A.tarichi* Nisan ayı (14.04.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	31	21.2	20.0	18.0	72.98	♀
Van Gölü	32	20.8	19.0	17.1	78.39	♂
Van Gölü	33	20.6	19.3	16.9	71.97	♀
Van Gölü	34	21.6	19.9	17.5	87.69	♀
Van Gölü	35	20.1	18.5	16.5	72.16	♂
Van Gölü	36	23.0	21.2	19.1	99.50	♀
Van Gölü	37	21.1	19.4	17.1	73.33	♂
Van Gölü	38	21.6	20.0	18.2	85.18	♂
Van Gölü	39	21.3	19.7	17.4	80.87	♂
Van Gölü	40	23.8	20.9	18.9	94.13	♀

Çizelge 3.7. Van Gölü *A.tarichi* Mayıs ayı (20.05.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	41	20.2	18.1	17.3	89.03	♂
Van Gölü	42	21.1	19.3	17.6	88.12	♀
Van Gölü	43	20.0	18.5	17.0	85.68	♂
Van Gölü	44	21.1	19.6	18.0	94.45	♂
Van Gölü	45	21.3	20.2	18.3	98.28	♀
Van Gölü	46	19.5	18.4	16.7	82.51	♂
Van Gölü	47	20.7	19.0	17.3	87.17	♂
Van Gölü	48	19.9	18.5	17.1	76.75	♂
Van Gölü	49	20.0	19.2	16.6	89.17	♀
Van Gölü	50	21.1	19.6	18.1	95.67	♀

Çizelge 3.8. Van Gölü *A.tarichi* Haziran ayı (23.06.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	51	19.0	16.6	15.9	56.71	♂
Van Gölü	52	21.0	19.3	18.0	84.75	♂
Van Gölü	53	21.1	19.3	17.8	99.59	♀
Van Gölü	54	21.7	20.4	18.7	94.01	♂
Van Gölü	55	21.9	20.2	18.7	92.60	♂
Van Gölü	56	20.9	19.1	17.9	92.89	♀
Van Gölü	57	21.2	19.2	18.2	81.75	♂
Van Gölü	58	22.3	20.5	19.3	95.92	♂
Van Gölü	59	20.4	19.2	18.8	82.50	♀
Van Gölü	60	22.2	20.3	18.7	94.66	♀

Çizelge 3.9. Van Gölü *A.tarichi* Temmuz ayı (13.07.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	61	20.9	19.2	18.0	86.55	♂
Van Gölü	62	21.2	19.4	18.1	88.34	♂
Van Gölü	63	22.6	21.0	19.2	94.89	♂
Van Gölü	64	23.5	21.6	20.3	121.51	♀
Van Gölü	65	22.1	20.2	19.2	98.13	♂
Van Gölü	66	23.0	21.2	20.1	112.77	♀
Van Gölü	67	22.3	20.3	19.2	100.16	♂
Van Gölü	68	23.0	20.9	19.6	105.87	♂
Van Gölü	69	21.9	19.9	18.5	106.62	♂
Van Gölü	70	20.9	19.0	17.3	92.54	♀

Çizelge 3.10. Van Gölü *A.tarichi* Ağustos ayı (19.08.2017) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	71	21.5	19.7	18.5	95.64	♂
Van Gölü	72	20.5	19.2	17.6	101.69	♂
Van Gölü	73	23.3	21.1	19.3	109.74	♀
Van Gölü	74	24.1	22.1	20.7	127.41	♂
Van Gölü	75	21.0	19.7	18.2	83.44	♂
Van Gölü	76	20.9	19.2	17.7	85.66	♀
Van Gölü	77	24.1	22.2	20.5	105.21	♀
Van Gölü	78	22.9	20.4	19.2	112.65	♀
Van Gölü	79	23.4	21.5	19.8	114.88	♀
Van Gölü	80	22.2	20.9	18.8	93.46	♂

Çizelge 3.11. Van Gölü *A.tarichi* Eylül ayı (01.09.2016) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	81	21.2	19.6	17.6	83.49	♀
Van Gölü	82	21.0	19.6	16.8	77.10	♀
Van Gölü	83	21.6	19.7	17.9	97.69	♂
Van Gölü	84	21.1	19.5	17.1	84.05	♂
Van Gölü	85	23.0	21.7	18.9	97.78	♀
Van Gölü	86	19.2	18.2	16.4	72.11	♂
Van Gölü	87	21.3	19.5	17.6	87.04	♀
Van Gölü	88	21.7	20.2	18.2	88.90	♀
Van Gölü	89	20.5	19.0	16.7	78.51	♀
Van Gölü	90	21.3	19.6	17.3	87.56	♀

Çizelge 3.12. Van Gölü *A.tarichi* Ekim (19.10.2016) ayı örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	91	20.1	18.8	16.6	89.06	♂
Van Gölü	92	21.5	19.7	17.5	93.25	♂
Van Gölü	93	22.6	20.7	18.4	100.30	♀
Van Gölü	94	22.0	20.0	17.6	122.10	♀
Van Gölü	95	21.5	19.7	17.5	82.19	♀
Van Gölü	96	20.6	18.7	16.6	76.94	♂
Van Gölü	97	20.3	18.7	16.5	80.48	♂
Van Gölü	98	21.7	20.3	18.1	87.81	♀
Van Gölü	99	21.6	19.9	17.5	92.14	♀
Van Gölü	100	20.6	18.9	16.8	77.78	♀

Çizelge 3.13. Van Gölü *A.tarichi* Kasım ayı (19.11.2016) örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	101	19.5	18.0	16.5	60.51	♀
Van Gölü	102	19.4	17.8	15.5	68.05	♂
Van Gölü	103	20.7	19.0	16.6	86.43	♂
Van Gölü	104	19.6	17.8	15.9	63.27	♂
Van Gölü	105	20.9	19.2	16.9	85.11	♂
Van Gölü	106	22.0	20.2	17.8	10.43	♂
Van Gölü	107	20.2	18.5	16.7	72.82	♀
Van Gölü	108	19.0	17.5	15.6	64.06	♂
Van Gölü	109	18.8	17.0	15.4	55.84	♀
Van Gölü	110	19.4	17.8	16.2	58.19	♀

Çizelge 3.14. Van Gölü *A.tarichi* Aralık (22.12.2016) ayı örneklerine ait veriler

Lokasyon	Örnek No	Total Boy (cm)	Çatal Boy (cm)	Standart Boy (cm)	Ağırlık (g)	Eşey
Van Gölü	111	21.3	19.5	17.3	80.56	♀
Van Gölü	112	22.6	20.7	18.3	86.71	♀
Van Gölü	113	22.4	19.5	18.2	94.65	♀
Van Gölü	114	20.2	18.6	16.2	76.53	♂
Van Gölü	115	18.8	17.3	15.4	51.98	♀
Van Gölü	116	19.0	17.3	15.4	55.51	♂
Van Gölü	117	20.7	19.0	16.9	73.27	♀
Van Gölü	118	20.3	18.5	16.4	68.32	♂
Van Gölü	119	19.3	17.6	15.2	64.50	♂
Van Gölü	120	20.7	19.0	16.6	73.39	♂

Van Gölü'nden elde edilen inci kefalı örneklerinin total boyları 18.8 cm ile 25.0 cm arasında dağılım göstermektedir. Ağırlıkları ise 10.43 g ile 137.22 g arasındadır. Ortalama total boyları 21.261 ± 0.121 cm, ortalama ağırlıkları ise 87.65 ± 1.68 g'dır. Yapılan yıllık örnekleme sonucunda elde edilen 120 *A.tarichi* bireyinin %51.6'sını (N=62) dişi bireyler oluştururken %49.4'ünü (N=58) erkek bireyler oluşturmuştur. Erkek:dişi eşey oranı 1:1.07 olarak hesaplanmıştır ve eşey oranı 1:1 oranından farklı olmadığı tespit edilmiştir ($X^2=0,133^a$, $sd=1$, $P=0.715$).

3.2. Van Gölü Bireylerinin Otolit Morfometrisi ve Şekil Analizleri

Van Gölü'nde yaşayan *Alburnus tarichi* ergin bireylerin otolit ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış (Çizelge 3.15), otolit şekil indeksleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.15. *A. tarichi* türüne ait otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Otolit	Değişken Yön	Min.	Maks.	Ort.	±Sh	±Ss
OB	Sol	1.852	2.531	2.2094	0.0149	0.1628
	Sağ	1.840	2.496	2.1880	0.0141	0,1543
OY	Sol	1.608	2.329	1.9596	0.0139	0.1521
	Sağ	1.533	2.352	1.9714	0.0152	0.1667
Asteriskus	Sol	0.00218	0.00576	0.00367	0.00007	0.00080
	Sağ	0.00214	0.00564	0.00369	0.00007	0.00081
Ç	Sol	6.0020	9.2340	7.3943	0.0598	0.6549
	Sağ	4.6700	8.9670	7.4160	0.0639	0.7003
A	Sol	2.0750	4.0560	2.9849	0.0399	0.04371
	Sağ	1.4880	4.0360	2.9764	0.0404	0.4421

Çizelge 3.15. (devam)

Otolit	Değişken	Yön	Min.	Maks.	Ort.	±Sh	±Ss	
Lapillus	OB	Sol	1.406	1.953	1.6576	0.0108	0.1185	
		Sağ	1.393	1.858	1.6961	0.0202	0.2211	
	OE	Sol	1.001	1.614	1.2610	0.0109	0.1199	
		Sağ	0.720	1.550	1.2710	0.0116	0.1271	
	OA	Sol	0.00204	0.00549	0.00341	0.00007	0.00079	
		Sağ	0.00197	0.00583	0.00341	0.00007	0.00079	
	Ç	Sol	3.9250	5.6750	4.7721	0.0329	0.3606	
		Sağ	3.9330	5.8150	4.8155	0.0347	0.3804	
	A	Sol	1.0600	2.0890	1.5364	0.0206	0.2250	
		Sağ	1.0750	2.1950	1.5554	0.0215	0.2358	
	Sagitta	OB	Sol	2.421	3.829	3.2229	0.0218	0.2391
			Sağ	2.630	3.881	3.2160	0.0211	0.2313
		OY	Sol	0.406	0.744	0.6220	0.0148	0.1617
			Sağ	0.406	0.807	0.6061	0.0053	0.0580
OA		Sol	0.00018	0.00085	0.00047	0.00001	0.00014	
		Sağ	0.00018	0.00087	0.00048	0.00001	0.00013	
Ç		Sol	6.0560	9.1300	7.3138	0.0560	0.6132	
		Sağ	6.1670	9.1300	7.2919	0.0523	0.5827	
A		Sol	0.7430	1.5010	1.0346	0.0143	0.1568	
		Sağ	0.6680	1.5010	1.0252	0.0135	0.1481	

Asteriskus otolit boyu (P=0.182, Paired t testi), otolit çevresi (P=0.532, Paired t testi), otolit alanı (P=0.611, Paired t testi) sağ ve sol otolitler arasında farklılık göstermemektedir. Ancak asteriskus otolit yüksekliği sağ ve sol otolitler arasında istatistiki açıdan birbirlerinden farklıdır (P=0.008, Paired t testi). Lapilluslarda ise otolit boyu (P=0.001, Wilcoxon testi), otolit eni (P=0.012, Wilcoxon testi), otolit çevresi (P=0.001, Paired t testi), otolit alanı (P=0.001, Paired t testi) sağ ve sol otolitler arasında farklıdır. Sagittal otolitlerde otolit boyu (P=0.606, Paired t testi) ve yüksekliği (P=0.685, Wilcoxon testi) sağ ve sol otolitlerde birbirine benzerdir. Sagittal otolitlerde otolit çevresi (P=0.212, Wilcoxon testi), otolit alanı (P=0.619, Wilcoxon testi) da sağ ve sol otolitlerde farklılık göstermemiştir. Otolit ağırlıkları da sağ ve sol asteriskuslarda (P=0.375, Wilcoxon testi), lapilluslarda (P=0.547, Wilcoxon testi) ve sagittalarda (P=0.308, Paired t testi) farklılık göstermemiştir.

Sağ ve sol otolitler arasında bazı ölçümlerde farklılıklar gözleendiği için her üç otolit çiftinde de otolit şekil indeksleri ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. Van Gölü ergin *A. tarichi* bireylerine ait otolit şekil indeks değerleri

Otolit	Şekil indeksleri (Ort±S.s.)					Boy-Yükseklik Oranı
	Şekil Faktörü	Yuvarlaklık	Dairesellik	Dikdörtgensellik	Ovallık	
Sol Asteriskus	0.68659±0.06	0.7766±0.05	18.459±1.81	0.6865±0.02	0.060±0.02	1.129±0.061
Sağ Asteriskus	0.68101±0.06	0.7901±0.07	18.602±1.76	0.6889±0.06	0.052±0.02	1.112±0.063
Sol Lapillus	0.84358±0.02	0.7100±0.04	14.901±0.42	0.7331±0.03	0.136±0.02	1.319±0.080
Sağ Lapillus	0.83841±0.02	0.6938±0.06	14.994±0.44	0.7226±0.03	0.141±0.05	1.302±0.080
Sol Sagitta	0.24431±0.03	0.1277±0.02	52.456±7.627	0.5230±0.05	0.677±0.06	5.311±0.668
Sağ Sagitta	0.24395±0.03	0.1268±0.01	52.683±8.230	0.5267±0.05	0.682±0.02	5.336±0.514

İstatistiksel analizler sonucunda sağ ve sol sagittalar arasında şekil faktörü, dairesellik, yuvarlaklık, dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranı bakımından farklılık gözlenmemiştir ($P>0.05$). Lapilluslarda ise sağ ve sol otolitler arasında şekil faktörü, yuvarlaklık, dairesellik, dikdörtgensellik indeksleri birbirinden farklı iken ($P<0.05$), ovallık ve boy-yükseklik oranları birbirine benzerdir ($P>0.05$). Sağ ve sol asterikuslarda yuvarlaklık, ovallık ve boy-yükseklik oranı istatistiki açıdan farklılık gösterirken ($P<0.05$), şekil faktörü, dairesellik ve dikdörtgensellik indeksleri farklılık göstermemektedir ($P>0.05$) (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. Van Gölü *A.tarichi* bireylerinin sağ ve sol otolitlerinin şekil indeks değerleri bakımından karşılaştırılması (*İstatistiki açıdan fark var)

Şekil indeksleri	Otolit	Uygulanan test	P değeri
Şekil Faktörü	Asteriskus sağ-sol	Paired t testi	0.190
	Lapillus sağ-sol	Wilcoxon test	0.046*
	Sagitta sağ-sol	Wilcoxon test	0.953
Yuvarlaklık	Asteriskus sağ-sol	Wilcoxon test	0.001*
	Lapillus sağ-sol	Wilcoxon test	0.000*
	Sagitta sağ-sol	Wilcoxon testi	0.668
Dairesellik	Asteriskus sağ-sol	Wilcoxon test	0.109
	Lapillus sağ-sol	Wilcoxon test	0.047*
	Sagitta sağ-sol	Wilcoxon test	0.918
Dikdörtgensellik	Asteriskus sağ-sol	Wilcoxon test	0.826
	Lapillus sağ-sol	Wilcoxon test	0.002*
	Sagitta sağ-sol	Wilcoxon test	0.521
Ovallık	Asteriskus sağ-sol	Paired t testi	0.002*
	Lapillus sağ-sol	Wilcoxon test	0.730
	Sagitta sağ-sol	Wilcoxon test	0.704
Boy-yükseklik Oranı	Asteriskus sağ-sol	Paired t testi	0.002*
	Lapillus sağ-sol	Paired t testi	0.791
	Sagitta sağ-sol	Wilcoxon test	0.735

3.3. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Fizikokimyasal Parametreleri

Van Gölü ve göle dökülen akarsulardan su örnekleri ve akarsulardan larval bireyler elde edilirken suyun fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için 9 farklı parametre ölçülmüştür. Ölçümü yapılan parametreler; sıcaklık, tuzluluk, pH, hava basıncı, oksijen doygunluğu, çözünmüş oksijen, spesifik iletkenlik, iletkenlik, toplam çözünmüş madde miktarı şeklinde sıralanabilir. Çizelge 3.18’de 20-22.06.2017 tarihleri arasında larval örneklerin alınması esnasında ölçülen su parametrelerinin değerleri mevcuttur.

Çizelge 3.18. Göle dökülen akarsulara ait fizikokimyasal parametreler (larval bireylerin alınması, 20-22.06.2017)

Parametre	Lokaliteler					
	Engil Çayı	Karasu Çayı	Karmuç Çayı	Zilan Çayı	Deliçay	Bendimahi Çayı
Sıcaklık (°C)	18.3	15.9	11.4	24.2	25.7	24.3
Hava Basıncı (mm Hg)	621.1	623.4	623.2	622.4	622.2	620
O ₂ Doygunluğu (%)	32.8	32.9	39.2	35.5	51.2	40.4
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	3.07	3.24	4.28	3.28	4.15	3.31
Spesifik İletkenlik	803.0	651	288.3	193.8	220.4	693
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	699.0	540.0	213.7	173.1	223.0	675
TDS (toplam çözünmüş madde) (g/L)	0.5200	0.4225	0.1879	0.1261	0.1430	0.4615
Tuzluluk (ppt)	0.39	0.32	0.14	0.09	0.10	0.35
pH	7.52	8.54	8.36	8.23	9.71	8.52

Van Gölü ve göle dökülen akarsularda su örnekleri iki arazi döneminde de örneklenmiştir. İlk su örnekleri 22-23.09.2016 tarihinde (Çizelge 3.19) ve bir sonraki su örnekleri 22-23.03.2018 tarihinde (Çizelge 3.20) alınmıştır. Verilerin destekli olması açısından YSI marka multimetre yanında civalı termometre ve pHmetre de kullanılmıştır.

Çizelge 3.19. Van Gölü ve göle dökülen akarsulara ait fizikokimyasal parametreler (22-23.09.2016)

Parametre	Lokaliteler							
	Van Gölü	Gevaş Deresi	Engil Çayı	Karasu Çayı	Karmuç Çayı	Zilan Çayı	Deliçay	Bendimahi Çayı
Sıcaklık (°C)	20.4	14.0	14.0	17.1	10.8	17.0	18.5	14.3
O ₂ Doymunluğu (%)	94.6	92.7	112.5	98.7	92.4	97.2	109.2	59.0
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7.70	9.56	11.54	9.51	10.20	9.44	10.30	5.90
Spesifik İletkenlik	28.4	597.7	803.0	599.0	268.9	333.6	235.4	977.0
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	25900	470.4	634.0	507.0	195.9	282.2	206.0	790.0
TDS (toplam çözünmüş madde) (g/L)	18.473	0.3880	0.5200	0.3900	0.1748	0.2165	0.1528	0.6435
Tuzluluk (ppt)	17.50	0.29	0.39	0.29	0.13	0.16	0.37	0.49
pH	10.00	8.42	7.97	8.68	8.30	7.63	8.64	7.85
NO ₃ -N (mg/l)	73.52	18.15	64.30	15.61	8.85	8.22	6.69	294.30

Çizelge 3.20. Van Gölü ve göle dökülen akarsulara ait fizikokimyasal parametreler (22-23.03.2018)

Parametre	Lokaliteler							
	Van Gölü	Gevaş Deresi	Engil Çayı	Karasu Çayı	Karmuç Çayı	Zilan Çayı	Deliçay	Bendimahi Çayı
Sıcaklık (°C)	14.4	10.8	12.8	10.8	11.0	10.1	9.4	10.1
O ₂ Doymunluğu (%)	94.6	91.8	95.7	97.8	95.2	146.9	108.7	98.9
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	9.3	8.24	8.37	8.62	8.84	13.56	10.37	9.40
TDS (g/L)	19.041	0.356	0.806	0.507	0.255	0.401	0.600	0.666
Tuzluluk (ppt)	20.00	0.18	0.40	0.31	0.13	0.20	0.50	0.33
pH	10.44	8.73	7.30	8.39	8.47	8.02	8.94	7.84
Basınç (hPa)	830	830	831	833	833	833	830	828

3.4. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Stronsiyum İzotop Oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

Van Gölü'ne dökülen akarsulardan alınan ve gerekli fiksasyon işlemlerinden geçirilerek analize gönderilen numunelerin LA-MC-ICPMS stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sonuçları ve bu işlem esnasındaki kimyasal süreçlerin standart hataları ve normalizasyon faktörleri Çizelge 3.21'de yer almaktadır.

Çizelge 3.21. Van Gölü'ne dökülen akarsuların su numunelerinin stronsiyum izotop oranlarına ait LA-MC-ICPMS sonuçları

Örnek adı (Cleint Sample ID)	Çalışıldığı tarih Date	Yıl ve Saat Year and Time	87/86 Korelasyonu 87/86 Corr	Standart Hata SE	Normalizasyon Faktör Normization Factor
Delicay 23.09.2016	September 26	2017 at 08:48	0,707211	8,91E-06	2,61E-05
Delicay 23.09.2016	September 25	2017 at 17:29	0,707271	5,02E-06	-1,09636E-05
Bendimahi 23.09.2016	September 26	2017 at 07:56	0,707472	6,69E-06	2,61E-05
Bendimahi 23.09.2016	September 26	2017 at 08:27	0,707496	5,26E-06	2,61E-05
Bendimahi 23.09.2016	September 26	2017 at 08:38	0,707475	7,61E-06	2,61E-05
Engil 22.09.2016	September 22	2017 at 00:01	0,707677	5,17E-06	2,11264E-05
Gevas Stream 22.09.2016	September 26	2017 at 07:46	0,707775	1,16E-05	2,61E-05
Gevas Stream 22.09.2016	September 26	2017 at 08:17	0,707773	7,38E-06	2,61E-05
Gevas Stream 22.09.2016	September 26	2017 at 08:58	0,707787	1,01E-05	2,61E-05
Karasu 22.09.2016	September 21	2017 at 22:49	0,707574	5,20E-06	3,23579E-05
Karasu 22.09.2016	September 21	2017 at 23:20	0,707569	6,30E-06	2,75444E-05
Karasu 22.09.2016	September 22	2017 at 00:32	0,707588	5,57E-06	1,63129E-05
Karmuc Stream 23.09.2016	September 21	2017 at 23:10	0,707214	4,99E-06	2,91489E-05
Karmuc Stream 23.09.2016	September 22	2017 at 00:22	0,707210	5,14E-06	1,79174E-05
Zilan 23.09.2016	September 21	2017 at 22:59	0,706859	5,41E-06	3,07534E-05
Zilan 23.09.2016	September 22	2017 at 00:12	0,706875	5,06E-06	1,95219E-05
Zilan 23.09.2016	September 25	2017 at 16:07	0,706923	5,90E-06	1,8724E-05

Çizelge 3.21. (devam)

Örnek adı (Cleint Sample ID)	Norm 87/86 Kor. Norm 87/86 Corr	2 standart Hata 2SE	84 Kr/88 Sr 84 Kr/88 Sr	Standart Hata SE	85 Rb/88 Sr 85 Rb/88 Sr	Standart Hata SE	Standart Hata SE
Delicay 23.09.2016	0,707237	1,78E-05	9,34E-04	1,93E-06	9,07E-05	2,69E-07	4,80E-04
Delicay 23.09.2016	0,707260	1,00E-05	5,33E-04	2,17E-06	6,83E-05	1,59E-07	6,51E-04
Bendimahi 23.09.2016	0,707498	1,34E-05	5,81E-04	1,55E-06	3,97E-05	1,65E-07	5,68E-04
Bendimahi 23.09.2016	0,707522	1,05E-05	8,10E-04	6,07E-07	1,21E-04	2,57E-07	7,80E-04
Bendimahi 23.09.2016	0,707501	1,52E-05	9,49E-04	1,16E-06	9,15E-05	2,68E-07	4,39E-04
Engil 22.09.2016	0,707698	1,03E-05	6,29E-04	8,95E-07	2,92E-05	1,31E-07	7,78E-04
Gevas Stream 22.09.2016	0,707801	2,32E-05	1,34E-03	5,25E-06	8,38E-05	4,78E-07	1,00E-03
Gevas Stream 22.09.2016	0,707799	1,48E-05	8,75E-04	9,35E-07	3,54E-05	3,56E-07	8,70E-04
Gevas Stream 22.09.2016	0,707813	2,02E-05	1,17E-03	2,65E-06	5,29E-05	3,03E-07	6,79E-04
Karasu 22.09.2016	0,707606	1,04E-05	7,25E-04	1,05E-06	3,93E-05	1,61E-07	5,70E-04
Karasu 22.09.2016	0,707597	1,26E-05	6,53E-04	8,99E-07	3,97E-05	1,47E-07	6,08E-04
Karasu 22.09.2016	0,707605	1,11E-05	7,04E-04	2,48E-06	9,82E-05	1,31E-07	6,49E-04
Karmuc Stream 23.09.2016	0,707243	9,98E-06	6,31E-04	7,01E-07	8,48E-05	1,14E-07	3,62E-04
Karmuc Stream 23.09.2016	0,707228	1,03E-05	6,06E-04	1,79E-06	4,53E-05	9,38E-08	5,37E-04
Zilan 23.09.2016	0,706890	1,08E-05	6,47E-04	1,09E-06	4,35E-05	1,10E-07	4,05E-04
Zilan 23.09.2016	0,706895	1,01E-05	7,36E-04	1,26E-06	7,45E-05	1,72E-07	4,94E-04
Zilan 23.09.2016	0,706925	1,18E-05	7,37E-04	2,31E-06	8,59E-05	5,47E-07	4,52E-04

Çizelge 3.21. (devam)

Örnek adı	88 Signal	Standart Hata	83/88	Standart Hata	84/88	Standart Hata
(Cleint Sample ID)	88 Signal	SE	83/88	SE	84/88	SE
Delicay 23.09.2016	6,83E+00	1,28E-02	1,99E-04	5,56E-07	7,18E-03	1,95E-06
Delicay 23.09.2016	1,78E+01	5,28E-02	1,06E-04	5,14E-07	6,79E-03	2,31E-06
Bendimahi 23.09.2016	1,25E+01	4,22E-02	1,19E-04	3,05E-07	6,83E-03	1,61E-06
Bendimahi 23.09.2016	8,11E+00	1,52E-02	1,71E-04	2,68E-07	7,06E-03	5,76E-07
Bendimahi 23.09.2016	7,49E+00	1,47E-02	2,02E-04	3,24E-07	7,20E-03	1,18E-06
Engil 22.09.2016	1,63E+01	3,52E-02	1,27E-04	2,00E-07	6,87E-03	8,25E-07
Gevas Stream 22.09.2016	4,50E+00	1,89E-02	2,90E-04	1,35E-06	7,59E-03	5,51E-06
Gevas Stream 22.09.2016	8,16E+00	2,16E-02	1,84E-04	3,89E-07	7,12E-03	1,05E-06
Gevas Stream 22.09.2016	5,97E+00	8,98E-03	2,51E-04	6,85E-07	7,42E-03	2,78E-06
Karasu 22.09.2016	1,44E+01	1,61E-02	1,47E-04	1,95E-07	6,97E-03	9,51E-07
Karasu 22.09.2016	1,51E+01	2,89E-02	1,33E-04	2,63E-07	6,89E-03	1,05E-06
Karasu 22.09.2016	1,51E+01	2,79E-02	1,43E-04	5,29E-07	6,95E-03	2,64E-06
Karmuc Stream 23.09.2016	1,68E+01	2,48E-02	1,27E-04	2,12E-07	6,88E-03	7,36E-07
Karmuc Stream 23.09.2016	1,61E+01	3,97E-02	1,23E-04	3,31E-07	6,85E-03	1,79E-06
Zilan 23.09.2016	1,52E+01	1,84E-02	1,31E-04	2,49E-07	6,89E-03	1,11E-06
Zilan 23.09.2016	1,40E+01	1,42E-02	1,51E-04	2,55E-07	6,98E-03	1,36E-06
Zilan 23.09.2016	1,10E+01	1,84E-02	1,52E-04	5,25E-07	6,99E-03	2,29E-06

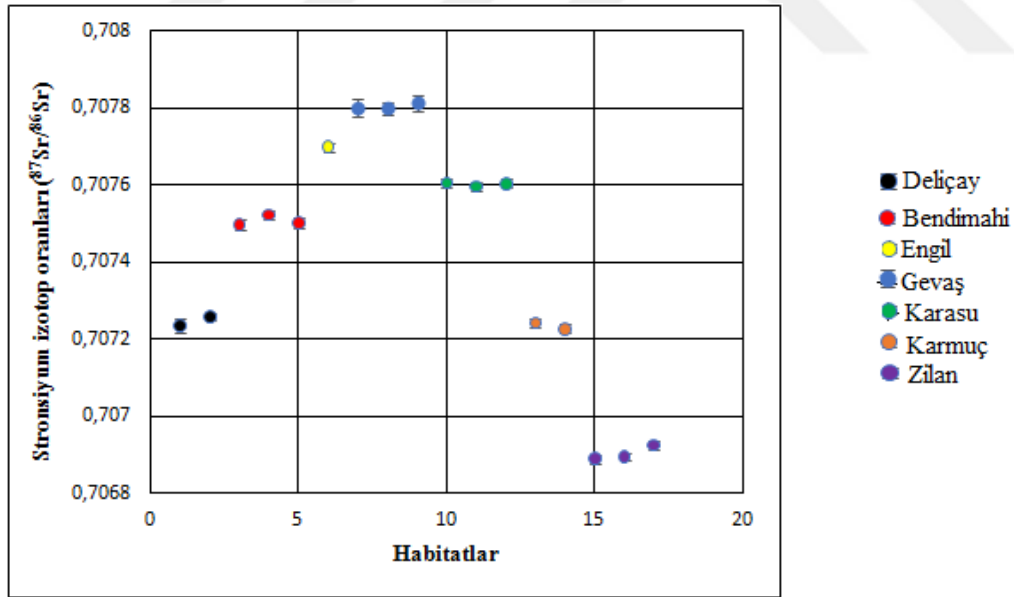
Çizelge 3.21. (devam)

(Cleint Sample ID)	86/88	SE	87/88	SE	87/86
Delicay 23.09.2016	1,15E-01	1,46E-06	8,29E-02	1,02E-06	7,19E-01
Delicay 23.09.2016	1,15E-01	2,11E-06	8,29E-02	9,76E-07	7,20E-01
Bendimahi 23.09.2016	1,15E-01	1,66E-06	8,29E-02	8,36E-07	7,20E-01
Bendimahi 23.09.2016	1,15E-01	2,01E-06	8,29E-02	9,79E-07	7,20E-01
Bendimahi 23.09.2016	1,15E-01	1,35E-06	8,29E-02	9,67E-07	7,20E-01
Engil 22.09.2016	1,15E-01	2,06E-06	8,29E-02	9,30E-07	7,20E-01
Gevas Stream 22.09.2016	1,15E-01	4,17E-06	8,29E-02	1,25E-06	7,19E-01
Gevas Stream 22.09.2016	1,15E-01	2,45E-06	8,29E-02	1,03E-06	7,20E-01
Gevas Stream 22.09.2016	1,15E-01	2,38E-06	8,29E-02	1,04E-06	7,19E-01
Karasu 22.09.2016	1,15E-01	1,32E-06	8,29E-02	7,68E-07	7,20E-01
Karasu 22.09.2016	1,15E-01	1,73E-06	8,29E-02	6,67E-07	7,20E-01
Karasu 22.09.2016	1,15E-01	2,31E-06	8,29E-02	8,44E-07	7,20E-01
Karmuc Stream 23.09.2016	1,15E-01	9,62E-07	8,28E-02	5,68E-07	7,20E-01
Karmuc Stream 23.09.2016	1,15E-01	1,55E-06	8,28E-02	7,24E-07	7,20E-01
Zilan 23.09.2016	1,15E-01	1,15E-06	8,28E-02	6,75E-07	7,20E-01
Zilan 23.09.2016	1,15E-01	1,58E-06	8,28E-02	6,12E-07	7,20E-01
Zilan 23.09.2016	1,15E-01	1,47E-06	8,28E-02	8,98E-07	7,19E-01

Çizelge 3.21. (devam)

(Cleint Sample ID)	SE	Kr 84	SE	Rb 85	SE
Delicay 23.09.2016	1,06E-05	6,37E-03	1,11E-05	6,19E-04	1,90E-06
Delicay 23.09.2016	6,44E-06	9,53E-03	1,80E-05	1,22E-03	2,84E-06
Bendimahi 23.09.2016	9,65E-06	7,24E-03	1,08E-05	4,93E-04	2,21E-06
Bendimahi 23.09.2016	8,56E-06	6,57E-03	1,29E-05	9,82E-04	3,38E-06
Bendimahi 23.09.2016	8,01E-06	7,13E-03	1,01E-05	6,85E-04	2,26E-06
Engil 22.09.2016	8,68E-06	1,02E-02	3,13E-05	4,75E-04	2,44E-06
Gevas Stream 22.09.2016	2,27E-05	6,03E-03	7,48E-06	3,77E-04	2,06E-06
Gevas Stream 22.09.2016	1,17E-05	7,15E-03	1,71E-05	2,90E-04	2,76E-06
Gevas Stream 22.09.2016	1,57E-05	6,99E-03	1,03E-05	3,15E-04	1,72E-06
Karasu 22.09.2016	6,99E-06	1,04E-02	1,91E-05	5,65E-04	2,16E-06
Karasu 22.09.2016	9,08E-06	9,85E-03	1,25E-05	5,97E-04	2,01E-06
Karasu 22.09.2016	1,01E-05	1,06E-02	2,73E-05	1,48E-03	3,26E-06
Karmuc Stream 23.09.2016	7,38E-06	1,06E-02	1,10E-05	1,42E-03	2,60E-06
Karmuc Stream 23.09.2016	8,67E-06	9,70E-03	2,64E-05	7,30E-04	2,21E-06
Zilan 23.09.2016	7,95E-06	9,82E-03	1,89E-05	6,60E-04	1,90E-06
Zilan 23.09.2016	8,49E-06	1,03E-02	1,42E-05	1,04E-03	2,37E-06
Zilan 23.09.2016	8,17E-06	8,13E-03	2,48E-05	9,47E-04	6,70E-06

Stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sonuçları değerlendirildiğinde farklı habitatlardan elde edilen tekrarlı analiz sonuçlarına göre aşağıdaki grafik elde edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Habitatlara göre stronsiyum izotop oranları değişimi ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). 1, 2: Deliçay, 3, 4, 5: Bendimahi, 6: Engil, 7, 8, 9: Gevaş, 10, 11, 12: Karasu, 13, 14: Karmuç, 15, 16, 17: Zilan.

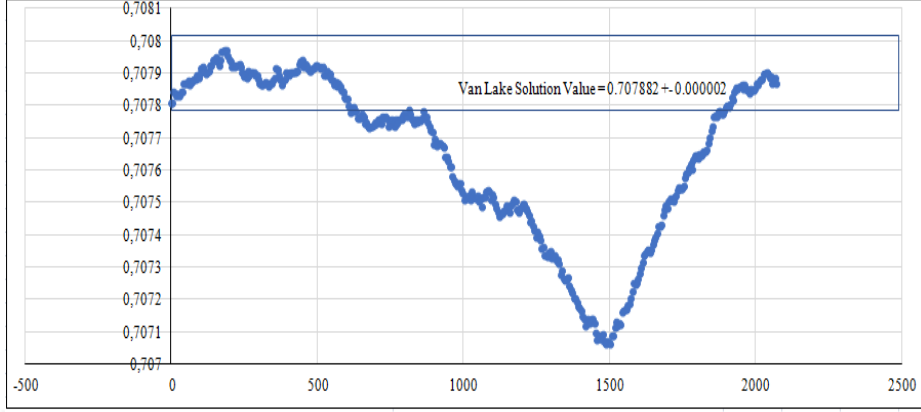
Analiz sonuçları değerlendirildiğinde; stronsiyum izotop oranlarının birbirinden ayrıldığı, yalnızca Deliçay ve Karmuç Çayı'nın birbirine yakın olduğu görülmüştür. Grafikte y ekseninde yer alan stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

± 0.000001 hassasiyetle çizildiğinde habitatlar birbirinden daha da ayrılmaktadır. Stronsiyum izotop oranı analizi ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sonuçları yüksek hassasiyet ile (± 0.000001) analiz edilen verilerdir. İkinci arazi döneminde de sonuçlar birbiri ile benzer çıkmıştır. UC Davis Laboratuvarı'na gönderilen Van Gölü suyunun stronsiyum izotop oranı analizi ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ilk denemede organik madde miktarının fazla olması nedeniyle belirlenememiş, ikinci kez su örneği gönderilerek analiz tekrar edilmiştir. Van Gölü'nden alınan ve gerekli fiksasyon işlemlerinden geçirilerek analize gönderilen numunelerin LA-MC-ICPMS stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve bu işlem esnasındaki kimyasal süreçlerin standart hataları ile normalizasyon faktörleri Çizelge 3.22'de yer almaktadır. Van Gölü stronsiyum izotop oranı sonuçları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) göle dökülen tüm akarsulardan daha yüksek oran sergilemektedir. Bu özelliği ile de diğer akarsulardan belirgin bir derecede ayrılmaktadır.

Çizelge 3.22. Van Gölü su örneği stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analiz sonuçları

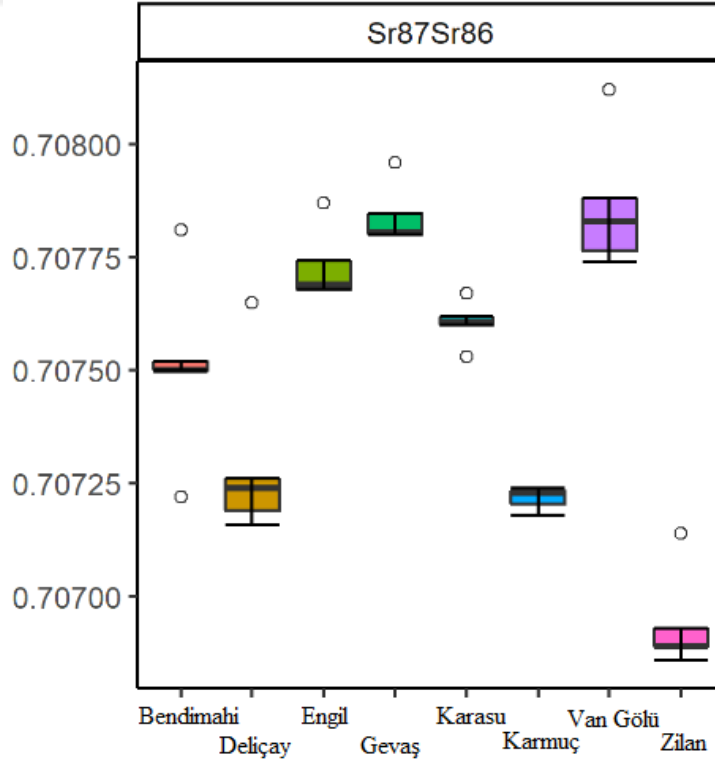
Örnek Adı	Çalışıldığı Tarih	Analiz Tarihi	Yıl ve Saat	87/86 Korel.	SH	Norm Faktör
Sample ID	Run Info	Date of Analysis	Year and Time	87/86 Corr	SE	Norm Factor
Van Gölü	Van Gölü' Pazartesi	Nis.02	2018 Saat 17:30	7,08E-01	6,44E-06	-1,72E-05
Van Gölü	Van Gölü' Salı	Nis.03	2018 Saat 09:09	7,08E-01	6,99E-06	-1,50E-04
			AVG	0,70797		AVG
			Rel % Diff	0,0184%		2SD
						Rel % Diff
Örnek Adı	87/86 Normalizasyon	2 SH	84 Kr/88 Sr	SH	85 Rb/88Sr	SH
Sample ID	87/86 Norm	2SE	84 Kr/88 Sr	SE	85 Rb/88Sr	SE
Van Gölü	0,707883	1,29E-05	1,56E-03	2,08E-06	4,47E-03	7,48E-07
Van Gölü	0,707880	1,40E-05	1,82E-03	7,12E-06	4,55E-03	1,30E-06
	0,707882					
	0,000004					
	0,0004%					
Örnek Adı	Mass Bias Exp	SH	88	SH	83/88	SH
Sample ID	Mass Bias Exp	SE	88	SE	83/88	SE
Van Gölü	1,30E+00	1,54E-03	1,09E+01	3,30E-02	3,17E-04	4,63E-07
Van Gölü	1,37E+00	2,48E-03	1,18E+01	3,68E-02	3,55E-04	1,51E-06
Örnek Adı	84/88	SH	86/88	SH	87/88	SH
Sample ID	84/88	SE	86/88	SE	87/88	SE
Van Gölü	7,92E-03	2,14E-06	1,16E-01	4,01E-06	8,33E-02	1,94E-06
Van Gölü	8,15E-03	7,91E-06	1,16E-01	8,87E-06	8,32E-02	2,39E-06
Örnek Adı	87/86	SH	Kr 84 (V)	SH	Rb 85 (V)	SH
Sample ID	87/86	SE	Kr 84 (V)	SE	Rb 85 (V)	SE
Van Gölü	7,31E-01	1,52E-05	1,71E-02	6,48E-05	4,89E-02	1,51E-04
Van Gölü	7,31E-01	4,68E-05	2,15E-02	3,79E-05	5,40E-02	1,74E-04

Elde edilen verilerle Van Gölü suyunun stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değeri 0.707882 ± 0.000002 olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.7’de belirtilen kısım balık otolitinde göl suyunun temsil edildiği bölgeyi göstermektedir.



Şekil 3.7. Van Gölü’nde yaşayan ergin *A. tarichi* bireyine ait otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değerleri

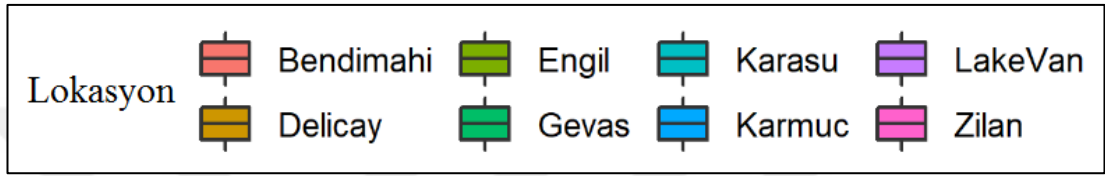
Van Gölü ve göle dökülen akarsulardan iki arazi dönemi sonrasında elde edilen su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) bir arada değerlendirildiğinde kutu grafik gösterimleri Şekil 3.8’de sunulmuştur.



Şekil 3.8. Van Gölü ve göle dökülen akarsuların stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kutu grafikleri

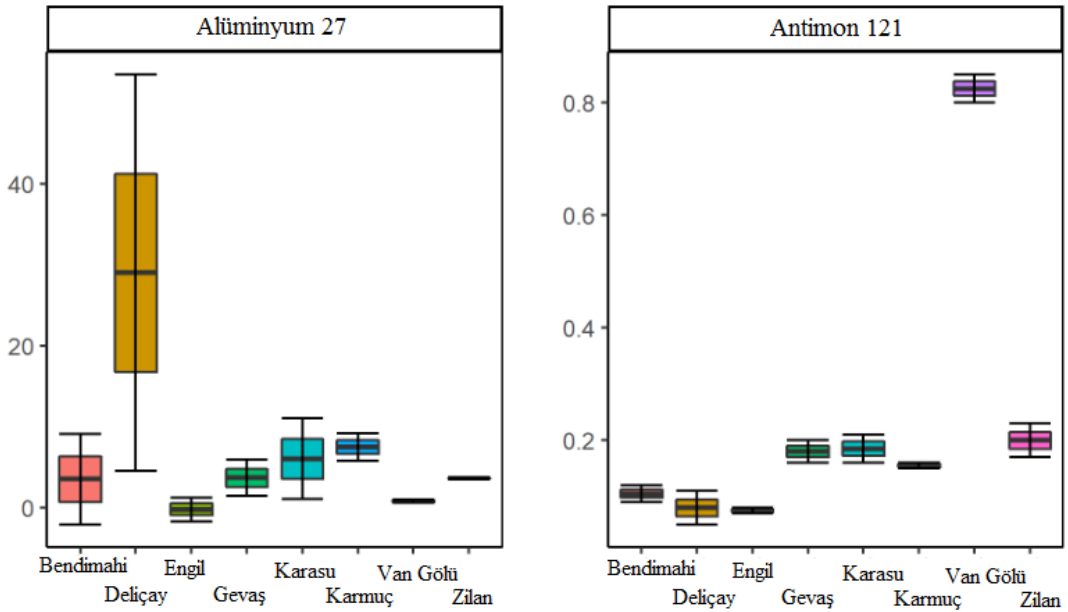
3.5. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların İz Element Analizleri

Agilent 8900 ICP-MS cihazında analiz edilen, Van Gölü ve göle dökülen akarsularda belirlenen elementler; alüminyum (27), antimon (121), arsenik (75), baryum (137), berilyum (9), bor (11), kadmiyum (111), kalsiyum (40), krom (42), kobalt (59), bakır (63), demir (56), kurşun (208), lityum (7), magnezyum (24), manganez (55), molibden (95), nikel (60), fosfor (61), potasyum (39), selenyum (78), silisyum (29), gümüş (109), sodyum (23), stronsiyum (88), talyum (205), kalay (118), titanyum (47), uranyum (238), vanadyum (51), çinko (66) olmak üzere toplamda 31 adettir.

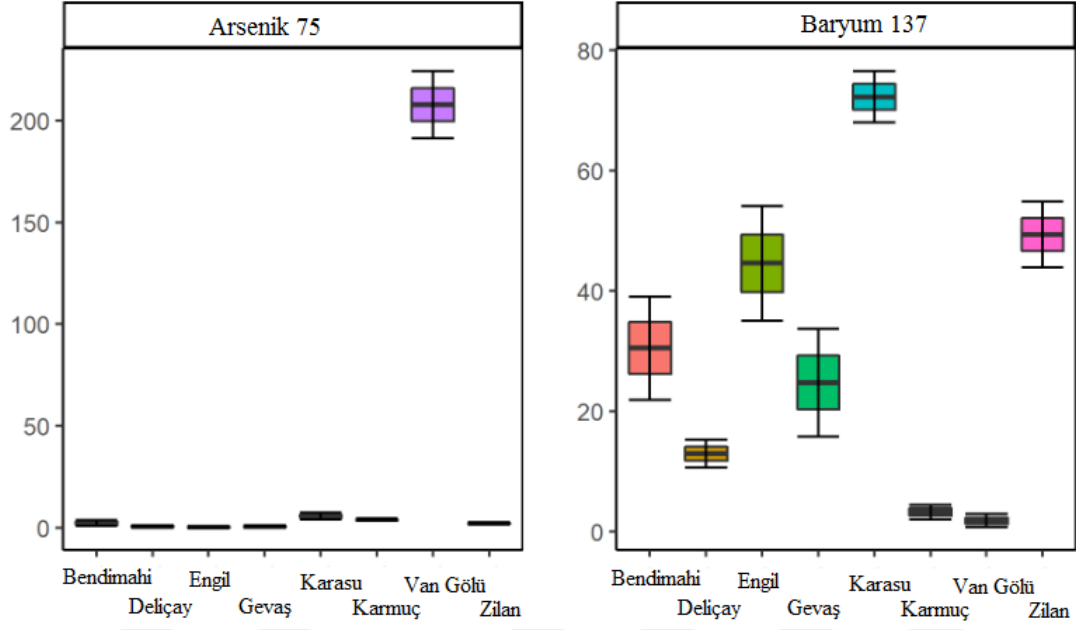


Şekil 3.9. Lokasyonlara ait renklendirmeler

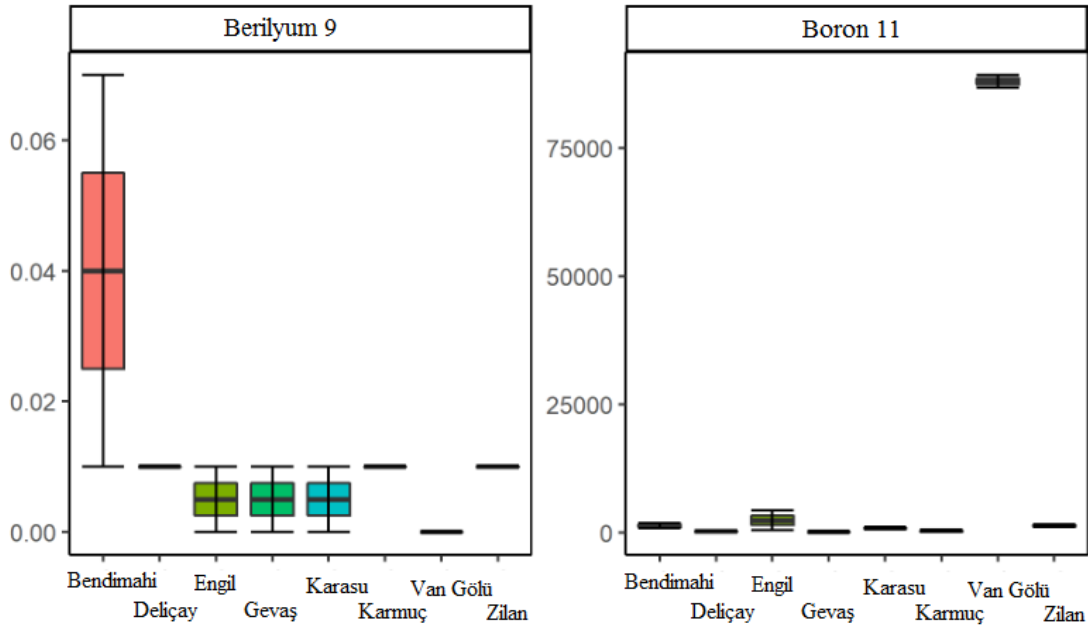
Lokasyonlardan elde edilen kutu grafiklerde x ekseninde gösterilen habitatlar sırası ile; Bendimahi, Deliçay, Engil, Gevaş, Karasu, Karmuç, Van Gölü ve Zilan Çayı (Şekil 3.9)'dır. y ekseninde elementlerin ilgili lokasyondaki ölçümleri gösterilmektedir. Analiz edilen 31 elemente ait minimum maksimum ve ortalama değerler (ppb) Şekil 3.10-25'te mevcuttur.



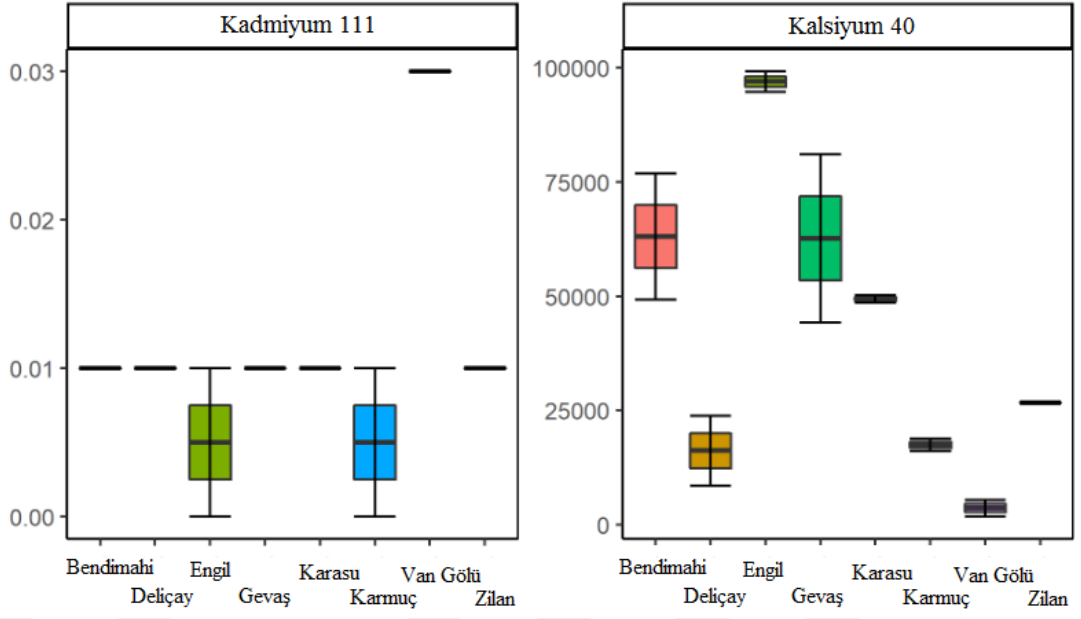
Şekil 3.10. Çalışma alanı su örneklerinin alüminyum ve antimon değerleri



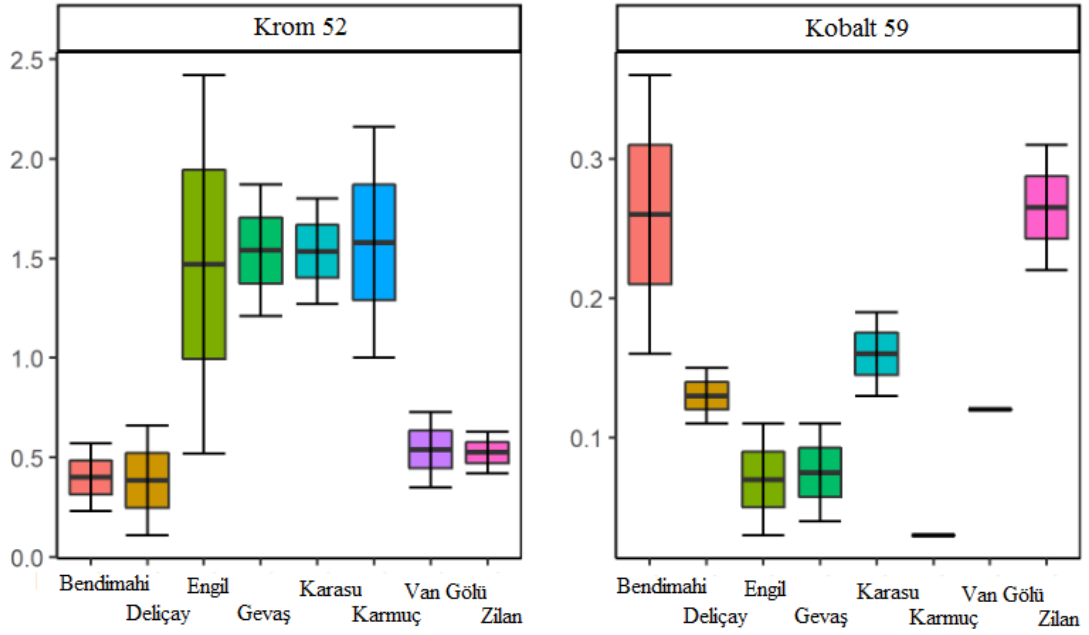
Şekil 3.11. Çalışma alanı su örneklerinin arsenik ve baryum değerleri



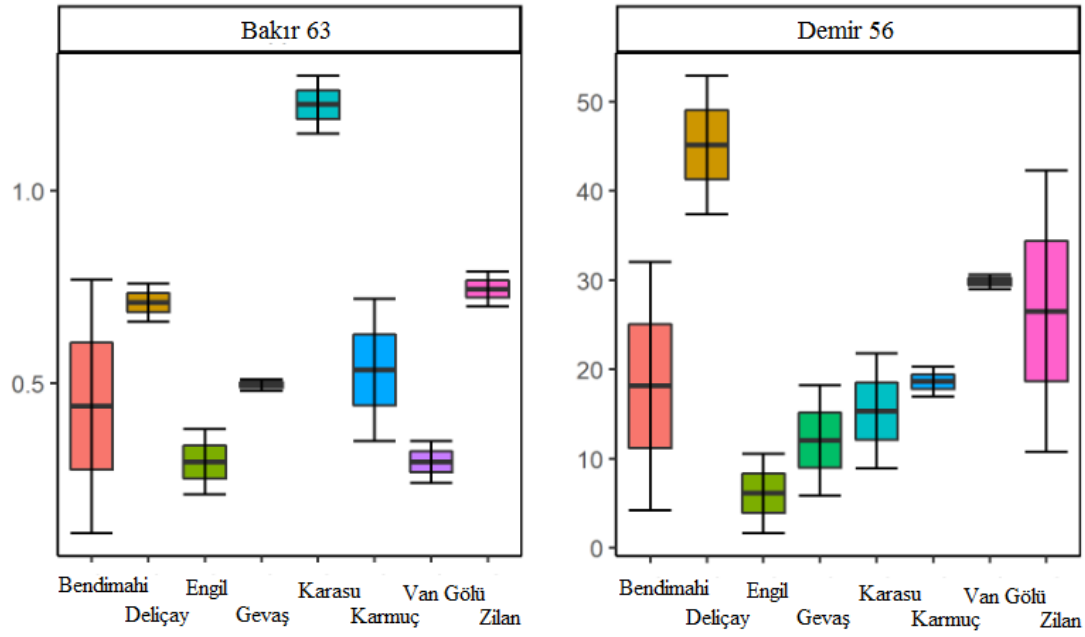
Şekil 3.12. Çalışma alanı su örneklerinin berilyum ve bor değerleri



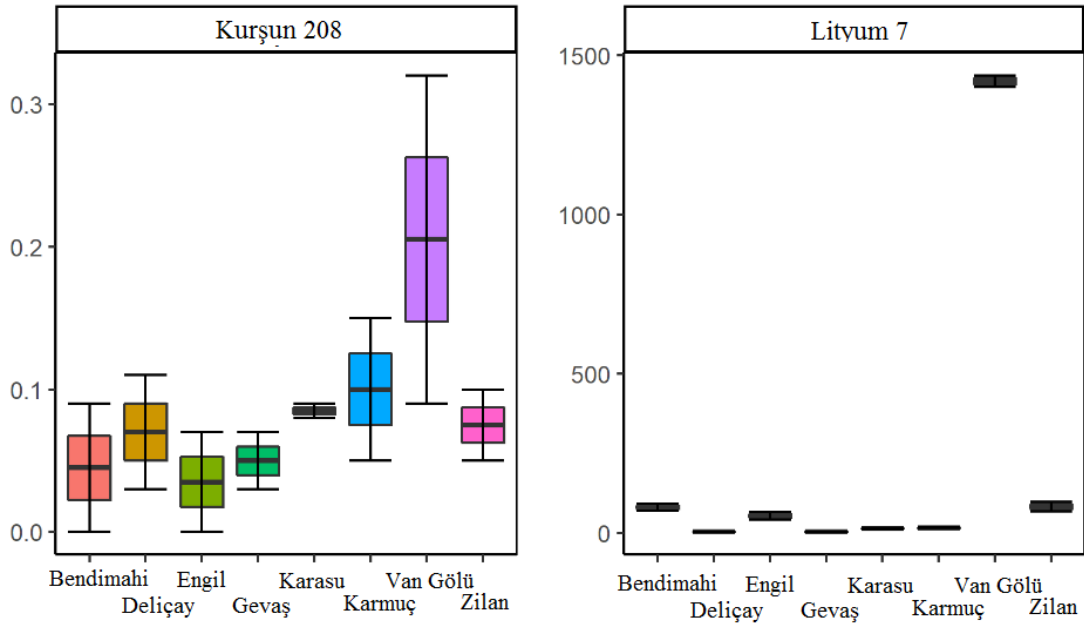
Şekil 3.13. Çalışma alanı su örneklerinin kadmiyum ve kalsiyum değerleri



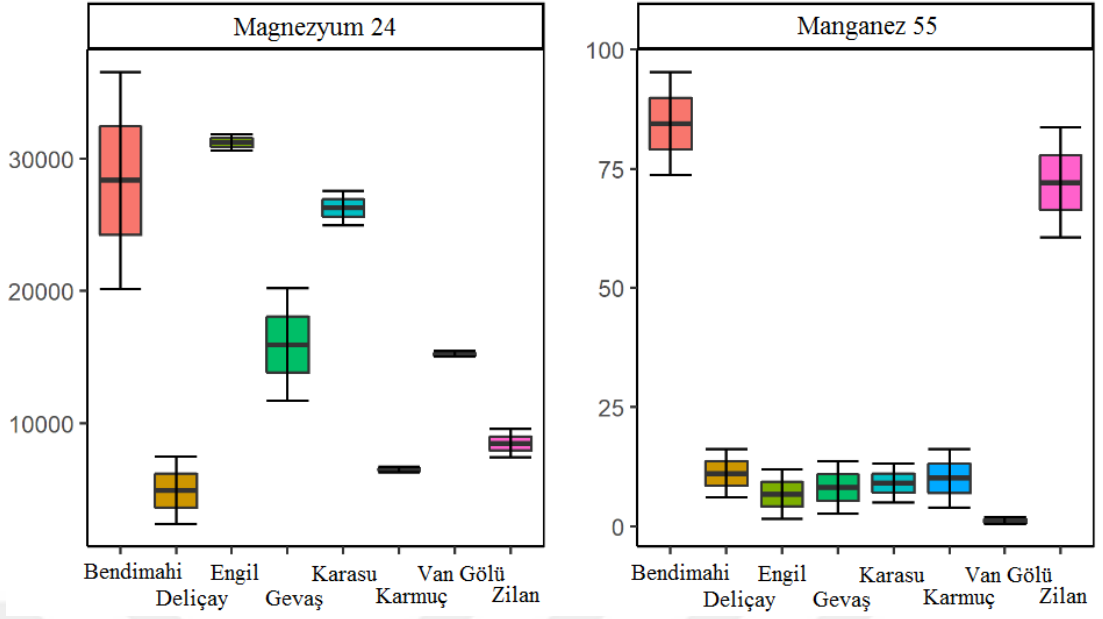
Şekil 3.14. Çalışma alanı su örneklerinin krom ve kobalt değerleri



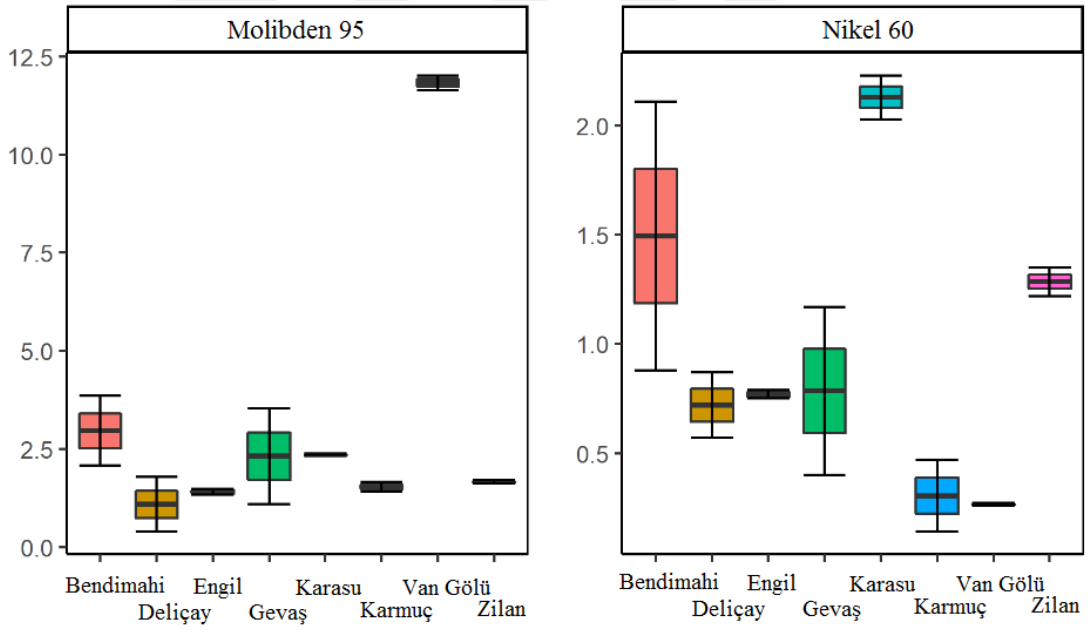
Şekil 3.15. Çalışma alanı su örneklerinin bakır ve demir değerleri



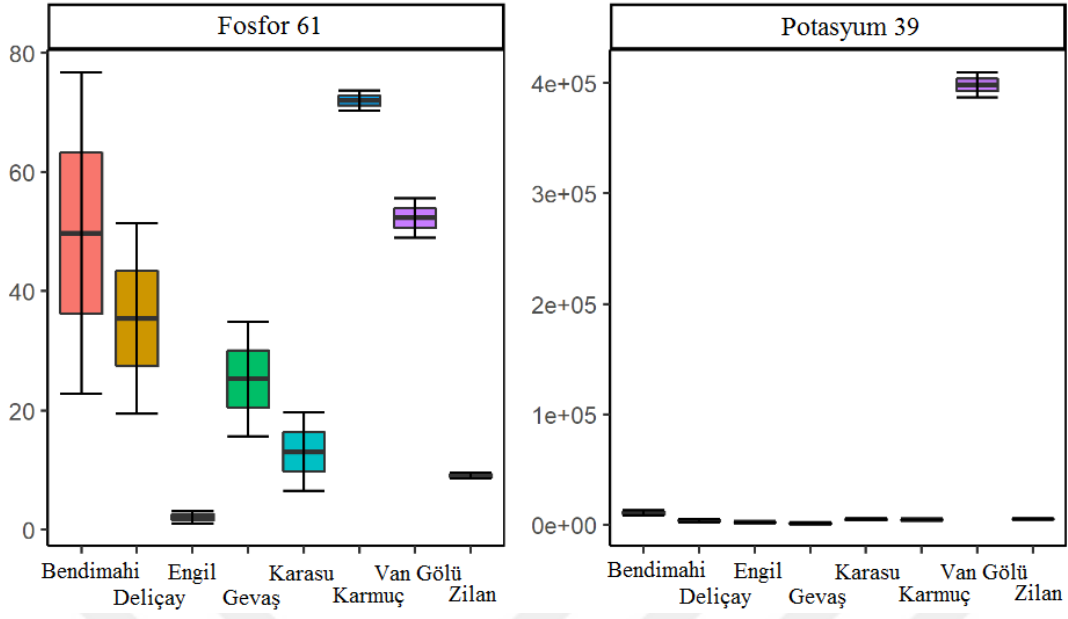
Şekil 3.16. Çalışma alanı su örneklerinin kurşun ve lityum değerleri



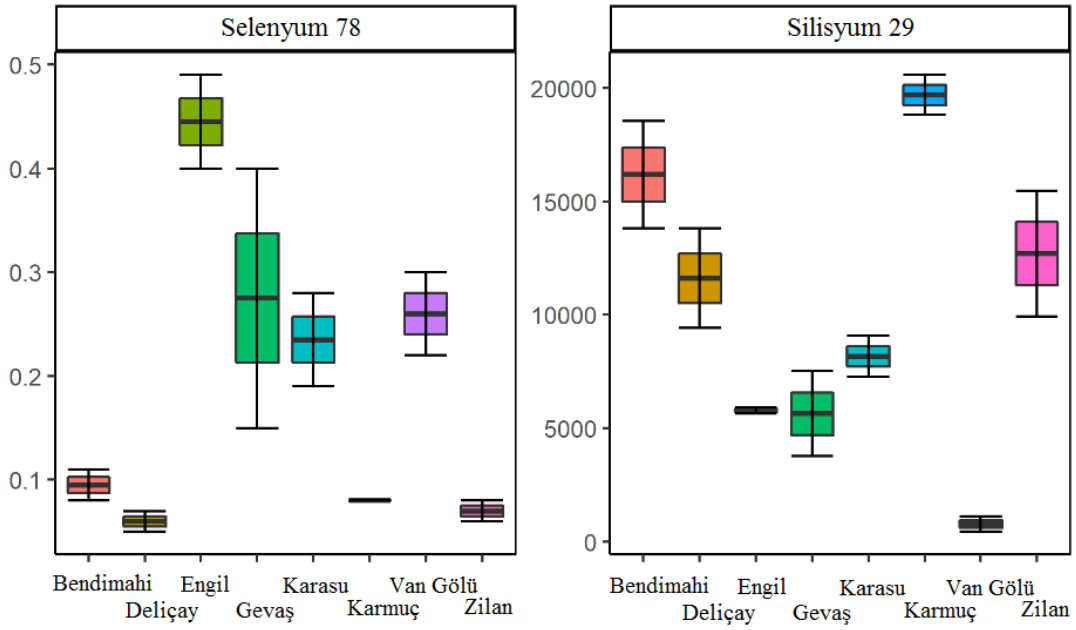
Şekil 3.17. Çalışma alanı su örneklerinin magnezyum ve manganez değerleri



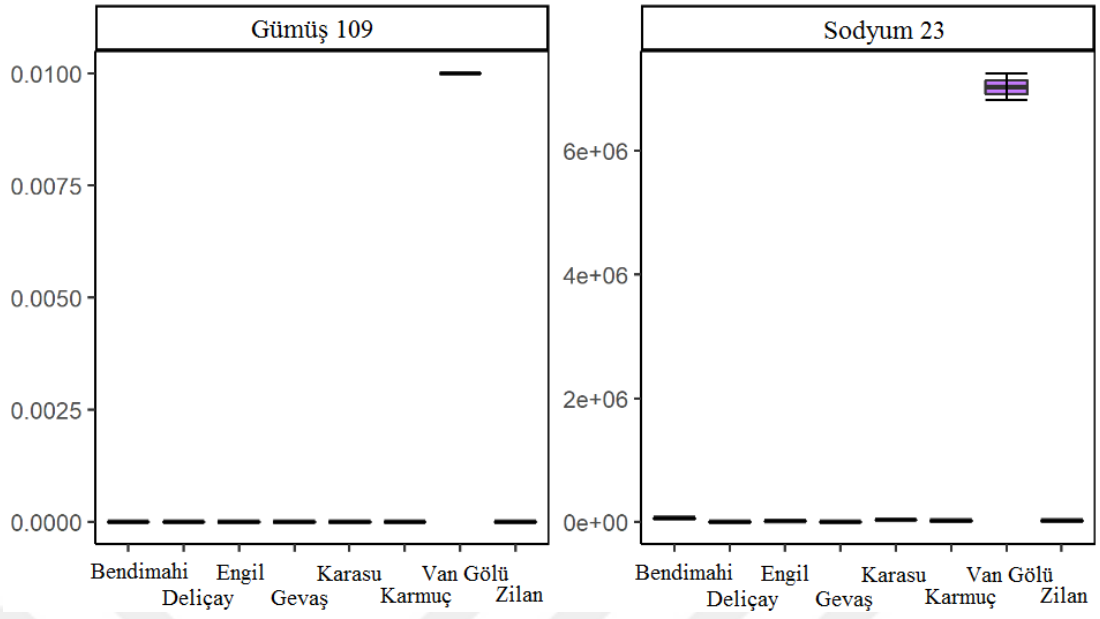
Şekil 3.18. Çalışma alanı su örneklerinin molibden ve nikel değerleri



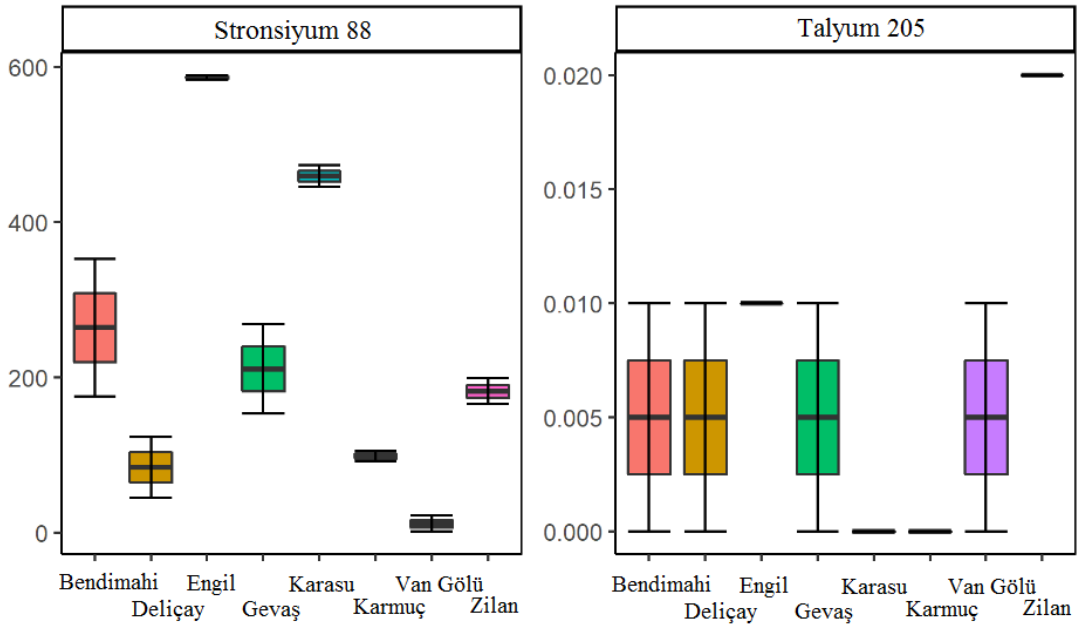
Şekil 3.19. Çalışma alanı su örneklerinin fosfor ve potasyum değerleri



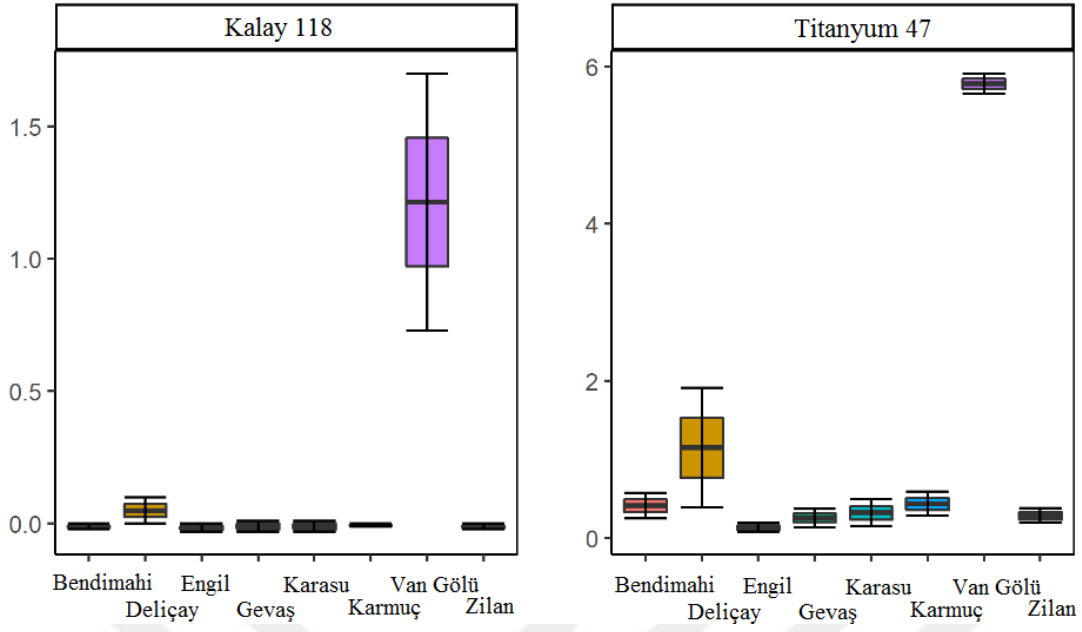
Şekil 3.20. Çalışma alanı su örneklerinin selenyum ve silisyum değerleri



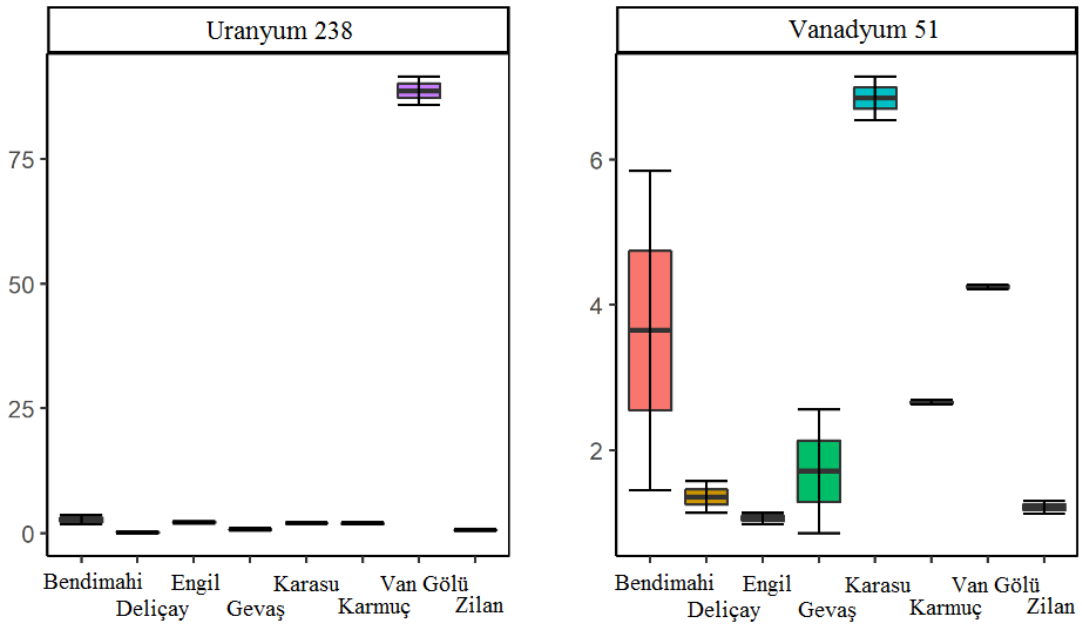
Şekil 3.21. Çalışma alanı su örneklerinin gümüş ve sodyum değerleri



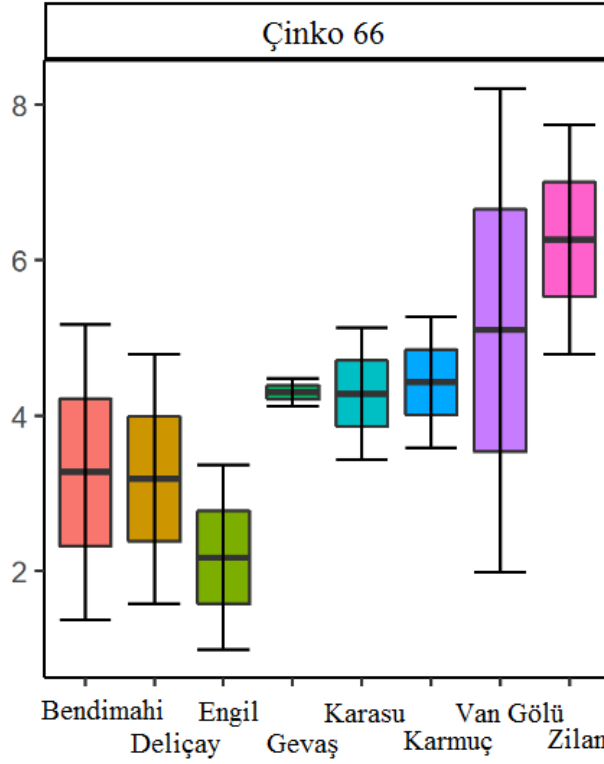
Şekil 3.22. Çalışma alanı su örneklerinin stronsiyum ve talyum değerleri



Şekil 3.23. Çalışma alanı su örneklerinin kalay ve titanyum değerleri



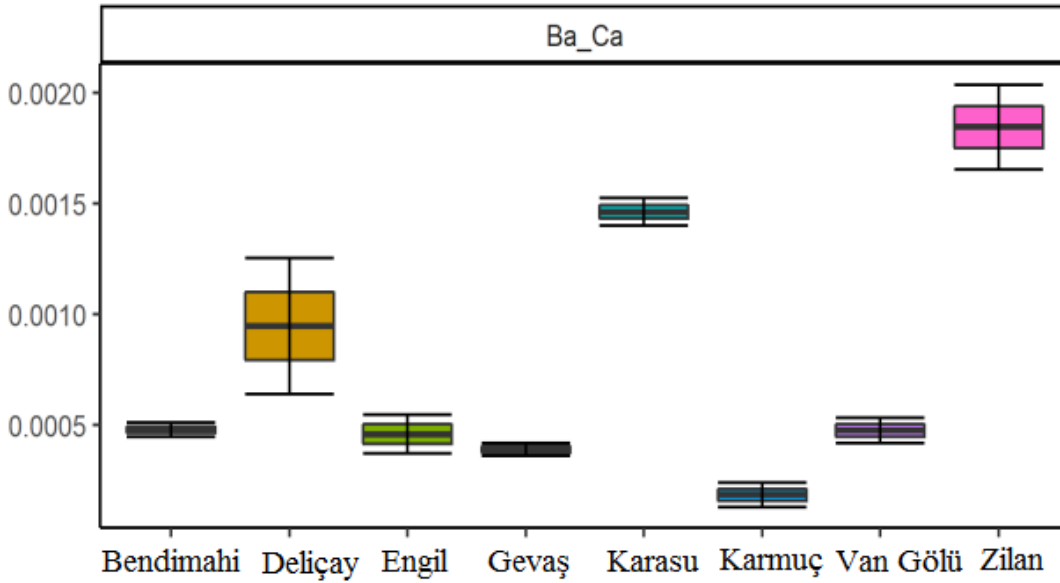
Şekil 3.24. Çalışma alanı su örneklerinin uranyum ve vanadyum değerleri



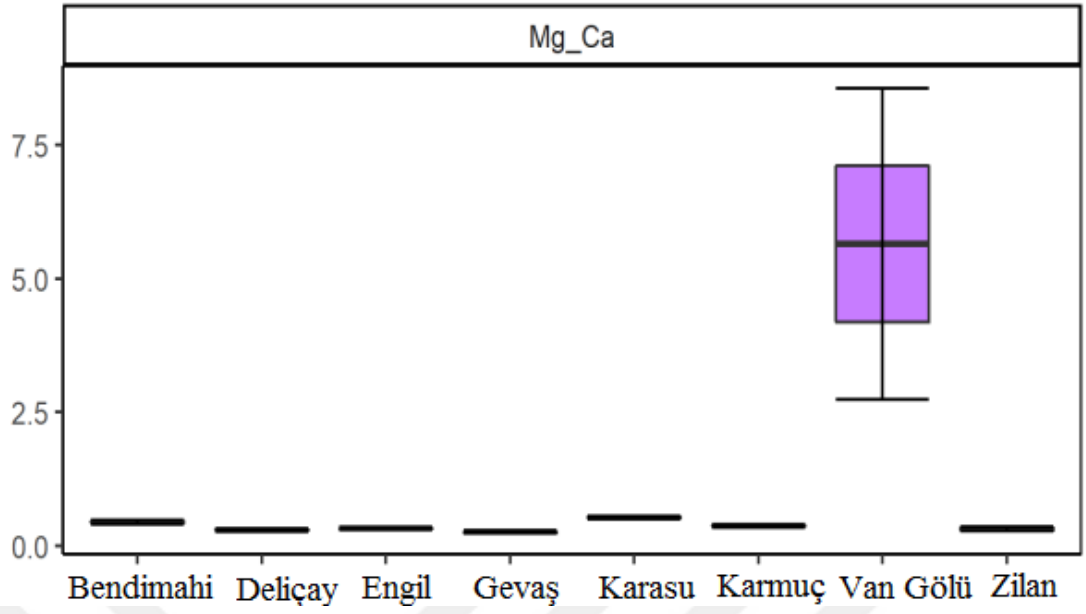
Şekil 3.25. Çalışma alanı su örneklerinin çinko değeri

Elde edilen 31 elemente ait ölçümler, Van Gölü ve göle dökülen akarsuların kimyasal içeriklerinin ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Antimon (121), arsenik (75), bor (11), kadmiyum (111), lityum (7), molibden (95), potasyum (39), gümüş (109), sodyum (23), kalay (118), titanyum (47), ve uranyum (238) elementlerinin Van Gölü suyundaki değeri göle dökülen akarsulardan bariz derecede çok daha yüksektir. Alüminyum (27), Deliçay'da; baryum (137), Karasu'da; berilyum (9), Bendimahi Çayı'nda; kalsiyum (40), Engil'de; bakır (63), Karasu'da; kurşun (208), Van Gölü'nde; talyum (205), Zilan'da; vanadyum (51), Karasu'da diğer habitatlara göre belirgin seviyede yüksektir. Demir (56), Deliçay'da; manganez (55), Bendimahi ve Zilan Çay'larında; nikel (60), Karasu'da; fosfor (61), Karmuç'ta; selenyum (78), Engil Çayı'nda; silisyum (29), Karmuç Çayı'nda; stronsiyum (88), Engil'de diğer elementler kadar olmasa da yine de diğer habitatlara göre yüksek seviyelerde bulunmaktadır. Berilyum (9), kalsiyum (40), manganez (55), silisyum (29), stronsiyum (88) Van Gölü'nde düşük seviyelerdedir. Kobalt (59), farklı seviyelerde dağılım göstermekle birlikte Karmuç'ta diğer habitatlara göre düşük seviyededir. Magnezyum (24) habitatlar arasında çok belirgin farklılıklarda dağılımsa da Bendimahi'de en yüksek, Deliçay'da en düşük seviyelerdedir. Krom

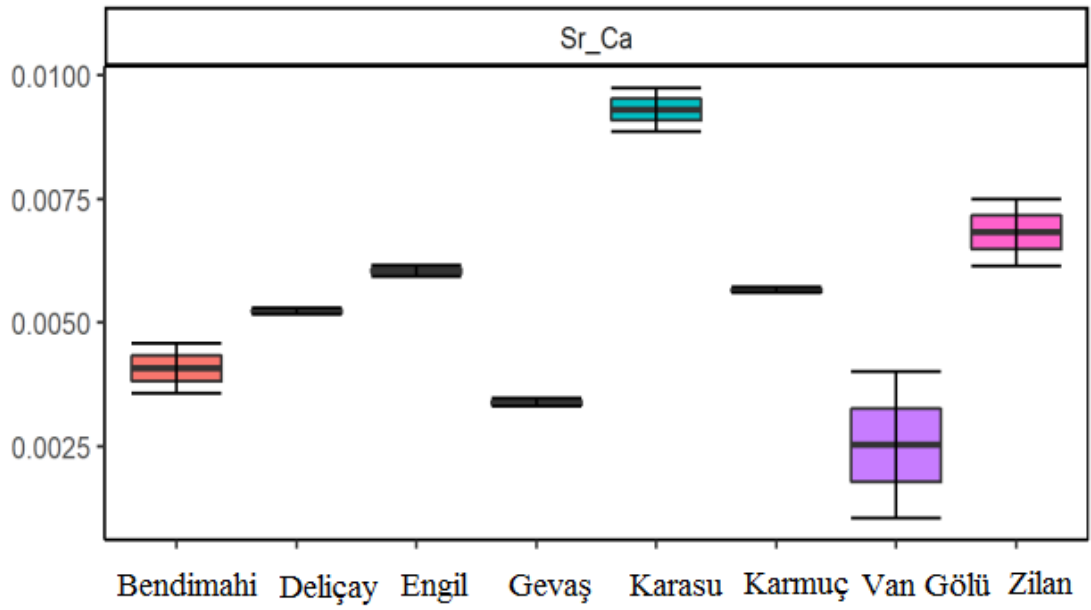
(42) değerleri Bendimahi, Deliçay, Van Gölü ve Zilan'da birbirine benzer oranlarda bulunurken, Engil, Gevaş, Karasu ve Karmuç akarsuları da kendi aralarında benzerlik göstermektedir. Çinko (66) ise habitatlar arasında farklı dağılımlar göstermekle beraber belirgin bir şekilde herhangi bir habitatta yüksek ve düşük değere sahip değildir. Ancak balıkların geriye dönük olarak yaşam hikâyelerinin ortaya çıkarılmasında bu elementlerin hepsi kullanılmamaktadır. Elementlerin bir kısmı ortamdaki şartlara göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca suda bulunma oranları, otolitte biriktirme oranları ile uyuma göstermeyen elementler de mevcuttur. Örneğin sodyum su içerisinde yüksek konsantrasyonlarda bulunsa da otolite aynı oranda yansımaz (Campana, 1999). Gerek su örnekleri elementel veriler, gerekse otolitlerden elde edilen elementel veriler değerlendirilirken; tek başlarına değil edilen değerler ortamdaki kalsiyum miktarına oranlanarak dikkate alınmaktadır (Campana, 1999). Tez çalışmasında su örneklerinin değerlendirilmesinde ele alınan elementlerin ortamdaki kalsiyuma oranları Şekil 3.26-29'deki gibidir.



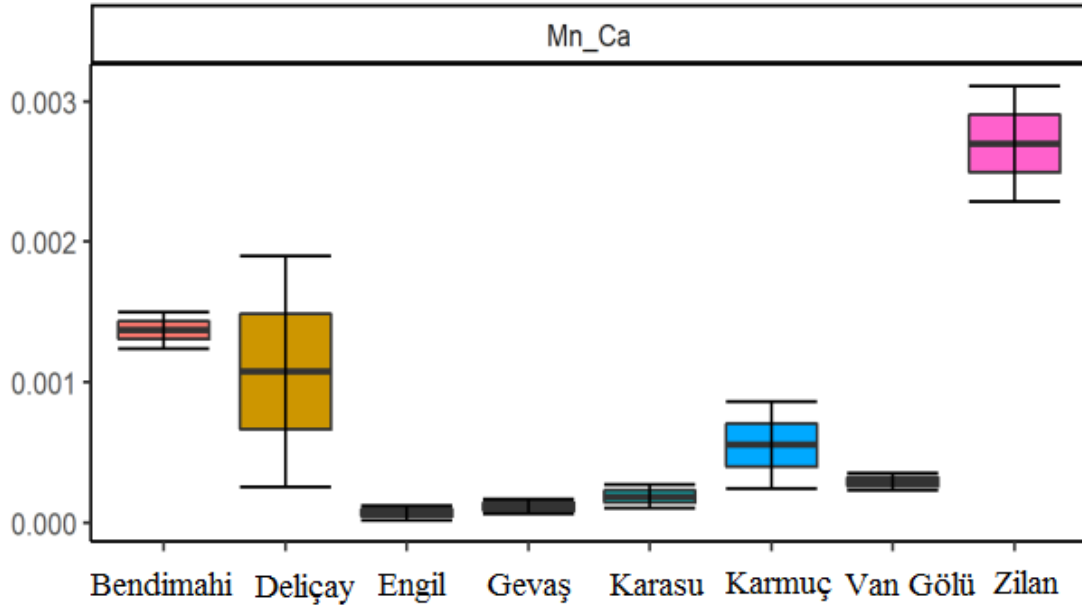
Şekil 3.26. Lokasyonlara ait su örneklerinin baryum:kalsiyum oranı



Şekil 3.27. Lokasyonlara ait su örneklerinin magnezyum:kalsiyum oranı



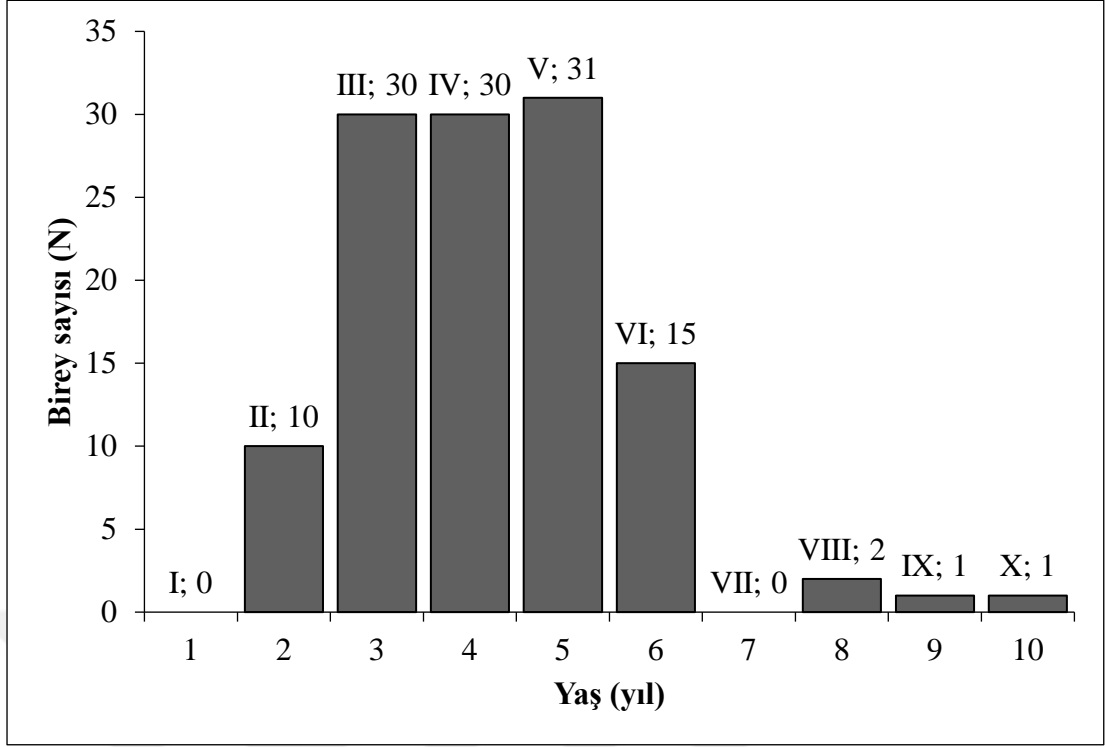
Şekil 3.28. Lokasyonlara ait su örneklerinin stronsiyum:kalsiyum oranı



Şekil 3.29. Lokasyonlara ait su örneklerinin manganez:kalsiyum oranı

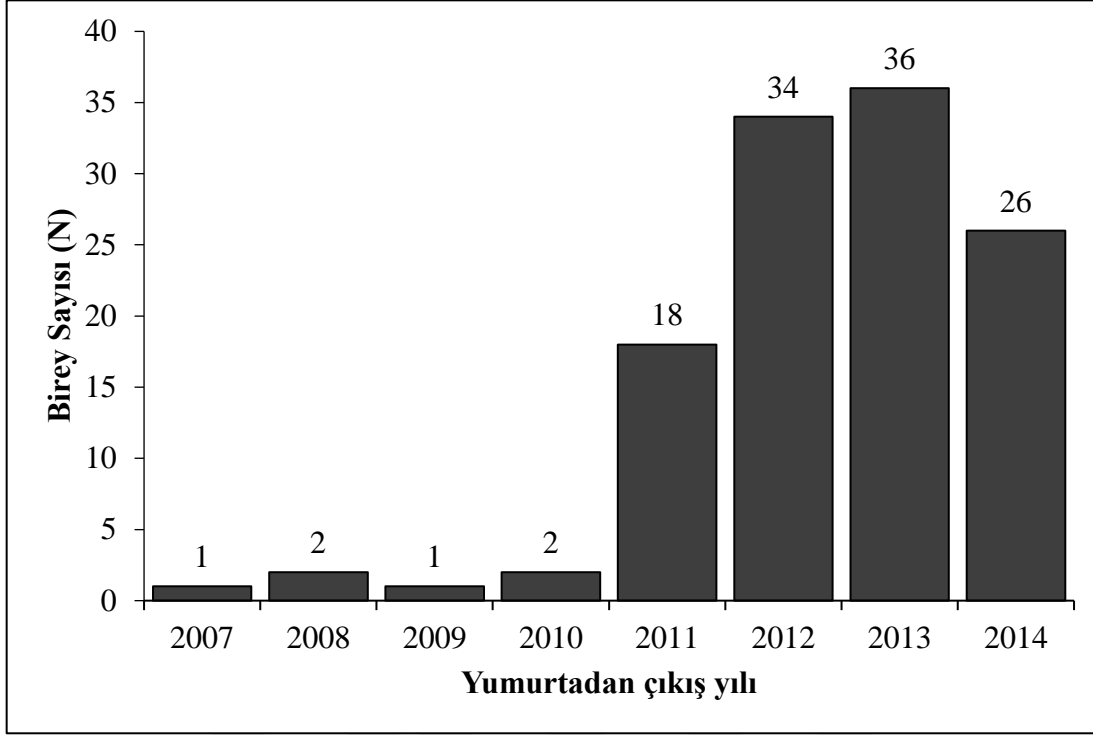
3.6. A. *tarichi* Otolitlerinin (Lapillus Kesiti) Yaş Verileri

Van Gölü bireylerinin yaşları II-X arasında değişmektedir. I yaşında ve VII yaşında hiç birey bulunmaz iken en baskın yaş grubu %25.8 ile V yaştır. II yaşında 10 birey (%8.3), III yaşında 30 birey (%25), IV yaşında 30 birey (%25), VI yaşında 30 birey (%12.5), VIII yaşında 2 birey (%1.7), IX yaşında 1 birey (%0.8) ve X yaşında 1 birey (%0.8) bulunmaktadır. Van Gölü inci kefalinden alınan örneklemdaki balıkların yaşları daha çok III, IV ve V yaşlarında baskınlık göstermektedir (Şekil 3.30).



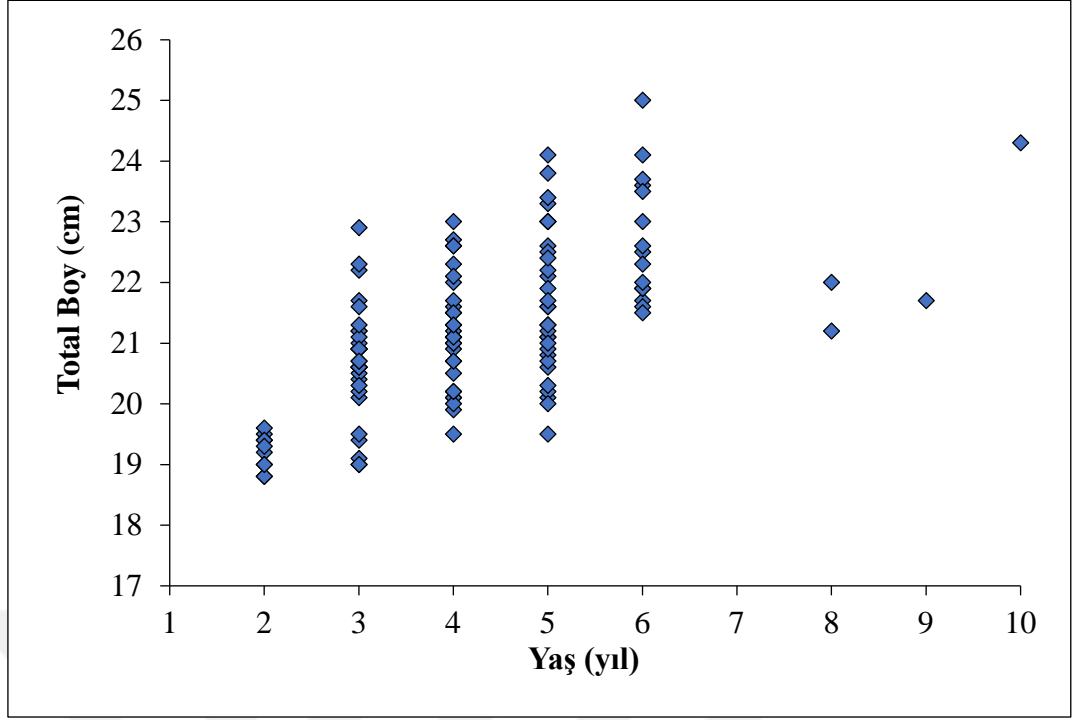
Şekil 3.30. Van Gölü *A.tarichi* bireyelerine ait yaş verileri

Van Gölü ergin bireyleri Eylül 2016-Ağustos 2017 tarihleri arasında örneklenmiştir. Yaşları okunan balıkların geriye dönük olarak yumurtadan çıktıkları tarihler belirlendiğinde Şekil 3.31'deki grafik elde edilmiştir. Balıkların büyük bir kısmının 2012 ve 2013 yıllarında yumurtadan çıktıkları tespit edilmiştir. Tüm bireyler bir arada değerlendirildiğinde 2007 yılında 1 birey (% 0.8), 2008 yılında 2 birey (% 1.7), 2009 yılında 1 birey (% 0.8), 2010 yılında 2 birey (% 1.7), 2011 yılında 18 birey (% 15), 2012 yılında 34 birey (% 28.3), 2013 yılında 36 birey (% 30), 2014 yılında ise 26 birey (%21.7) yumurtadan çıkmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda geriye dönük olarak 8 yıl sınıfına ait bireylerin hangi akarsuda yumurtadan çıktıklarını belirleme imkânı olmuştur. Özellikle 2012, 2013, 2014 yıllarında yumurtadan çıkan bireylerin çok sayıda olması yıllar arasında da değerlendirme yapma imkânı sunmuştur.



Şekil 3.31. Van Gölü ergin *A. tarichi* bireylerinin yumurtadan çıkış yılları

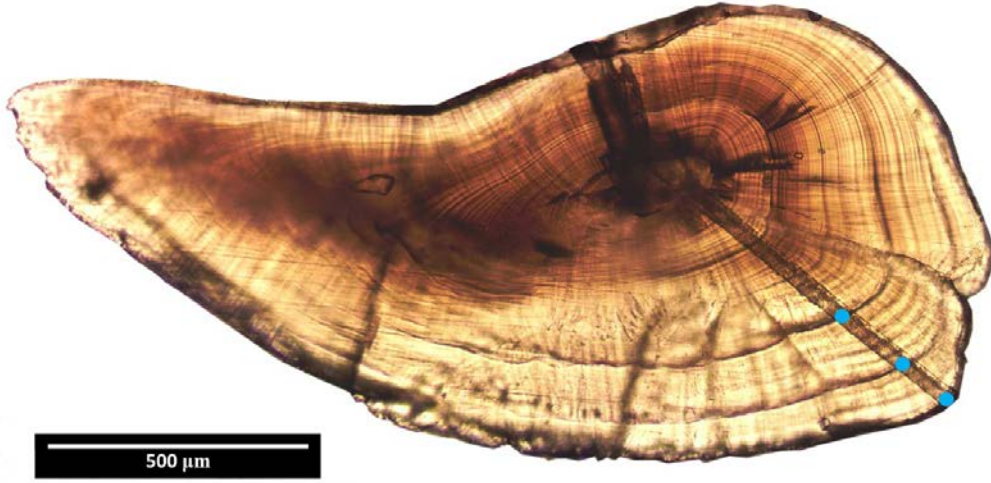
Yaşları belirlenen balıkların total boy dağılımları Şekil 3.32'deki gibidir. Van Gölü ergin bireylerin total boy değerleri 18.8-25.0 cm arasında değişmektedir. Ortalama total boy değeri 21.2 cm'dir. II yaşındaki bireylerin total boyları ortalama $19.2 \text{ cm} \pm 0.287$ (18.8-19.6 cm), III yaşındaki bireyler ortalama total boyları $20.7 \text{ cm} \pm 0.931$ (19.0-22.9 cm), IV yaşındakiler ortalama $21.2 \text{ cm} \pm 0.915$ (19.5-23.0 cm) total boy, V yaşındakiler ortalama $21.7 \text{ cm} \pm 1.198$ (19.5-24.1 cm), VI yaşındakiler $22.7 \text{ cm} \pm 1.049$ (21.5-25.0 cm) total boya sahiptirler. VIII yaşında iki birey mevcuttur ve boyları 21.2 cm ve 22.0 cm'dir. IX yaşında 21.7 cm total boya sahip bir birey, X yaşında ise 24.3 cm boya sahip bir birey bulunmaktadır.



Şekil 3.32. İnci kefali bireylerinin lapillus kesiti yaşlarına göre boy dağılımları

Her yaş grubundaki boy değerleri arasındaki fark analiz edilirken VIII, IX ve X yaşındaki gözlem sayısı yeterli olmadığı için analizlere dahil edilmemiştir. Analiz sonucunda her yaş grubundaki ortalama boyun birbirlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.001$, Brown Froste ve Welch testi). Veriler homojen dağılım göstermediği için ($P = 0.008$), alt küme tablosu mevcut değildir.

Her bir yaş grubunu temsil eden otolit görüntüleri Şekil 3.33-40'da yer almaktadır. Şekil 3.31-3.38'de sunulan II yaşındaki birey 19.4 cm boyunda, III yaşındaki birey 20.4 cm boyunda, IV yaşındaki birey 21.1 cm boyunda, V yaşındaki birey 23.8 cm boyunda, VI yaşındaki birey 23 cm boyunda, VIII yaşındaki birey 22 cm boyunda, IX yaşındaki birey 21.7 cm boyunda, X yaşındaki birey ise 24.3 cm boyundadır.



Şekil 3.33. II(III) yaş (Örnek no: 102; Yakalanma tarihi: 19.11.2016, Lapillus kesiti)



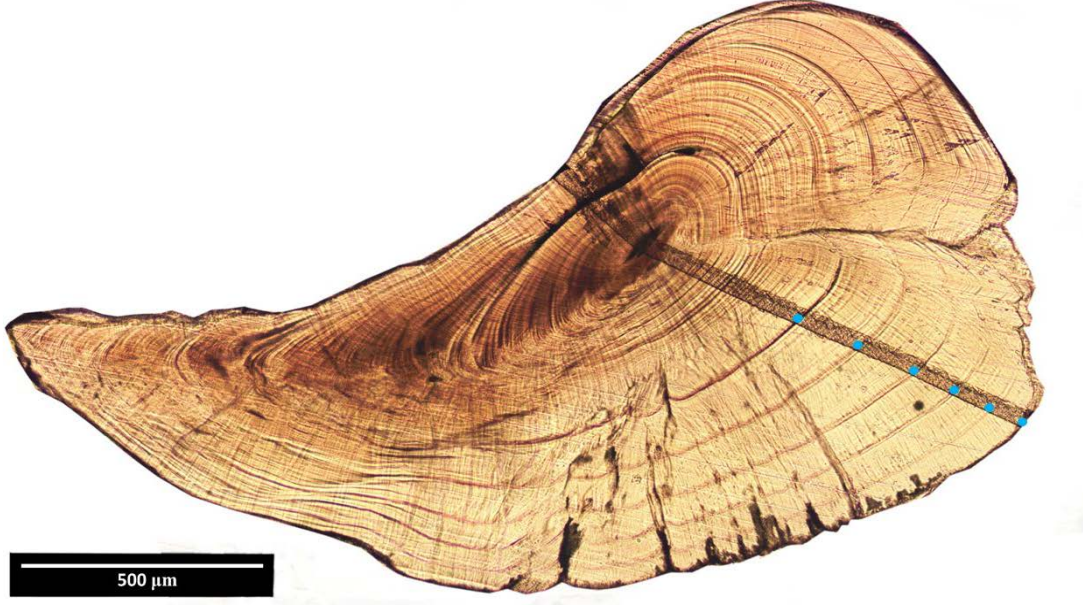
Şekil 3.34. III yaş (3+) (Örnek no: 59, Yakalanma tarihi: 23.06.2017, Lapillus kesiti)



Şekil 3.35. IV yaş (Örnek No:42, Yakalanma tarihi: 20.05.2017, Lapillus kesiti)



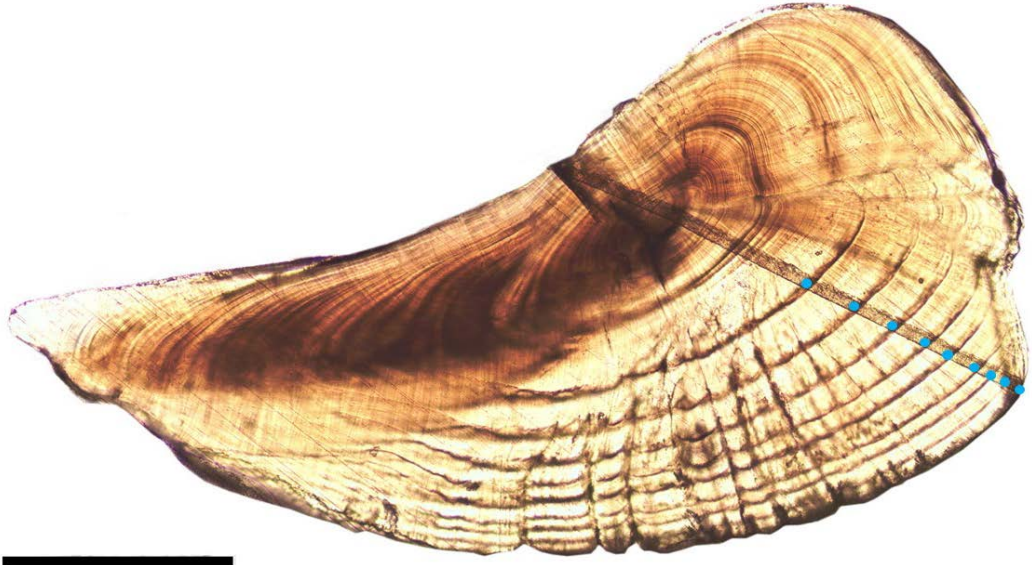
Şekil 3.36. V yaş (Örnek no: 40, Yakalanma tarihi: 14.04.2017, Lapillus kesiti)



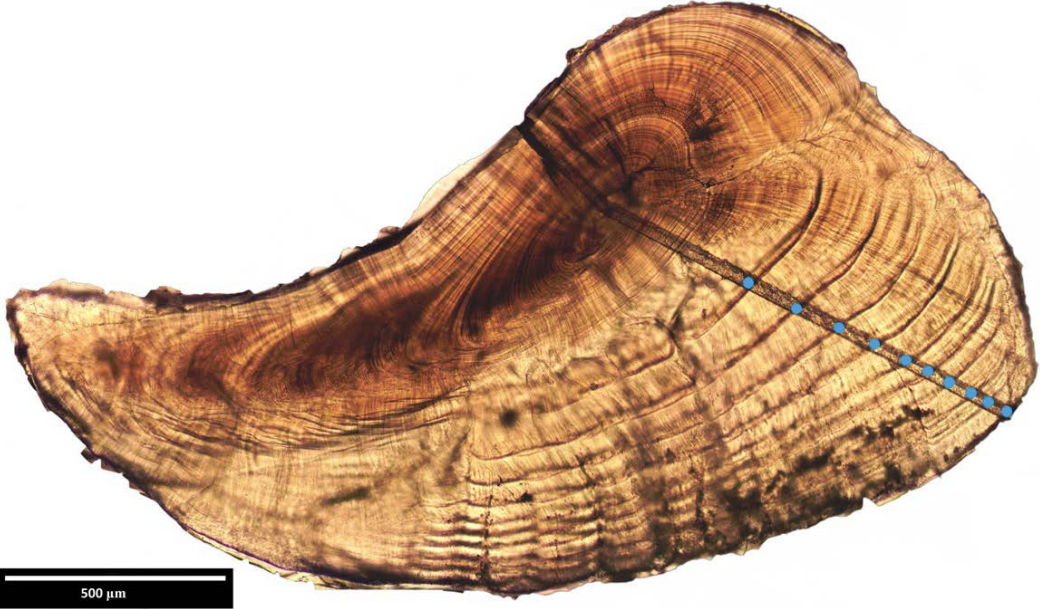
Şekil 3.37. VI yaş (Örnek no:28, Yakalanma tarihi: 20.03.2017, Lapillus kesiti)



Şekil 3.38. VIII yaş (7+)(Örnek no:94, Yakalanma tarihi: 19.10.2016, Lapillus kesiti)



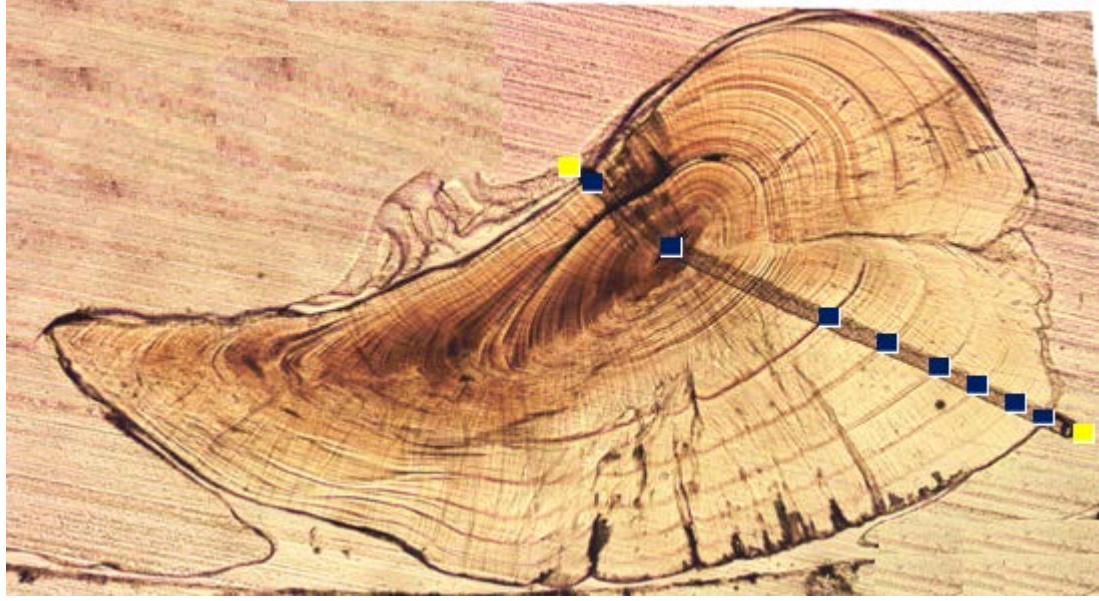
Şekil 3.39. IX yaş (Örnek no:17, Yakalanma tarihi: 22.02.2017, Lapillus kesiti)



Şekil 3.40. X yaş (Örnek No:11, Yakalanma tarihi: 22.02.2017)

3.7. A. *tarichi* Otolitlerinin (Lapillus Kesiti) Yaş Mesafeleri (μm)

Otolitin fokus bölgesinden yaş halkalarının bitim noktasına kadar stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) LA-MC-ICPMS cihazında mikrometrik olarak ölçülmüştür. Yaşları belirlenen otolitlerin, lazer hattı çizim noktası dikkate alınarak yaşlar arası mesafeleri de mikrometrik olarak belirlenmiştir. Lazer hattı otolitten kısa mesafe önce başlatılır ve otolit dışına çıkıldıktan kısa bir mesafe sonra bitirilir. Bunun amacı ise verilerin otolitte tam başlama ve bitiş noktalarının belirlenmesidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta lazer hattının başlama noktası ve bitiş noktasının verilere dahil edilmemesidir. Bunun için de öncelikle lazer öncesi kısım ile otolit başlangıç noktası arasındaki mesafe ve otolit bitiş noktası ile lazer bitiş noktası arasındaki mesafe ölçülerek LA-MC-ICPMS cihazındaki dış bölgeler silinir. Ölçüm yapılırken dikkat edilmesi gereken diğer nokta ise yaş ölçümlerinin mutlaka lazer hattı üzerindeki çizgiden yapılmasıdır. Dorsalden ventrale doğru çizilen bu çizgi üzerinden pre-dorsal, dorsal-core, 1. Yaş, 2. Yaş, 3. Yaş, 4. Yaş, 5. Yaş, 6. Yaş şeklinde yaşlar ve post-ventral ölçümleri alınır (Şekil 3.41). Sarı-mavi arasında kalan kısımlar pre-dorsal ve post-ventral kısmı oluşturmaktadır ve MC-ICMPS cihazında bu ölçüme denk gelen vuruşlar dış grubu oluşturmuştur.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Sample_ID	pre-dorsal	dorsal-core	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7	Age 8	Age 9	Age 10	post-ventral	age read
2	1	0	248,97	534,491	702,777	845,804	980,613	1096,26	1163,51					1232,663	6
3	2	28,026	308,779	736,806	886,149	1014,9	1128,2	1212,12	1296,24					1347,996	6
4	3	20,052	427,972	719,704	784,401	873,683	912,682							996,58	4
5	3	0	424,696	709,837	796,645	866,036	902,349							997,044	4
6	4	43,935	232,979	585,81	713,13	798,151								862,072	3
7	5	0	238,842	456,054	584,091	695,981	789,699							848,358	4
8	6	56,917	296,032	640,657	755,399	846,172	909,319							955,197	3(4)
9	7	0	245,43	505,035	610,139	694,787	768,726	816,84	859,224					909,65	6
10	7	0	258,622	493,842	595,786	673,382	760,647	807,741	840,405					937,525	6
11	8	40,973	284,014	605,231	721,19	794,861								844,706	3
12	9	72,678	333,989	680,379	797,758	911,873	988,404							1037,777	4
13	10	63,766	294,692	708,702	842,885	961,687	1049,16							1157,296	4
14	11	0	291,571	654,487	771,341	872,689	960,827	1050,3	1101,07	1150,37	1212,03	1250,79	1303,74	1351,219	10
15	12	49,933	259,597	669,355	854,636	990,11	1104,65							1158,59	4
16	13	44,281	301,511	690,061	855,232	958,711	1040,91							1120,187	4
17	14	49,373	370,746	729,228	862,525	966,469	1071,85	1163,27						1238,426	5

Şekil 3.41. Yaş mesafeleri ölçüm hattı ve ölçüm yapılan mesafeler (µm)

Yaş mesafeleri arasındaki ölçümler, elde edilen stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) grafiklerinde ve iz element grafiklerinde ilgili değerlere yerleştirilerek otolit yaşları boyunca stronsiyum izotop oranları ve elementlerin otolitteki değişimleri zamanla daha net görünebilir hale getirilmiştir (Ek 1).

Yaş halkalarının merkez kısımdan uzaklıklarının ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken dış merkezde kalan yaz halkası (+ büyüme) ve tamamlanmamış kış halkasına sahip örneklerin son yaş halkasından sonraki bölgeleri dikkate alınmayarak hesaplama yapılmıştır. Buna göre Van Gölü'nde yaşayan *A.tarichi* bireylerinin fokus bölgesinden uzaklıkları; 1. yaşlarda ortalama 655.28 µm (±77.69), 2. yaşlarda ortalama 796.61 µm (±77.04), 3. yaşlarda ortalama 902.54 µm (±78.81), 4. yaşlarda ortalama 982.72 µm (±85.39), 5. yaşlarda ortalama 1048.3 µm (±90.2), 6. yaşlarda ortalama 1101.9 µm (±116.7), 7. yaşlarda ortalama 1131.3 µm (±16.4), 8. yaşlarda ortalama 1189 µm (±20.9), 9. yaşlarda

1230.7 μm (± 28.4) ve 10 yaşın gözleendiği tek örnekte ise 10. Yaş 1303.7 μm 'dir. VIII, IX ve X yaşındaki inci kefali bireylerinin total boyları V, VI yaş grubundaki bireylerin total boylarına yakın değerler sergilemektedir. Ancak VIII, IX, X yaşındaki bu bireylerin yaş halkalarının fokus bölgesinden uzaklıklarının yaşla orantılı bir şekilde artış gösterdiği gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar neticesinde, Van Gölü'nden örneklenen inci kefali bireylerinde balık boyu ileriki yaşlarda yaşla orantılı bir şekilde artmamış olsa da otolitteki yaş halkaları arasındaki mesafenin orantılı artış gösterdiği, balığın boyca büyümesi yavaşlasa da bu durumun otolitlerin büyümesinde bu şekilde olmadığını söylemek mümkündür.

Otolit ölçümlerinin yaş ile artışı istatistiki olarak hesaplandığında bu artışın önemli olduğu tespit edilmiştir (ANOVA, $P < 0.001$). VIII, IX ve X yaşına denk gelen mesafe ölçüm sayısı az olduğu için analizlere dahil edilmemiştir. Otolit ölçümleri normal dağılıma uygun olup ($P > 0.05$), varyansları homojen dağılmıştır ($P = 0.117$) ve one way ANOVA testi sonucunda otolit yaşları ile yaş halkaları arasındaki mesafenin orantılı arttığını söylemek mümkündür. Post-Hoc testi ile yaşlar arasındaki mesafelerin ikili karşılaştırmaları ve önemlilik dereceleri Çizelge 3.23'te sunulmuştur. Çizelge 3.23'te gözlenen 7 yaş ölçüm mesafesi VIII, IX ve X yaşındaki bireylerin VII yaşına denk gelen kısmı temsil etmektedir.

Çizelge 3.23. Otolit mesafelerinin yaşlar ile karşılaştırılması önemlilik düzeyleri ve alt kümeleri

	Yaş	N	Alt küme alfa değeri = 0.05							
			1	2	3	4	5	6	7	
	1	123	655,27973							
	2	123		796,60621						
	3	114		902,54404	902,54404					
	4	83			982,72024	982,72024				
Tukey	5	52				1048,31173	1048,31173			
HSD ^{a,b}	6	21				1101,93048	1101,93048	1101,93048		
	7	4					1131,26250	1131,26250	1131,2625	
	8	4						1188,97750	1188,9775	
	9	2								1230,7400
	Sig		1,000	,182	,557	,081	,509	,440		,255

Otolit ölçümlerinin yaş ile birlikte artışları istatistiki analizlere tabi tutulmuştur. Normal dağılım gösteren bu verilerin varyansları homojen dağılmış ve yaş grupları arasında fark olup olmadığı ANOVA testi ile test edilmiştir. Post-HocTukey testi ile de yaş mesafeleri, yaş grupları arasında ikili gruplar halinde karşılaştırılmıştır.

3.8. A. *tarichi* Otolitlerinin Stronsiyum İzotop Oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Sonuçları

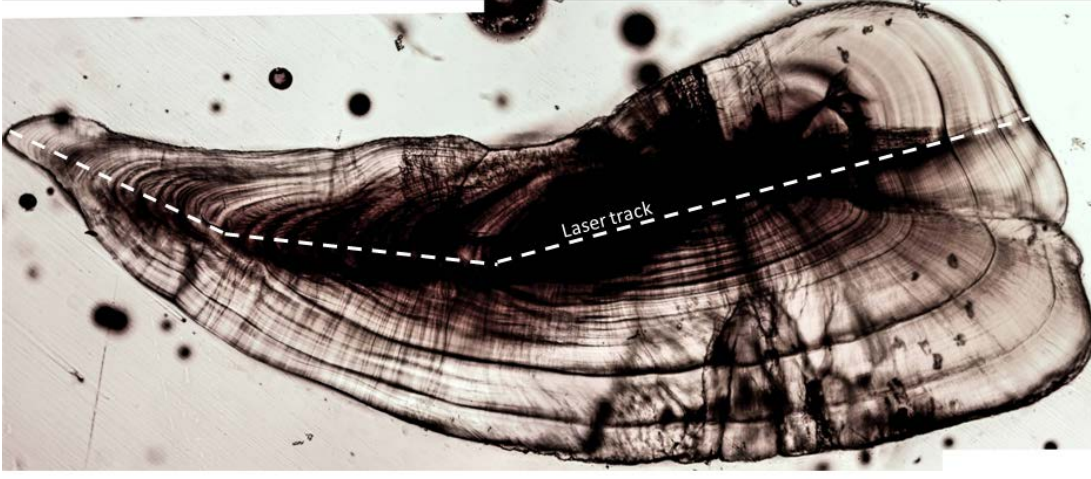
Van gölüne dökülen akarsulardan elde edilen larvalardan otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümleri yapılmış ancak larva ve otolit boyutunun çok küçük olması izotop oranlarının ortaya çıkarılmasında zorluklar oluşturmuştur. Bazı larval otolitlerde stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümleri elde edilmiş olsa da miktarın çok düşük olması nedeniyle değerlendirilmeye alınmamıştır.

Van Gölü ergin bireylerin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) merkezden itibaren tüm otolit boyunca belirlenmiştir. Analizler gerçekleştirilirken LA-MC-ICPMS cihazı mikrometrik boyutlarda ölçüm yapmıştır. Merkez kısmındaki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ile inci kefallerinin hangi habitatta yumurtadan çıktıkları belirlenmiştir. Ayrıca yakalanma ayı ve tarihi de bilindiği için hangi yıl ve aylarda hangi habitatlardan Van Gölü stoğuna en çok katılımın olduğu belirlenebilmektedir. Veriler, yıllar arası karşılaştırma, aylar arası karşılaştırma olabileceği gibi aynı zamanda yaşlar arası karşılaştırmalar da yapma imkanı sunmuştur.

Van Gölü'nden örneklenip UC Davis ICPMS Laboratuvarı'na gönderilen ergin bireylerin otolitlerinden stronsiyum izotop oranı belirlenirken, diğer örneklerde ise dikey lazer hattı iki örnekte yatay hat kullanılmıştır. Fokus bölgesinden otolitin kenar kısmına kadar yapılan ölçüm hatları kesik çizgiler ile gösterilmiştir (Şekil 3.42-43).

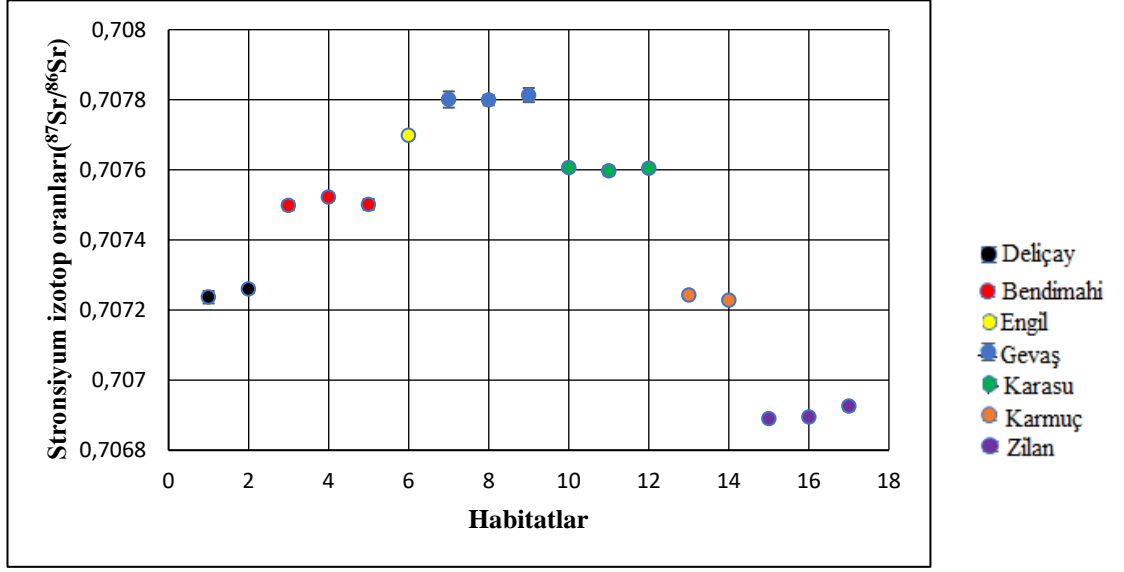


Şekil 3.42. Otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm hattı (Dikey ve yatay eksen)



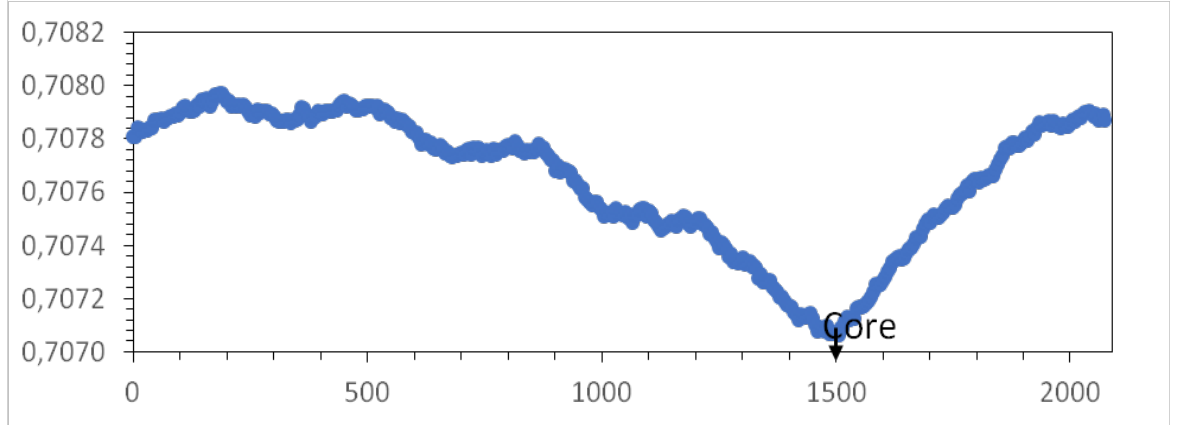
Şekil 3.43. Otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm hattı (yatay eksen)

Otolitten elde edilen stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analiz sonuçları, su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analizleri (Şekil 3.44) ile karşılaştırılmıştır.

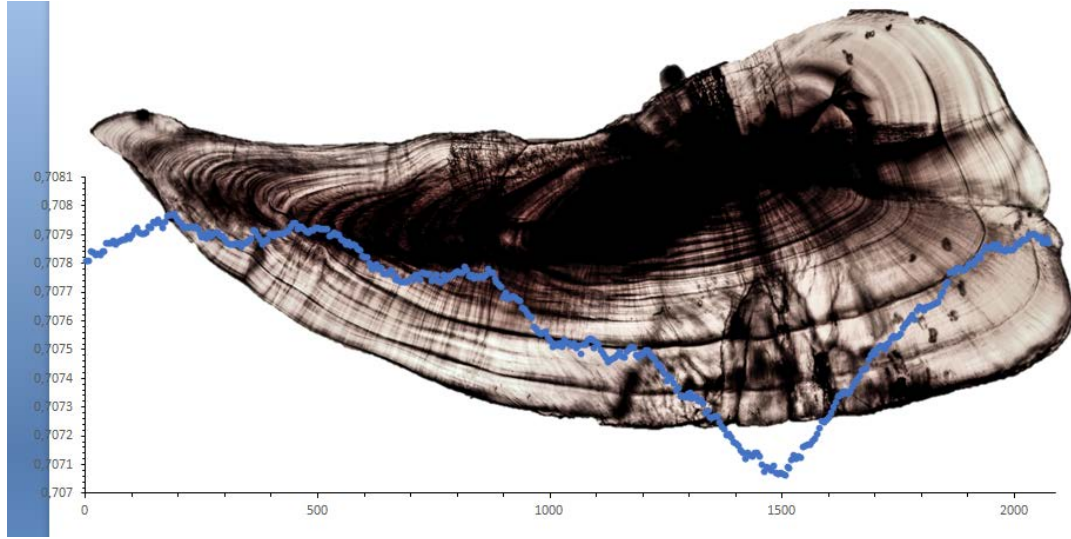


Şekil 3.44. Su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

Otolitin fokus kısmından kenar kısmına doğru stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değişimi şekilde gösterilen otolit için 1953 noktada ölçülmüştür (Şekil-3.45-46). Her bir noktanın değeri ve stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümleri esnasında tüm kimyasal aşamalardan elde edilen değerler excel dosyasında mevcuttur. Dosyanın excel sayfa görüntüsü ve analiz aşamasında alınan ölçümler Şekil 3.47’te gösterilmiştir.

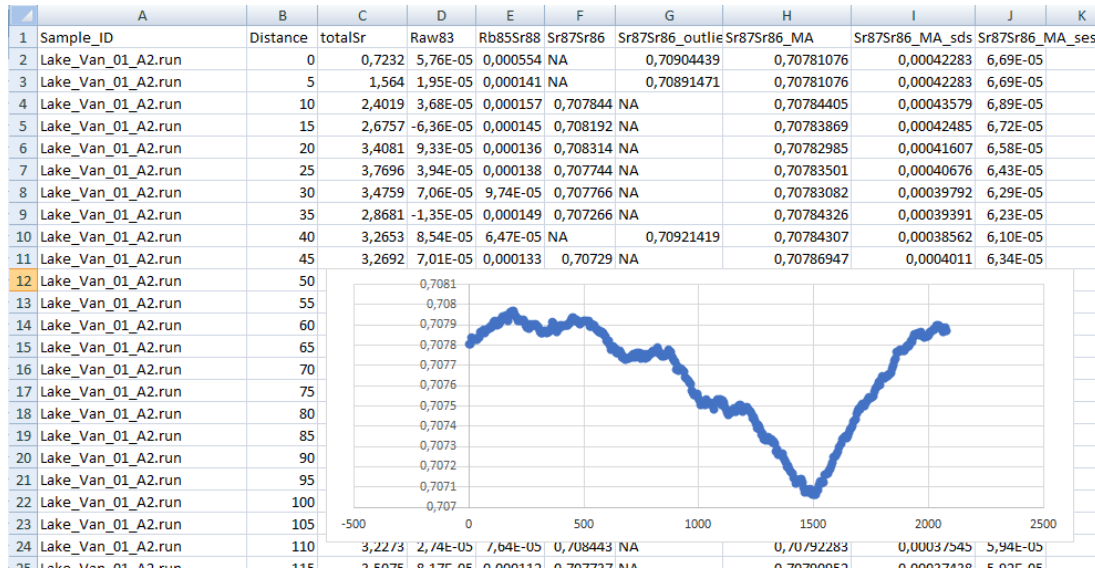


Şekil 3.45. Van Gölü ergin bireyin merkezden kenar kısma doğru her bir noktasında elde edilen stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm değerleri



Şekil 3.46. Van Gölü ergin bireyin merkezden kenar kısma doğru her bir noktasında elde edilen stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm değerlerinin grafik ile çakıştırılması

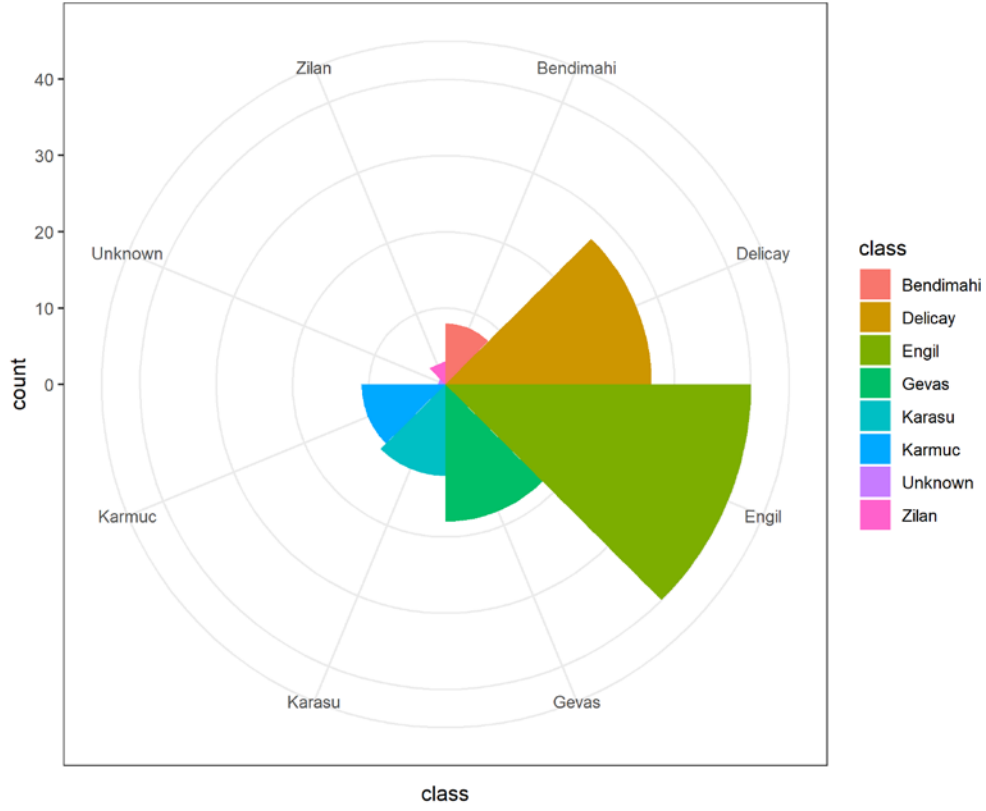
Merkez kısmına (core, fokus) denk gelen kısmın stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), su değerlerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ile karşılaştırıldığında Van Gölü'nden örneklenen bu balığın Zilan Çayı'nda yumurtadan çıktığını ve Van gölü stoğuna katıldığını net bir şekilde söyleyebiliriz. Bu şekilde 120 otolitin de stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümleri yapılarak stoğa en çok hangi akarsudan katılım olduğu belirlenmiştir.



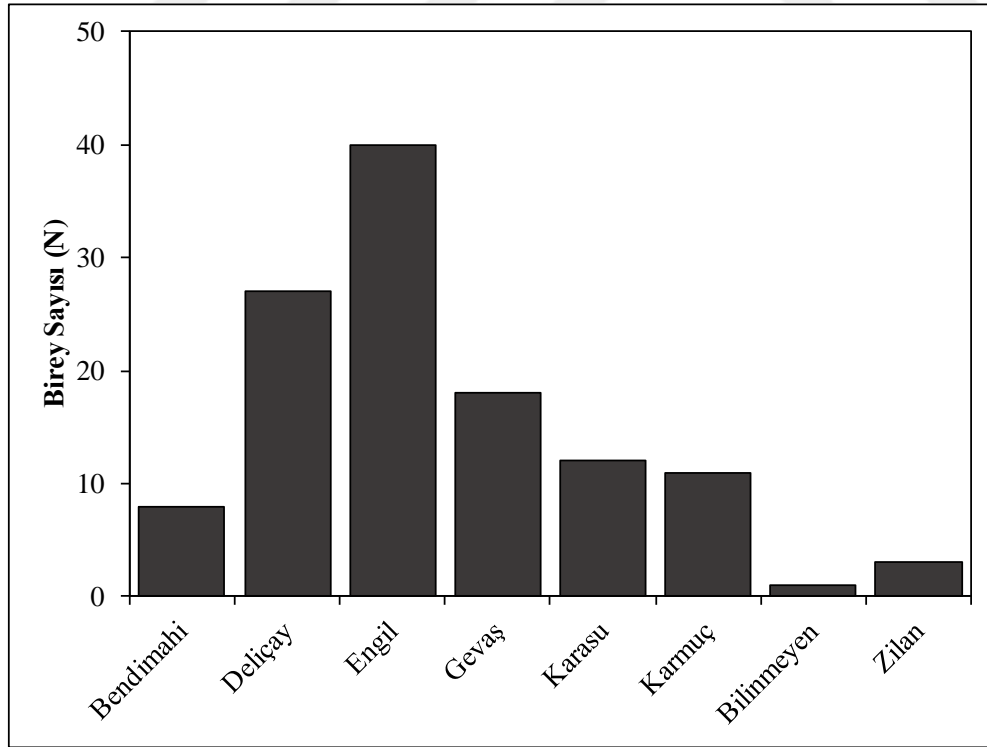
Şekil 3.47. Van Gölü *A.tarichi* bireyine ait otolit stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçüm değerlerinin dosya görünümü

Van Gölü ergin bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar belirlenirken öncelikli olarak otolit stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) dikkate alınmıştır. Gerek duyulduğunda ise iz element oranlarından da faydalanılarak inci kefali bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar belirlenmiştir. Van Gölü'nden örneklenen inci kefali bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar Şekil 3.48'da gösterilmiştir. Natal bölgedeki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) dikkate alındığında Van Gölü'nden örneklenen 120 inci kefali bireyinin 40 bireyinin Engil Çayı'ndan, 27 bireyinin Deliçay'dan, 18 bireyinin Gevaş Deresi'nden, 12 bireyinin Karasu Çayı'ndan, 11 bireyinin Karmuç Çayı'ndan, 8 bireyinin Bendimahi Çayı'ndan, 3 bireyinin Zilan Çayı'ndan Van Gölü stoğuna katıldığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde ise 1 bireyin hangi habitattan Van Gölü stoğuna katıldığı belirlenememiştir. Belirlenemeyen *A.tarichi* bireyinin stronsiyum izotop oranı sonuçlarından ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element analizlerinden elde edilen sinyaller yeterli değildir ve habitatlar ile uyum göstermemektedir. Uygulanan linear diskriminant analizi sonucunda çalışma alanlarında yer alan herhangi bir nehre dâhil edilememiştir.

En çok birey katılımının Engil Çayı ve Deliçay'dan olduğu, en az katılımın ise Bendimahi ve Zilan Çayı'ndan olduğu belirlenmiştir. Van Gölü inci kefali stoğuna katılım habitatlar arasında çoktan aza sırası ile Engil Çayı, Deliçay, Gevaş Deresi, Karasu Çayı, Karmuç Çayı, Bendimahi Çayı, Zilan Çayı, bilinmeyen habitat şeklinde sıralanabilir (Şekil 3. 49).

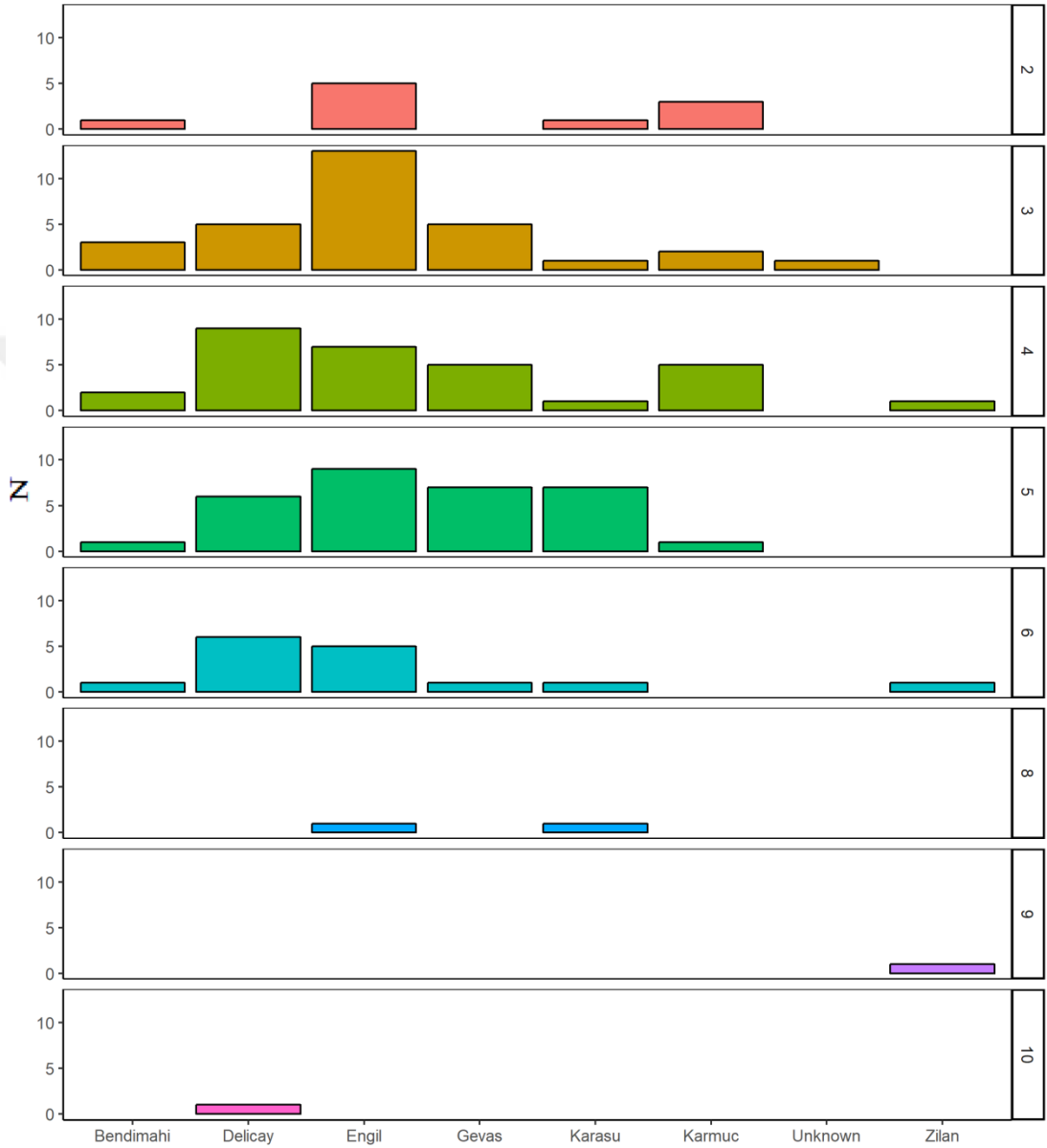


Şekil 3.48. İnci kefalı bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar



Şekil 3.49. Van Gölü inci kefalı bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar arasında birey sayısı dağılımı

Otolit kimyası ortaya çıkarılan Van Gölü inci kefalı bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlar belirlendikten sonra elde edilen bu bilgiler yaşlar ile örtüştürülmüştür (Şekil 3.50). Her bir yaş grubundaki balıklar yumurtadan çıktıkları habitatlara göre gruplandırılmış ve bu gruplardaki birey sayıları belirlenmiştir.

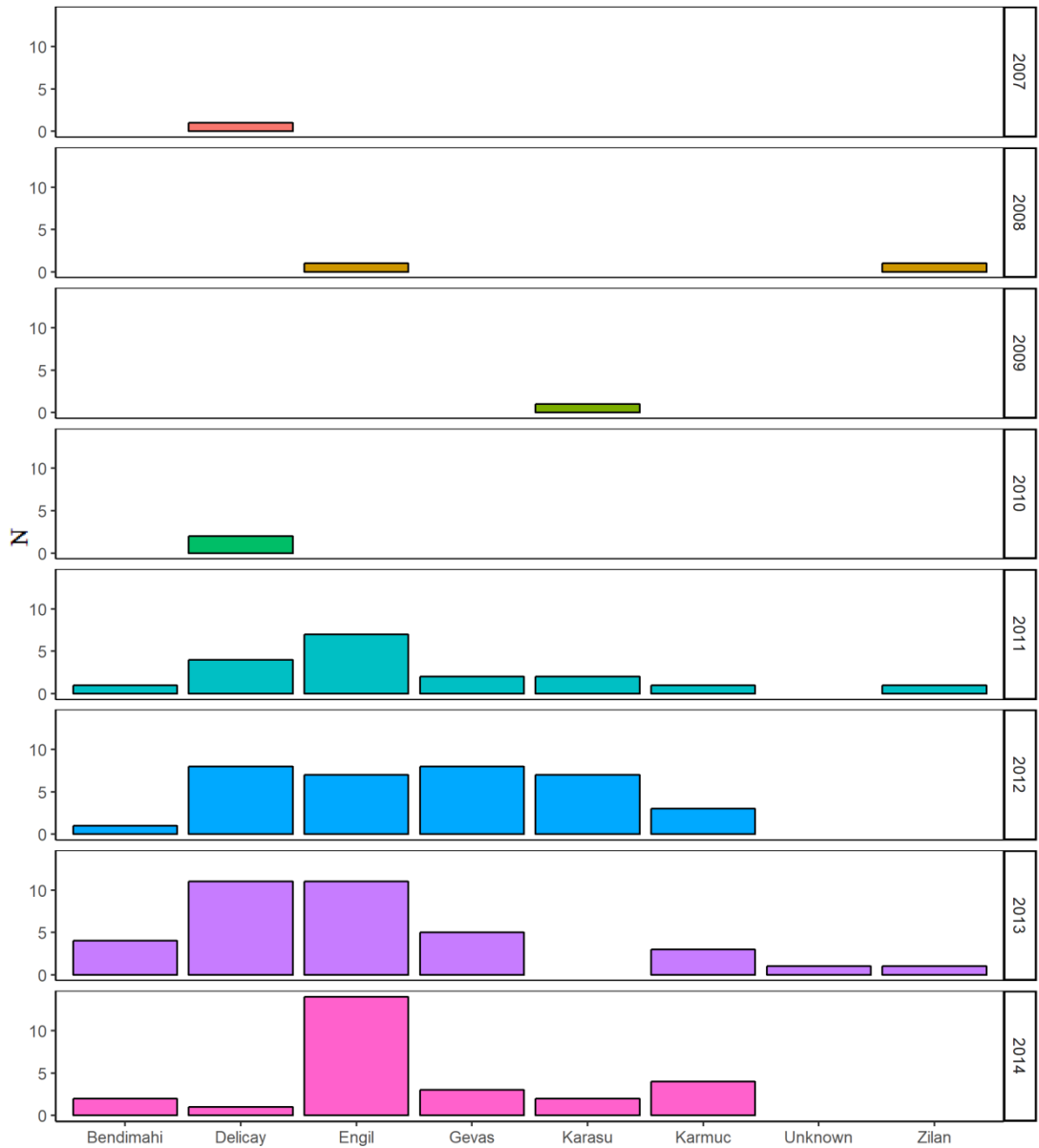


Şekil 3.50. Yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen Van Gölü inci kefalı bireylerinin yaş dağılımı (N: Balık sayısı, Unknown: Belirlenemeyen)

Örnekleme tarihi ve Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylerin tamamı dikkate alındığında Van Gölü stoğuna son üç yılda Zilan Çayı'ndan, son iki yılda ise Gevaş Deresi'nden hiç katılım olmamıştır. Daha önceki tarihlere gidildiğinde ise Gevaş Deresi ve Zilan Çayı'ndan stoğa katılım olduğu görülmektedir. Diğer

habitatlardan katılım ise farklı dağılımlar göstermektedir. II, III, V yaşındaki balıkların çoğunluğu Engil Çayı orjinli, IV ve VI yaşındaki balıkların çoğunluğu Deliçay orjinlidir. VIII yaşındaki balıklar ise Engil ve Karasu Çayı'ndan stoğa katılım gösterirken IX yaşındaki birey Zilan Çayı, X yaşındaki en yaşlı birey ise Deliçay'dan orjinlenmektedir. Bendimahi Çayı'ndan gelen balıklar II, III, IV, V ve VI yaş; Deliçay'dan stoğa katılan balıklar, III, IV, V, VI ve X yaş; Engil Çayı'ndan katılanlar II, III, IV, V, VI ve VIII yaş; Gevaş Deresi'nden katılım gösterenler, III, IV, V ve VI yaş; Karasu Çayı'ndan orjinlenenler, II, III, IV, V, VI ve VIII yaş; Karmuç Çayı'ndan gelenler, II, III, IV ve V yaş; Zilan Çayı'ndan stoğa katılanlar ise II, III, IV, V ve VI yaşlarında dağılım göstermektedir.

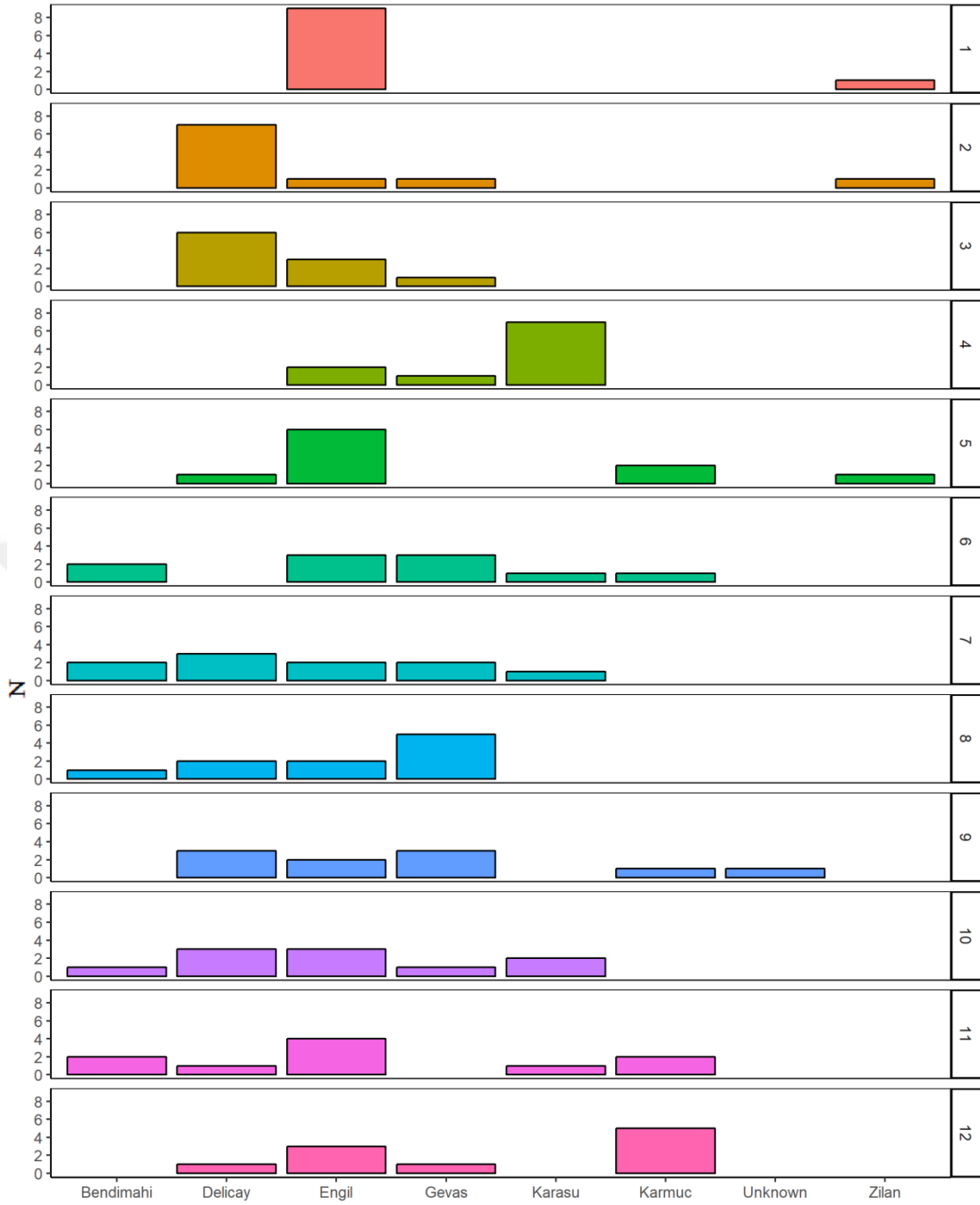
Van Gölü'nden örneklenen inci kefallerinin otolit kimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması ve yaş verileri ile birleştirilmesi yıllar arasında da balıkların orjinleri hakkında bilgi edinme imkânı sunmaktadır (Şekil 3.51). Her yıl sınıftaki inci kefalleri yumurtadan çıktıkları habitatlara göre gruplandırılmış ve bu gruplardaki birey sayıları tespit edilmiştir. Van Gölü'nden elde edilen 120 birey değerlendirildiğinde, 2014 yılında Van Gölü stoğuna en çok katılım Engil Çayı'dan, en az katılım ise Deliçay'dan olmuştur. Zilan Çayı'ndan ise herhangi bir katılım olmamıştır. 2013 yılında ise Karasu Çayı stoğa katkıda bulunmaz iken en çok katılım Deliçay ve Engil Çayı'ndan olmuştur. Karasu haricinde diğer habitatlardan da farklı oranlarda katılımlar olmuştur. 2012 yılında ise Zilan Çayı'ndan stoğa katılım olmazken, Bendimahi Çayı'ndan ve Karmuç Çayı'ndan az sayıda katılım, diğer habitatlardan ise birbirine yaklaşık oranlarda ve diğer habitatlara göre daha çok sayıda katılım gerçekleşmiştir. 2011 yılında Van Gölü stoğuna katılım en çok Engil Çayı'ndan olmuştur ve daha sonra da bunu Deliçay takip etmektedir. Diğer habitatlardan katılım az sayıda ve birbirine benzer oranlardadır. Elde edilen örnekleme 2010, 2009, 2008 ve 2007 yıllarında yumurtadan çıkan bireyler az sayıdadır. Örnekleme yer alan balıklar değerlendirildiğinde 2010 yılındaki balıklar Deliçay'da; 2009 yılındaki balıklar Karasu Çayı'nda; 2008 yılındaki balıklar, Engil Çayı ve Zilan Çayı'ndan; 2007 yılındaki balık ise Deliçay'da yumurtadan çıkmıştır.



Şekil 3.51. Yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen Van Gölü inci kefalı bireylerinin yıllara göre dağılımı

Van Gölü'nden elde edilen 120 inci kefalı bireyi her ay 10 birey olacak şekilde örneklenmiştir. Örnekleme Eylül 2016-Ağustos 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Yakalandıkları aylar dikkate alınarak inci kefalı bireyleri yumurtadan çıktıkları habitatlara göre gruplandırılmış ve ilgili aylardaki birey sayıları belirlenmiştir. Ocak ayında örneklenen balıkların büyük kısmı Engil Çayı'ndan çok az bir kısmı ise Zilan Çayı'ndan orjinlenmiştir. Diğer habitatlardan stoğa katılan balıklardan örneklenememiştir. Şubat ayında elde edilen inci kefallerinin çoğunluğu Delicay'dan stoğa katılırken Engil Çayı, Gevaş Deresi ve Zilan Çayı'ndan da katılımlar mevcuttur. Mart ayında örneklenen balıklar çoğunlukla

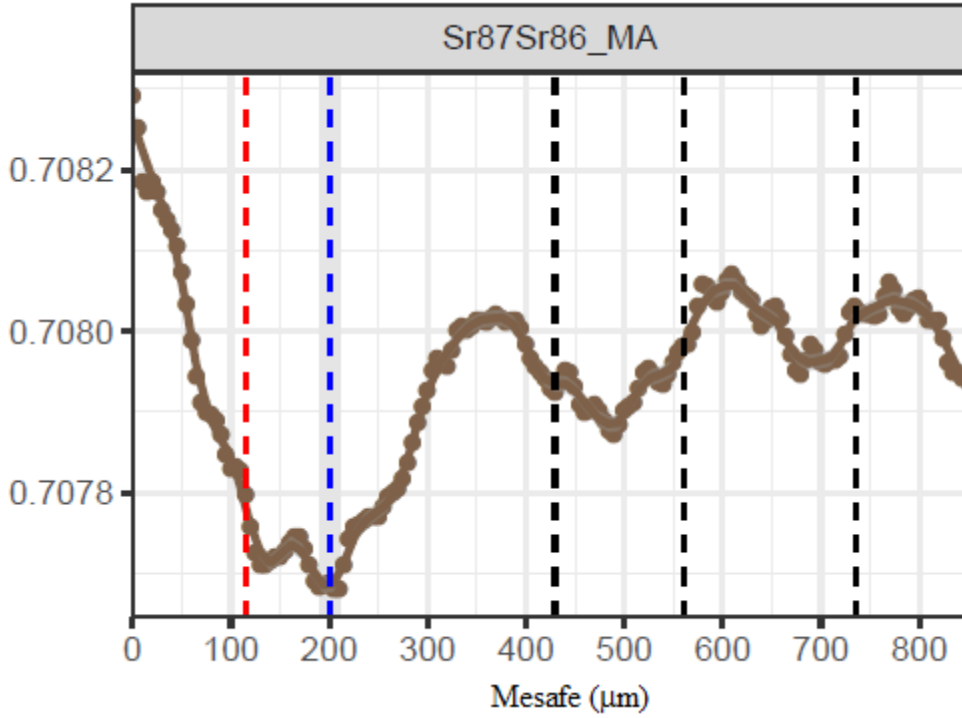
Deliçay'dan orjinli olup az sayıda örnek Engil Çayı ve Gevaş Deresi'nden, Nisan ayında örneklenen balıklar; Karasu çoğunlukta olup, Engil Çayı ve Gevaş Deresi'nden, Mayıs ayında örneklenenler; Engil Çayı çoğunlukta olup, Deliçay, Karmuç Çayı ve Zilan Deresi'nden de orjinlenen inci kefalleride mevcuttur. Haziran ayında örneklenen balıklar; Bendimahi, Engil Çayı, Gevaş Deresi, Karasu ve Karmuç çaylarından orjinlenmektedir. Temmuz ayı örnekleri; Bendimahi, Deliçay, Engil Çayı, Gevaş Deresi, Karasu Çayı'ndan, Ağustos ayı örnekleri; Bendimahi, Deliçay, Engil Çayı ve Gevaş Deresi'nden, Eylül ayı örnekleri; Deliçay, Engil Çayı, Gevaş Deresi ve Karmuç Çayı'ndan örneklenmiştir. Ayrıca hangi akarsuda yumurtadan çıktığı belirlenemeyen inci kefali bireyi de Eylül ayında (2016) yakalanmıştır. Ekim ayında elde edilen inci kefali bireyleri ise Bendimahi Çayı, Deliçay, Engil Çayı, Gevaş Deresi ve Karasu Çayı'ndan stoğa katılmışlardır. Kasım ayı örnekleri; Bendimahi Çayı, Deliçay, Engil Çayı, Karasu ve Karmuç Çayları'ndan, Aralık ayı örnekleri ise Karmuç çoğunlukta olmakla beraber Deliçay, Engil Çayı ve Karmuç Çayı'ndan stoğa katılan inci kefali balıklarıdır. Örneklendikleri aylar dikkate alınarak inci kefali bireylerinin yumurtadan çıktıkları habitatlara göre gruplanması ve bu gruplardaki birey sayıları Şekil 3.52'de mevcuttur. Dikey ekseninde 1'den 12'ye kadar yer alan numaralandırmalar Ocak ayından itibaren ayları temsil etmektedir (1: Ocak, 2: Şubat, 3: Mart, 4: Nisan, 5: Mayıs, 6: Haziran, 7: Temmuz, 8: Ağustos, 9: Eylül, 10: Ekim, 11: Kasım, 12: Aralık).



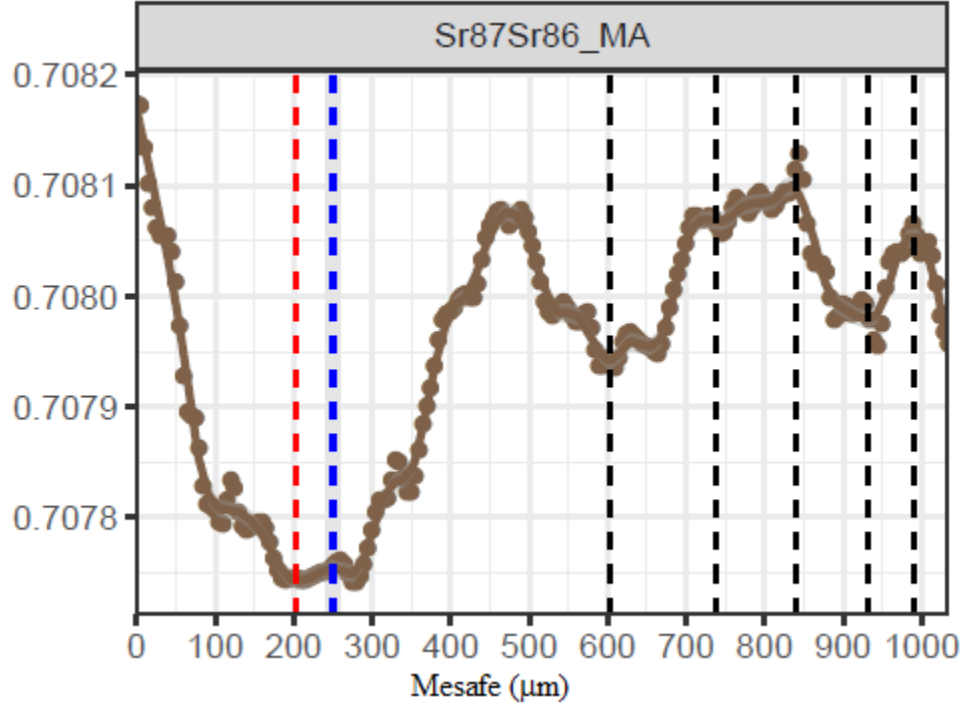
Şekil 3.52. Yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen inci kefali bireylerinin örneklendikleri aylara göre dağılımı

Stronsiyum izotop oranlarına ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) bakılarak ve otolit kimyasal özelliklerinden yararlanılarak yumurtadan çıktıkları habitatları belirlenen inci kefali bireylerinin geriye dönük olarak Van Gölü stoğuna en çok hangi habitatından katılım olduğu belirlenmiş, yumurtadan çıktıkları yıllar ve aylar, bu yıl ve aylardaki birey sayıları da tespit edilmiştir. Yaş gruplarına göre de katılımlar tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra Van Gölü'nden örneklenen inci kefali ergin bireylerinin

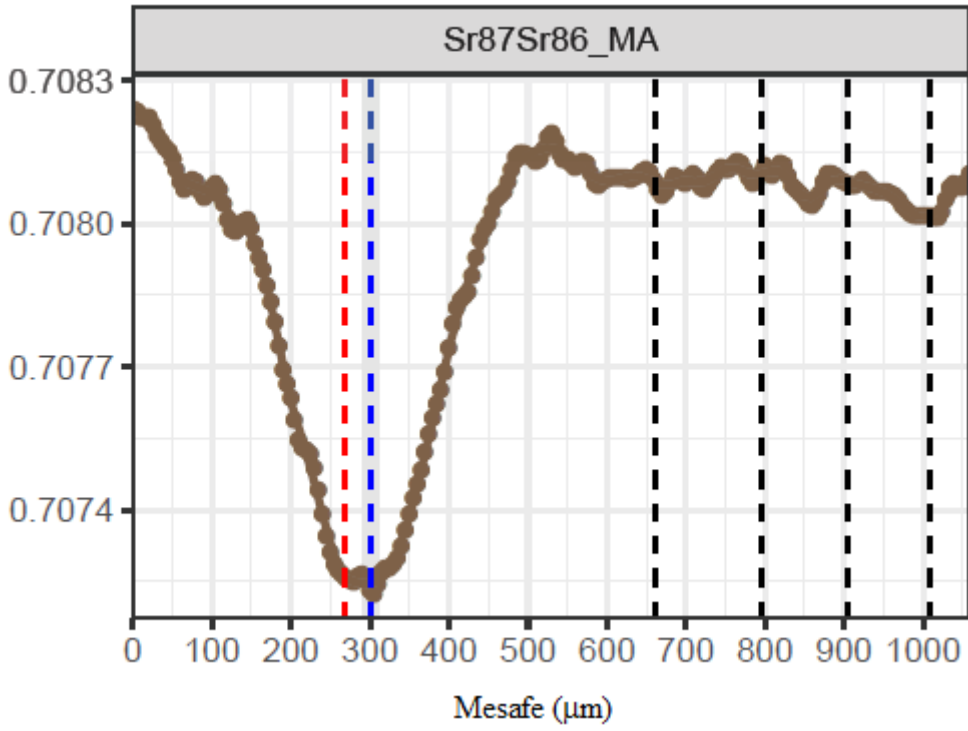
otolitlerindeki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element analizleri grafiksel olarak R-Studio analiz programı ile çizdirilmiştir. İzotop oranları değişimleri çizilirken mavi çizgi natal orjini göstermektedir. Kesikli çizgiler ve grafik sonundaki çizgi ise yaşları temsil etmektedir. Tüm bu analizler ve gösterimler Van Gölü'nden örneklenen 120 ergin inci kefali bireylerinin hepsi için gerçekleştirilmiştir. Van Gölü'ne dökülen akarsulardan orjinlenen inci kefali bireylerine ait stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sonuçları Şekil 3.53-68 sunulmuştur. Van Gölü'nden örneklenen farklı yaş grubu ve farklı habitatlardan orjinlenen 40 bireye ait stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve iz element analizi sonuçlarının grafiksel gösterimleri Ek 1'de sunulmuştur.



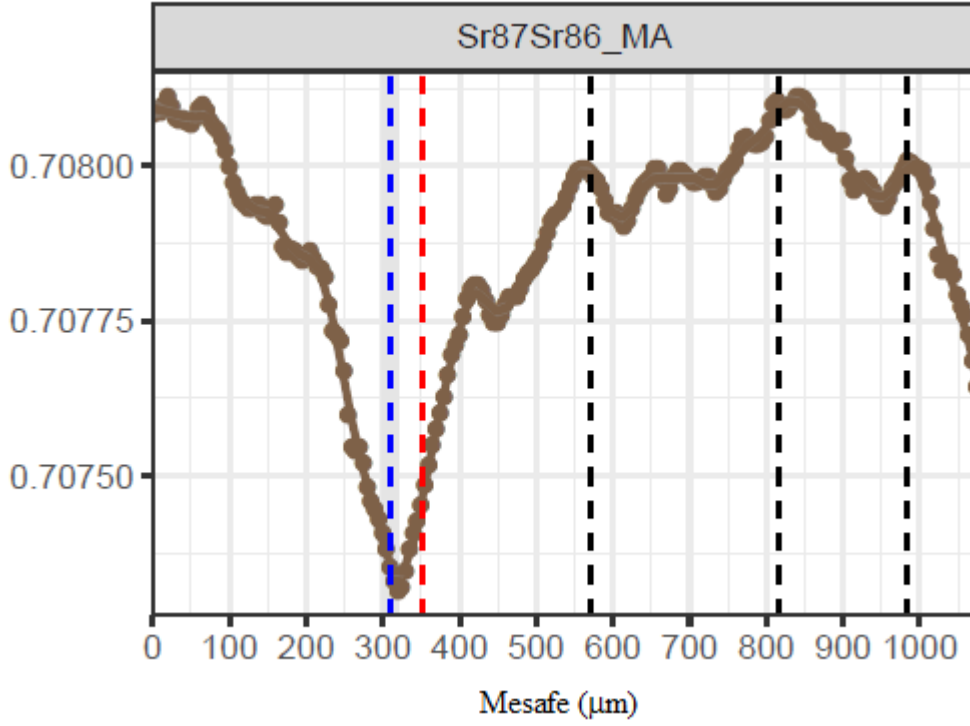
Şekil 3.53. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 53)



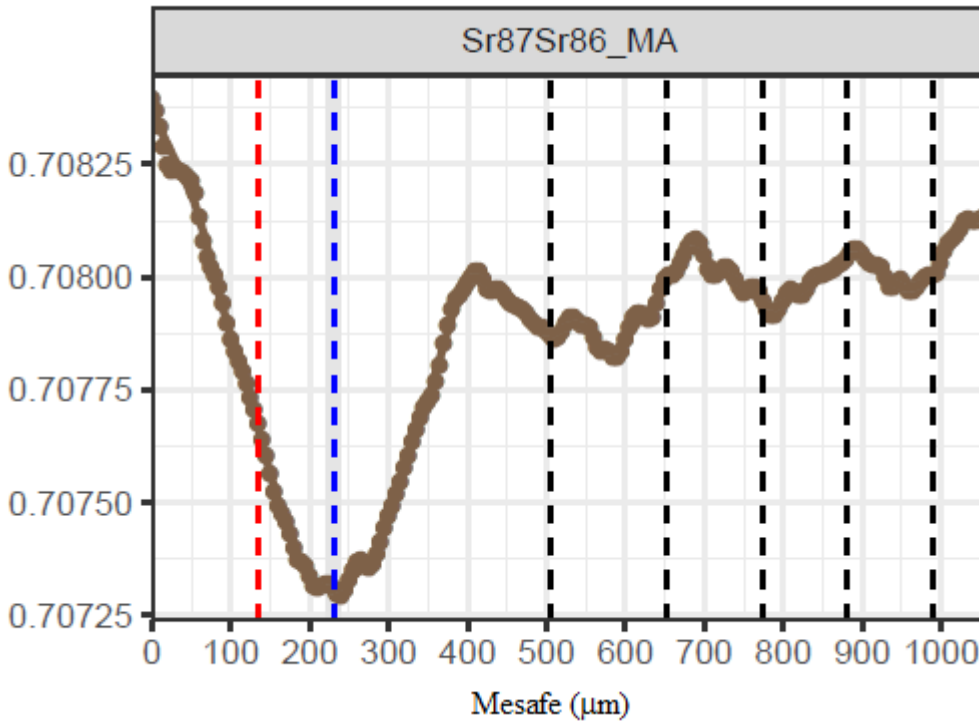
Şekil 3.54. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 69)



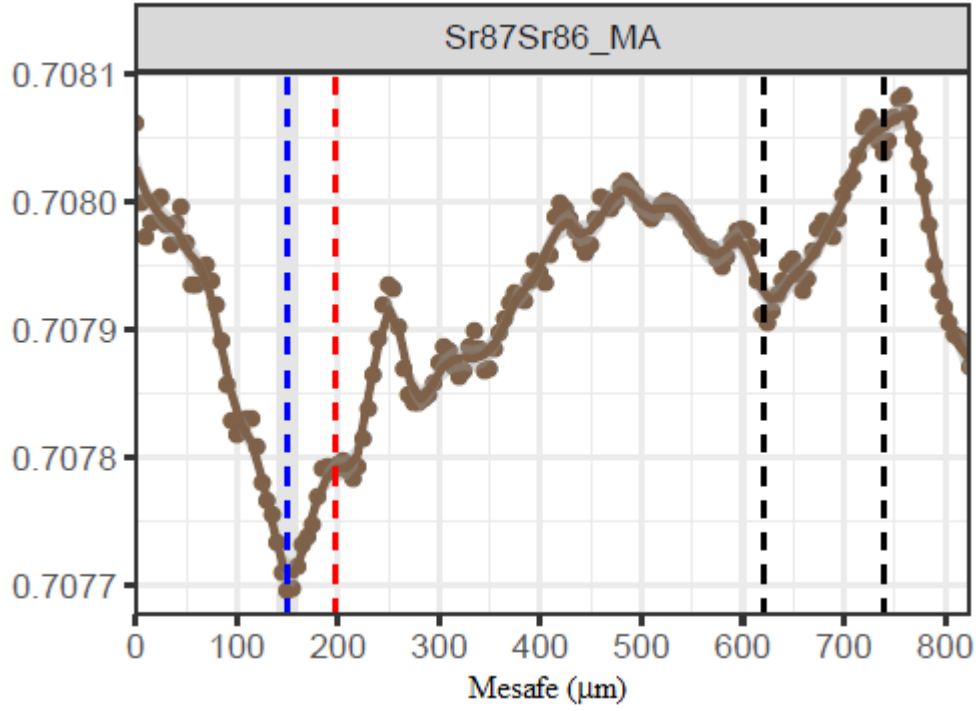
Şekil 3.55. Deliçay'dan yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 65)



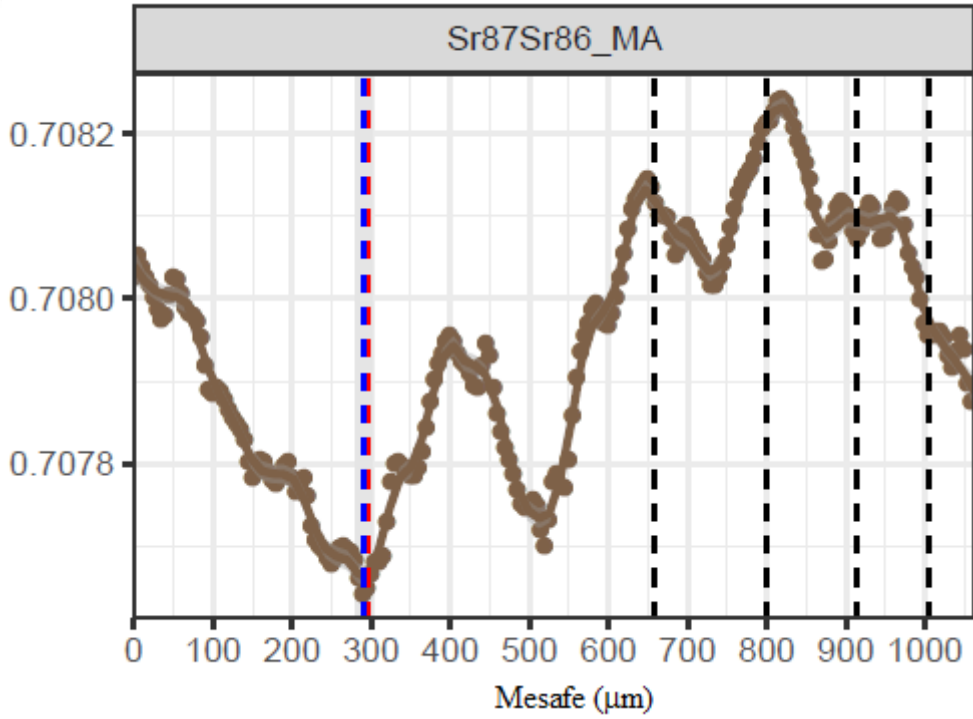
Şekil 3.56. Deliçay'dan yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 67)



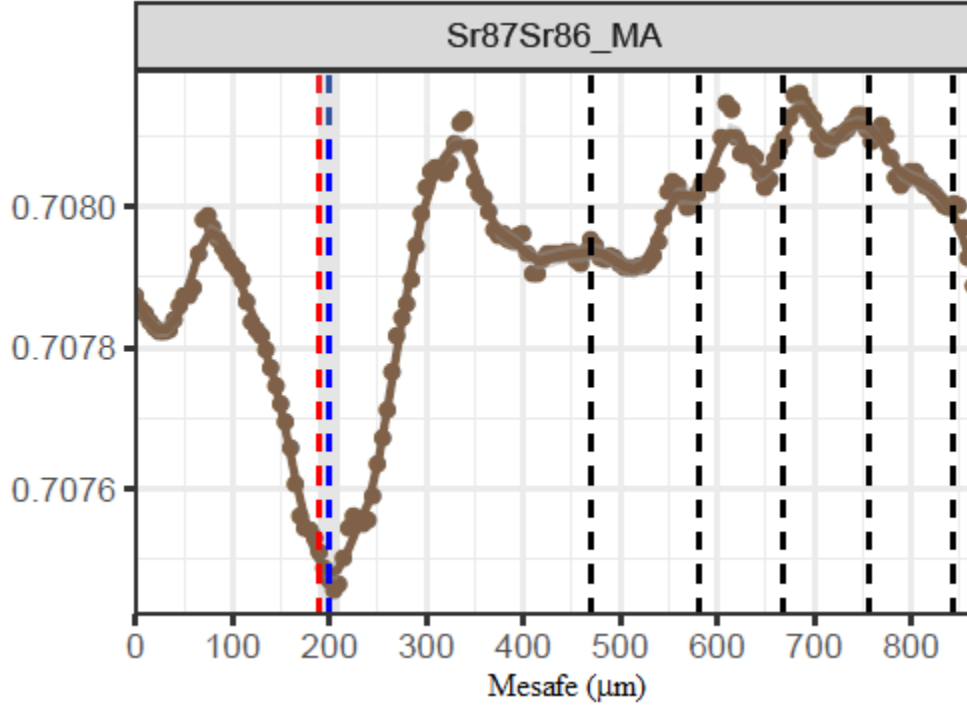
Şekil 3.57. Deliçay'dan yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 79)



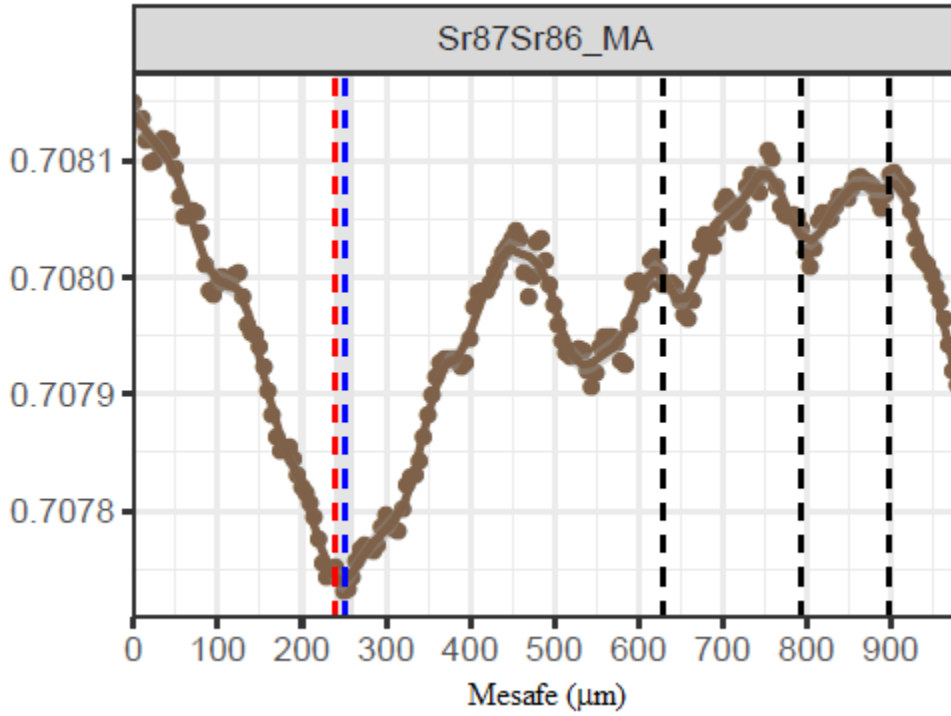
Şekil 3.58. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 30)



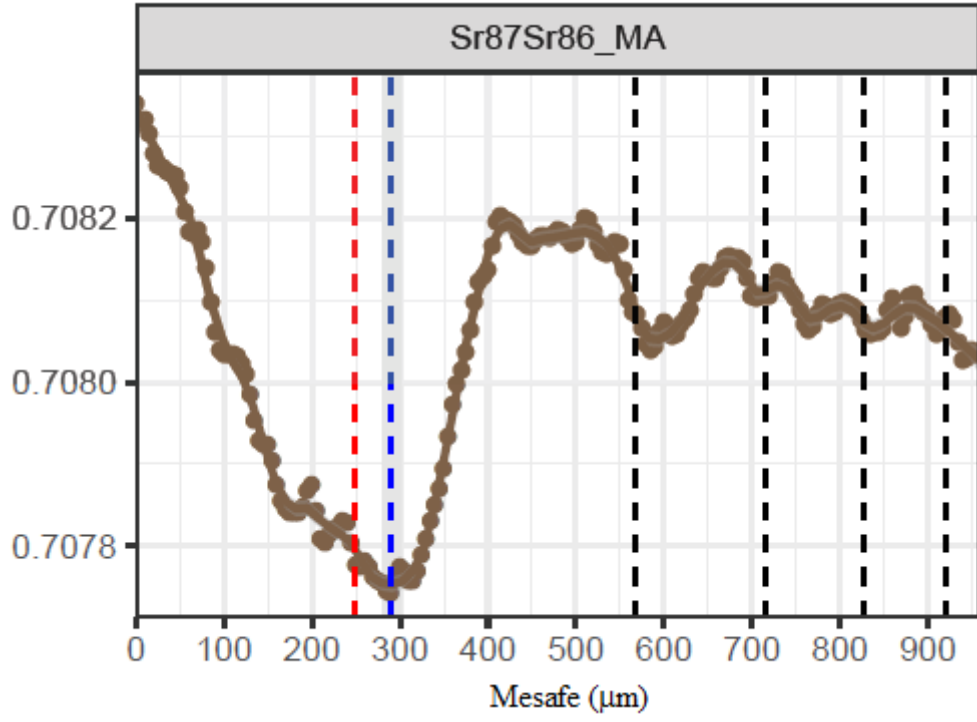
Şekil 3.59. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 47)



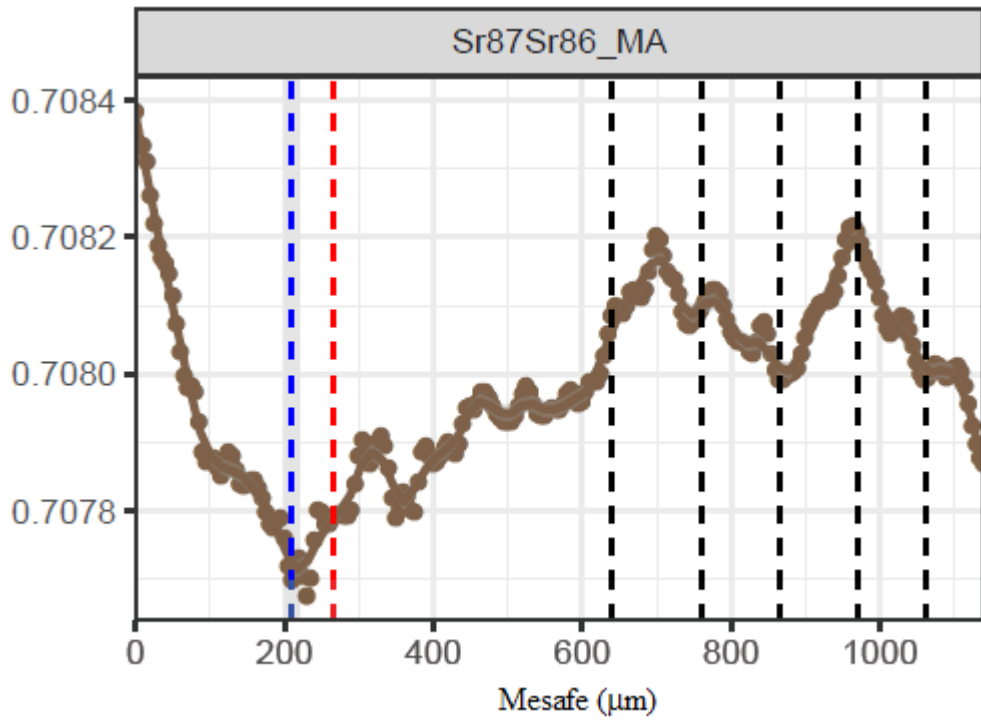
Şekil 3.60. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 80)



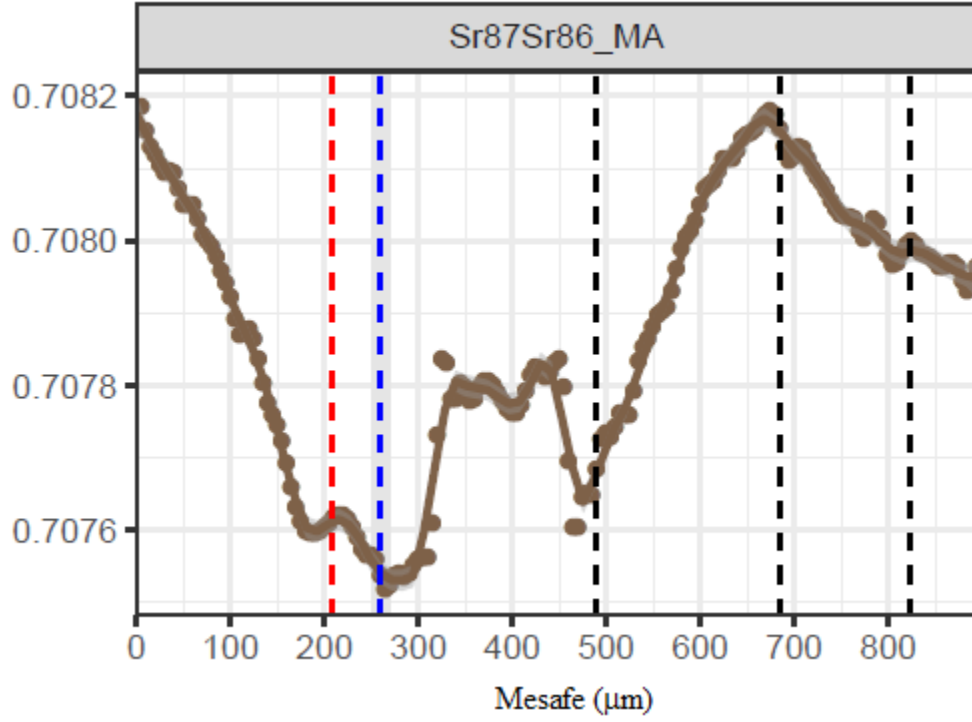
Şekil 3.61. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 13)



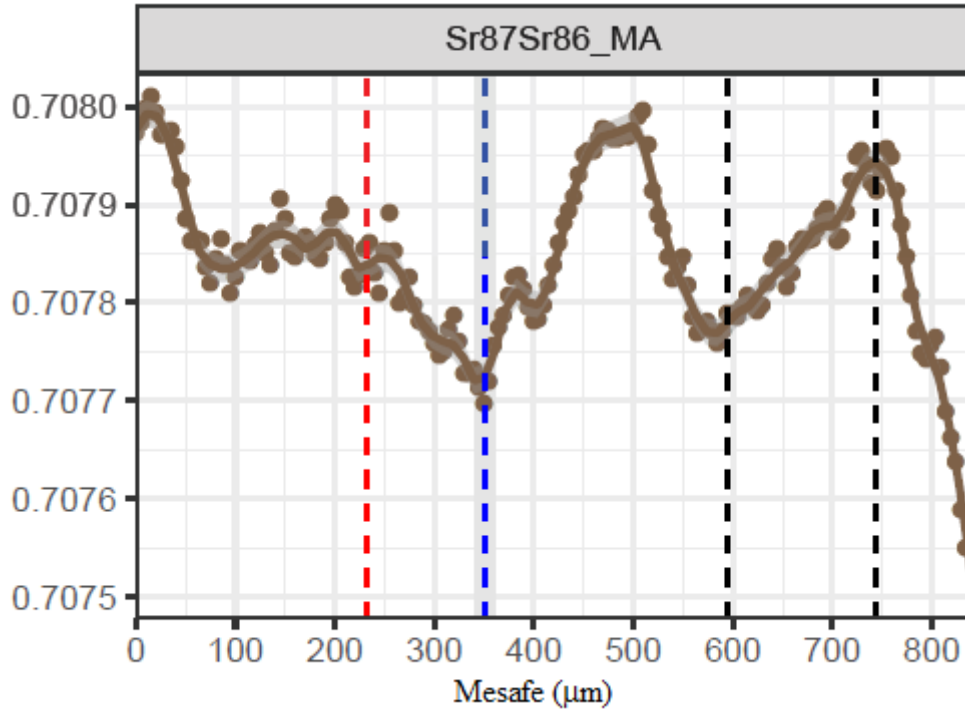
Şekil 3.62. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 66)



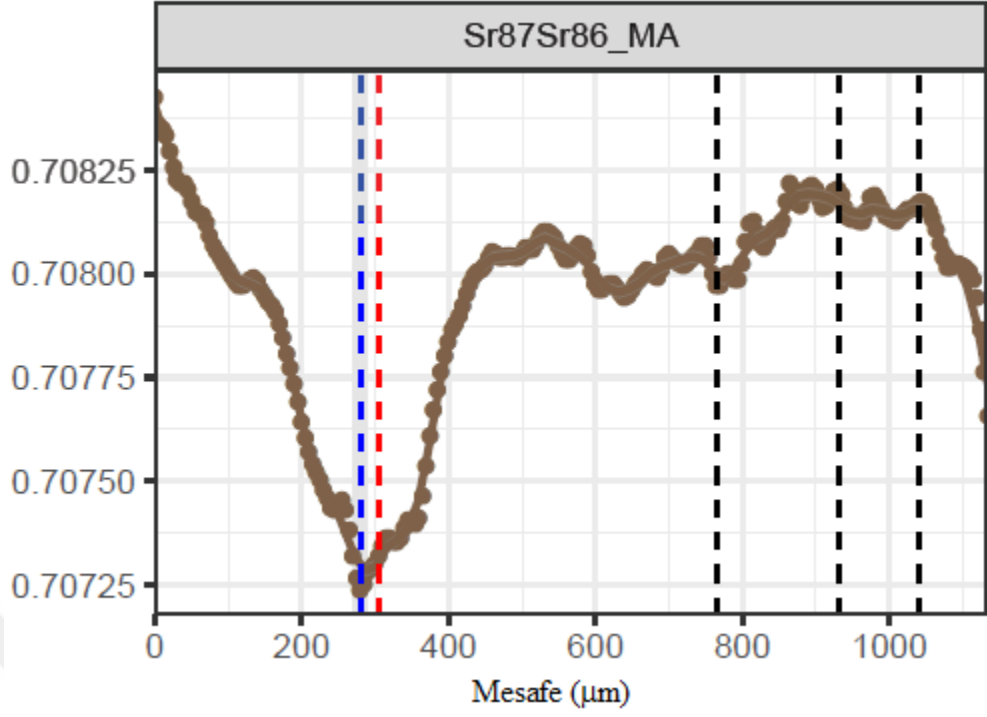
Şekil 3.63. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 75)



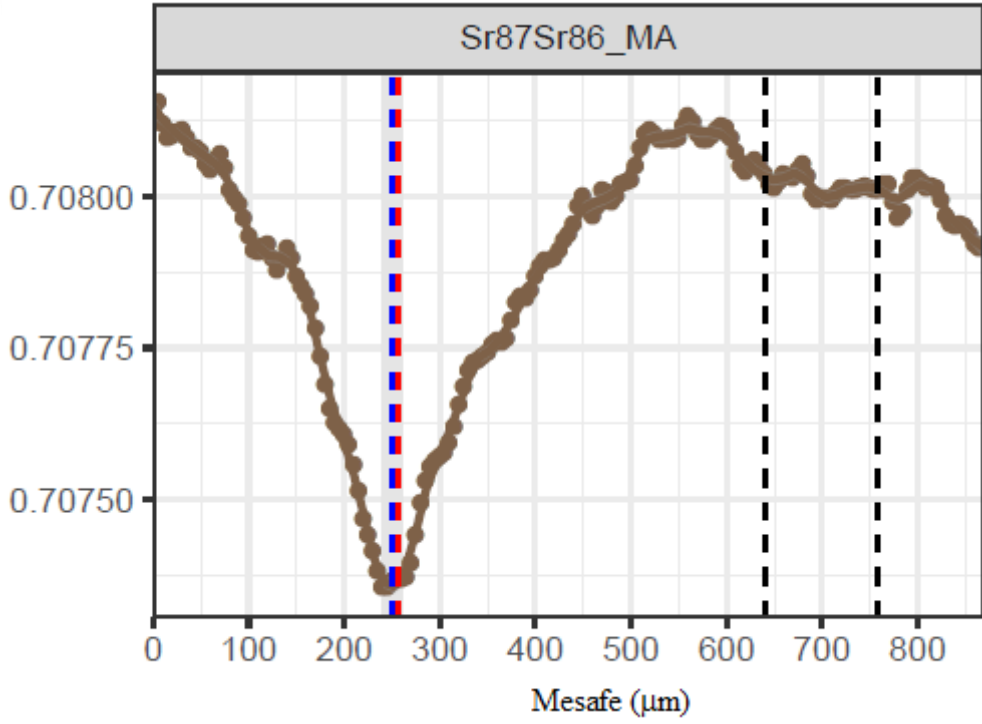
Şekil 3.64. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 59)



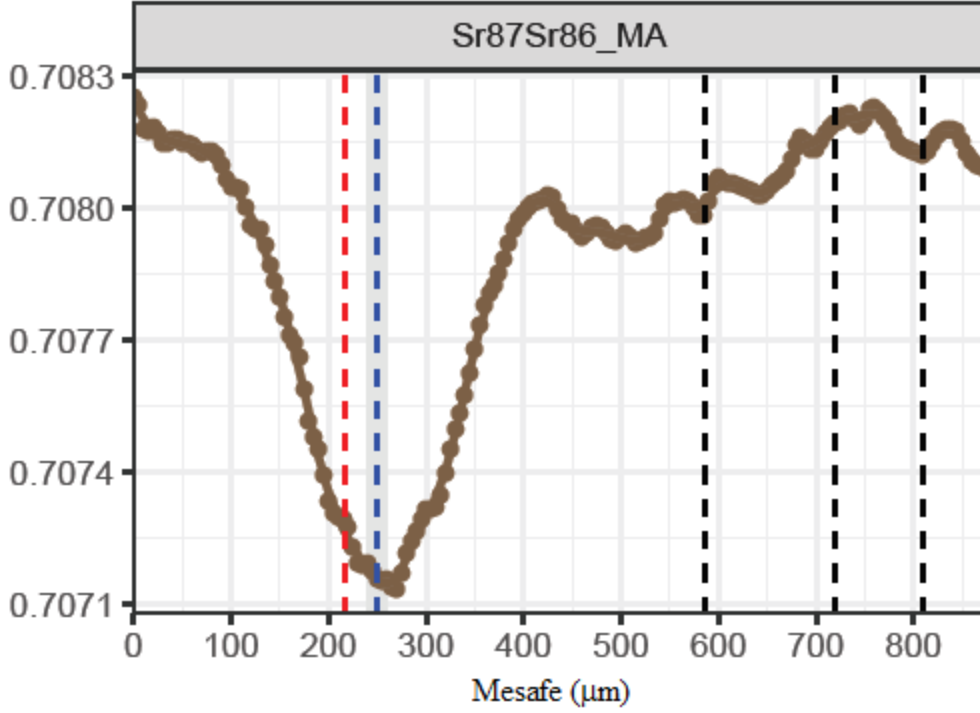
Şekil 3.65. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 110)



Şekil 3.66. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 50)

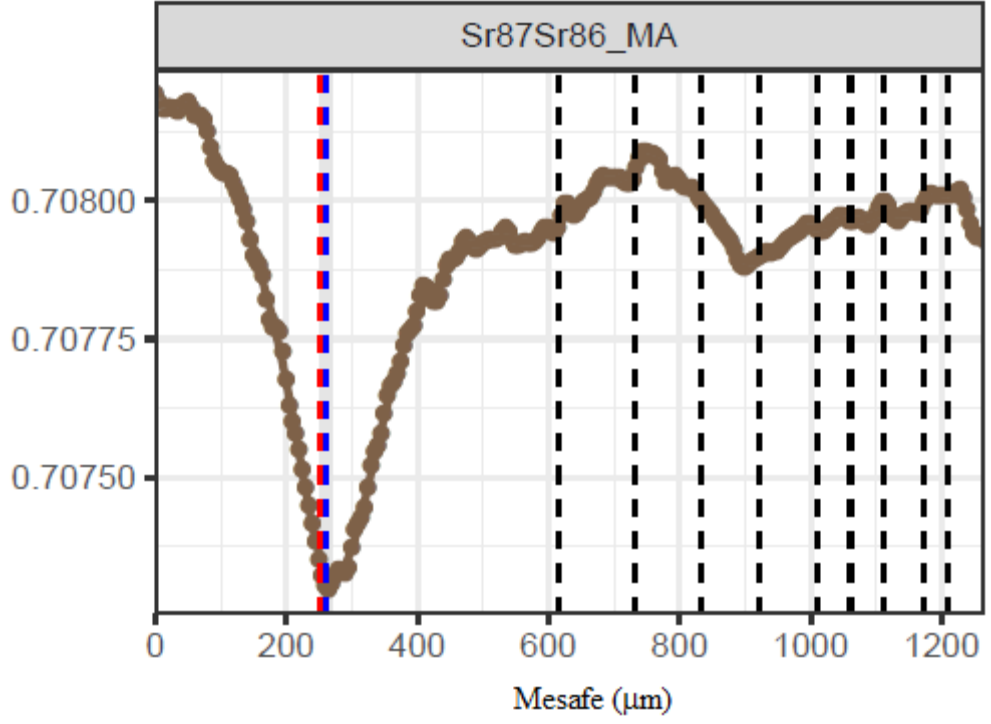


Şekil 3.67. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 51)

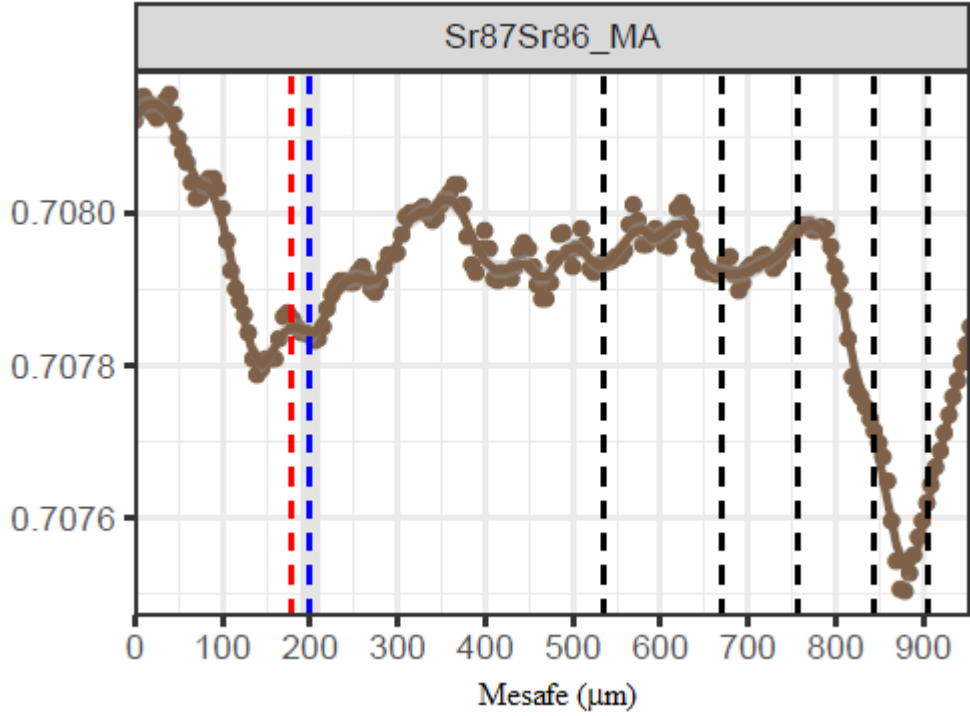


Şekil 3.68. Zilan Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolit boyunca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 48)

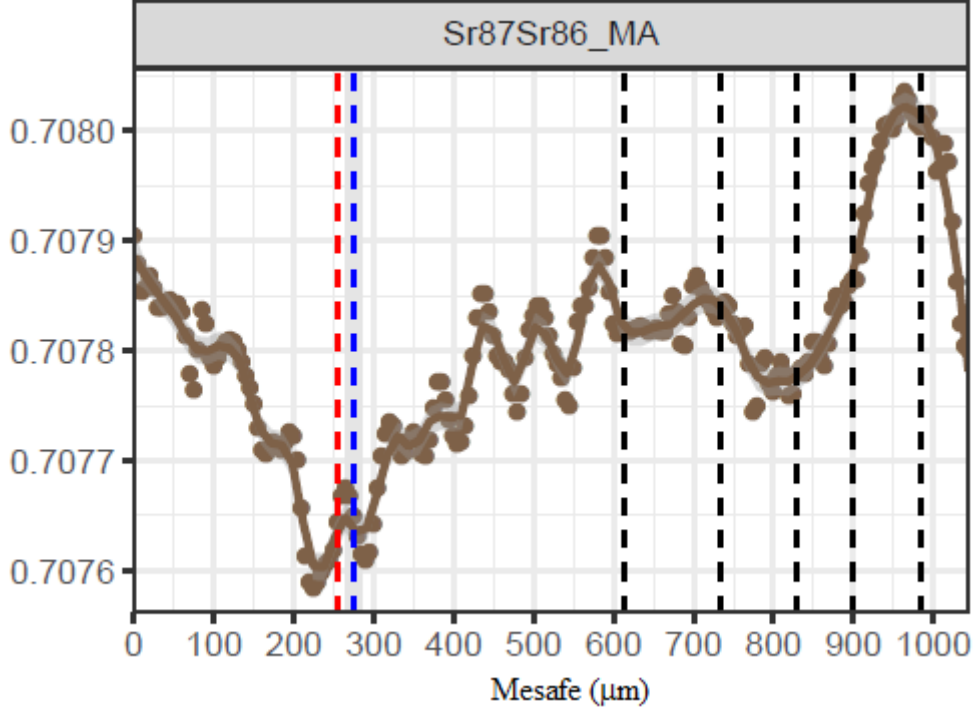
Van Gölü'nden örneklenen ergin inci kefali bireylerinin otolit stronsiyum izotop oranı değerlerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değişimi incelendiğinde; türün yumurtadan çıktıkları habitatlardan farklı habitatlara üremek için göç ettikleri belirlenmiştir. Tüm örneklerde bu durum net olarak gözlenememiştir. Deliçay'da yumurtadan çıkan bireyin yaşam döngüsünde üremek için Gevaş Deresi'ni tercih ettiği belirlenmiştir (Şekil 3.69). Van Gölü stoğuna Gevaş Deresi'nden katılan ancak üreme dönemi içerisinde Bendimahı Çayı'na göç gerçekleştiren (Şekil 3.70), Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan ve üremek için Engil Çayı'nı tercih eden inci kefali bireyleri de (Şekil 3.71) tespit edilmiştir.



Şekil 3.69. Deliçay’da yumurtadan çıkan üreme göçünde Gevaş Deresi’ni tercih eden inci kefalı bireyinin otolit $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 11)



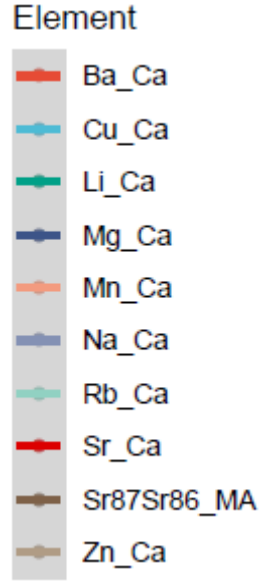
Şekil 3.70. Gevaş Deresi’nde yumurtadan çıkan üreme göçünde Bendimahı Çayı’nı tercih eden inci kefalı bireyinin otolit $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 70)



Şekil 3.71. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan üreme göçünde Engil Çayı'nı tercih eden inci kefali bireyinin otolit $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları değişimi (Örnek No: 98)

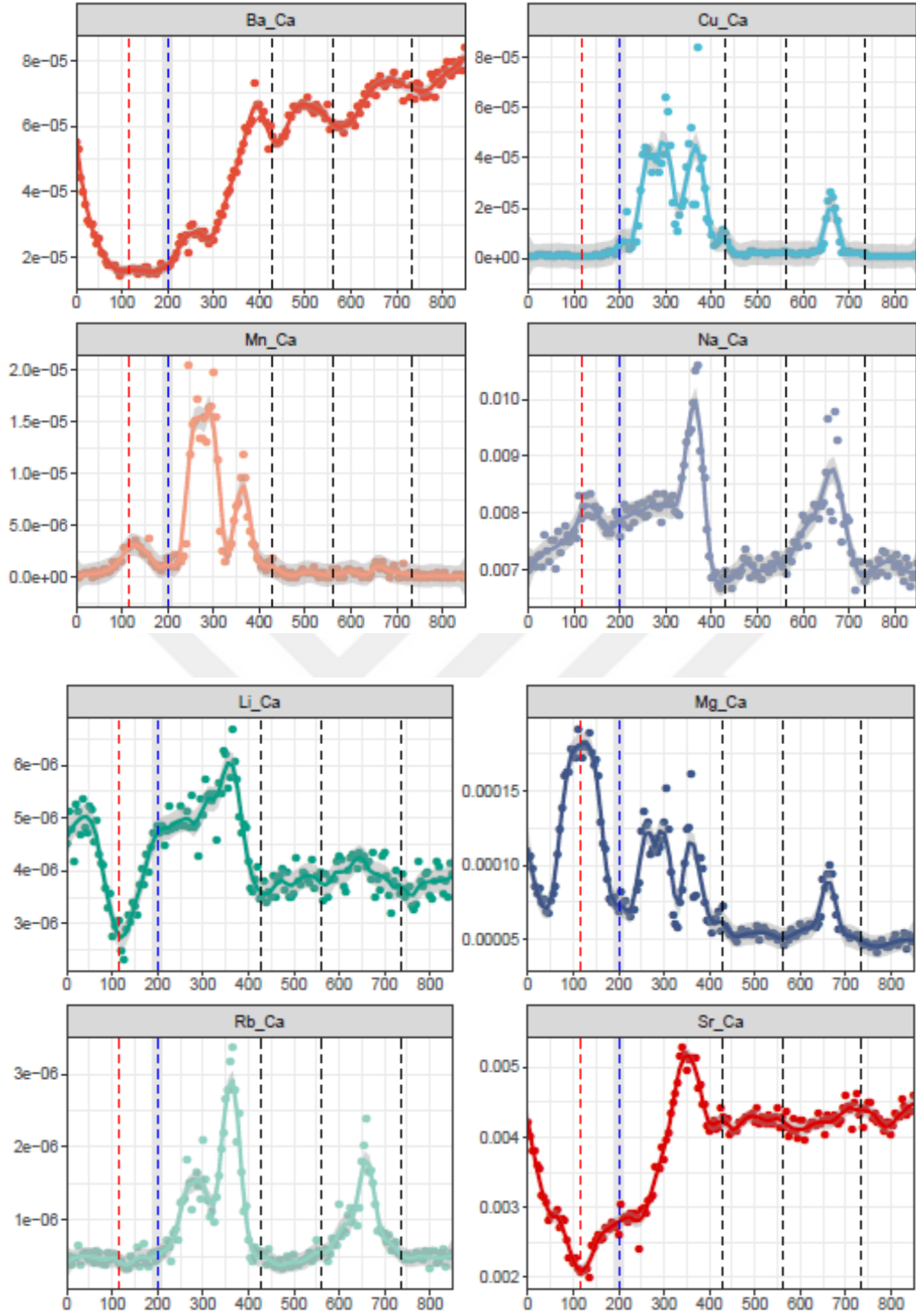
3.9. A. *tarichi* Otolitlerinin İz Element Analizi Sonuçları

Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylere ait otolitlerin kimyasal özellikleri ortaya çıkarılırken stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yanısıra iz elementleri de belirlenmiştir. Ancak iz elementlerin otolitlerdeki miktarı tek başına değil otolitte mevcut olan kalsiyum miktarına oranlanarak hesaplanmıştır. Tüm analizler sonucunda elde edilen oranlar ve bu oranların otolit boyunca (μm) değişimi belirlenmiştir. İz elementlerden değerlendirmeye alınan ve grafiksel olarak ifade edilenler Ba:Ca, Cu:Ba, Mn:Ca, Na:Ca, Li:Ca, Mg:Ca, Rb:Ca, Sr:Ca, Zn:Ca oranlarıdır. Mavi çizgiler stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümlerine göre natal orjini, kesikli çizgiler ve son dikey çizgi yaşları ifade etmektedir. Grafiklerdeki dikey eksenler otolitteki iz element oranlarının değişimini gösterirken, yatay eksen ise otolit mesafesini (μm) göstermektedir. Her bir elemente ait renklendirmeler ise Şekil 3.72'deki gibidir.

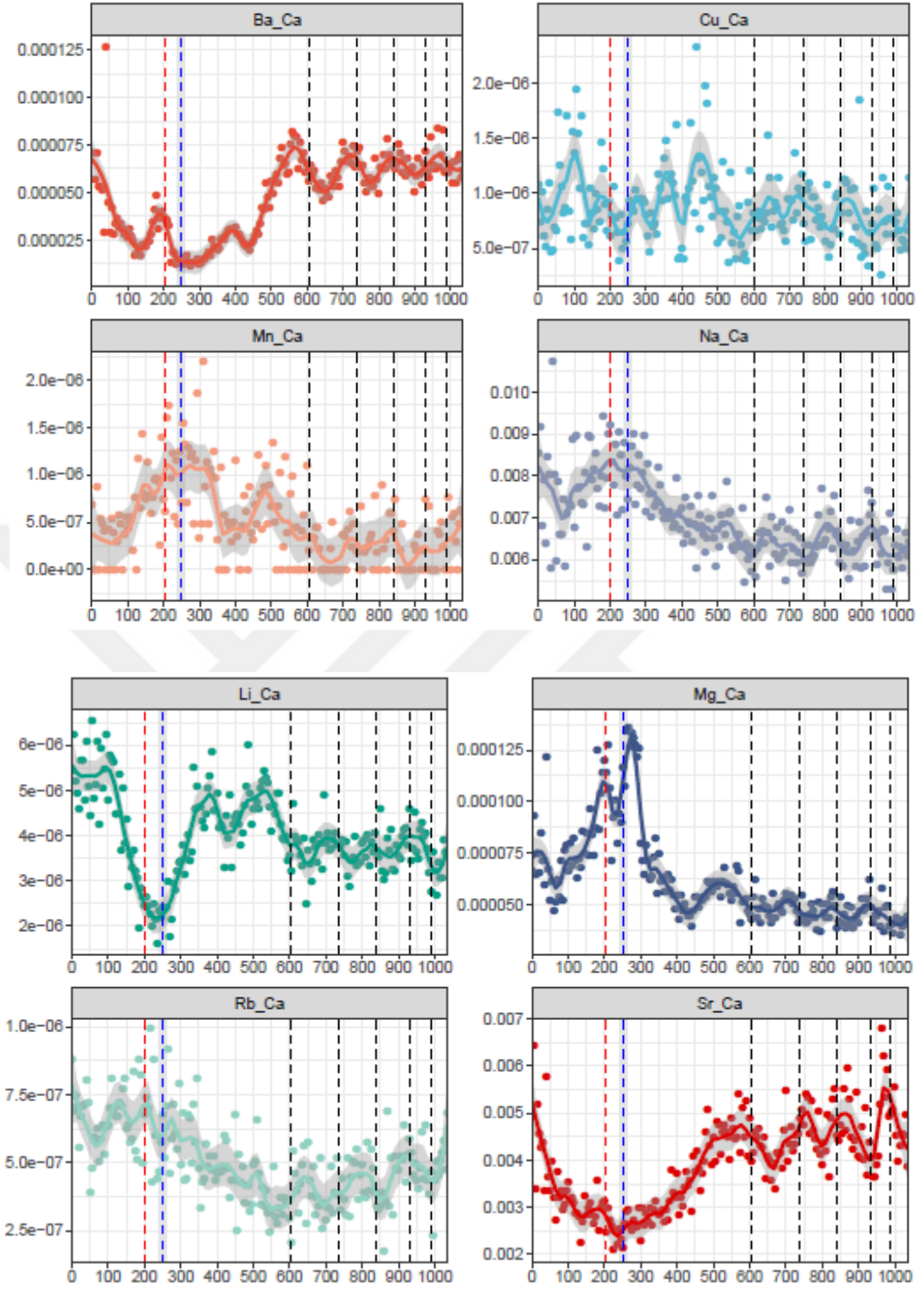


Şekil 3.72. Otolit kimyasında kullanılan oranların renklendirme skalası

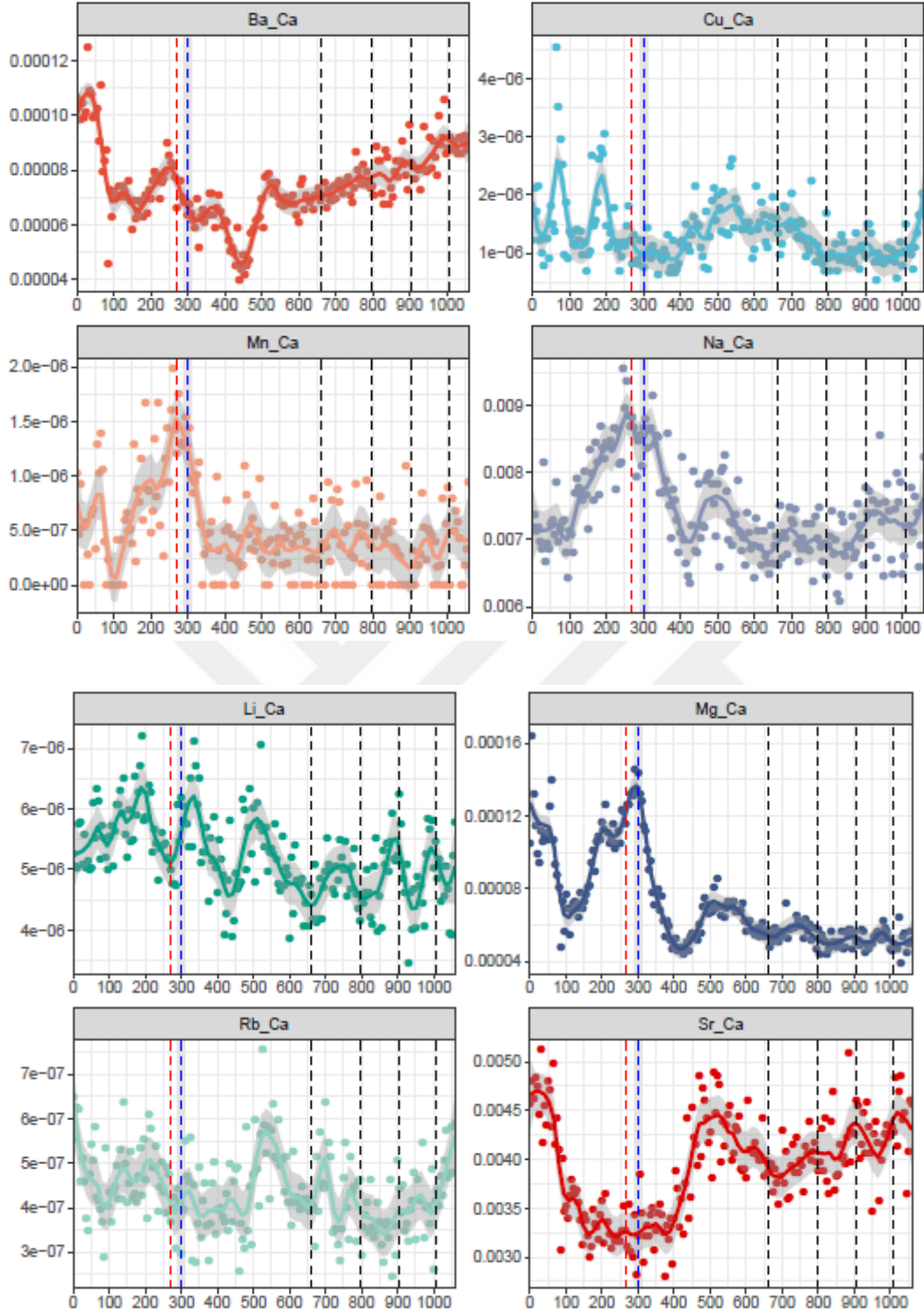
Stronsiyum izotop oranları sunulan örneklerin iz element oranları Şekil 3.73-88'da sunulmuştur. Van Gölü'nden örneklenen 40 bireye ait iz element analizi sonuçları Ek 1'de mevcuttur.



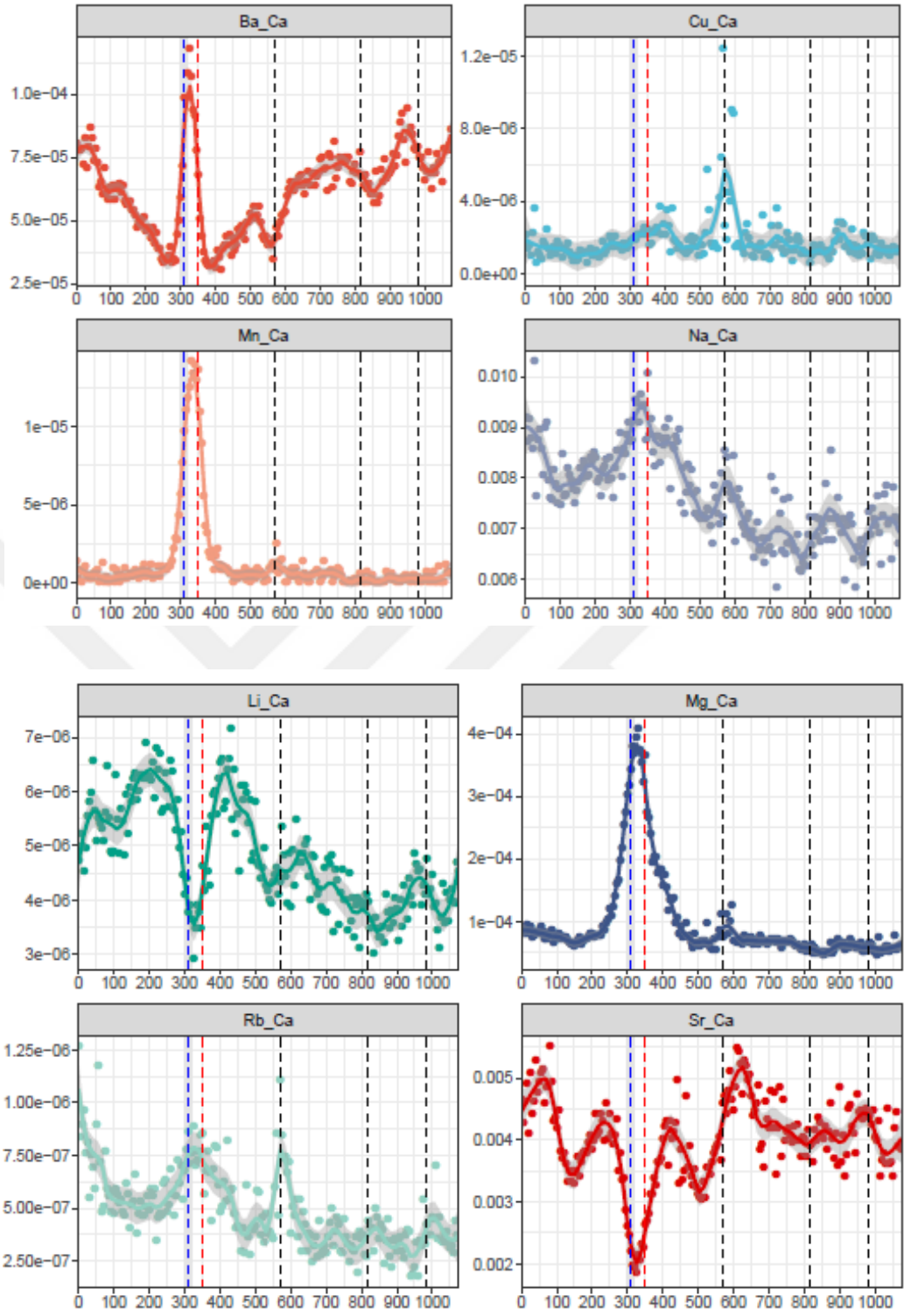
Şekil 3.73. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 53)



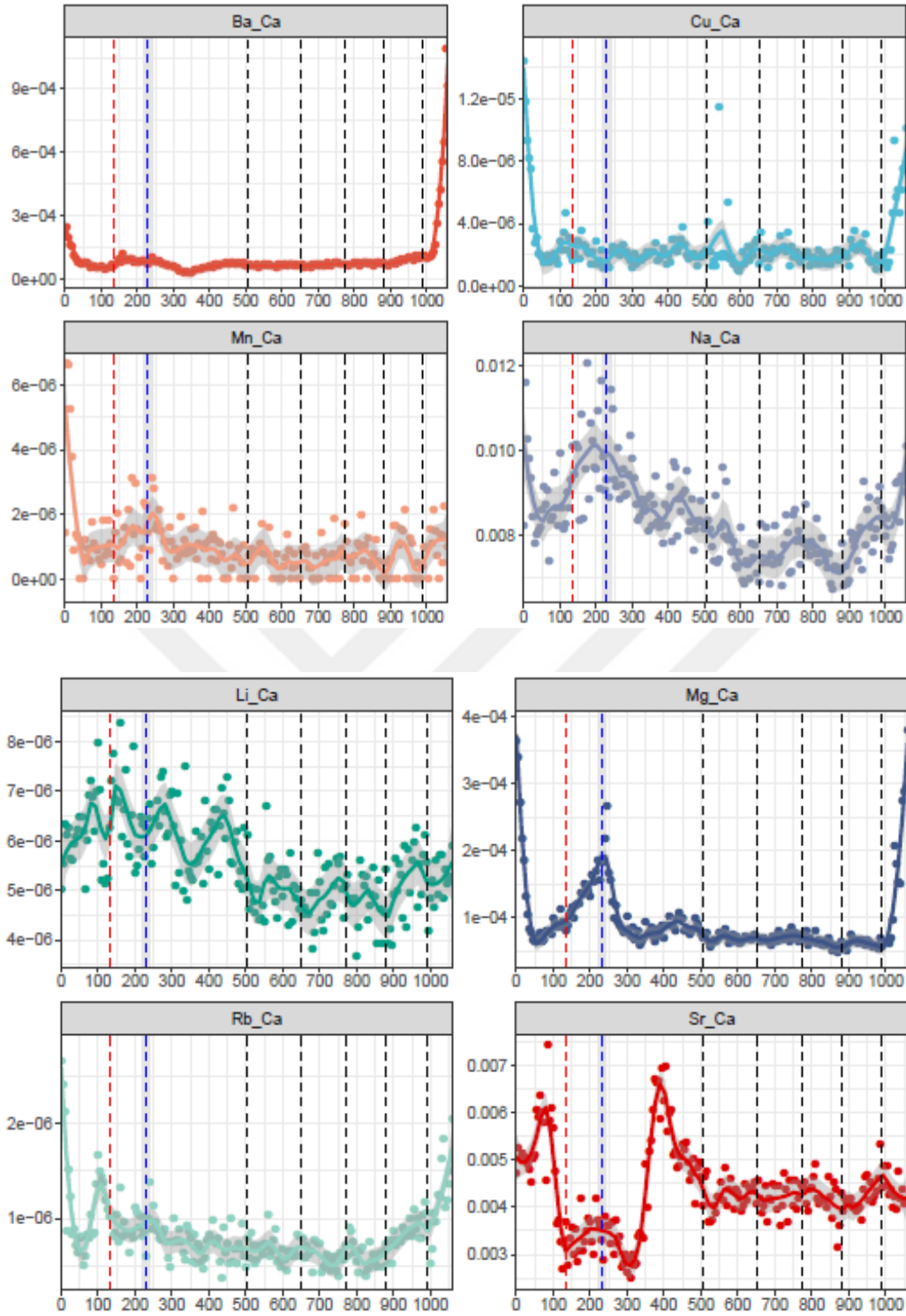
Şekil 3.74. Bendimahi Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 69)



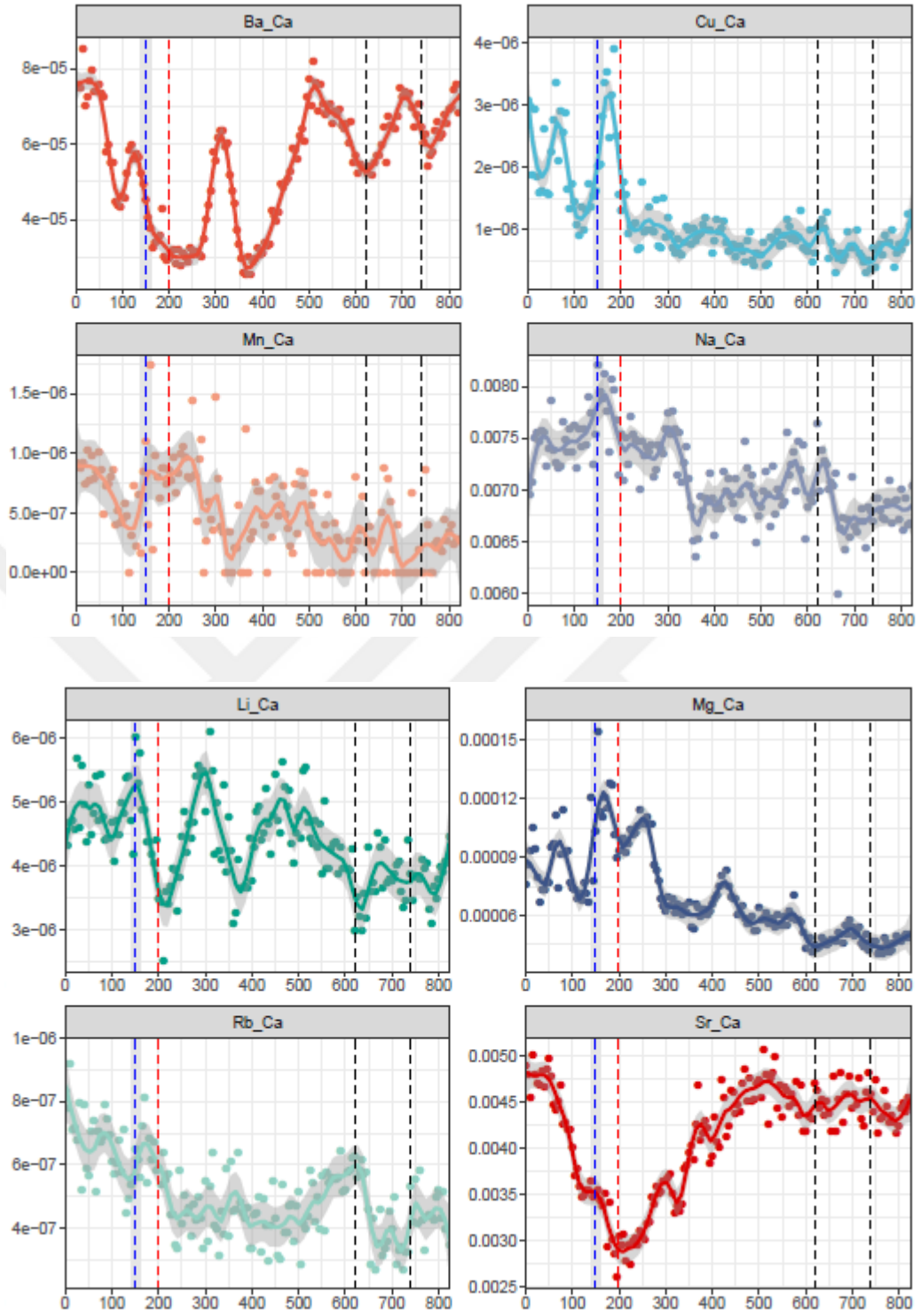
Şekil 3.75. Deliçay’da yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 65)



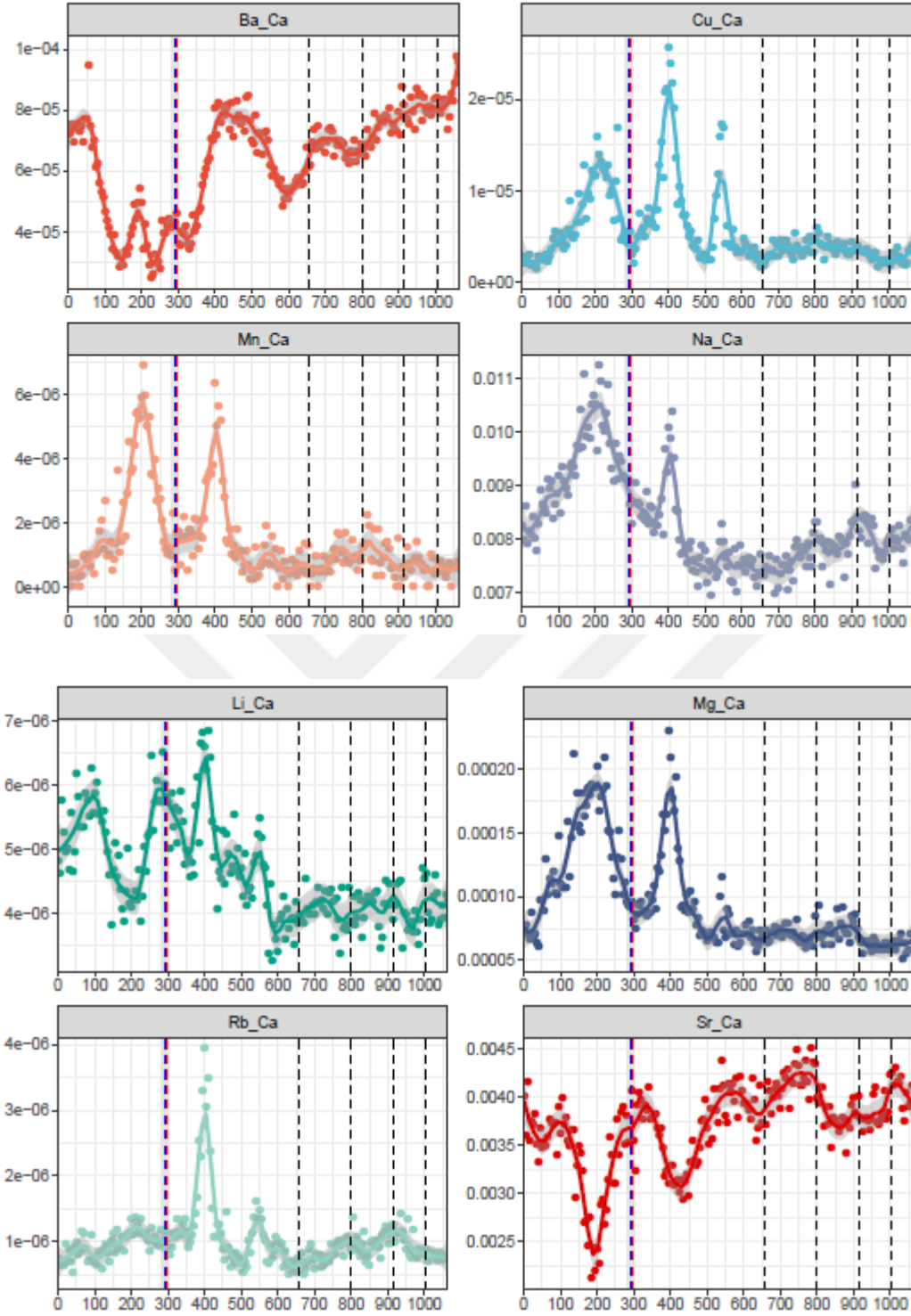
Şekil 3.76. Deliçay’da yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 67)



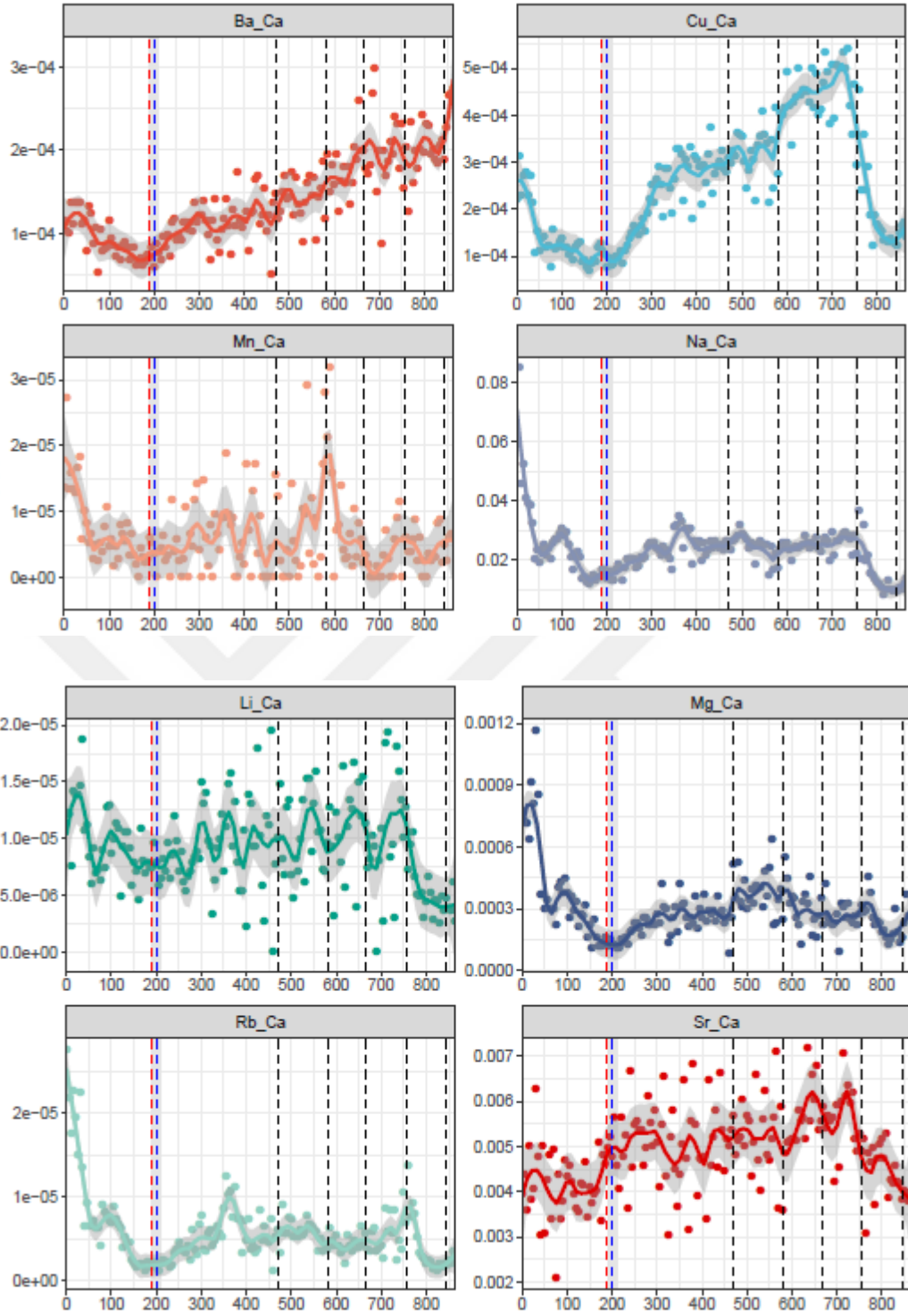
Şekil 3.77. Deliçay'da yumurtadan çıkan inci kefalı bireyin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 79)



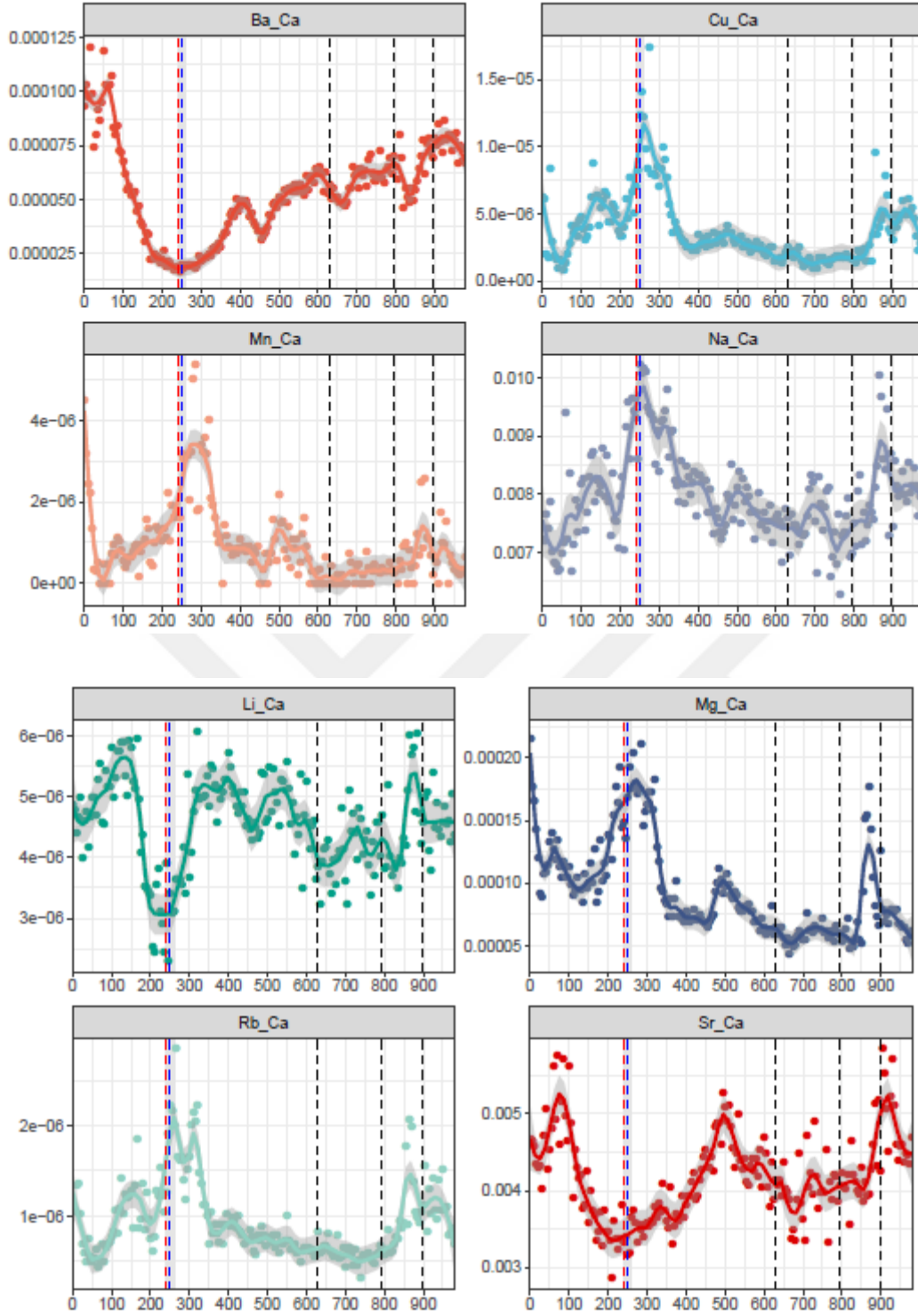
Şekil 3.78. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 30)



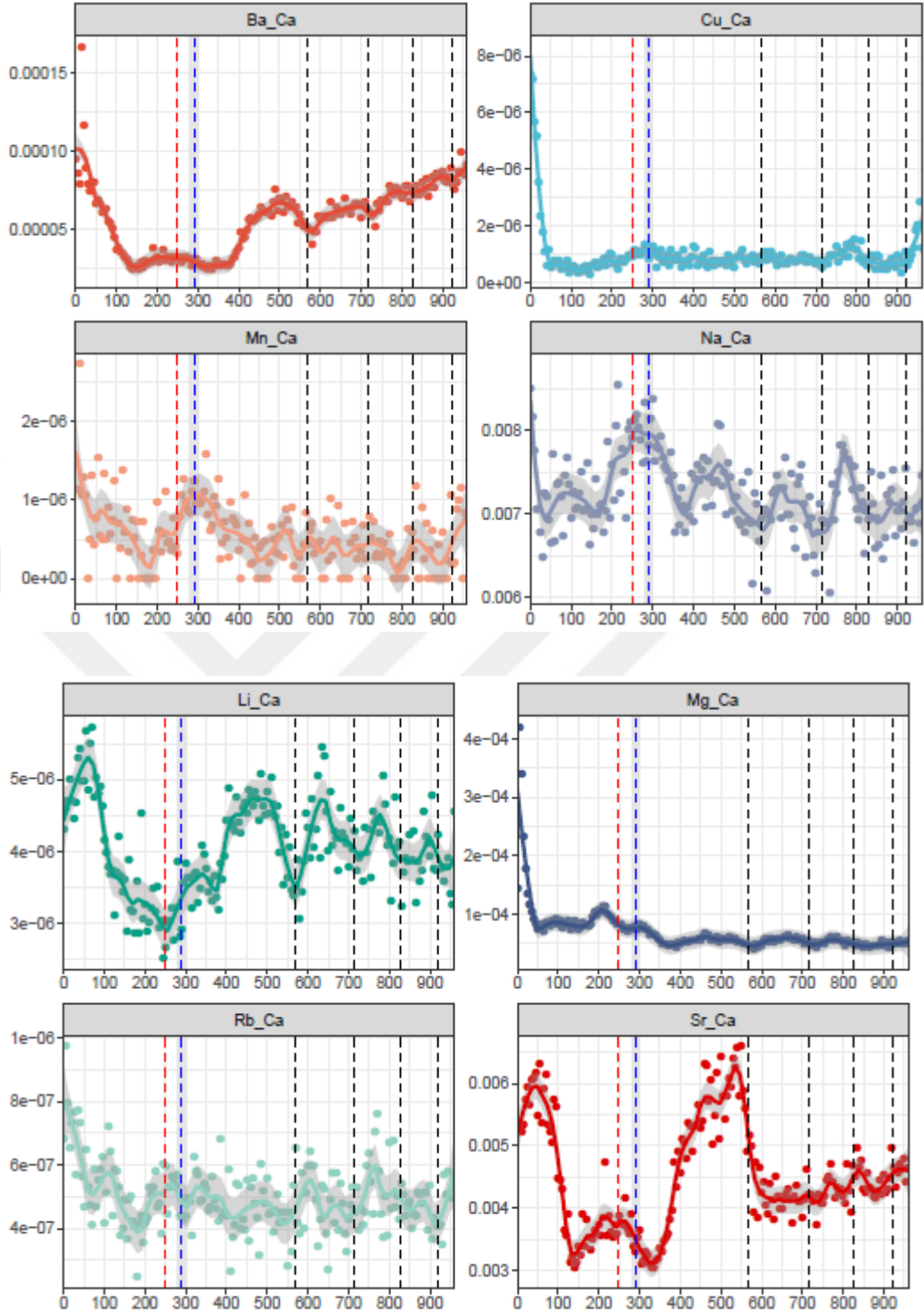
Şekil 3.79. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 47)



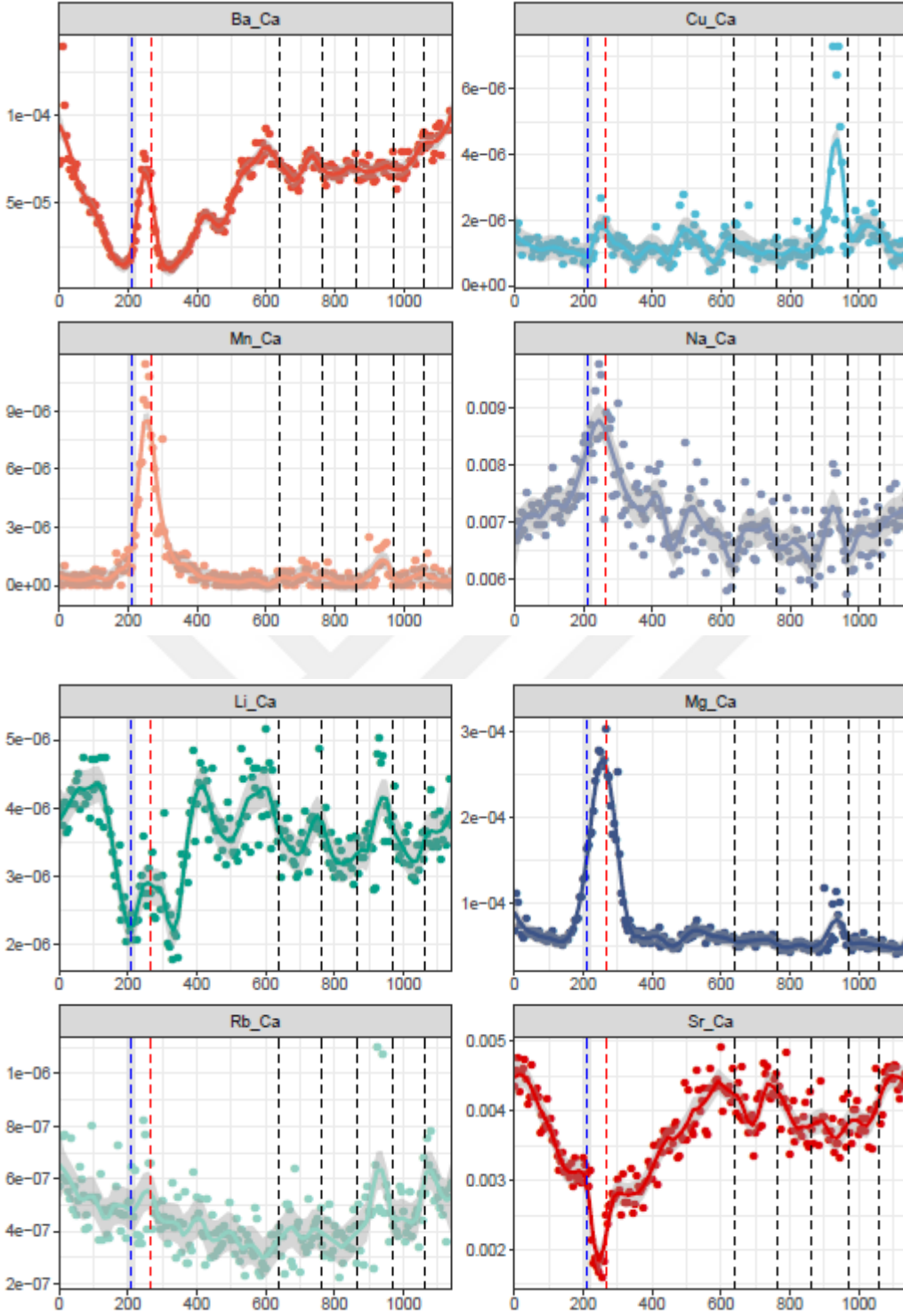
Şekil 3.80. Engil Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 80)



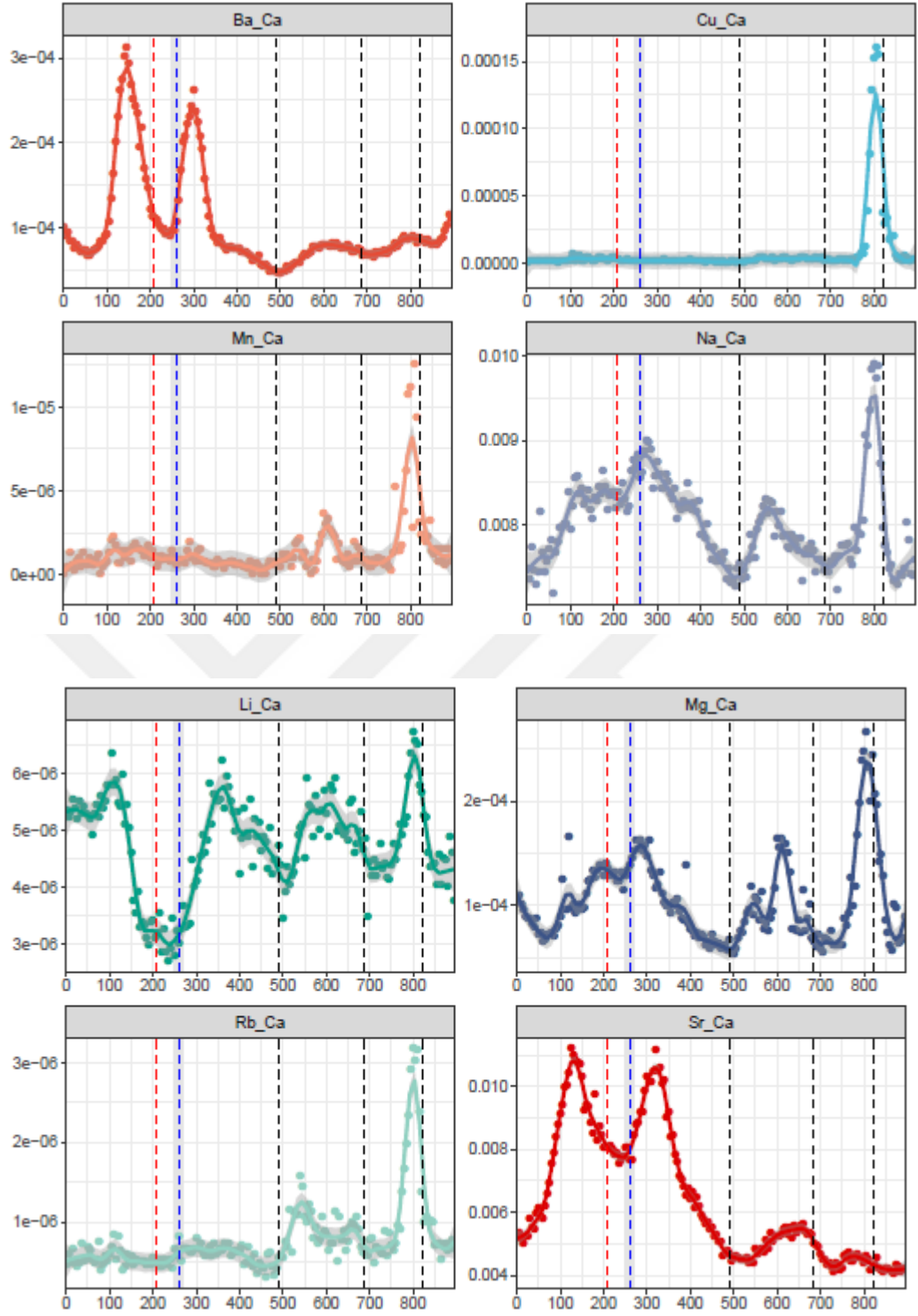
Şekil 3.81. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 13)



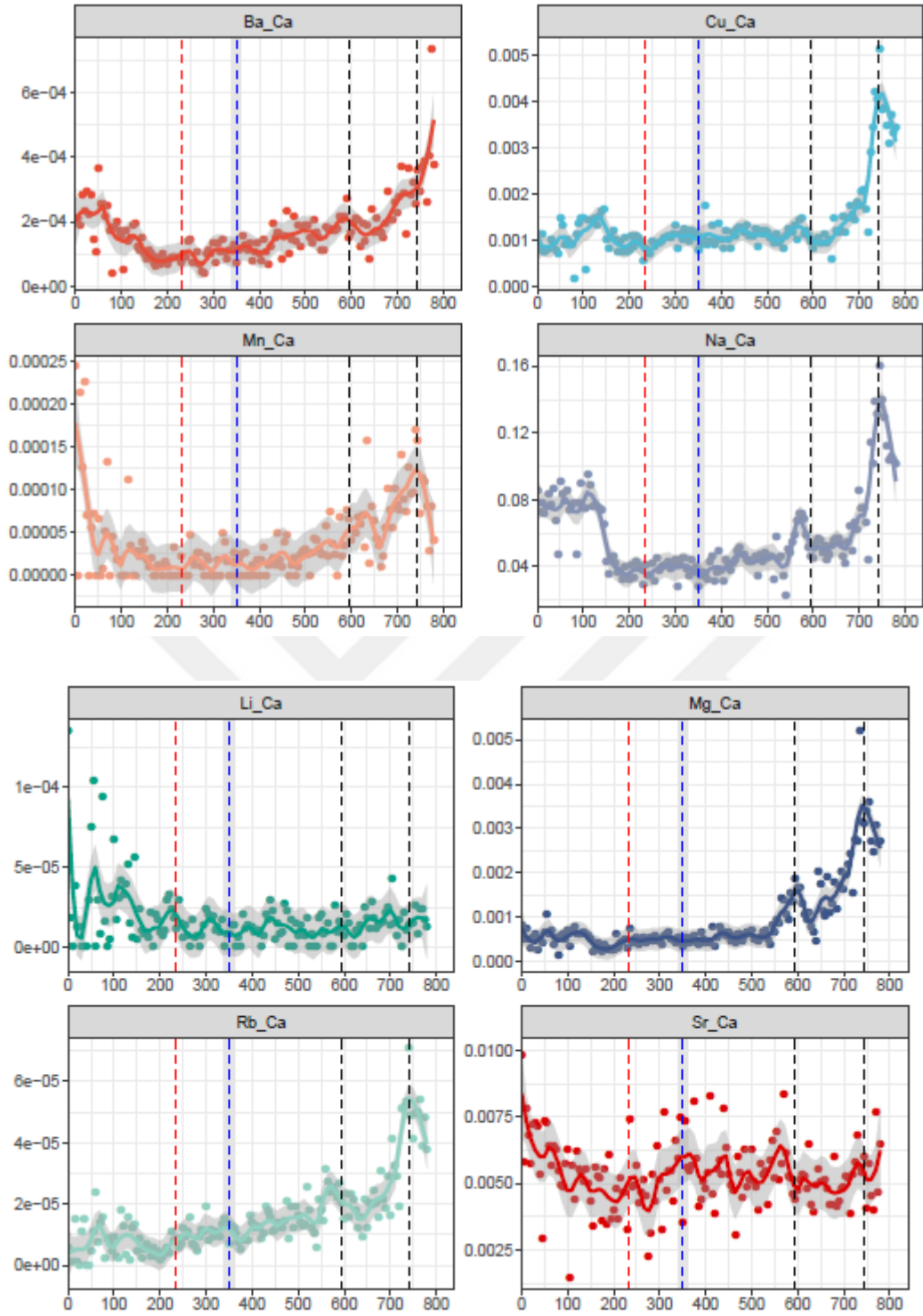
Şekil 3.82. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefali bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 66)



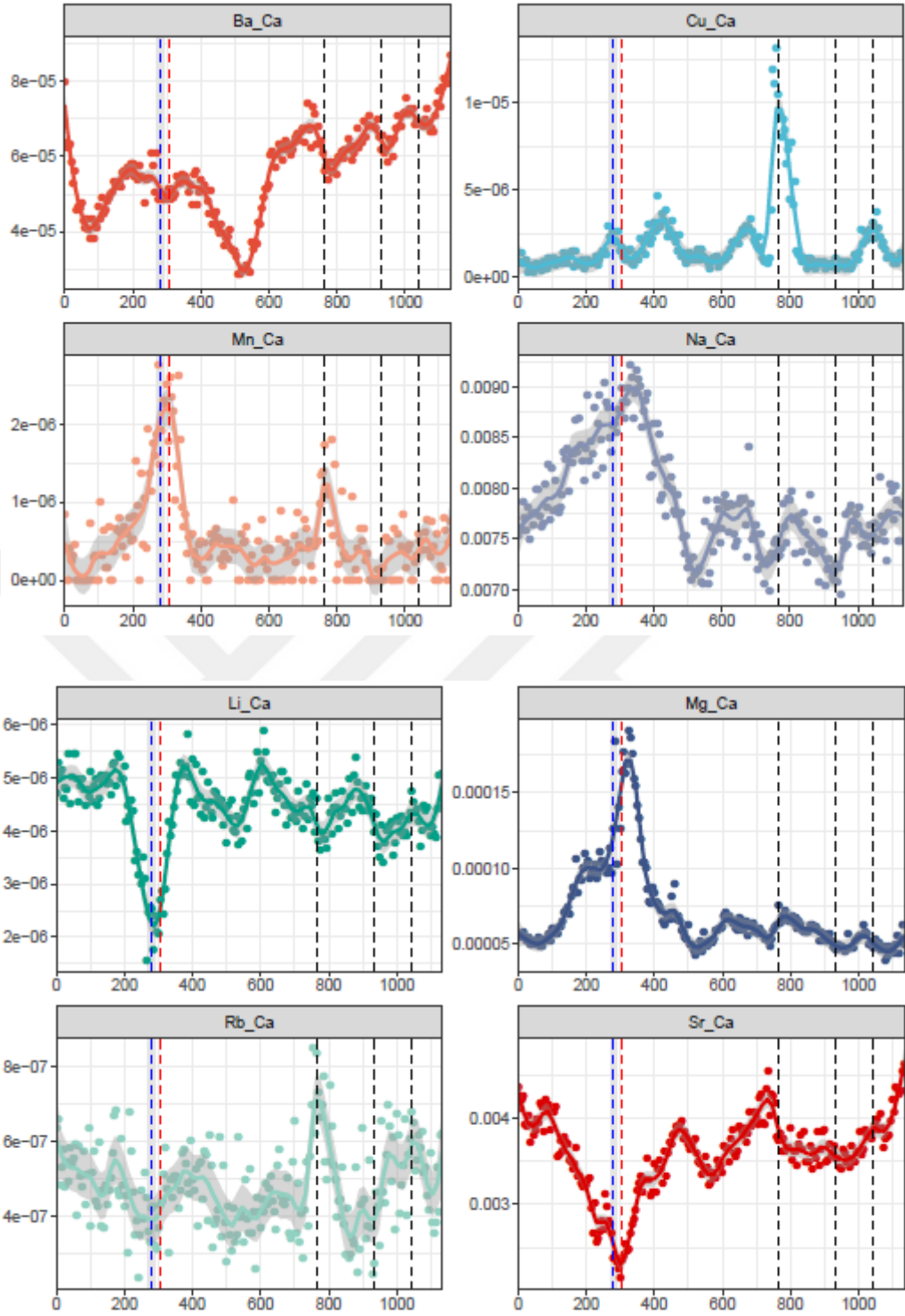
Şekil 3.83. Gevaş Deresi'nde yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 75)



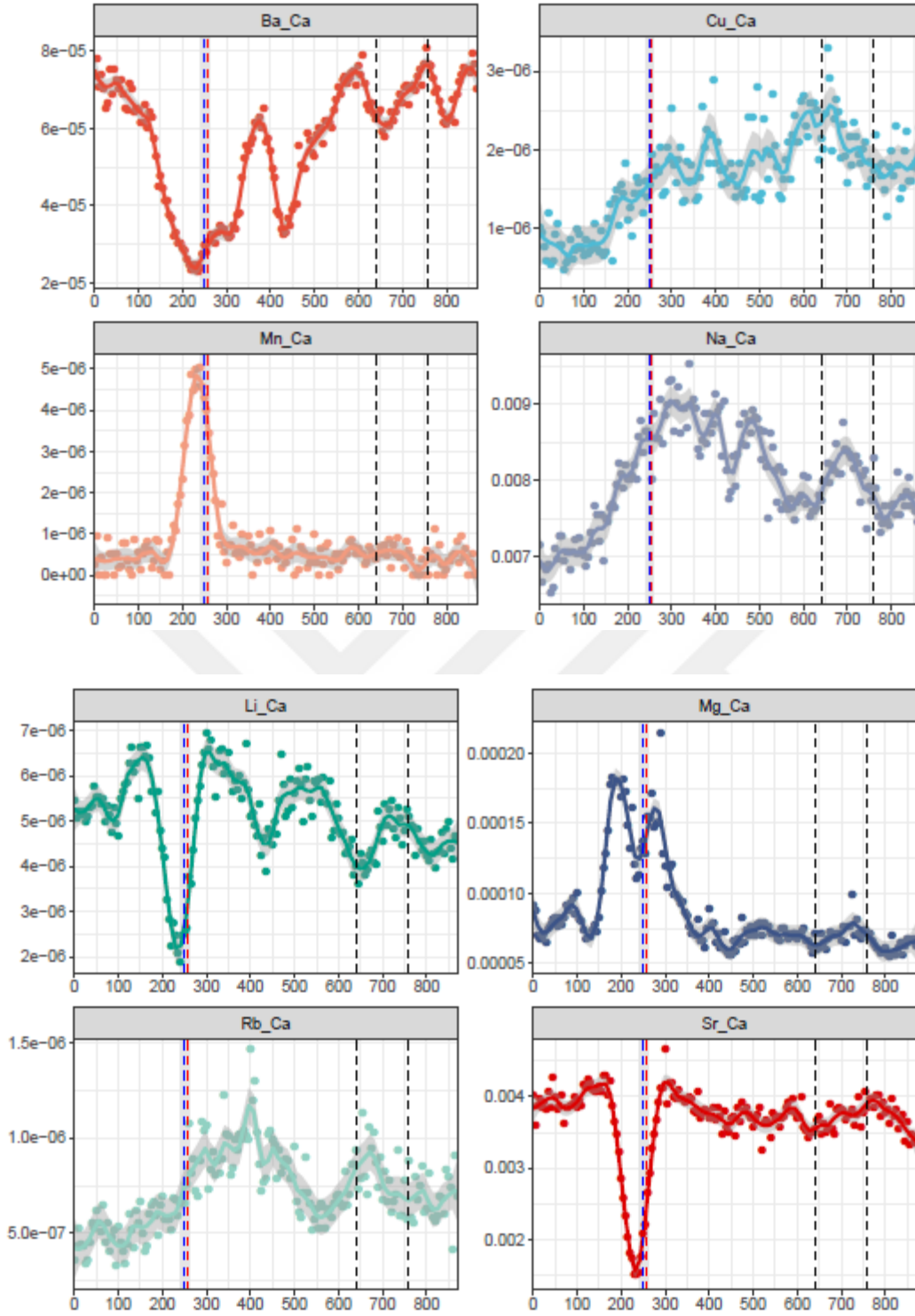
Şekil 3.84. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 59)



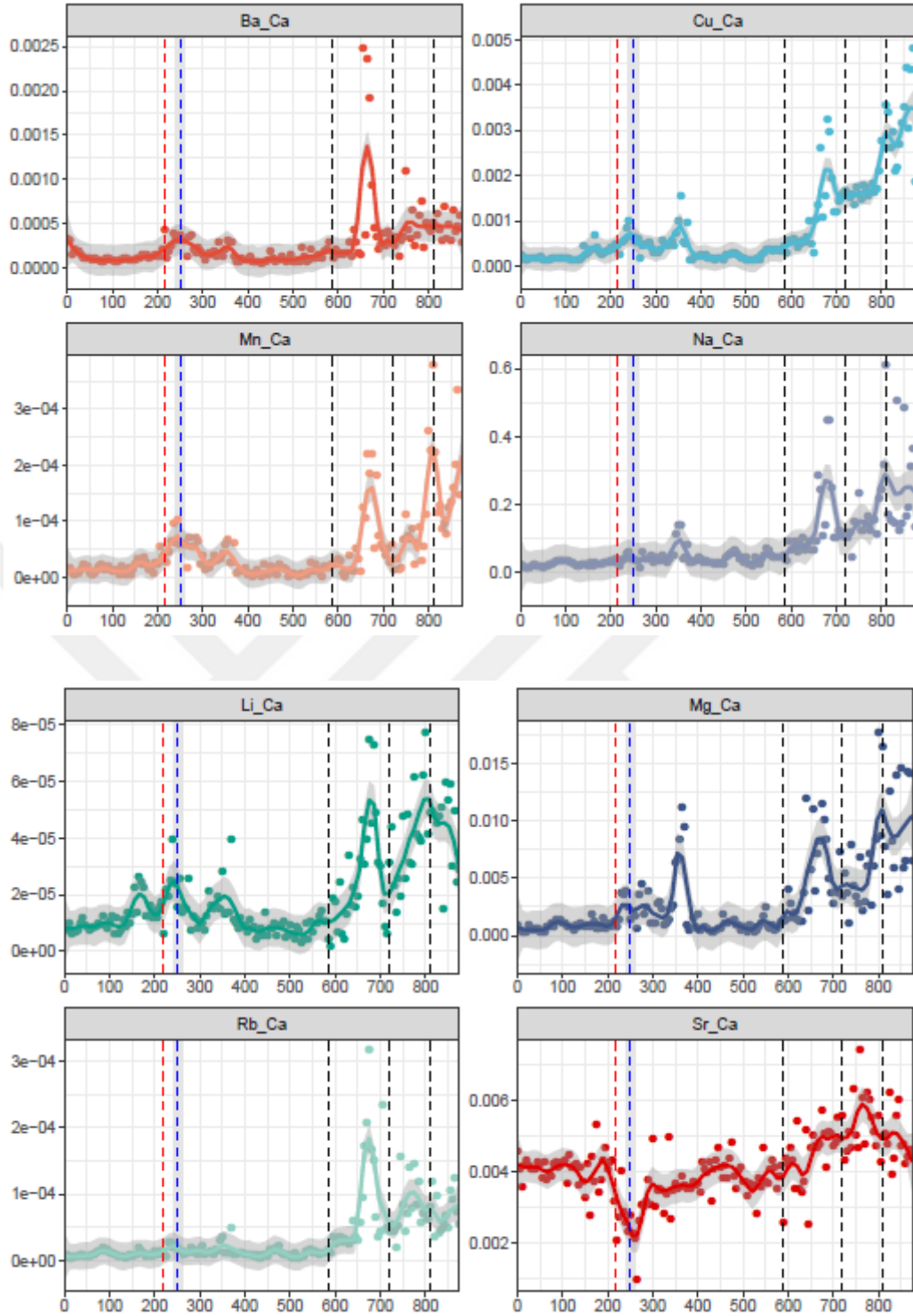
Şekil 3.85. Karasu Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 110)



Şekil 3.86. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefali bireyin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 50)

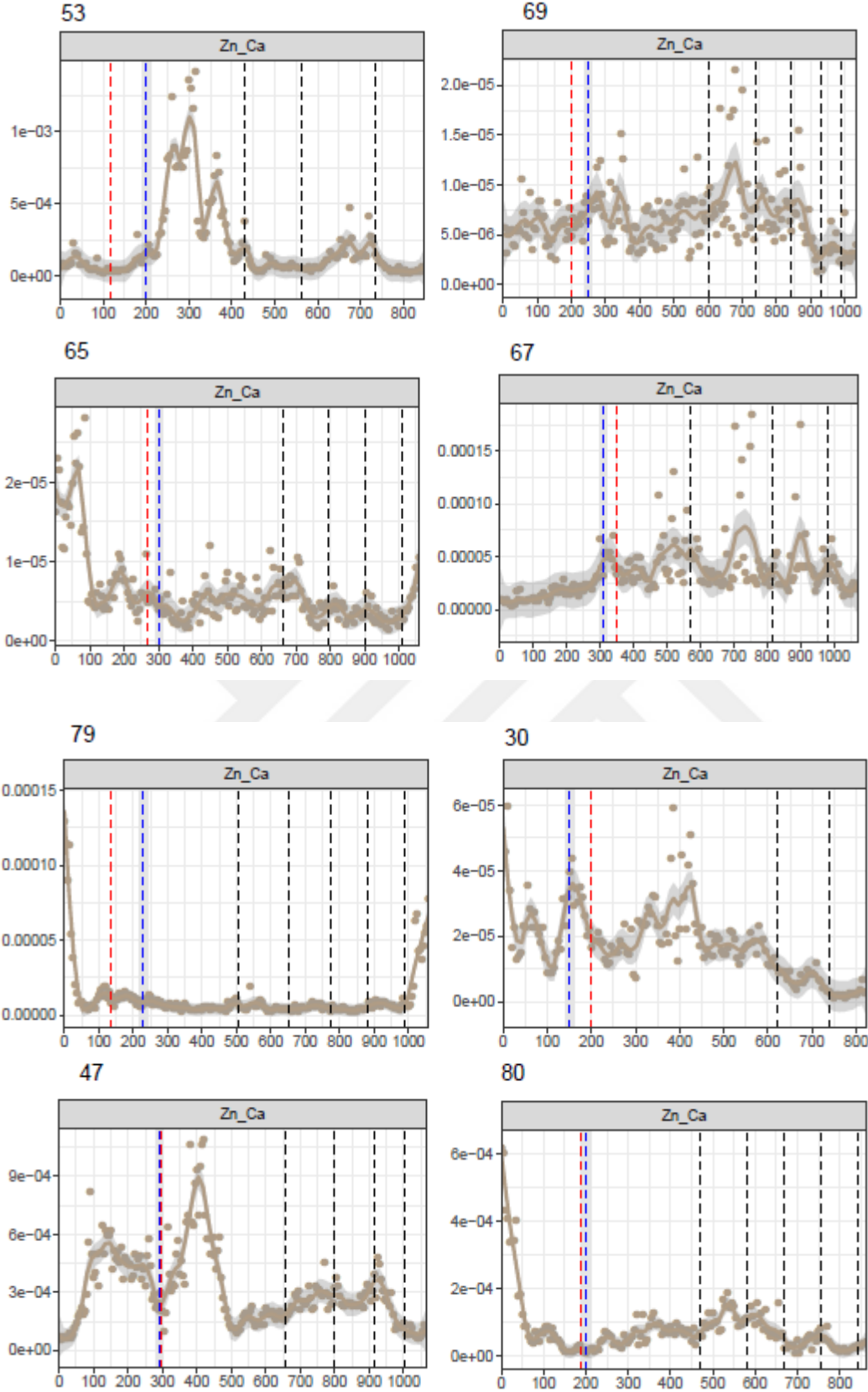


Şekil 3.87. Karmuç Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyinin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 51)

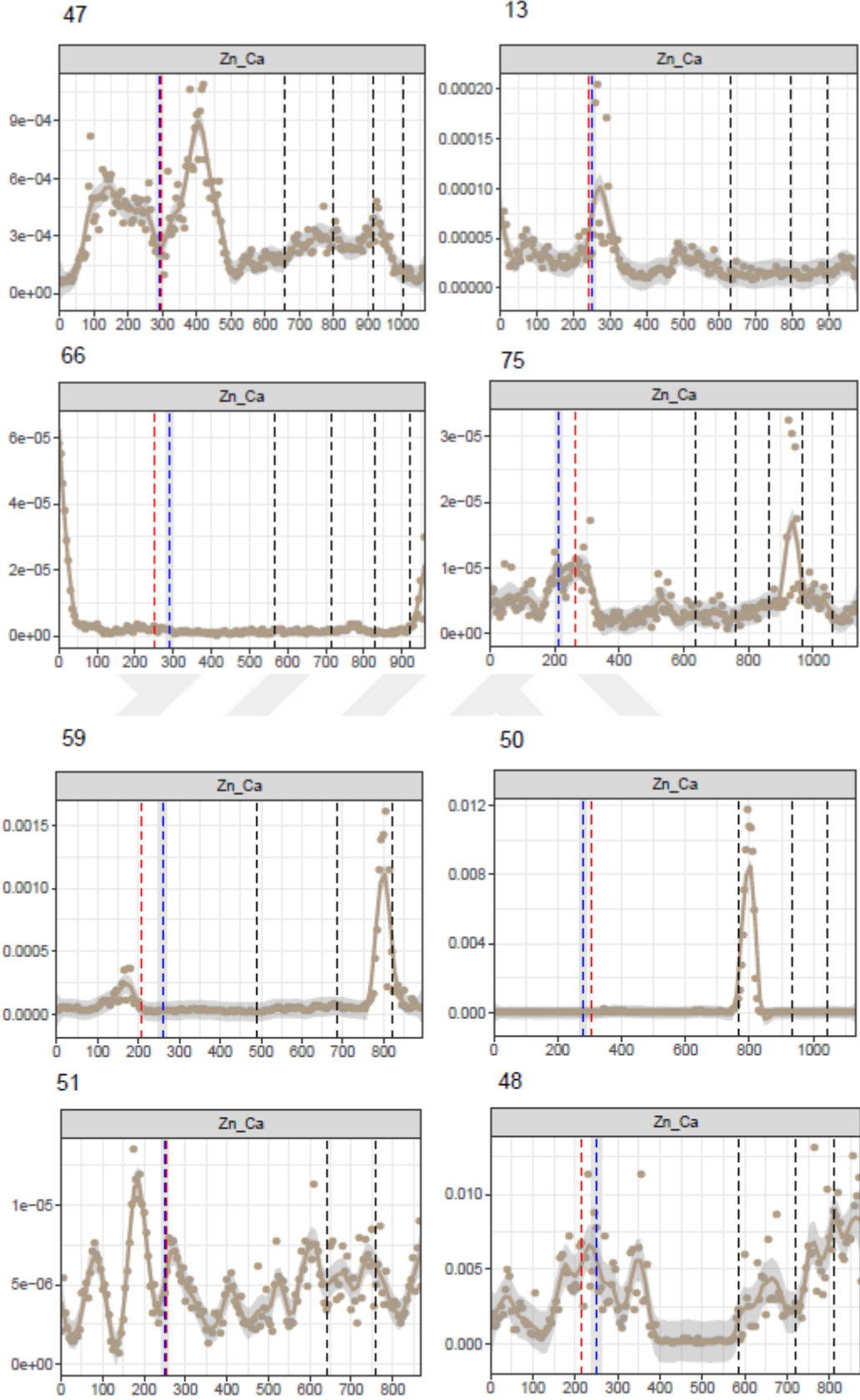


Şekil 3.88. Zilan Çayı'nda yumurtadan çıkan inci kefalı bireyin otolitindeki iz element: kalsiyum oranları değişimi (Örnek No: 48)

İz element:kalsiyum oranları verilen örneklerin sırasıyla çinko:kalsiyum oranları değişimi Şekil 3.89-90'da verilmiştir.



Şekil 3.89. Balık örnek no; 53, 69, 65, 67, 79, 90, 47, 80 olan balıkların ototit çinko: kalsiyum oranları



Şekil 3.90. Balık örnek no; 47, 13, 66, 75, 59, 50, 51, 48 olan balıkların ototit çinko:kalsiyum oranları

4. TARTIŞMA

İnci kefali, dünyada sadece Van Gölü Havzası'nda yayılış gösteren endemik bir türdür. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2016 yılında iç su ürünleri üretim miktarı toplam 33.856 ton iken inci kefali bu üretimin 9.950 tonunu oluşturmaktadır. 2017 yılında ise iç su üretim miktarı 32.145 tondur ve inci kefali üretimi ise 9.830 tondur. Türkiye'deki iç su üretim miktarlarına bakıldığında inci kefalinin toplam üretimin yaklaşık %30'unu oluşturduğu gözlenmektedir. Ülke ekonomisinde önemli yer tutan inci kefali yöre halkı tarafından da sevilerek tüketilmektedir. Ayrıca Van Gölü'nde yaşayan ve üreme döneminde suyun akışının tersine yüzerek tatlısulara göç eden inci kefalinin zorlu yolculuğunu izlemek için bölgeye farklı illerden hatta farklı ülkelerden yerli ve yabancı turistler akın etmektedir. En son 1-3 Haziran 2018 tarihinde "8. Uluslararası İnci Kefali Göçü Kültür ve Sanat Festivali" düzenlenmiştir. Hem ekonomik açıdan hem de kültürel açıdan önem arz eden bu tür, Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (IUCN) tarafından korunma statüsü NT (Neredeyse tehdit altında) olarak sınıflandırılmıştır. Neslin devamlılığının sağlanabilmesi için türün üreme göçü özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle tez çalışmasında türün otolit mikrokimyasal özellikleri dikkate alınarak üreme amacıyla göç ettiği akarsulardan Van Gölü stoğuna katılımları değerlendirilmiştir. Ayrıca türün yayılış gösterdiği Van Gölü gerek jeolojik yapısı gerekse su parametrelerindeki farklılıkları nedeniyle eşsiz habitatlardandır. Göl suyunun sodalı olması, Türkiye'nin en büyük gölü olması, tuzluluk değerinin yüksek oluşu ve dünyadaki en büyük kapalı havzalar içinde yer alması Van Gölü'nü diğer göllerden farklı kılan özelliklerdendir. Gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında Van Gölü'nde yaşayan ergin inci kefali bireyleri ve akarsulardan örneklenen larval bireylere ait tanımlayıcı istatistikler, ergin bireylere ait otolitlerin morfometrik özellikleri ve şekil indeksleri değerlendirilmiş, su örneklerinin parametreleri ve mikrokimyasal özellikleri incelenmiş, inci kefali bireylerinin otolitlerinin mikrokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu mikrokimyasal özelliklerin yardımıyla da elde edilen ergin bireylerin Van Gölü stoğuna hangi akarsudan katıldıkları belirlenmiştir.

4.1. A. *tarichi* Bireylerinin Tanımlayıcı İstatistiklerinin Değerlendirilmesi

Larval bireyleri örneklemek amacıyla, Van Gölü'ne dökülen akarsulara arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Üreme döneminde gerçekleştirilen bu arazi çalışmaları Haziran ayının farklı haftalarını kapsamaktadır. 30 Haziran'da örneklenen larval bireylerin total boylarının 21-22 Haziran tarihinde örneklenen larval bireylerden daha büyük oldukları dikkati çekmiştir. Bu nedenle her habitattan 20'şer larva örneğinin tanımlayıcı istatistikleri, 10 larval birey 30 Haziran, 10 larval birey 21-22 Haziran döneminde örneklenen bireyler arasından rastgele seçilerek hesaplanmıştır. Larval bireylerde total boy ve standart boy değerleri değerlendirilmiş, bazı örneklerde çatal boylar mikroskop yardımı ile gözlenirken bazılarında ise net bir şekilde tespit edilememiştir. Bu nedenle çatal boylar değerlendirmeye alınmamıştır. Larvaların boyları 7.44 mm ile 22.10 mm arasında değişmektedir. Elp ve Çetinkaya (2000) gerçekleştirdikleri çalışmalarında inci kefali bireylerinin üreme özelliklerini araştırmışlardır. Laboratuvar şartlarında Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan örnekledikleri ergin fertlerden sağdıkları yumurtaları kuluçkalamışlar ve yumurtadan çıkan prelarvaları 5.5-7.5 mm olarak (6.18 ± 0.15) ölçmüşlerdir. Bu çalışmada, elde edilen sonuçlara göre en büyük larva örneği 22.10 mm total boy ile Engil Çayı'ndan en küçük larva örneği ise 7.44 mm total boy ile Deliçay'dan örneklenmiştir. Arazi çalışmaları esnasında da genel anlamda da Engil Çayı larva örneklerinin diğer habitattakilerden daha büyük, Deliçay larva bireylerinin diğer habitatlardan daha küçük olduğu gözlenmiştir. Bu büyüklük farkı çok çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir. Larvaların dağılım gösterdikleri akarsuların ekolojik parametreleri, populasyon yoğunluğu, ortam suyunun besleyicilik kapasitesi, yumurtaların bırakıldığı habitat özellikleri, üremek amacıyla akarsulara göç eden ebeveynlerinin büyüklük farkları ve eşeylerinin, elde edilen larvaların boyutları üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. İnci kefalinin üremesini etkileyen diğer faktörlerden biri de bulanıklıktır. Ani yağışlar, akarsu yatağının aşınması ve kum alma çalışmaları bulanıklığa neden olmaktadır. Yavruların ilk beslenme alanında uzun süren bulanıklık ve kum alma çalışmaları yumurta bırakma habitatlarının tahrip olması, inkübasyon, yavru beslenmesi ve hareketini olumsuz yönde etkilemektedir (Elp ve Çetinkaya, 2000). Arazi çalışmaları esnasında larval bireylerin daha çok otlu ve sığ alanlarda dağılım gösterdiği dikkati çekmiştir.

Engil Çayı, Karasu Çayı, Karmuç Çayı, Zilan Çayı, Deliçay ve Bendimahi Çaylarından istenen sayıda larval birey örneklenebilmiştir. Ancak Gevaş Deresi'nde 2016, 2017, 2018 yıllarında larva örneklenememiştir. Daha geniş bir alanda daha uzun süreli çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk örnekleme 30 Haziran 2016, bir sonraki 21-22 Haziran 2017, en son 15 Haziran 2018 tarihine denk getirilmiş olsa da larva elde edilememiştir. Son yapılan düzenlemeler sonucunda, Van Gölü ile Gevaş Deresi'nin bağlantı kısmının çok daraldığı ve su seviyesinin çok düşük olduğu dikkati çekmiştir.



Şekil 4.1. Van Gölü ve Gevaş Deresi bağlantı noktası, 22.06.2017

Şekil 4.1-5'te farklı zaman dilimlerinde Gevaş Deresi'ne ait görüntüler yer almaktadır. Dere kenarında ıslah çalışmaları gerçekleştirildiği, Van Gölü ile derenin bağlantı yaptığı bölgede inşaat çalışmaları için su çekildiği gözlenmiştir. Çevre düzenlenmesi tamamlandığındaki görüntü ise Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Elp vd (2014), örneklemelelerinde köprü eşiği alt ve üst bölgelerinde avcılık gerçekleştirdiklerini, eşiğin üst bölgesinde inci kefaline hiç rastlanamazken alt bölgesinde ise bol miktarda örnek olduğunu ifade etmişlerdir. Su çekim işlemi de eşiğin alt kısmında gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.2. Van Gölü-Gevaş Deresi (04.08.2016)



Şekil 4.3. Gevaş Deresi'nden su alımı (22.09.2016)



Şekil 4.4. Gevaş Deresi kenarında inşaat çalışmaları (22.09.2016)



Şekil 4.5. Gevaş Deresi (22.03.2018)

Son yıllarda yöre halkının İli Deresi olarak adlandırdıkları Gevaş Deresi bölgesinde evsel atıkların arıtımsız bir şekilde suya karışması sebebiyle daha önceleri içme suyu olarak kullanılan derenin bu özelliğini kaybettiği gözlenmiştir.

Gevaş Deresi'nden larval birey örneklememesinde bu faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylerin total boyları 18.8-25.0 cm arasında değişmekle birlikte ortalama 21.61 ± 0.121 cm'dir. Ağırlıkları ise 10.43-137.22 g arasında, ortalama 87.65 ± 1.68 g'dır. Örneklem boy grubu belirlenirken en az bir kere üreme faaliyeti gerçekleştirmiş balıkların seçilmesi hedeflenmiştir. Akgül (1980), inci kefali popülasyonunun 15-23 cm total boyda değiştiğini bildirmiştir. Özdemir (1982), ticari balıkçılıkla avlanan örnekler ile çalışma yapmış ve total boy dağılımını 16-23 cm olarak belirlemiştir. Çetinkaya vd (1995a), Karasu Çayı'nda 7-21 cm çatal boya sahip balıklar örneklemişlerdir. Elp (1996), Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan örnekleddikleri inci kefali bireylerinin çatal boylarının 4.8-22.5 cm, ağırlıklarının 1-112 g arasında değiştiğini bildirmiştir. Elp (2002), Zilan Çayı üzerinde kurulmuş Koç Köprü Baraj Gölü'ndeki inci kefallerinin çatal boylarını 2.3-18.4 cm ölçmüş, ağırlıklarını 0.2-72.2 gram olarak tartmıştır. Gaygusuz vd (2006), boy-boy dönüşümleri ile ilgili yaptıkları araştırmalarında Van Gölü'nden örnekleddikleri 62 inci kefalini değerlendirmişlerdir ve örneklemede total boylar 19.1-24.6 cm arasında değişmiştir. Tarkan vd (2007), Van Gölü'nden örnekleddikleri inci kefallerinin bazı kemiksi yapıları ile balık boyları arasındaki ilişkileri belirlemiş ve örneklemin boy değerleri 19.1-24.6 cm arasında değişmiştir. Kocabaş ve Çetinkaya (2011), Nazik Gölü'nden örnekleddikleri inci kefali bireylerinin üreme özelliklerini çalışmış ve örneklemedeki balıkların boylarının 2-20 cm, ağırlıklarının 0.1-75.7 g arasında dağılım gösterdiğini belirlemişlerdir. Bostancı ve Polat (2011), Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin yaş ve büyümesini belirledikleri çalışmalarında 240 inci kefali bireyi örneklemişlerdir. Örneklemde çatal boylar 14.3-19.2 cm, ağırlıklar 45.76-99.63 g arasında değişmiştir. Kankaya ve Kaptaner (2014), Karasu Çayı'ndan 8-10 cm çatal boya, 3-7 g ağırlığa sahip inci kefallerini ele almışlardır. Bostancı vd (2015), türün otolit özelliklerini tanımladıkları çalışmalarında total boy dağılımını 17.8-23.5 cm, ağırlık dağılımlarını 44.8-112.2 g arasında tespit etmişlerdir. Oğuz (2015), türün böbrek yapılarının histolojisini incelemiş ve Van Gölü'nden 15.2-20.8 cm boyunda, 42.5-111.9 g ağırlığında, Karasu Çayı'ndan 10.9-18.6 cm boyunda, 52.2-120.3 g ağırlığında olan bireyler ile çalışmıştır. Saygın vd (2017), inci kefalinin yayılış gösterdiği dört farklı gölden örnekleddikleri bireylerin otolit özelliklerini ele almışlardır. Örneklemelerinde inci kefallerinin çatal boyları, Van Gölü, Erçek Gölü,

Nazik Gölü ve Aygır Gölü için sırasıyla; 14.4-21.2 cm, 18.6-24.6 cm, 9.9-20.0 cm, 13.0-18.9 cm'dir. Ağırlıkları ise Van Gölü, Erçek Gölü, Nazik Gölü ve Aygır Gölü için sırasıyla; 53.40-116.70 g, 81.10-116.70 g, 8.40-89.30 g, 21.90-68.40 g'dır. Farklı amaçlarla gerçekleştirilen çalışmalarda türün boy dağılımlarının bazı çalışmalarda birbirlerine benzer bazılarında ise birbirlerinden farklı oldukları gözlenmektedir. Bu farklılıkların nedenleri; çalışmanın amacına, örnekleme zamanına, kullanılan av araç ve gereçlerindeki farklılığa ve daha birçok nedene atfedilebilir.

Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylerde erkek:dişi eşey oranı ise 1:1.07 olup 1:1 oranından farklı değildir ($P>0.05$). Tür ile ilgili yapılan çalışmalarda, Akgül (1980), erkek:dişi oranını 1:1.30 hesaplamıştır. Elp (1996), erkek:dişi eşey oranını Van Gölü'nde 1:1.8, Karasu Çayı örneklerinde 1:1 olarak belirlemiştir. Erkeklerin üreme alanında dişi bireylere göre daha uzun süre kaldıklarını ifade etmiştir. Sarı (1997), araştırmalarında avcılık sezonu ve dönemleri dikkate almadığında erkek:dişi oranını 1:1.353 olarak hesaplamıştır. Üreme dönemi dışında bütün istasyonlarında dişilerin baskın olduğunu, üreme döneminde ise tam tersi bir durum olduğunu belirtmiştir. Cinsiyet kompozisyonundaki değişimin inci kefalinin üreme göçü yapan bir tür olmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Üreme göçü yapan türlerin çoğunda göç esnasında cinsiyet kompozisyonunun erkeklerin lehine değiştiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Nikolskii, 1980; Horfagle ve Timmons, 1989; Sarı, 1997'den aktarılmıştır). Nikolskii (1980), yumurtlama göçü esnasında cinsiyet oranının düzenli bir şekilde değiştiğini, göçün başlangıcında erkeklerin baskın durumda olduğunu, daha sonra bu oranın 1:1 seviyesine ulaştığını ve daha sonra dişilerin baskın hale geçtiğini bildirmekte ve bunun sebebinin de erkeklerin yumurtlama alanlarına daha önce gelip dişilere göre daha uzun süre kalmasının olabileceğini ifade etmektedir (Sarı, 1997'den aktarılmıştır). Elp (2002), Koç Köprü Baraj Gölü'nde erkek:dişi eşey oranını 1:1.30 olarak hesaplamıştır. Bostancı ve Polat (2011), Van Gölü bireylerinde dişi:erkek oranını 1.47:1 olarak belirlemişlerdir. Bu tez çalışmasında ise örneklem hem üreme dönemi hem de üreme dönemi dışında gerçekleştirilmiştir ve erkek dişi oranı 1:1 oranından farklı çıkmamıştır. Sonuçlarımız literatür bilgisi ile uyusmaktadır.

4.2. Van Gölü Bireylerinin Yaş Verilerinin Değerlendirilmesi

Van Gölü'nden örneklenen 120 ergin bireyin yaşları lapillus kesitlerinden belirlenmiştir. Yaş belirleme, Van Gölü inci kefali popülasyonunun yaş belirlemesinin yanında, kimyasal özellikleri belirlenecek otolitlerin yaşlarının tespit edilmesi ve otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değerlerinin zamanla değişimini göstermek amacı ile gerçekleştirilmiştir.

Total boyları 18.8-25.0 cm olan örneklemdaki inci kefallerinin yaşları II-X arasında değişmiştir. En baskın yaş grubu ise %25.8 ile V yaştadır. Akgül (1980) inci kefalinin yaşlarının I-VI yaş arasında dağıldığını ve en baskın yaş grubunun ise %35.0 ile III yaşta olduğunu bildirmiştir. Akyurt vd (1985), inci kefali bireylerinin yaşını I-IV arasında belirlemiştir. Anonim (1986), türün yaşlarının I-V arasında değiştiğini ve en yoğun yaş grubunun %36.5 ile III yaşta olduğunu tespit etmiştir (Elp, 1996'dan aktarılmıştır). Çetinkaya vd (1995a), Van Gölü Havzası Karasu Çayı'ndaki inci kefallerinin yaşlarının I-VII arasında değiştiğini tespit etmiştir. Elp (1996), 4.8-22.5 cm çatal boya sahip bireylerin yaşlarını operkül kemiğinden belirlemiştir ve yaşların I+ ile VIII+ arasında değiştiğini en baskın yaş grubunun %37.7 ile IV+ yaşta olduğunu bulmuşlardır. Elp (2002), Koçköprü Baraj Gölü'nde yaşayan inci kefalinin yaşlarının 0-VII yaşlı bireylerden oluştuğunu ve en fazla bireyin III. yaş grubunda (%40.8) yer aldığını belirlemiştir. Sarı (1997), türün yaşlarını operkül ve otolitlerden okumuştur, yaşların II-VII arasında değiştiğini belirtmiştir. Pullarda ilk yaş halkalarının ya tamamen kaybolduğunu ya da çok zor fark edildiğini, rejenere pul oranının oldukça yüksek olduğunu ifade etmiştir. Ticari balıkçıların karaya çıkardıkları inci kefallerini incelemiştir. 1994-1995 avcılık sezonu kış balıkçılığında erkeklerin en fazla görüldüğü yaş gruplarının sırasıyla IV, V ve III, dişilerin en yoğun olarak gözlendiği yaş gruplarının da sırasıyla V, IV, VI, III olduğunu tespit etmiştir. İlgili çalışmada; 1995-1996 avcılık sezonu kış balıkçılığında erkeklerin en fazla görüldüğü yaş grupları sırasıyla III, IV ve V yaş grupları olmasına rağmen, dişilerin en yoğun görüldüğü yaş grupları sırasıyla V, IV ve III yaş gruplarıdır. Sarı (1997), bu farklılığın sebebinin ağ seçiciliğinden kaynaklandığını düşünmüştür. Ayrıca inci kefali stoğunun aşırı avcılığa maruz kalması sonucu genç bireylerin oranının av içinde arttığını da ifade etmiştir. Bostancı ve Polat (2011), 14.3-19.2 cm çatal boya sahip inci kefallerinin yaşlarını lapilluslardan ve asteriskuslardan okumayı denemiştir. Ancak bütün halde olan lapilluslarda yaşları

net bir şekilde gözlemleyemedikleri için yaşları lagenar otolitlerden (asteriskus) okumuşlardır ve yaşların II-VI arasında değiştiğini belirlemişlerdir. En baskın yaş sınıfının ise %28.33 ile IV yaş olduğunu tespit etmişlerdir. Kocabaş ve Çetinkaya (2011), Nazik Gölü'nde yaşayan inci kefalinin yaşlarını operkülde belirlemişler ve yaşların I-X arasında değiştiğini baskın yaş grubunun IV (%26.3) yaş olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatürde türün yaşlarının 0-X arasında değiştiği gözlenmiştir. Tez çalışmasında da en baskın yaş sınıfları sırasıyla V (%25.8), III (%25), IV (%25)'tür. II-X yaşları arasında dağılım gösteren örnekleme I ve VII yaşlarında hiç balık yoktur. VIII yaşında 2 (21.2 cm ve 22.0 cm total boya sahip), IX yaşında 1 (21.7 cm) ve X yaşında 1 birey (24.3 cm) mevcuttur. Örneklem rastgele gerçekleştirilmiş ve yaş gruplarının dağılımının da rastgele olması beklenmiştir. Yaşları belirlenen balıkların her yaşa denk gelen ortalama boyları hesaplanmıştır. Çizelge 4.1'de inci kefali ile ilgili gerçekleştirilen farklı çalışmalara ait yaş-boy anahtarları sunulmuş her yaş grubundaki ortalama boy değerleri verilmiştir.

Van Gölü'nden örneklenen balıkların boylarının belirli bir değerin üzerinde olmasına dikkat edilmiştir, nedeni ise en az bir kez üreme şansı verilmiş balıkların tercih edilmesidir. I yaşında bireylerin olmamasının balık örneklerinin elde edilmesinde kullanılan av aracının 16, 18, 20 ve 22 mm göz açıklığına sahip olması ve küçük boylu örnekleri örnekleyememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaş dağılımında VII yaşında bireyin olmadığı ve VI yaşından büyük balıkların da 1 ya da 2 birey ile temsil edildiği gözlenmiştir. VII yaşında bireyin olmamasının da VI yaşından büyük inci kefallerinin popülasyonda az sayıda dağılım gösterdiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Popülasyondaki genel yaş dağılımına göre türün III, IV ve V yaşlarında baskınlık gösterdiği söylenebilir. İnci kefali popülasyonu üzerindeki av baskısının büyük yaştaki bireylerin elde edilememesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Literatür incelendiğinde de en baskın yaş sınıflarının III (Akgül, 1980; Anonim, 1986; Elp, 2002) ve IV (Elp, 1996; Bostancı ve Polat, 2011, Kocabaş ve Çetinkaya, 2011) yaşta olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı çalışmalarda örneklenen inci kefali populasyonlarının yaş gruplarına göre ortalama boy (cm) değerleri

Referans	Eşey	Yaş grupları									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Akgül (1980)**	Genel	15.43	18.70	19.90	20.97	22.21	22.97	-	-	-	-
Akyurt vd (1985)*	Dişi	14.0	17.0	17.7	19.2	-	-	-	-	-	-
	Erkek	15.3	16.0	17.1	20.6	-	-	-	-	-	-
Anonim (1986) ^{a,*}	Genel	16.3	18.2	22.3	25.4	27.2	-	-	-	-	-
Çetinkaya vd (1995a)*	Genel	7.4	12.27	15.70	17.95	18.80	19.75	20.02			
Elp (1996)*	Dişi	-	-	12.45	-	-	-	-	-	-	-
	Erkek	-	-	13.16	-	-	-	-	-	-	-
Sarı (1997)*	Dişi	-	14.73	16.04	17.31	18.13	19.34	20.42	-	-	-
	Erkek	-	14.50	15.93	17.21	18.21	19.37	20.89	-	-	-
	Genel	-	14.62	15.98	17.27	18.15	19.35	20.58	-	-	-
Bu çalışma**	Genel	-	19.2	20.7	21.2	21.7	22.7	-	21.6	21.7	24.3

*Çatal Boy, **Total boy, ^a Elp, 1996'dan aktarılmıştır.

İnci kefalinin yıllık büyümesinin ilk yıllarda hızlı daha ileriki yaşlarda ise yavaş olduğunu belirtmiştir (Sarı, 1997). Aynı araştırmada, II yaştan III yaşa geçişte yaklaşık 3 cm'lik büyümenin olduğunu VI. yaştan VII. yaşa geçişte ise sadece 0.6 cm'lik bir büyümenin gözlemlendiğini ifade etmiştir. V, VI ve VII. yaşlarda toplam hayatları boyunca gösterecekleri büyümenin sadece yaklaşık %10'u kadar büyüdüklerini tespit etmiştir.

4.3. Van Gölü Bireylerinin Otolit Morfometrisi ve Şekil Analizleri

Otolit şeklindeki ontogenetik değişiklikler; larva, genç ve ergin bireylerde farklı olmaktadır. Ergin balıkların otolitleri genelde genç balıklar ve larvaların otolitlerine göre daha fazla ayırt edici özelliğe sahiptirler. Larvalara ait otolitlerde rostrum, antirostrum, sulkus akustikus gibi kısımlar morfolojik olarak henüz özelliklerini kazanmamışlardır (Campana, 2004). Van Gölü'ne dökülen akarsulardan örneklenen larvaların otolitleri de bu durumdadır. İnci kefali larvalarında da özellikle asteriskus ve lapilluslar birbiri ile çok benzerdir ve çoğu kez larvalarda bu otolitleri birbirinden

ayırt etmede şüpheye düşülmüş ve zorluklar yaşanmıştır. Sagittal otolitler nispeten lagenar ve utrikular otolitlere göre daha belirgindir. Ancak larva örneklerinin otolitlerinin kendi içinde de bir tutarlılık göstermediği ve bireyden bireye çok değişik şekillerde olduğu gözlenmiştir. Kimi larvada üç çift otolit de birbiri ile birebir benzer iken, kimi larvada sagittal otolitler kısmen diğer otolitlere göre farklıdır. Bu sebeple elde edilen ölçümler istatistiki hesaplamalara tabi tutulmamışlardır. Campana (2004) da larvaların büyümesi ve ergin hale geçmeye başlaması ile otolitlerin şekil değiştirdiğini ifade etmiştir. Bu yüzden de türlerin ayırt edilmesinde kullanılamayacağını vurgulamıştır. Ayrıca otolitten türün tanımlanması sırasında otolitin şekli kadar otolit boyutunun da ele alınması gerektiği belirtilmiştir. Çok büyük balıklar ile ortalama boydaki balıkların otolit şekilleri de önemli derecede farklı olabilmektedir. Balık larvalarının otolitleri nispeten özelliksiz, küresel veya düzleşmiş şekildedir. Ergin balık otolitlerinde ise otolit şekli larvalara göre birçok önemli özelliği yapısında taşımaya başlar (Campana, 2004).

Otolitler türler arasında değişkenlik gösterdikleri için balık türlerinin tanımlanmasında taksonomik bir araç olarak dikkate alınır (Battaglia vd, 2010). Otolit boyu ve eni gibi otolit ölçümleri beslenme ekolojisi çalışmalarının yanı sıra balık boy ve ağırlığının tahmin edilmesinde de önemlidirler (Jawad vd, 2011). Tez çalışmasında, Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylere ait otolitlerin üç çiftinin de morfometrik özellikleri ve şekil indeksi değerleri hesaplanmıştır. Tarkan vd (2007), predatör balıkların midelerindeki balıkların boyun belirlenmesinde kemiksi yapı ve otolit ölçümlerinin karşılaştırılmasını amaçladığı çalışmalarında, inci kefalinin farinks, operkulum ve kleitrum kemiklerinin total boy ile ilişkisini hesaplamıştır. Bostancı ve Polat (2011), Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin yaş ve büyüme özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, lagenar (asteriskus) ve utrikular (lapillus) otolitlerin otolit boyu ve enini ölçmüş, ağırlıklarını tartmışlardır. Bostancı vd (2015), Türkiye iç sularında yaşayan dört *Alburnus* türünün tanımlanmasında otolit şekli ve otolit morfometrisinin kullanımını değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında inci kefalinin lagenar otolitlerinin otolit boyu ve yüksekliğini ölçmüş, ağırlıklarını tartmışlardır. Ayrıca lagenar otolitlerin şekil indeks değerlerini hesaplamışlardır. Saygın vd (2017), Van Havzası'nda yer alan Van Gölü, Erçek Gölü, Nazik Gölü ve Aygır Gölü'nden örnekledikleri inci kefalini otolitlerinin morfometrik özelliklerini dört farklı göl stoklarında karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında lagenar otolitlerin otolit boyu,

yüksekliği ve ağırlık değerlerini ele almışlardır. Literatür incelendiğinde, inci kefalinin lagenar otolitlerinin otolit morfometrisi (Bostancı ve Polat, 2011; Saygın vd, 2017) ve şekil indeksi (Bostancı vd, 2015) incelendiği tespit edilmiştir. Bostancı ve Polat (2011), utrikular otolitlerin ise otolit ağırlığının, otolit boyuna bölünmesi ile elde edilen indeksi (Munk ve Smikrud, 2002) kullanarak otolit indeks değeri hesaplamışlardır. Tez çalışmasında *A.tarichi* türünün asteriskus, lapillus ve sagittal otolitlerinin otolit morfometrisi ve otolit şekil indeksleri ele alınmıştır. Literatür incelendiğinde, daha önceden türün utrikular ve sagittal otolitlerinin otolit morfometrisi ve şekil indeksi ile ilgili çalışma olmadığı gözlenmiştir. Bu veriler ilk kez tez çalışmasında değerlendirmeye alınmıştır.

Van Gölü inci kefallerinin asteriskus otolit ölçümleri farklı çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.2). Bostancı vd (2015) ve Saygın vd (2017), inci kefali asteriskularının otolit boyu, otolit yüksekliği ve ağırlıkları bakımından aralarında fark olup olmadığını test etmişlerdir. Asteriskus otolit boy ve ağırlıklarının sağ ve sol otolitlerde farklılık göstermediğini ($P>0.05$), ancak asteriskus otolit yüksekliğinin sağ sol otolitlerde birbirinden farklı olduklarını belirlemişlerdir ($P<0.05$). Tez çalışmasında da incelenen inci kefalinin sağ ve sol asteriskuslarının otolit boyu ve ağırlığı bakımından birbirine benzer olduğu, ancak asteriskus otolit yüksekliğinin sağ ve sol otolitler arasında birbirinden farklı olduğu gözlenmiştir ($P<0.05$). Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur. Sağ ve sol asteriskuslarda otolit çevresi ve otolit alanı açısından önemli derecede fark yoktur ($P>0.05$). Bostancı vd (2015), otolit çevresi bakımından sağ ve sol asteriskuslarda fark bulmazken ($P>0.05$), otolit alanı bakımından sağ ve sol asteriskusların birbirinden farklı olduğunu tespit etmişlerdir ($P<0.001$). Bostancı vd (2015) 17.8-23.5 cm total boya sahip, Saygın vd (2017), 14.4-21.2 cm çatal boya sahip inci kefalleri ile çalışmışlardır. Bu çalışmada ise incelenen balıkların total boy değerleri 18.8-25.0 cm arasında değişmiştir. Bostancı vd (2015) ayrıca dişi ve erkek bireylerin sağ ve sol asteriskuslarının ağırlığı, boyu, yüksekliği, çevre ve alanını karşılaştırmıştır. Dişi bireylerin sağ otolitlerinin ağırlığı, boyu, yüksekliği, otolit çevre ve alanının erkek bireylerin sağ otolitlerinin ağırlığı, boyu, yüksekliği, otolit çevre ve alanından önemli derecede farklı olduklarını belirlemişlerdir ($P<0.05$). Benzer sonuçların sol otolitler için de geçerli olduğunu, dişi ve erkek bireylerin sol

otolitlerinin ağırlık, boy, yükseklik, çevre ve alanlarının farklı oldukları tespit etmişlerdir (P<0.05).

Çizelge 4.2. Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin asteriskus otolit ölçümlerine ait veriler

Literatür	Değişken	Yön	Min.	Maks.	Ort.	±Sh	±Ss
Bostancı ve Polat, 2011	OB	-	1.971	3.139	2.592	0.0333	0.2356
	OY	-	1.971	2.774	2.381	0.0258	0.1824
	OA	-	0.0017	0.0039	0.0026	0.0001	0.0005
Bostancı vd, 2015	OB	Sol	1.597	3.196	2.60	0.0219	0.2222
		Sağ	2.169	3.239	2.61	0.0201	0.2028
	OY	Sol	1.926	3.068	2.45	0.0216	0.2188
		Sağ	1.926	2.939	2.38	0.0208	0.2104
	OA	Sol	0.0015	0.0057	0.0029	0.00008	0.00085
		Sağ	0.0018	0.0057	0.0029	0.00008	0.00083
Ç	Sol	7.347	11.777	9.01	0.0816	0.8280	
	Sağ	7.431	11.533	8.97	0.0828	0.8364	
A	Sol	3.240	6.663	4.49	0.0693	0.7037	
	Sağ	2.543	6.655	4.38	0.0720	0.7268	
Saygın vd, 2015	OB	-	2.331	3.291	2.812	0.0126	0.1783
	OY	-	2.223	3.032	2.554	0.0112	0.1589
	OA	-	0.0019	0.0050	0.0032	0.0001	0.0001
Bu çalışma	OB	Sol	1.852	2.531	2.2094	0.0149	0.1628
		Sağ	1.840	2.496	2.1880	0.0141	0.1543
	OY	Sol	1.608	2.329	1.9596	0.0139	0.1521
		Sağ	1.533	2.352	1.9714	0.0152	0.1667
	OA	Sol	0.00218	0.00576	0.00367	0.00007	0.00080
		Sağ	0.00214	0.00564	0.00369	0.00007	0.00081
Ç	Sol	6.0020	9.2340	7.3943	0.0598	0.6549	
	Sağ	4.6700	8.9670	7.4160	0.0639	0.7003	
A	Sol	2.0750	4.0560	2.9849	0.0399	0.04371	
	Sağ	1.4880	4.0360	2.9764	0.0404	0.4421	

İnci kefalinin Van Gölü Havzası'nda Van Gölü'nden farklı olarak yayılış gösterdiği Erçek Gölü, Nazik Gölü ve Aygır Gölü'nde de asteriskus otolitlerinin otolit boyu, otolit yüksekliği ve ağırlığının tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış ve sağ sol karşılaştırmaları yapılmıştır (Saygın vd, 2017) (Çizelge 4.3). Total boylar Erçek Gölü, Nazik Gölü ve Aygır Gölü için sırasıyla 18.6-24.6 cm, 9.9-20.0 cm, 13.0-18.9 cm'dir. Araştırmacılar otolit boyu, yüksekliği ve ağırlığının Nazik ve Aygır Gölleri'nde yaşayan inci kefalinde sağ ve sol asteriskuslarda farklılık göstermediğini ancak tıpkı Van Gölü örneklerinde olduğu gibi Erçek Gölü bireylerinde ise otolit boy ve ağırlığının sağ ve sol asteriskuslarda benzer,

yüksekliğinin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebini ise Erçek Gölü bireylerinin Van Gölü'nden 1984 yılında Erçek Gölü'ne aşılmasına ve Erçek Gölü bireylerinin Van Gölü'nden orjinlenmesine dayandırmışlardır.

Çizelge 4.3. Van Gölü Havzası'nda farklı göllerden örneklenen inci kefalı otolitlerine ait veriler (ÇB: Çatal Boy) (Saygın vd, 2017)

Habitat	Değişken	Ort.	Min.	Maks.	±Sh	±Ss
Erçek Gölü	ÇB	21.1	18.6	24.6	0.144	1.333
	OB	2.969	2.409	3.584	0.0172	0.2305
	OY	2.655	2.075	3.274	0.0172	0.2257
	OA	0.0035	0.0022	0.0063	0.0001	0.0007
Nazik Gölü	ÇB	14.8	9.9	20.0	0.236	2.112
	OB	1.822	1.2	2.637	0.0190	0.241
	OY	1.611	1.120	2.234	0.0156	0.198
	OA	0.0022	0.0008	0.0051	0.0000	0.0007
Aygır Gölü	ÇB	16.3	13.0	18.9	0.156	1.437
	OB	2.023	1.499	2.424	0.0134	0.175
	OY	1.802	1.372	2.097	0.0114	0.150
	OA	0.0029	0.0014	0.0049	0.0000	0.0006

Van Gölü'nden örneklenen inci kefalinin sağ ve sol lapilluslarının boyu, eni, çevresi ve alanı birbirinden farklı, ağırlıkları ise benzerdir. Otolit kimyası belirlenen lapillus kesitlerinden aynı zamanda yaşlar okunmuş ve yaş mesafelerinin otolit merkezinden uzaklıkları ölçülmüştür. Burada farklı bir durum dikkati çekmiştir. VIII, IX ve X yaşındaki inci kefalı bireylerinin total boyları V, VI yaş grubundaki bireylerin total boylarına yakın değerler sergilemiştir. Ancak bu bireylerin yaş halkalarının fokus bölgesinden uzaklıkları ölçüldüğünde yaşla orantılı bir şekilde artış gösterdiği gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar neticesinde, Van Gölü'nden örneklenen inci kefalı bireylerinde balık boyu ileriki yaşlarda yaşla orantılı bir şekilde artmamış olsa da otolitteki yaş halkaları arasındaki mesafenin orantılı artış gösterdiği, balığın boyca büyümesi yavaşlaşsa da bu durumun otolitlerin büyümesinde bu şekilde olmadığını söylemek mümkündür.

Sagittal otolitlerde ise otolit boyu, yüksekliği, çevresi, alanı ve ağırlığı sağ ve sol otolitlerde farklılık göstermemektedir. Literatürde türün lapilluslarının ve sagittal otolitlerinin morfometrik özellikleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Morfometrik ölçümler ve otolit morformetrisi aynı türün farklı

habitatlarda yaşayan populasyonları arasında da farklılık gösterebilir (Reichenbacher vd, 2009; Zengin vd, 2015; Saygın vd, 2017). Otolitlerdeki şekil değişkenleri; genetik (Tuset vd, 2003), ontogenetik ve sıcaklık, habitat, mevsimsel değişkenler ve beslenme gibi çevresel faktörlerle (Campana, 2001), türün ekolojik ve biyolojik davranışları ile ilişkilidir (Tuset vd, 2003).

Tez çalışmasında inci kefali otolitlerinin üç çiftinin de otolit şekil indeksleri hesaplanmış; şekil faktörü, yuvarlaklık, dairesellik, dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranları belirlenmiştir. Otolit ölçümlerinde farklılıklar gözlemlendiği için şekil indeksleri hem sağ hem de sol otolitler için ayrı ayrı hesaplanmış ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Asteriskuslarda sağ ve sol otolitler arasında yuvarlaklık, ovallık ve boy-yükseklik oranları farklıdır ($P<0.05$). Lapilluslarda ise sağ ve sol otolitlerde şekil faktörü, yuvarlaklık, dairesellik ve dikdörtgensellik farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Sagittal otolitlerin ise otolit şekil indeksleri sağ ve sol otolitler arasında benzerdir. Bostancı vd (2015), Türkiye iç sularında yaşayan dört farklı *Alburnus* türünün otolit şekil indekslerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında total boy sınıflarına göre türlerin şekil indekslerini hesaplamışlardır. Boy aralıklarına göre balıkları dört gruba ayırmışlardır. Bunlar; I (7.0-11.0 cm total boy), II (11.1-15.0 cm total boy), III (15.1-19.0 cm total boy) ve IV (19.1-23.5 cm total boy) grupları şeklinde olup *A. tarichi* bireyleri grup III ve IV'e dahildirler, şekil indeksleri de bu gruplar için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasında da 18.8-25.0 cm total boy değerlerine sahip inci kefalleri ile çalışılmıştır ve ilgili çalışmadaki boy değerlerine paralellik göstermektedir.

Tez çalışmasında inci kefali için elde edilen sağ ve sol asteriskusların otolit şekil indeks değerleri ve Bostancı vd (2015) tarafından sol asteriskuslar için hesaplan otolit şekil indeks değerleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Farklı çalışmalarda inci kefali populasyonu için hesaplanan otolit şekil indeks değerleri ve tanımlayıcı istatistikleri

Literatür	Şekil İndeksi	Ort.	Min.	Maks.	±ss	±sh
Bostancı vd (2015), <i>A. tarichi</i> sol asteriskus	Şekil Faktörü	0.69629	0.44617	0.82637	0.06455	0.00636
	Yuvarlaklık	0.8513	0.6691	2.3496	0.1652	0.0163
	Dairesellik	18.208	15.199	28.151	1.876	0.185
	Dikdörtgensellik	0.71142	0.63682	1.20029	0.06042	0.00595
	Ovallik	0.03522	-0.21155	0.16107	0.04316	0.00425
	Boy-Yükseklik oranı	1.0768	0.6508	1.3840	0.00848	0.0860
Bu çalışma, <i>A. tarichi</i> sol asteriskus	Şekil Faktörü	0.68659	0.51221	0.84044	0.06375	0.00582
	Yuvarlaklık	0.7766	0.66535	1.02731	0.05591	0.00510
	Dairesellik	18.459	14.945	24.521	1.818	0.166
	Dikdörtgensellik	0.6865	0.54553	0.76145	0.02666	0.00243
	Ovallik	0.06005	-0.04610	0.12791	0.02733	0.00250
	Boy-Yükseklik oranı	1.1295	0.9119	1.2933	0.0613	0.00560
Bu çalışma, <i>A. tarichi</i> sağ asteriskus	Şekil Faktörü	0.68101	0.52563	0.85696	0.06226	0.00568
	Yuvarlaklık	0.79017	0.40855	1.15823	0.07201	0.00657
	Dairesellik	18.602	14.657	23.895	1.765	0.161
	Dikdörtgensellik	0.6889	0.33148	1.20160	0.06194	0.00565
	Ovallik	0.05261	-0.03992	0.13852	0.02846	0.00260
	Boy-Yükseklik oranı	1.1129	0.9232	1.3216	0.0636	0.00581

Şekil faktörü, yüzey alanı düzensizliğini belirlemede kullanılan bir ortalamadır, kusursuz bir daire olduğunda 1.0 değerini alırken, düzensiz olduğunda ise <1.0 değerlerini alır (Russ, 1990; Zischke vd, 2016). Tez çalışmasında şekil faktörü hem sol asteriskusta hem de sağ asteriskusta ortalama 0.68659 olarak hesaplanmıştır. Lapilluslarda ise bu değer sol otolitlerde 0.84358, sağ otolitlerde 0.83841 olarak belirlenmiştir. Sagittal otolitlerde ise sağ ve sol için sırası ile 0.24431, 0.24395'tir. Elde edilen şekil faktörü sonuçları değerlendirildiğinde inci kefali lapilluslarının asteriskuslara göre daha daire şekline yakın olduğu söylenebilir. Sagittal otolitler ise <1.0 değerine çok daha yakındır ve ince uzun yapıdadırlar. Bostancı vd (2015) araştırmalarında sol asteriskus için şekil faktörü değerini 0.69629 olarak hesaplamıştır ve tez çalışması sonuçları ile yakın bir değer olduğu gözlenmektedir.

Yuvarlaklık ve dairesellik, otolitin şeklinin tam düzenli bir daireye benzerliği konusunda bilgi verir ve tam bir daire olduğunda bu değer, 1 ile 4π (12.57) arasında değişir (Russ, 1990; Zischke vd, 2016). Tez çalışmasında, ortalama yuvarlaklık ve ortalama dairesellik değerleri sol asteriskusta sırasıyla; 0.7766, 18.459, sağ asteriskusta; sırasıyla 0.79017, 18.602, sol lapillusta sırasıyla; 0.7100, 14.901, sağ lapillusta sırasıyla; 0.6938, 14.994, sol sagittada sırasıyla 0.1277, 52.456, sağ sagittada sırasıyla 0.1268, 52.683 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde tam düzenli bir daire şekline lapillusların daha yakın olduğu sagittaların ise bu değerden çok uzak olduğunu ve uzun yapılı olduklarını söyleyebiliriz. Bostancı vd (2015), sol asteriskus için yuvarlaklık değerini 0.8513, dairesellik değerini ise 18.208 olarak hesaplamıştır ve elde edilen değerler birbirine oldukça yakındır.

Dikdörtgensellik alan ile ilişkili olan boy ve genişlik değişkenlerini tanımlar ve tam bir kare olduğunda bu değer 1.0 olurken tam bir kareye uymadığında değer <1 olur (Russ, 1990; Zischke vd, 2016). Ortalama dikdörtgensellik sol asteriskusta 0.6865, sağ asteriskusta 0.6889, sol lapillusta 0.7331, sağ lapillusta 0.7226, sol sagitta da 0.5230, sağ sagittada ise 0.5267 olarak belirlenmiştir. Lapilluslar asteriskuslara göre daha karesel bir yapıya sahiptir. Sagittalar ise ince uzun yapıdadırlar. Bostancı vd (2015), sol asteriskus dikdörtgensellik değerini ortalama 0.71142 olarak belirlemiştir ve tez çalışması değerleri ile uyumludur.

Ovallık, uzun ve kısa eksenlerdeki değişim oranını gösterir ve tam bir çember olduğunda değer 0'dır, tam bir çember şeklinden uzaklaştığında değer 1'e yaklaşır (Russ, 1990; Zischke vd, 2016). Tez çalışmasında ortalama ovallık sol asteriskusta 0.060, sağ asteriskusta 0.052, sol lapillusta 0.136, sağ lapillusta 0.141, sol sagittada 0.677, sağ sagittada 0.682 olarak belirlenmiştir. Eksenler arasındaki değişim oranı otolit çiftleri arasında en düşük asteriskusta iken en yüksek sagittal otolitlerdedir. Bostancı vd (2015), bu oranı sol asteriskuslar için 0.03522 olarak hesaplamış, tez çalışma sonuçlarına benzer olmakla beraber biraz daha düşük bir değerdir.

Boy-yükseklik oranı ise otolit boyunun otolit yüksekliğine oranlanması ile elde edilir. Bu değer sol asteriskusta ortalama 1.129, sağ asteriskusta 1.112, sol lapillusta 1.319, sağ lapillusta 1.302, sol sagittada 5.311, sağ sagittada 5.336 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, otolit boy ve yükseklik değerlerinin en yakın asteriskuslarda olduğunu, lapilluslarda da otolit boyu ve yükseklik değerlerinin yakın değerler gösterdiğini söyleyebiliriz. Sagittal otolitlerde ise otolit boyu

yüksekliğine göre yaklaşık 5-5.5 kat daha uzundur. İnce uzun yapıda olması da bunun bir göstergesidir. Bostancı vd (2015), sol lapillusların ortalama boy-yükseklik oranı değerini 1.07 olarak hesaplamış ve tez çalışması sonuçları ile uyumludur.

Bostancı ve Polat (2011) ayrıca asterikusun otolit indeksi değerini hesaplamıştır. Ortalama 0.0011 ± 0.00015 , minimum 0.0007 ve maksimum 0.0014 olarak belirlenmiştir.

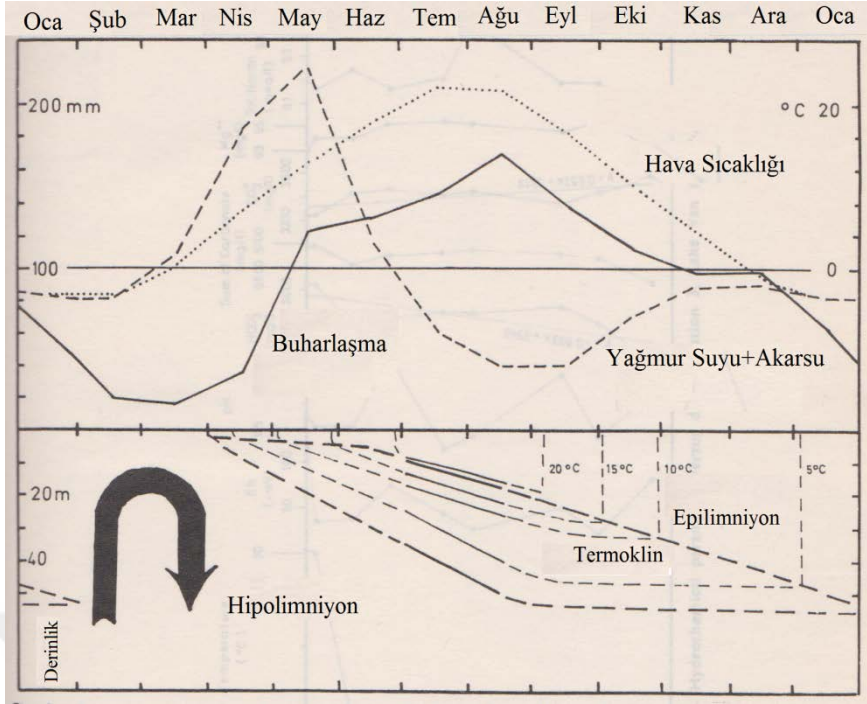
Türlerin otolit morfolojileri farklı dönemlerde veya farklı bölgelerde yaşayan stokların birbiriyle karşılaştırılmasına olanak tanınması bakımından balıkçılık biyolojisi açısından oldukça önem taşımaktadır (Avşar vd, 2007). Otolitlerdeki morfolojik çeşitlilik, genetik (Vignon ve Morat, 2010), derinlik (Lombarte ve Llonart, 1993), su sıcaklığı (Lombarte ve Lleonart, 1993; Hüseyi, 2008), tuzluluk (Capoccioni vd, 2011) ve besin varlığı (Gagliano ve McCormick, 2004; Hüseyi, 2008) gibi faktörlerden etkilendir. Ayrıca bu veriler kullanılarak geriye dönük olarak otolit şekli belirlenebilmektedir (Vignon, 2012; Bremm ve Schulz, 2014). Otolitlerdeki stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ise bu değişkenlere göre farklılık göstermediği için otolit morfometrisi, stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır.

4.4. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Fizikokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Tatlısu kaynaklarının fizikokimyasal durumlarının ortaya çıkarılması, yüksek kalitede olanların korunması ve düşük kalitede olan kaynakların ise iyileştirilmesi su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı yönünden büyük öneme sahiptir (Alpaslan vd, 2017). Suların fizikokimyasal parametreleri, sucul canlılar için hayati önem taşımaktadır. Sucul omurgalı canlılar içerisinde yer alan balıklar; sıcaklık başta olmak üzere birçok değişkenden etkilenmektedirler. Sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen balıkların büyümeleri, üremeleri ve gelişmeleri üzerine belirleyici etki gösteren faktörlerdendir (Tanyolaç, 2009). Van Gölü ve göle dökülen akarsularda arazi çalışmaları esnasında; sıcaklık, oksijen doygunluğu, çözülmüş oksijen, pH, tuzluluk, toplam çözülmüş madde miktarı (TDS), elektriksel iletkenlik, spesifik iletkenlik ve hava basıncı ölçülmüştür.

Sıcaklık; balıkların fizyolojik süreçlerinde anahtar etkiye sahiptir (Brett ve Groves, 1979). Tüm canlı organizmaların üzerine olduğu gibi balıkların da tüm yaşamsal faaliyetlerini etkilemektedir. Ovaryum ve yumurta gelişimi, bağışıklık sisteminin çalışması, canlı ağırlık kazanımına kadar birçok önemli faaliyet su sıcaklığının etkisi altındadır (Dikel, 2009). Suyun sıcaklığı çok büyük ölçülerde güneşe bağlıdır, mevsimlere, günün çeşitli saatlerine, havanın sıcaklığına, yağış durumuna, gölün derinliğine ve yüz ölçümüne, içinde bulunan erimiş madde miktarına, suyun derinliğine ve coğrafik konuma göre de değişiklik göstermektedir. Suyun sıcaklığı su biyolojisine doğrudan ve dolaylı olarak etki etmektedir (Sönmez vd, 2008; Tanyolaç, 2009). İnci kefali anadrom üreme göç özelliği gösteren bir türdür. Kışı gölde geçirir ve balıklar suların ısınmasıyla akarsu ağızlarına geçer ve sıcaklık 17-19°C'ye ulaşmasıyla akarsulara girer, yumurta bırakırlar (Akgül, 1980). İnci kefalinin su sıcaklığı 15-16 °C'ye ulaştığında yumurta bırakmaya başladığı da literatürde mevcuttur (Elp, 1996). Elp (1996), türün üreme biyolojisi ile ilgili gerçekleştirdiği çalışmada, su sıcaklığı 12-13 °C arasında Karasu Çayı'nda az miktarda bireye rastlarken Mayıs ayı ortasında su sıcaklığı 15 °C üzerine çıkmasıyla çok sayıda ergin bireye rastlamıştır. Tez çalışmasında ise larva örneklerinin alındığı dönemde Karmuç Çayı su sıcaklığı 11.4 °C olarak kaydedilmiş, diğer akarsuların ise su sıcaklıklarının 15°C üzerinde olduğu gözlenmiştir. Arabacı (1995) da Ağustos ayının ilk haftası gölde örnekledikleri yavru balıkların boylarını 2-6 cm ölçmüştür ve yavruların su sıcaklığının 21 °C olduğu sıcak ve sığ bölgelerde bulduklarını bildirmiştir.

Van Gölü'nde yaz aylarında termal tabakalaşma olduğu ve derinlikle sıcaklığın değiştiği bildirilmiştir (Wong ve Degens, 1978). Kempe vd (1978), gölün Şubat ve Mart aylarında karışıma uğradığını ifade etmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Van Gölü'nde hava sıcaklığı, buharlaşma, tatlısu girdisi, epilimniyon, termoklin tabakalarının aylara göre durumu (Kempe vd, 1978'den uyarlanmıştır)

Van Gölü ve göle dökülen akarsulardan fizikokimyasal parametreler, larva örneklerinin ve su örneklerinin alınması esnasında ölçülmüştür. Bu ölçümler üç farklı mevsimde gerçekleştirilmiştir. İlk su örnekleri Eylül 2016, larva örnekleri Haziran 2017 ve ikinci su örnekleri Mart 2018'de alınmıştır. Eylül 2016 ve Haziran 2017 en düşük sıcaklık Karmuç Çayı'nda, Mart 2018 döneminde ise Deliçay'da ölçülmüştür. Larva örneklerinin alınması esnasında ise üreme döneminde, su sıcaklığı Deliçay, Zilan ve Bendimahi Çayları'nda diğer akarsulara göre daha yüksektir. Su sıcaklığındaki bu farklılıkların su örneğinin gün içerisinde alınma saatine, akarsuyun farklı noktalarına, içerdiği çözülmüş madde miktarına, derinliğine ve hava durumuna göre de değişiklik gösterdiği düşünülmektedir.

Van Gölü'nde Eylül 2016 ve Mart 2018 tarihlerinde su sıcaklığı sırasıyla 20.4 °C ve 14.4 °C olarak ölçülmüştür. Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018'de sıcaklıklar; Zilan Çayı'nda sırasıyla 17.0 °C, 24.2 °C, 10.1 °C, Bendimahi Çayı'nda 14.3 °C, 24.3 °C, 10.1 °C, Deliçay'da 18.5 °C, 25.7 °C ve 9.4 °C, Karasu Çayı'nda 17.1 °C, 15.9 °C ve 10.8 °C olarak ölçülmüştür. Van Gölü Havzası'nda; Elp (1996), Koçköprü Baraj Gölü'nde (Zilan Deresi üzerinde) su sıcaklığını 2 ile 23.5 °C, Şen (2001) Nazik Gölü'nde 2 ile 24.5°C arasında değiştiğini bildirmiştir. Elp (2002),

Zilan Çayı'nda 2000 ve 2001 yılında su sıcaklığını ölçmüştür ve en düşük sıcaklık Şubat 2000'de 0 °C, en yüksek sıcaklık Temmuz 2001'de 25.0 °C olarak belirlenmiştir. Elp (2002), Zilan Çayı'nda Haziran 2000'de su sıcaklığını 19.0 °C, Haziran 2001'de 14.2 °C ve 20.8 °C, Mart 2001'de ise 7.7 °C olarak bildirmiştir. Zilan Çayı'nda ölçülen sıcaklıkların Elp (2002) tarafından ölçülen sıcaklıklara göre daha yüksek olduğu gözlenirse de araştırmalardaki örneklem noktaları farklılık göstermektedir. Bulum (2015), Bendimahı Çayı'nda su sıcaklığını -0.3 ile 20.7 °C, ortalama su sıcaklığını ise 10.4 °C olarak belirlemiştir. Bendimahı Çayı'nda örnekleme noktalarını 6 farklı bölgeye ayırmıştır. Tez çalışma alanı olan kısım çayın Van Gölü'ne döküldüğü kısma denk gelen VI. örnekleme noktasıdır. Bu bölgede sıcaklığı ortalama 10.0 °C, en düşük ve en yüksek sıcaklıkları 1.5 °C ve 19.8 °C olarak belirlemiştir. Bulum (2015), Eylül, Haziran, Mart 2013 tarihlerinde sıcaklıkları sırasıyla, 13.1 °C, 19.8 °C, 6.9 °C olarak ölçmüş ve sıcaklık değerlerinin araştırma verilerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Seyhan (2016), Deliçay'da dört farklı noktada çeşitli parametreleri ölçmüştür. Deliçay genelinde yıllık ortalama su sıcaklığını 9.5 °C, en yüksek ve en düşük sıcaklıkları -0.3 °C ile 24.5 °C ölçmüştür. Bu akarsudan su örneklerinin alındığı nokta ise Seyhan (2016)'da IV. örnekleme noktası olarak adlandırılan Balık Bendi'ne denk gelmektedir. Bu bölgede su sıcaklığının yıllık ortalama 11.5 °C olduğunu ve sıcaklık değerlerinin -0.1 ile 24.5°C arasında değiştiğini bildirmiştir. Eylül 2013, Haziran 2013 ve Mart 2013'te sırasıyla sıcaklıkları 16.2 °C, 15.8 °C, 6.0 °C olarak belirlemiştir. Sıcaklık değerlerinin tez sonuçlarından daha düşük olduğu gözlenmiştir. Şekerci (2011), Karasu Çayı'nda dört farklı noktada ölçüm gerçekleştirmiştir, tez çalışma alanı IV. Örnekleme noktası olan Zeve Şehitliği mevkisidir. Karasu Çayı'nda su sıcaklığını 0.8 ile 24.5 °C, ortalama sıcaklığı 13.4 °C ölçmüştür. Zeve Şehitliği kısmında ise su sıcaklığı ortalama 14.0 °C olmakla beraber yıl içerisinde 3.6 ile 24.5 °C arasında değişmiştir. Şekerci (2011), aynı alanda Eylül, Haziran, Mart 2010 tarihlerinde sırasıyla sıcaklıkları 20.2°C, 16.1 °C ve 10.1 °C olarak belirlemiştir. Her ayın 15'inde ölçüm yapmıştır. Sonuçların araştırma sonuçları ile birbirine benzer oldukları gözlenmiştir. Atıcı (2017), Karasu Çayı'nda iki yıl sıcaklık ortalamasını 12.6 °C olarak tespit etmiş ve su sıcaklığının 0.2 ile 25.5 °C arasında değiştiğini bildirmiştir. Karasu Çayı üzerinde 5 farklı örnekleme noktası belirlemiştir ve çalışma alanına denk gelen V. örnekleme noktası olan Zeve'dir. Bu noktada ortalama sıcaklık

13.4°C, en düşük ve en yüksek sıcaklıklar 1.5°C ile 24.8°C'dir. Atıcı (2017), V. örneklem noktasında Eylül 2014'te 16.5 °C, Eylül 2015'te 20.3 °C, Haziran 2015'te 21.2°C, Mart 2015'te 8.6 °C ve Mart 2016'da 7.8 °C olduğunu belirlemiştir. Sıcaklık değerleri bu çalışma ile karşılaştırıldığında benzerlik ve farklılıkların olduğu gözlenmiştir.

Sıcaklık değerleri literatürde akarsulardan elde edilen sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmış benzerlik ve farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıklara birçok faktörün etki ettiği düşünülmektedir. Bu faktörler; rakım, yıllar arası farklılık, mevsimsel değişkenler, ölçüm yapılan bölge, hava durumu, iklim şartları, ölçümün yapıldığı saat ve daha birçok faktör olabilir. Akarsu ekosistemlerinde su sıcaklığının, suyun akış hızına, hacmine, derinliğine, akarsu tabanının jeolojik ve kimyasal yapısına ve hava sıcaklığına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Wetzel, 2017).

Sulardaki oksijen hem metabolik olayların düzenleyici olması hem de suyun kondisyonunun göstergesi olması açısından önemli değişkenlerdendir. Sucul ortamlardaki oksijen havaya oranla azdır bunun sebebi ise suda eriyebilirliğinin düşük olmasıdır. Sucul canlılar metabolik faaliyetlerinde sudaki erimiş oksijeni kullanırlar (Tanyolaç, 2009). Suda yaşayan canlılar suda çözülmüş oksijen olmadan yaşamlarını devam ettiremezler (Çetinkaya, 2003). Su içerisinde çözülmüş halde bulunabilen doygun oksijen konsantrasyonu, su yüzeyine değen havadaki gazın kısmi basıncına, suyun tuzluluğuna ve o andaki suyun sıcaklığına bağlıdır. Su içerisinde çözülmüş olarak bulunan tuzların konsantrasyonu arttıkça oksijen çözünürlüğü azalır. Sıcaklık arttıkça da bütün gazlarda olduğu gibi su içinde oksijen çözünürlüğü azalır, sıcaklık azaldıkça da artar (Yalçın ve Gürü, 2002; Tanyolaç, 2009).

Çözülmüş oksijen; Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018 tarihlerinde Zilan Çayı'nda sırasıyla 9.44 mg/L, 3.28 mg/L ve 13.56 mg/L, Bendimahi Çayı'nda 5.90, 3.31, 9.40 mg/L Deliçay'da 10.30 mg/L, 4.15 mg/L, 10.37 mg/L, Karasu Çayı'nda 9.51 mg/L, 3.24 mg/L, 8.62 mg/L olarak ölçülmüştür. İnci kefalinin yayılış gösterdiği alanlardan biri olan Koçköprü Baraj Gölü'nde ve burayı besleyen akarsularda çözülmüş oksijen değerinin daima 5 mg/L'nin üzerinde olduğu bildirilmiştir (Elp, 2002). Zilan Çayı'nda Elp (2002), çözülmüş oksijen değerini 6.0 ile 11.6 mg/L arasında ölçmüştür. Bulum (2015), Bendimahi Çayı'nda çözülmüş oksijen değerini yıllık ortalama 10.86 mg/L, VI. istasyonda 7.18 mg/L olarak

belirlemiştir. Bulum (2015), Eylül, Haziran ve Mart 2013 tarihlerinde sırasıyla çözünmüş oksijen değerini 5.30 mg/L, 5.18 mg/L, 9.92 mg/L ölçmüştür. Seyhan (2016), Deliçay genelinde yıllık ortalama çözünmüş oksijen miktarını 10.06 mg/L olarak belirlemiştir. Balık Bendi örneklem noktasında ise bu değeri ortalama 10.38 mg/L olarak tespit etmiştir. Eylül, Haziran, Mart 2013'te çözünmüş oksijen değerlerini sırasıyla 10.41, 8.56, 10.29 mg/L olarak belirlemiştir. Atıcı (2017), Karasu Çayı genelinde iki yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerini 9.7 mg/L olarak belirlemiştir. Zeve örnekleme noktasında ise çözünmüş oksijen değerini iki yıllık ortalama 10.02 mg/L olarak belirlemiştir. Atıcı (2017); Eylül, Haziran, Mart 2015 tarihlerinde sırasıyla çözünmüş oksijen değerlerini 6.66, 9.01, 10.60 mg/L olarak belirlemiştir. Şekerci (2011), Karasu Çayı genelinde yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerinin 10.03 mg/L, Zeve Şehitliği Mevkii'sinde ise yıllık ortalama 9.96 mg/L olduğunu tespit etmiştir. Eylül, Haziran, Mart 2010'da çözünmüş oksijen değerini sırasıyla 7.53, 6.76, 11.08 mg/L olarak belirlemiştir. Literatürde elde edilen değerler karşılaştırıldığında büyük kısmının benzer olduğu dikkati çekmektedir. Akarsularda mevcut çözünmüş oksijen değerinin büyük bir kısmı su yüzeyinden atmosfer yardımıyla geçerken bu geçiş, akasuyun kendini oksijenle temizleyebilmesi, suyun sıcaklığı, debisi, havalanma ve süresi ile ilişkilidir (Nas vd, 2005). Akarsuların hepsinde çözünmüş oksijen değerinin Haziran ayında Eylül ve Mart aylarına göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu durum farklı araştırmacıların çalışmaları ile benzerdir (Şekerci, 2011; Bulum, 2015; Seyhan, 2016; Atıcı, 2017). Sudaki çözünmüş oksijen miktarlarındaki değişikliklerin su sıcaklığına, hava basıncına, çözülmüş tuz miktarına, suyun kirlilik derecesine, akış hızına, yağış miktarına ve iklim şartlarına bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir.

Oksijen doygunluğu değerleri Van gölüne dökülen akarsularda %59 ile %146.9 arasında değişmiştir. Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018 tarihlerinde oksijen doygunluğu Bendimahi Çayı'nda sırasıyla %59.0, %40.4 ve %98.9, Deliçay'da %109.2, %51.2, %108.7, Karasu Çayı'nda %98.7, %32.9 ve %97.8 olarak belirlenmiştir. Bulum (2015), Bendimahi Çayı'nda yıllık oksijen doygunluğunu %122.9, VI. istasyonda ise %75.9 olarak belirlemiştir. Bulum (2015), Eylül, Haziran ve Mart 2013 tarihlerinde oksijen doygunluğunu sırasıyla %61.7, %69.8 ve %96.3 olarak ölçmüştür. Sonuçlar bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bendimahi Çayı'nın oksijen doygunluğunun diğer akarsulara göre daha düşük olduğu

gözlenmiştir. Seyhan (2016), Deliçay'da oksijen doygunluğunu yıllık ortalama %107.43, Balık Bendi istasyonunda ise ortalama %116.38 olarak belirlemiştir. Seyhan (2016) Eylül, Haziran, Mart 2013'te bu değerleri sırasıyla %129.6, %114.1, %103.9 olarak ölçmüştür. Atıcı (2017) Karasu Çayı'nda oksijen doygunluğunun iki yıllık ortalamasını %102.7, Zeve bölgesinde ise ortalama %112.0 olarak belirlemiştir. Atıcı (2017), Eylül, Haziran ve Mart 2015'te bu değerleri sırasıyla %74.4, %123.9, %82.1 olarak tespit etmiş ve özellikle Haziran ayında değerlerin bu çalışmaya göre yüksek olduğu dikkati çekmiştir. Şekerci (2011), Karasu Çayı'nda oksijen doygunluğunu ortalama %119.4, Zeve Şehitliği Mevkiisi'nde ise ortalama %118.1 olarak belirlemiştir. Eylül, Haziran ve Mart 2010 tarihlerinde sırasıyla %118.7, %84.5, %122.3 olarak ölçmüştür. Bu çalışmada olduğu gibi Şekerci (2011) de çalışmasında oksijen doygunluğunun Haziran ayında düştüğünü tespit etmiştir. Bu araştırmada, tüm akarsularda oksijen doygunluğu Haziran ayında Eylül ve Mart aylarına göre daha düşüktür. Yaz aylarında sıcaklık artışına bağlı olarak oksijen doygunluğunun düştüğü düşünülmektedir. Yaz aylarında denge halinde olan oksijen çözünürlüğü azaldıkça oksijen konsantrasyonu da düşmektedir. Ayrıca akarsulardaki oksijen seviyesi kimyasal ve biyolojik süreçlerden belirgin bir şekilde etkilenmektedir (Wetzel, 2017).

Bir bileşikteki hidrojen iyonunun logaritmik karşılığı olarak tanımlanan pH, suyun asit ya da alkali özelliğini belirleyen bir parametredir (Çetinkaya, 2003; Tanyolaç, 2009). Doğal suların pH değerleri 2-12 arasında değişmektedir. pH değeri 4'ten daha az olan doğal ve kirlenmemiş su kütlelerinin neredeyse tümü volkanik bölgelerde bulunur, bu bölgelerde mineral asit özellikle de sülfirik asit girdileri fazladır. Göl suyunda son derece yüksek miktarda soda (Na_2CO_3) bulunan, dışa akıntısı bulunmayan bölgelerde genellikle pH değeri çok yüksektir (Wetzel, 2017). Akıntısı olmayan göllerde buharlaşma alkali maddelerin birikmesine neden olduğundan pH değeri 12'ye çıkabilir (Tanyolaç, 2009). Van Gölü de sodalı göl özelliği taşımaktadır ve göl suyunda baskın anyon bikarbonat, baskın kation ise bikarbonat konsantrasyonunu dengeleyen sodyumdur. Bu durum da gölün sodalı göl olma nedenini açıklamaktadır (Degens vd, 1984). Göl suyu sodalı özellikte olması ile birlikte pH değeri 9.8 olarak bildirilmiştir (Kempe vd, 1978). Reimer vd (2009), Van Gölü için farklı araştırmacılar tarafından bildirilen pH değerlerini derlemiştir ve gölün pH değerinin 9.31 (Gessner, 1957) 9.9 (Irion, 1973), 9.7 (Fauth, 1973, basılmamış),

9.6 (Schweizer, 1975), 9.55 (Kempe, 1977), 9.7-9.9 (Tuğrul vd, 1984), 1989'da 5m'de 9.73, 50 m'de 9.87, 400 m'de 9.88 olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Bostancı ve Polat (2015), pH değerini 9.6 olarak ölçmüştür. Aydın vd (2017), Van Gölü yüzey suyunda pH değerinin 8.07 ile 9.86, yüzeyden itibaren 50 m derinlikte 8.15-9.72, Van Gölü tabanında ise 7.85 ile 9.84 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Arazi çalışmasında ise pH, Eylül 2016'da 10.0, Mart 2018'de 10.44 olarak ölçülmüştür. Balıklar pH 6.4-8.6 arasında yaşayabilseler de bu değer türlere göre değişiklik göstermektedir (Tanyolaç, 2009). Van Gölü'ne dökülen akarsularda ise pH değeri 7.30 ile 9.71 arasında değişmiştir. Engil Çayı'nın pH değeri 7.30 ile 7.97 arasında ölçülmüştür ve diğer akarsulara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Kempe vd (1978), Engil Çayı pH değerini yaklaşık 6-7 olarak belirlemiştir.

Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018 tarihlerinde pH değeri Zilan Çayı'nda sırasıyla 7.63, 8.23, 8.02; Bendimahı Çayı'nda 7.85, 8.52 ve 7.84; Karasu Çayı'nda 8.68, 8.54, 8.39, Deliçay'da 8.64, 9.71, 8.94 olarak ölçülmüştür. Değerler incelendiğinde diğer akarsulara göre Deliçay'da pH değerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Özellikle 9.71 ölçüm gerçekleştirilen arazi çalışmasında multimetre kalibrasyon işlemleri yenilenerek tekrar ölçüm yapılmıştır ve yine aynı sonuç elde edilmiştir. Kempe vd (1978), Zilan Çayı'nda pH değerinin 6-7 arasında, Elp (2002), 7.74-8.41 arasında değiştiğini bildirmiştir. Kempe vd (1978), pH değerini 7.6 olarak ölçmüştür. Bulum (2015), Bendimahı Çayı'nda pH değerinin 7.12 ile 9.63 arasında değiştiğini ve ortalama yıllık değerini 7.93 olarak belirlemiştir. VI. örneklem noktasında ise ortalama pH'ı 7.78 ölçmüştür. Bulum (2015), Eylül, Haziran ve Mart 2013 tarihlerinde pH değerini sırasıyla 7.66, 7.96, 7.62 olarak tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Seyhan (2016), Deliçay'da yıl boyunca tüm örnekleme noktalarında ortalama pH değerini 8.40, Balık Bendi bölgesinde ise 8.64 olarak tespit etmiştir. Seyhan (2016), Eylül, Haziran ve Mart 2013 tarihlerinde sırasıyla pH değerlerini 8.94, 8.98 ve 8.32 olarak belirlemiştir. Ölçüm yaptığı aylara bakıldığında Ağustos ayında da Deliçay'ın pH değerini 9.20 ölçmüştür. Kempe vd (1978), Karasu Çayı pH değerini 7.4 olarak tespit etmiştir. Atıcı (2017), Karasu Çayı'nda pH değerinin iki yıllık ortalamasını 8.36, Zeve bölgesinde ise 8.49 olarak belirlemiştir. Atıcı (2017), Zeve bölgesinde pH değerlerini Eylül, Haziran ve Mart 2015 tarihlerinde sırasıyla 8.45, 8.83, 8.55 olarak tespit etmiştir. Şekerci (2011) ise Karasu Çayı'nda yıllık ortalama pH değerini 8.23, Zeve

Şehitliği Mevkii'sinde ise 8.26 olarak ölçmüştür. Eylül, Haziran ve Mart 2010 tarihlerinde ise sırasıyla, 8.70, 7.25, 8.51 olarak belirlemiştir. Karasu Çayı'nda yapılan çalışmalar ile bu çalışma sonuçları karşılaştırıldığında pH değerlerinin benzer oldukları gözlenmiştir.

Tuzluluk, tuzlu ve tatlı tüm iç sularda çözünmüş tüm iyonik bileşiklerin toplam konsantrasyonlarıdır. Suyun tuzluluğu ise; drenaj havzasından akan sudaki kaya ve topraktan süzülen iyonik katılımların, atmosferik yağış ile birikim ve buharlaşma ile yağış arasındaki dengenin bir bileşimi olarak tanımlanmaktadır. Kapalı havzalarda suyun tuzluluğu buharlaşmayla artmakta ve tuzların çökmesiyle değişikliğe uğramaktadır. Tuzluluğun kaynakları; toprak ve kayanın aşınması, yağışlarla atmosferdeki tuzların taşınımı, iklim, yağış miktarı, buharlaşma, sıcaklık, rüzgar, temel iyonların dağılımı şeklinde sıralanabilir (Wetzel, 2017). İç sularda tuzluluğu oluşturan Ca, Mg, Na, K katyonları ile karbonat ve hidrokarbonat, sülfat, klorür anyonlarıdır (Tanyolaç, 2009). İnci kefalı ise tuzluluk değişimlerine toleranslı olan bir türdür. Yüksek tuzluluk oranına sahip olan Van Gölü'nde yaşayan inci kefalı, üreme döneminde akarsu ile gölün birleşme noktasında bir süre bekler ve tuz değişimine uyum sağlayarak düşük tuzluluktaki akarsulara yumurta ve sperm bırakmak amacıyla göç eder. Tez çalışmasında göl suyunun tuzluluğu Eylül 2016'da 17.5 ppt, Mart 2018'de 20.0 ppt olarak ölçülmüştür. Kempe vd (1978), göl suyunun tuzluluğunu %0.19, Reimer vd (2009) %0.22 olarak belirlemiştir. Tuzluluk göle dökülen akarsularda %0.9 ile %0.50 arasında değişmiştir. Engil Çayı'nda Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018 tarihlerinde ölçülen tuzluluk değeri hemen hemen aynıdır ve sırasıyla; %0.39, %0.39, %0.40'tır. Aynı durum Karmuç Çayı için de geçerli olup sırasıyla %0.13, %0.14, %0.13'tür. Deliçay'da ise tuzluluk Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018 tarihlerinde çok değişken ölçülmüş ve sırasıyla %0.37, %0.10 ve %0.50'dir. Karasu Çayı'nda ise tuzluluk sırasıyla %0.29, %0.32, %0.31 olarak ölçülmüştür. Atıcı (2017), Karasu Çayı'nda iki yıllık ortalama tuzluluğu %0.31, Zeve bölgesinde ise %0.32 olarak belirlemiştir. Eylül, Haziran ve Mart 2015 tarihlerinde ise sırasıyla tuzluluk değerlerini %0.32, %0.34, %0.35 olarak ölçmüş ve sonuçlar elde edilen veriler ile benzerdir. Aynı akarsuda çalışma gerçekleştiren Şekerci (2011), yıllık ortalama tuzluluğu %0.08, Zeve Şehitler Mevkii'sinde ise %0.07 ölçmüştür. Eylül, Haziran, Mart 2010 tarihlerinde sırasıyla tuzluluk değerlerini %0.05, %0.08, %0.08 olarak belirlemiştir. Elde edilen değerlerin bu

çalışmadan daha düşük ölçüldüğü gözlenmiştir. Bendimahi Çayı'nda ise tuzluluk Eylül döneminde diğer dönemlere göre daha yüksek ölçülmüştür ve Eylül 2016, Haziran 2017 ve Mart 2018 tarihlerinde tuzluluk değerleri sırasıyla ‰0.49, ‰0.35 ve ‰0.33'tür. Bulum (2015), Bendimahi Çayı'nda yıllık ortalama tuzluluk değerini ‰0.37, VI. istasyonda ise ‰0.36 olarak belirlemiştir. Eylül, Haziran ve Mart 2013 tarihlerinde ortalama tuzlulukları sırasıyla ‰0.36, ‰0.34 ve ‰0.40 olarak belirlemiştir. Seyhan (2016), Deliçay'da yıllık ortalama tuzluluğu ‰0.36, Balık Bendi bölgesinde ise ‰0.37 olarak ölçmüştür. Eylül, Haziran ve Mart 2013 tarihlerinde ise tuzluluğu sırasıyla, ‰0.39, ‰0.38, ‰0.37 olarak belirlemiştir. Çalışma sonuçları ile benzerlik ve farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıklarda su örneklerinin alınma zamanı, suyun sıcaklığı, iklim şartları, yağış miktarı gibi birçok faktörün etkili olduğu düşünülmektedir.

Elektriksel iletkenlik, 25 °C'de 1 cm uzunluk ve 1 cm² kesit alana sahip su sütununun elektrik direncinin tersi olarak tanımlanmaktadır (Çetinkaya, 2003). Elektriksel iletkenlik parametresi, eriyikteki artık madde miktarını ve tuzlulukla ilişkisini yaklaşık olarak gösterir. Genellikle doğal sularda iletkenlik, yaklaşık olarak çözünmüş katı maddelerin toplamıdır (Tanyolaç, 2009). Elektriksel iletkenlik ile sudaki toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) kabaca tahmin edilebilir. Tipik olarak, toplam çözünmüş katı madde değeri (mg/L), elektrik iletkenliğinin yaklaşık yarısıdır (µS/cm). Elektriksel iletkenlik, tuzlulukla ilişkilidir; daha yüksek tuzluluğa sahip sularda elektriksel iletkenlik de daha yüksek olmaktadır. Tatlısu balıkları genellikle geniş elektriksel iletkenlik yelpazesinde yaşayabilmektedirler (Stone vd, 2013). Van Gölü'nde elektriksel iletkenlik Eylül 2016'da 25.9 mS/cm olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik tuzlulukla da ilgili olarak Van Gölü'nde en yüksek değere sahiptir. Gölde daha önceden gerçekleştirilen çalışmalarda elektriksel iletkenlik 22.9 mS/cm (Gessner, 1957), 26.0 mS/cm (Fauth, 1973), 23.0 (Schweizer, 1975), 26.7 mS/cm (Tuğrul vd, 1984) olarak belirlenmiştir (Reimer, 2009'dan aktarılmıştır). Van Gölü'nde farklı derinliklerde elektriksel iletkenlik 26.0 mS/cm (5 m), 26.5 mS/cm (50 m), 26.7 mS/cm (400 m) olarak bildirilmiştir (Reimer, 2009). Aydın vd (2017), Van Gölü yüzey suyunda (0 m) ortalama elektriksel iletkenliği 29.33 mS/cm, 50 m derinlikte 20.87 mS/cm, göl tabanında ise 19.57 mS/cm olarak belirlemiş ve derinlikle elektriksel iletkenliğin azaldığı gözlenmiştir.

Akarsularda elektriksel iletkenlik Eylül 2016 ve Haziran 2017 tarihlerinde ölçülmüştür. Van Gölü'ne dökülen akarsularda elde edilen iki dönem elektriksel iletkenlik değerleri birbiri ile uyumludur. Her iki dönemde de en yüksek elektriksel iletkenlik Bendimahi Çayı'ndadır. Bendimahi Çayı'nı ise sırasıyla Engil Çayı, Karasu Çayı, Gevaş Deresi, Zilan Çayı, Deliçay, Karmuç Çayı takip etmiştir. Eylül 2016 ve Haziran 2017 tarihlerinde Zilan Çayı'nda elektriksel iletkenlik sırasıyla 282.2 $\mu\text{S/cm}$ ve 173.1 $\mu\text{S/cm}$, Bendimahi Çayı'nda, 790 $\mu\text{S/cm}$ ve 675 $\mu\text{S/cm}$, Deliçay'da 206 $\mu\text{S/cm}$, 223 $\mu\text{S/cm}$, Karasu Çayı'nda 507 $\mu\text{S/cm}$, 540 $\mu\text{S/cm}$ olarak tespit edilmiştir. Elp (2002), Zilan Çayı'nda elektriksel iletkenliğin 87-356 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiğini bildirmiştir. Bulum (2015), Bendimahi Çayı'nda elektriksel iletkenliği 680.47 $\mu\text{S/cm}$, VI. örneklem noktasında ise 654.8 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir. Bulum (2015), Eylül ve Haziran 2013 tarihlerinde elektriksel iletkenlik değerlerini sırasıyla 566 $\mu\text{S/cm}$, 637 $\mu\text{S/cm}$ olarak tespit etmiştir ve sonuçlar benzerlik göstermektedir. Seyhan (2016), Deliçay'da yıllık ortalama elektriksel iletkenliği 697.13 $\mu\text{S/cm}$, Balık Bendi'nde ise 731.3 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlemiştir. Bu değerler araştırmada elde edilen sonuçlara göre daha yüksektir. Atıcı (2017) Karasu Çayı'nda iki yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değerini 518.0 $\mu\text{S/cm}$, Zeve bölgesinde ise 532.7 $\mu\text{S/cm}$ olarak hesaplamıştır. Atıcı (2017), Eylül 2015'te elektriksel iletkenliği 571 $\mu\text{S/cm}$, Haziran 2017'de 583 $\mu\text{S/cm}$ olarak tespit etmiştir. Şekerci (2011), Karasu Çayı'nda yıllık ortalama elektriksel iletkenliği 601.4 $\mu\text{S/cm}$, Zeve Şehitliği Mevkii'nde ise ortalama 592.2 $\mu\text{S/cm}$ ölçmüştür. Eylül 2010'da 522 $\mu\text{S/cm}$, Haziran 2010'da ise 581 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlemiş sonuçlar araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Farklılıkların sudaki erimiş ve askıntı madde miktarına, sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Sulardaki elektriksel iletkenliği etkileyen çözünmüş katı maddelerin en önemli kaynak olduğu bildirilmiştir. Ayrıca sulardaki elektriksel iletkenliği etkileyen diğer faktörler de klorür, kalsiyum, potasyum, magnezyum, karbonat, fosfat, nitrat ve sülfat sodyum, demir ve mangan gibi bazı metaller başlıca çözünmüş tuzlardır (Göksu, 2003). Ayrıca suyun elektriksel iletkenliği hem jeolojik etkenlere hem de dışarıdan gelen etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Tuzlulukla paralel artış gösteren elektriksel iletkenlik sıcaklık artışı ile de paralellik gösterir (Dirican ve Barlas, 2005).

Toplam çözünmüş madde (TDS), sudaki çözünmüş toplam madde miktarının göstergesi olarak kabul edilir. TDS, suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli bir parametredir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Van Gölü'nde TDS 18.473 ve 19.041 g/L olarak ölçülmüştür. Reimer vd (2009), daha önce gölde yapılan çalışmalarda elde edilen TDS verilerini derlemiştir ve farklı araştırmacılar tarafından gölde 22.9 g/L (Gessner, 1957), 23.5 g/L (Irion, 1973), 21.9 g/L (Fauth, 1973), 21.6 g/L (Schweizer, 1975), 22.6 g/L (Tuğrul vd, 1984), 1989'da 5 m'de 22.3 g/L , 10 m'de 22.8 g/L , 400 m'de 23.1 g/L olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Aydın vd (2017), Van Gölü yüzey suyunda, yüzeyden itibaren 50 m derinlikte ve göl tabanında ortalama TDS değerlerini sırasıyla 19.59 g/L, 19.64 g/L, 13.11 g/L olarak belirlemiştir. Van Gölü'ne dökülen akarsularda TDS değeri 0.126 g/L ile 0.806 g/L arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer Zilan Çayı'nda en yüksek TDS değeri ise Engil Çayı'nda gözlenmiştir.

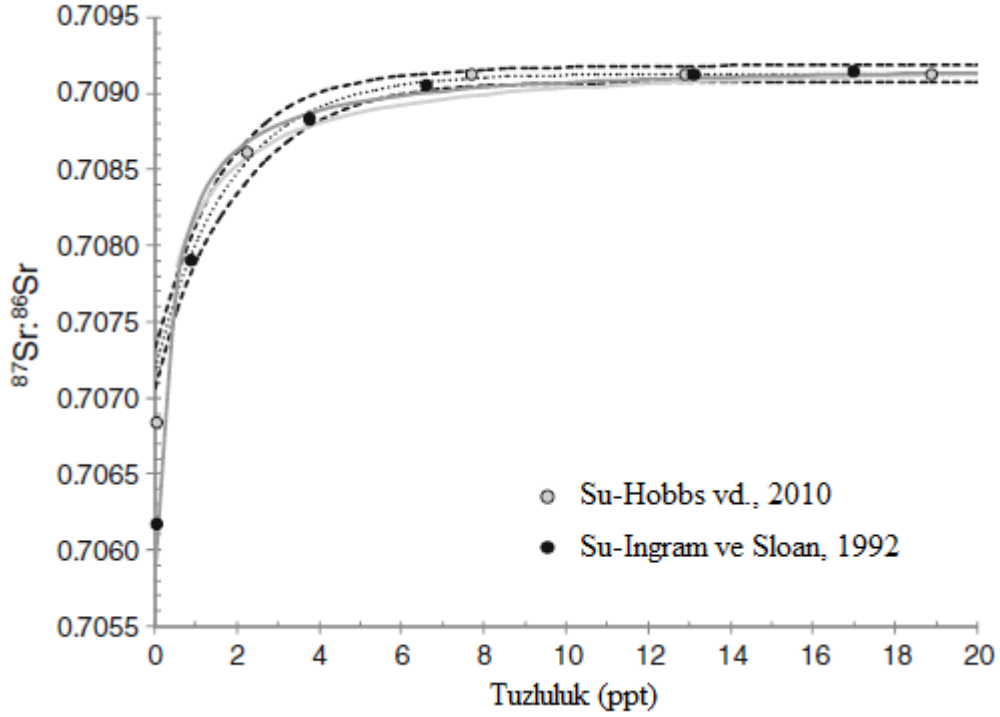
4.5. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların Stronsiyum İzotop Oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Değerlendirilmesi

Stronsiyum, dört duraylı [^{84}Sr (%0.56), ^{86}Sr (%9.86), ^{81}Sr (%7.0), ^{88}Sr (%82.58)] doğal izotop ile bir radyojenik izotopa sahiptir [^{87}Sr]. ^{87}Sr , ^{87}Rb izotopunun ($T_{1/2} = 48.8 \times 10^6$ yıl) radyoaktif bozunması ile oluşmaktadır. Genellikle, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı ile ifade edilmektedir (Clark ve Fritz, 2013). ^{87}Sr , kayanın yaşı ve tipi ile değişir. ^{86}Sr konsantrasyonu ise çoğu çevrede radyoaktif bozunma ile değişmez ve sabittir (Capo vd, 1998).

Kayaçlarda stronsiyum izotop oranı 0.7-4 arasında değişiklik göstermekle beraber kayacın yaşı, kristallenme süreci, ilksel Rb/Sr konsantrasyonları ile ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranına bağlı olarak farklı bir $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı gözlenir. Su-kayaç etkileşimi sırasında bir mineralden kazanılan stronsiyum, mineral ile aynı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranına sahip olmaktadır. Yeraltı sularının farklı stronsiyum izotop oranlarına sahip olmalarının sebebi, akım boyunca farklı mineraller ile temas halinde olması ve temas sürelerinin farklı olmasıdır. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı, hidrokimyasal veriler ile birlikte ele alındığında, yeraltı suyunun akım yolları, kayacın kökeni, yer altı suyunun geçiş süresinin tespit edilmesinde kullanılabilir (Clark ve Fritz, 2013). Çevredeki stronsiyum izotop oranlarındaki ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) coğrafik farklılıkların başlıca coğrafik oluşumlardan kaynaklandığı bildirilmiştir. Ortamdaki stronsiyum izotop oranındaki

farklılıklar, başlıca o çevrenin jeolojik oluşumundaki farklılıklardan türevlenmektedir. Stronsiyum, ^{87}Rb 'nin ^{87}Sr 'ye radyojenik olarak bozunmasını ifade eden $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı farklı ortamların litolojik özelliklerini yansıtır (Dickin, 1995). Akarsulardaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı havzanın jeokimyasal oluşumu ile kontrol edilir ve zamanla da sabittir (Kennedy vd, 2000; Bacon vd, 2004). Ayrıca stronsiyum izotop oranının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) biyolojik veya dış faktörlerden etkilenmediği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Kennedy vd, 1997; Kennedy vd, 2000; Kennedy vd, 2002; Outridge vd, 2002).

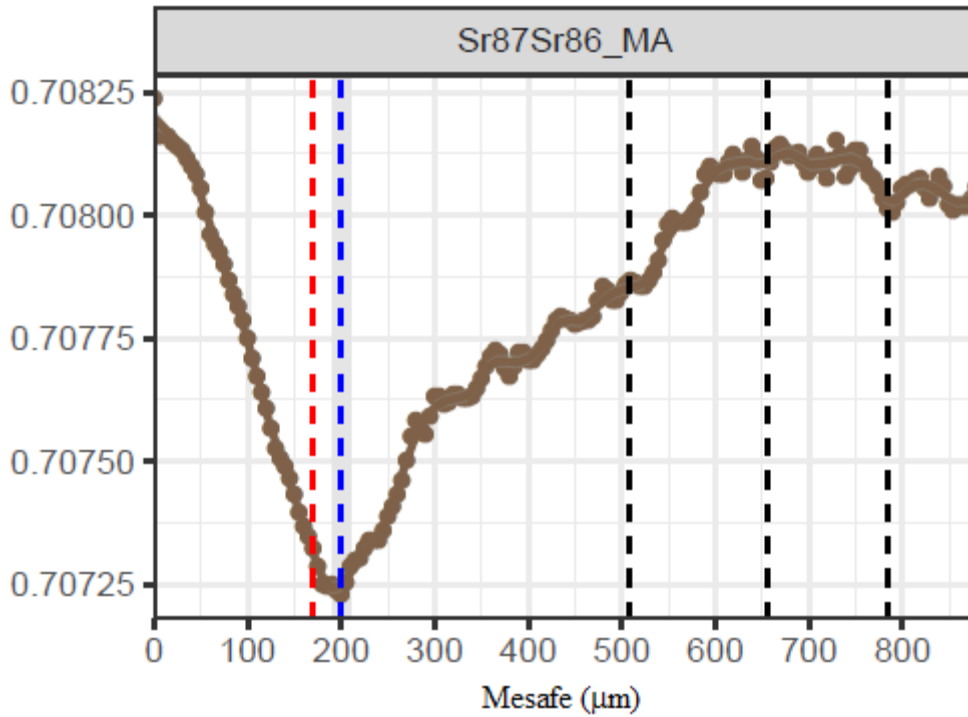
Stronsiyum izotop oranlarının ölçümü ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) için hem termal iyonizasyon kütle spektrofotometresi (TIMS) hem de MC-ICPMS temel yöntem olarak dikkate alındığı bildirilmiştir (Vroon vd, 2008; Balcaen vd, 2010). Irrgeher vd (2016), o zamana kadar sunulan yaklaşımlardan hareketle, LA-MC-ICPMS yardımıyla stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümlerinin ortaya konulan problemlerde umut verici ölçüm olanakları sunduğunu belirlemişlerdir. Tez çalışmasında su örnekleri yüksek hassasiyetli ölçüm yapan LA-MC-ICPMS cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Van Gölü su örneklerinin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranının göle dökülen akarsulardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Van Gölü su örneğinde $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı 0.707882 ± 0.000002 olarak belirlenmiştir. Bu durum Van Gölü'nün göle dökülen akarsulara göre daha yüksek oranda tuzluluğa sahip olması ile açıklanabilir. Hobss vd (2010), Sacramento Nehri boyunca ve Muir nehirağzında elde ettikleri stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sonuçları ile suyun tuzluluğu arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmışlardır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Stronsiyum izotop oranlarının tuzluluk ile ilişkisi (Hobbs vd, 2010).

Koyu gri çizgi Sacramento Nehri ile Muir nehirağzı su örnekleri stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) (Hobbs vd, 2010), açık gri renkli çizgi ise San Joaquin Nehri ve Muir nehirağzı su örnekleri stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) eğrisini göstermektedir (Ingram ve Sloan, 1992). Hobss vd (2010), Sherman Adası tuzluluğunu 0.2 ppt, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranını 0.70681 ± 0.000035 ($\pm 2\text{Sh}$), Pittsburg Marina tuzluluğunu 2.2 ppt, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranını 0.70856 ± 0.000035 , Benicia Marina tuzluluğunu 8.2 ppt, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranını 0.70901, Vallejo Limanı tuzluluğunu 13.2 ppt, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranını 0.70910 ± 0.000051 , Muir Sahili tuzluluğunu 31.8 ppt ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranını 0.70916 ± 0.000035 olarak belirlemişlerdir. Tuzluluk arttıkça belirli bir değere kadar stronsiyum izotop oranında da artış olduğu görülmektedir. İç sularda stronsiyum izotop oranı değişiklik sergilese de denizlerin stronsiyum izotop oranı küresel formda tek bir değerde kabul edilmektedir. Küresel olarak denizlerin stronsiyum izotop oranı değeri 0.70918'dir (Kennedy vd, 2000; Bacon vd, 2004; Miller ve Kent, 2009). Bu değer de yaklaşık 400.000 yıldır sabit olduğu tahmin edilmektedir (Gillanders, 2005a). Nehirlerde ve tatlısularda bu oran kaya tiplerindeki farklılıklardan dolayı değişiklik sergiler ancak okyanuslarda ve denizlerde böyle bir durum olmadığı için homojendir (Capo vd, 1998).

Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylerin otolitlerden ölçülen stronsiyum izotop oranları dikkate alındığında, Van Gölü suyununun stronsiyum izotop değerlerinin gölden alınan ve analiz edilen su örneğinde ölçülen stronsiyum izotop oranının daha yüksek oranlara da çıkabileceği gözlenmiştir. Van Gölü için stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) 0.707882 ± 0.000002 'dir. Otolitlerden elde edilen kayıtlarda gölde stronsiyum izotop oranının bu değerin üstünde değerlere ulaştığı gözlenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Van Gölü'nden örneklenen ergin birey otolit stronsiyum izotop oranı değişimi (Örnek No:23)

Akarsulardaki çözünür Sr'nin, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı, büyük ölçüde anakayanın kimyasal aşınmasıyla belirlenir (Stewart vd, 1998), ancak bazı durumlarda sudaki çözünür Sr yeraltı suyu (Négre ve Petelet-Giraud, 2005), deniz tuzu ve mineral tozunun atmosferik birikimi (Chadwick vd, 2009), hidrotermal işlemler (Pretti ve Stewart, 2002) veya toprak ve sörf yatakları (Stueber vd, 1975) gibi diğer girdilerden de etkilenebilir.

Göle dökülen akarsulardan su numuneleri alınırken akarsuyun herhangi bir noktasından değil inci kefalinin üreme için göç ettiği kısımlara denk gelen bölgelerden alınmıştır.

Gevaş Deresi, 14 km uzunluğundadır (Çiftçi vd, 2008). Gevaş Deresi üzerinde bulunan Van ile Gevaş arasında bağlantı oluşturan köprü eşiğinin alt ve üst bölgelerinde Elp vd (2014) avcılık yapmıştır ancak eşiğin üst bölgesinde hiç inci kefali örnekleyemezlerken alt bölgesinde ise çok sayıda inci kefali bireyi örneklediklerini bildirmişlerdir. Elp vd (2014), köprü eşiğinin göçü engellediğini ifade etmiştir. Yaklaşık 1.5 m yüksekliğinde düşüş oluşumuna neden olan eşiğin yeniden düzenlenmesini önermişlerdir. Tez çalışmasında üç yıl boyunca üreme döneminde köprü eşiğinin alt ve üst bölgelerinde ise hiç larval birey örneklenememiştir. Ancak ergin bireylerin otolitlerinde geriye dönük olarak stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve mikrokimyasal özellikleri yardımıyla yumurtadan çıktıkları habitatlar belirlenirken, Gevaş Deresi'nden de Van Gölü stoğuna katılma ihtimalleri de göz önünde bulundurularak su örnekleri alınmış ve mikrokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Su örnekleri köprü'nün hem üst hem alt bölgesinden alınmıştır. Su örneklerinin alındığı bu bölge Van Gölü'ne oldukça yakındır. Gevaş Deresi stronsiyum izotop oranı 0.707804 olmakla beraber akarsu örnekleri arasında en yüksek stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değerine sahiptir. Akarsular içerisinde de Van Gölü stronsiyum izotop oranı değerine en yakın olan bu değerdir.

Engil Çayı Edremit ilçesi ile Gevaş ilçesi arasından göle ulaşmaktadır (Erginyürek, 2018). Engil Çayı'nın uzunluğunun 145 km olduğu bildirilmiştir (Çiftçi vd, 2008). Diğer akarsular ile arasındaki mesafeler değerlendirildiğinde Engil Çayı ile Gevaş Deresi'nin coğrafik olarak birbirine yakın oldukları gözlenmektedir. Su örnekleri inci kefalinin göç gerçekleştirdiği ve larval bireylerin gözlendiği kısımlardan alınmıştır. Gevaş Deresi ile coğrafik olarak yakın olan jeolojik yapı olarak da benzer olan Engil Çayı su örneklerinin stronsiyum izotop oranlarının da diğer akarsulara göre birbirlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Akarsularda stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) bakımından en yüksek oran Gevaş Deresi'nden sonra Engil Çayı'nda olup 0.707698'dir.

Karasu Çayı'nın, DSİ Van Bölge Müdürlüğü verilerine göre 148 km uzunluğunda olduğu bildirilmiştir (Çiftçi vd, 2008). Bu çay, Türkiye-İran sınırına yakındır ve küçük derelerin birleşmesi ile oluşmuştur. Çitören Sazlığı veya Karasu ağzı denilen kısımdan Van Gölü'ne dökülür (Çetinkaya vd, 1994). İnci kefalinin üreme için giriş yaptığı bu akarsuda 2006 yılına kadar Ablangaz köprüsünün köprü

eşiğinin yaptığı şelaleden dolayı şölen niteliğinde görüntü verdiği inci kefalinin Kasımoğlu Köyü yukarılarına kadar çıktığı bildirilmiştir (Elp vd, 2014). Su örnekleri F tipi cezaevinin alt bölgesinde sazlık alanda larval bireylerin örneklendiği bölgelerden alınmıştır. Karasu Çayı su örneklerinin stronsiyum izotop oranı değeri 0.707602'dir.

Bendimahi Çayı, Muradiye Şelalesi üzerinden geçerek Muradiye Ovası'nı suladıktan sonra, akışını Karahan mansabı'nda sonlandırır ve Van Gölü'ne karışır. Bendimahi Çayı'nın yaklaşık uzunluğu 90 km civarındadır (Bulum, 2015). Bendimahi Çayı, havzanın en büyük akarsularından biridir (Elp vd, 2016). Elp vd (2014), Bendimahi Çayı Şeytan Köprüsü'nün 2 km yukarısında inci kefaline rastlamamışlardır. Köprünün alt kısmında ise inci kefalini tespit etmişlerdir. Su örnekleri de bu bilgiler ışığında Bendimahi Çayı'nda köprünün daha alt kısımlarından alınmıştır ve suyun stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) değeri 0.707507 olarak belirlenmiştir.

Karmuç Çayı, inci kefalinin üremek için girdiği akarsulardan olup sazlığın olduğu bölgede türe üreme ortamı sunan bir kaynaktır. Üremenin derenin göl ile birleştiği mansap bölgesinde gerçekleştiği bildirilmiştir (Elp vd, 2014). Karmuç Çayı stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) 0.707235 olarak belirlenmiştir. Deliçay ile Karmuç Çayı'nın stronsiyum izotop oranı değerleri birbirine yakın olup Karmuç Çayı'nın değeri Deliçay'dan biraz daha yüksektir. Kutu grafikleri çizilen bu habitatların natal bölgeden mikrometrik ölçümlerle alınan değerler R programında analize tabi tutularak değerlendirilmeler yapılmıştır. Dolayısıyla yüksek hassasiyetli değerler olduğu için bu küçük farklılık göz önünde bulundurulmuştur.

Deliçay'ın uzunluğu 55 km olarak bildirilmiştir (Çiftçi vd, 2008). Seyhan (2016), yaklaşık uzunluğu 45-50 km arasında olan bir akarsu olduğunu belirtmiştir. Erciş sınırları içerisinde yer almaktadır. Akarsuyun geçtiği güzergâhların bazı kesimlerinde kanyonlar oluşmuştur. Erciş fabrikasının doğusunda yer alan Haydarbey mansabından göle ulaşır. Göle ulaşmadan önce Balık Bendi olarak isimlendirilen ve rekreatif amaçlı Avrupa Birliği projesi ile oluşturulmuş inci kefali göçü gözleme alanı bulunan kısımdan geçmektedir. Balık Bendi'nden yaklaşık 2 km sonra göle dökülmektedir (Seyhan, 2016). Görsel olarak inci kefali göçünün izlenebildiği tek nokta olan Deliçay'da türün üremek için Kadirasker Köyü'nün yukarılarına kadar çıkabildiği bildirilmiştir (Elp vd, 2014). Deliçay'dan su örnekleri

inci kefali göçü izleme alanından alınmıştır. Deliçay'ın stronsiyum izotop oranı ilk su örneklerinde 0.707237, 0.707260 ve ikinci su örneklerinde 0.707159 ve 0.707188 olarak ölçülmüştür. Kutu grafikleri çizilerek ortalama stronsiyum izotop oranı değeri Deliçay için 0.707211 olarak belirlenmiştir.

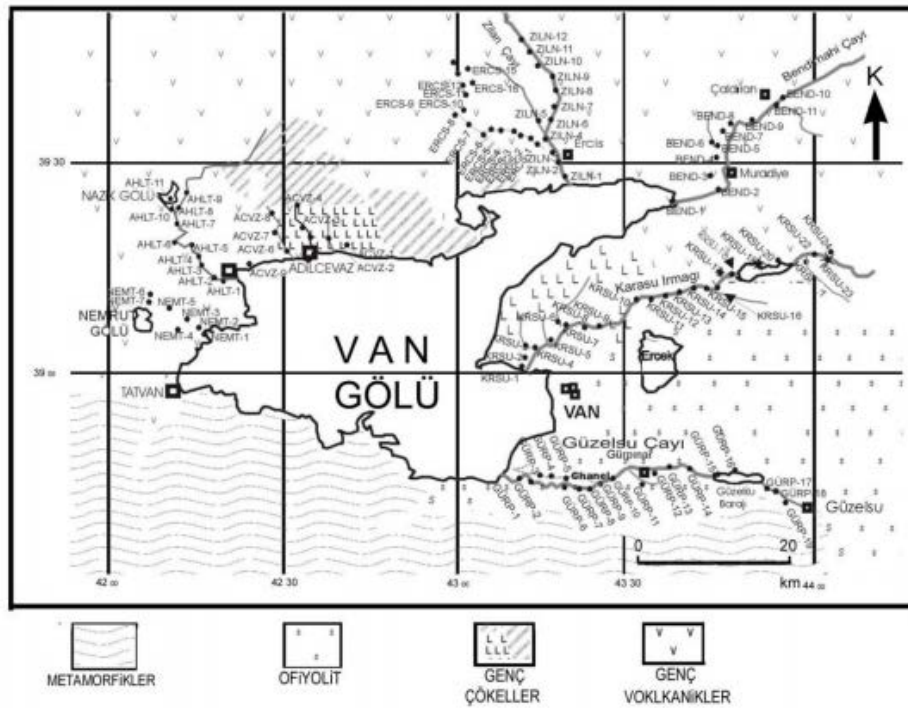
Zilan Çayı, 70 km uzunluğundadır (Çiftçi vd, 2008). Zilan Çayı oldukça geniş yaylalar halindeki Aladağ'ın güney kısmından doğarak Van Gölü'ne dökülmektedir. Batı kısımda Bozdağ'dan doğuda Aladağ'dan inen kollarla büyüyerek kuvvetli bir ırmak haline gelmektedir. Oldukça geniş bir havzaya sahiptir (Saraçoğlu, 1956; Elp, 2002'den aktarılmıştır). Erciş kalesi civarında Van Gölü'ne dökülmektedir (Erginyürek, 2018). Zilan Çayı su örnekleri larval bireylerin örneklediği kısımdan alınmıştır. Akarsular arasında en düşük stronsiyum izotop oranı değeri Zilan Çayı'nda tespit edilmiş ve 0.0706903 olarak belirlenmiştir.

Van Gölüne dökülen akarsularda stronsiyum izotop oranları yüksekten düşüğe doğru sıralandığında sırasıyla, Gevaş Deresi, Engil Çayı, Karasu Çayı, Bendimahi Çayı, Karmuç Çayı, Deliçay ve Zilan şeklindedir.

Literatür incelendiğinde, Van Gölü ve göle dökülen akarsuların stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Hobbs vd (2005), *Hypomesus transpacificus* türünün stoğa katıldıkları habitatları belirlemek için Amerika San Francisco Estuarininde yedi farklı bölgede stronsiyum izotop oranı ölçümü gerçekleştirmişlerdir. Napa Nehri, Kuzey Delta, Güney Delta, Doğu Delta, Merkez Delta, Batı Delta ve Suisan Marsh'ta sırasıyla stronsiyum izotop oranlarını (ort); 0.708126, 0.706334, 0.706925, 0.706890, 0.706974, 0.706771, 0.707432 olarak tespit etmişlerdir. Bu bölgelerden elde ettikleri su örnekleri ve otolit stronsiyum izotop oranlarının güçlü ilişki içerisinde olduğunu belirlemişlerdir. Barnett-Johnson vd (2008), Kaliforniya'nın Central Vadisi'nde stronsiyum izotop oranları kullanılarak ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) *Oncorhynchus tshawytscha* türünün yumurtadan çıktıkları habitatlarını tespit etmişlerdir. Barnett-Johnson vd (2008), balık örneklerindeki stronsiyum izotop oranlarının, yıllar önce aynı bölgeden Ingram ve Weber (1999) tarafından alınan su örneklerinin stronsiyum izotop oranı değerleri ile benzer olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Hobbs vd (2010), nesli tehlike altında olan *Spirinchus thaleichthys* türünün yumurtadan çıktığı habitatı belirlemek için otolit ve su örneklerinin stronsiyum izotop oranından ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) faydalanmışlardır. Su örneklerinin stronsiyum izotop oranlarını LA-MC-ICPMS ile belirlemişlerdir. 8

farklı bölgeden aldıkları su örneklerinde stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) , 0.70681 ile 0.70916 arasında değişmiştir. Elde ettikleri sonuçlar otolit stronsiyum izotop oranlarının estuarin balıkların doğal habitatların ortaya çıkarılmasında kullanılabilecek güçlü bir araç olduğunu göstermiştir. Wolf vd (2012), çalışmalarında elde ettikleri Colorado Nehri balıklarının stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), Coloroda Nehri yakınında olan Hoover Barajı'ndan yaklaşık 20 yıl önce örneklenen (Goldstein ve Jacobsen, 1987) su örneklerinin stronsiyum izotop oranına (0.71075 ± 0.0003) çok benzer olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Wolf vd (2012), çalışmalarında su örneklerinin stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yıllar arasında sabit kaldığını bildirmiştir. Bataille ve Bowen (2012), büyük ölçekli köken çalışmaları için anakaya ve sudaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varyasyonlarının haritalanmasını gerçekleştirmiştir. Hegg vd (2013), hayvanların göç çalışmalarında bir araç olarak ana kaya litolojisi ile stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) arasındaki ilişkinin kullanılabilirliğini araştırmayı amaçlamışlardır. Öncelikle kimyasal olarak farklı su havzalarının belirlenmesinde jeolojinin bir araç olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) bilinen akarsuyun, jeolojik haritalardaki kaya bilgileri arasında bir regresyon modeli geliştirmişlerdir. Daha sonra bu modeli, kral somon balıklarının otolitlerindeki stronsiyum izotop oranından yola çıkarak yetişkin bireyleri juvenilken buldukları habitatlara göre sınıflandırmak için kullanmışlardır. Çalışma alanında jeolojik farklılığın stronsiyum izotop oranının belirlenmesindeki etkisini tartışmışlardır. Sonuçlar, stronsiyum izotop oranları ve anakaya litolojisi arasındaki ilişkinin yetişkin balıkların yumurtadan çıktıkları habitatların belirlenmesinde otolitlerindeki stronsiyum izotop oranlarının kullanılabileceğini göstermiştir. Padilla vd (2015), anadrom göç özelliği sergileyen *Coregonus laurettae* türünün stok kompozisyonunu belirlemek için otolitlerin stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analiz etmişlerdir. Amerika, Alaska'da gerçekleştirilen bu çalışmada su örneklerinin stronsiyum izotop oranları Yukon Nehri, Kuskokwin Nehri ve Susitna Nehri için sırasıyla 0.71253, 0.70919, 0.70812 olarak bildirilmiştir. Yukon Nehri üç bölgede incelediklerinde Kuzey Ağzında 0.71259, Güney Ağzında 0.71296 ve Black Nehir kısmında sırasıyla 0.71259, 0.712296, 0.71302 şeklinde tespit etmişlerdir. Stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) verilerinin bu türün stok kompozisyonu ve izleme çalışmalarında etkili bir araç olduğunu vurgulamışlardır. Sonuç olarak su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ile otolit stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) arasında güçlü bir

uyum vardır (Kennedy vd, 2000; Walther ve Thorrold 2008; Barnett-Johnson vd, 2008; Hobbs vd, 2010; Padilla vd, 2015). Van Gölü ve göle dökülen akarsuların stronsiyum izotop oranları 0.707882 ile 0.706903 arasında değişmiştir. Hajj vd (2017), sulardaki stronsiyum izotop oranlarının aralıklarının belirlendiği çalışmaları derlemiştir. Holland (1984), Prekambriyen döneminde oluşan nehir ve göl sularında; stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yaklaşık 0.712 ve 0.730 arasında, kalkerlerin baskın olduğu yerlerde yaklaşık 0.706 ile 0.709 arasında, genç volkanik kayaların baskın olduğu bölgelerde ise yaklaşık 0.704 ve 0.706 arasında değiştiğini bildirmiştir. Ganj kaynak sularını analiz eden Krishnaswami vd (1992), stronsiyum izotop oranını 0.7300 ile 0.7986 arasında belirlemiştir, oldukça yüksek olan değerlerin bol bulunan ^{87}Sr 'un havalanmasına, yaşlı Prekambriyen granitlerine ve granit benzeri yapılara atfedilebileceğini ifade etmiştir. Palmer ve Edmond (1992), dünyanın en büyük üç nehir havzası olan Ganj, Orinoco, Amazon nehirlerinin stronsiyum izotop oranı değerlerinin 0.7059 ile 0.9217 arasında değiştiğini tespit etmiştir.



Şekil 4.9. Van Gölü Havzasının basitleştirilmiş jeolojik konumu (Tolluoğlu vd, 2004).

Van Gölü Havzası Paleozoyik dönemden güncel çökellere kadar her yaş konağından farklı kökenlerdeki kayaç gruplarına sahiptir. Ağırlıklı kayaç grupları göz önünde bulundurularak genelleme yapıldığında ise havzanın güney kısmı

metamorfik kayalarla, batı ve kuzey kısmı genç volkanik ve volkanoklastik kayalar, doğu kısmı ise karmaşık yapıya sahip kayalarla örtülüdür (Şekil 4.9). Kayaların kökensel dağılımı ise; doğu ve güneyde çok büyük alanlar bazik-ultrabazik kayalardan oluşmaktadır. Havzanın batı-kuzeybatı alanları geniş volkanik araziye sahip olmakla beraber arada genç göl ve akarsu çökellerinden oluşan havzalar mevcuttur. Bu litolojik dağılım metalik minerallerin zenginliğinin de göstergesidir (Çiftçi vd, 2008). Farklı anakaya türleri, anakayanın mineral kompozisyonu ve yaşına bağlı olarak farklı stronsiyum izotop oranlarına ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sahiptir (Hodell vd, 2004; Frei ve Frei, 2011). Bu mineraller, hem doğal hem de kimyasal süreçler ile aşınırlar (Allaway, 1986; Capo vd, 1998; Bern vd, 2005). Ancak kayadaki tüm mineraller aynı zamanda havalandırılabilir, zamanla tek bir kayadaki stronsiyum değeri değişebilir. Dahası, aynı kayadaki farklı mineraller farklı oranlarda havalandırılabilir; dolayısıyla tek bir kayaç mineral kompozisyonuna bağlı olarak değişik aralıklarda $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı sergileyebilir (Price vd, 2002). Van Gölü Havzası'ndaki akarsuların sahip oldukları stronsiyum izotop oranlarının şekillenmesinde havzanın sahip olduğu kayaç yapılarının farklılıkları, dağılımları ve içerdikleri mineral kompozisyonları önemli rol oynamaktadır. Deliçay ve Karmuç Çayları'nın stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) birbirine yakındır ve bu akarsular bölgesel olarak birbirinden uzak mesafede konumlanırsa da kayaç yapılarının her iki akarsuda da ofiyolitlerden oluştuğu gözlenmektedir. Birbirinden en farklı stronsiyum izotop oranı sergileyen Gevaş Deresi (0.707804) ve Zilan Çayı (0.706903) kayaç kökenlerinin ise birbirinden farklı olduğu, Gevaş Deresi'nin metamorfik kayalardan, Zilan Çayı'nın ise genç volkanik kayalardan oluştuğu gözlenmektedir.

Ana kayadaki minerallerin havalandırma sürelerinin, stronsiyum izotop oranları üzerinde etkili olabileceği göz önünde bulundurularak göle dökülen akarsularda özellikle de türün üreme amacıyla göç ettiği kısımlarda sel veya kuraklık olup olmadığının tespiti için debi bilgilerine de yer verilmiştir. Aşırı kuraklık olması minerallerin havalandırmasını azaltabilir. Sel olaylarının gözlenmesi ise debinin aşırı yükselmesine neden olup kayaç üzerinde farklı aşınma oranlarına sebep olabilir.

Van Gölü'ne dökülen tüm akarsuların 2007-2017 arası debi verileri Devlet Su İşleri'nden talep edilmiştir, fakat ölçüm yaptıkları noktalardan tarafımıza Gevaş Deresi (Çizelge 4.5), Deliçay (Çizelge 4.6) ve Karasu Çayı (Çizelge 4.7) debi (m^3/sn) bilgileri sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Gevaş Deresi 2010-2017 yılları arası debi bilgileri

DSİ ETÜT PLANLAMA VE TAHSİSLER DAİRESİ BAŞKANLIĞI RASATLAR ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ RASAT TABLOSU												
İSTASYON İSMİ		GEVAŞ S. - GEVAŞ				İŞLT. İDARE			DSİ	RAKIM		1652
İSTASYON NO		D25A021				BÖLGE-HAVZA			VAN / Van Gölü			
YERİ		VAN'A 44 KM UZAKLIKTAKİ GEVAŞ İLÇESİNİN 4 KM GÜNEYİNDE SU DEPOSUNUN KARŞISINDA SOL SAHİLDEDİR. (PAFTA L50-A4)										
İL VE İLÇESİ		VAN Gevas				ENLEM-BOYLAM			38:18:25 43:7:16			
RASAT TÜRÜ		DEBİ				SU YILI			2010-2017			
YIL	EKİ	KAS	ARA	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL
2010	0.57	0.57	0.55	0.55	0.46	0.73	1,20	1.01	0.28	0.14	0.09	0.38
2011	0.41	0.68	0.60	0.55	0.66	0.70	1.04	1.99	0.60	0.15	0.15	0.19
2012	0.92	0.96	0.90	0.73	0.96	0.89	1.37	1.53	0.64	0.39	0.34	0.75
2013	0.78	0.78	0.45	0.41	0.45	1.00	1.27	0.91	0.35	0.22	0.12	0.19
2014	0.30	0.30	0.45	0.54	0.58	0.68	0.94	0.48	0.13	0.12	0.12	0.13
2015	0.95	0.78	0.58	0.51	0.49	0.50	0.87	1.54	0.51	0.34	0.33	0.48
2016	1.21	1.24	0.92	0.88	0.92	1.06	1.65	1.57	0.68	0.51	0.34	0.43
2017	0.75	1.04	0.99	0.82	0.89	0.87	1.73	2.33	0.69	0.40	0.35	0.29

Gevaş Deresi yıllık ortama debileri 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 0.54 m³/sn, 0.64 m³/sn, 0.86 m³/sn, 0.58 m³/sn, 0.40 m³/sn, 0.65 m³/sn, 0.95 m³/sn, 0.93 m³/sn olup tüm yılların ortalaması 0.69 m³/sn'dir. Yıllar arasında debi bakımından çok ciddi farklılıkların olmadığı görülmektedir. Gevaş Deresi'nin debisi düşük olduğu arazi döneminde de dikkat çekmiştir ve özellikle göl ile bağlantı yaptığı bölgede su tamamen durgun hal almıştır. 14 km uzunluğunda olan bu akarsuda debi oranı düşüktür.

Çizelge 4.6. Deliçay 2010-2017 yılları arası debi bilgileri

DSİ ETÜT PLANLAMA VE TAHSİSLER DAİRESİ BAŞKANLIĞI RASATLAR ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ RASAT TABLOSU												
İSTASYON İSMİ		DELİÇAY - PAYKÖY				İŞLT. İDARE			DSİ RAKIM 1992			
İSTASYON NO		D25A013				BÖLGE-HAVZA			VAN / Van Golu			
YERİ		ERCİŞE 22 KM MESAFEDE KERTİS-KIZILÖREN YOLUNUN 8 KM SİNDEDİR. (PAFTA J51-D4)										
İL VE İLÇESİ		VAN Ercis				ENLEM-BOYLAM			39:6:46 43:32:45			
RASAT TÜRÜ		DEBİ				SU YILI			2010-2017			
YIL	EKİ	KAS	ARA	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL
2010	1.29	2.77	0.74	0.68	2.51	13.90	15.30	19.50	14.50	6.88	2.22	1.27
2011	2.42	1.06	0.77	0.63	0.67	1.56	13.80	25.40	14.70	3.59	1.24	1.03
2012	1.72	1.40	1.38	1.38	1.38	1.38	16.40	18.40	9.19	3.48	1.81	1.16
2013	1.47	0.98	0.77	0.78	1.01	2.21	19.40	14.70	10.50	3.11	1.76	1.24
2014	1.46	1.29	1.28	1.28	1.29	2.76	11.30	8.74	3.45	1.39	0.79	0.31
2015	0.47	0.61	0.99	0.97	1.06	1.75	5.68	8.66	4.03	3.17	3.11	2.37
2016	1.39	0.88	1.15	0.89	1.03	2.58	7.67	9.86	7.08	4.43	4.58	2.46
2017	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Deliçay'da yıllık ortalama debilerin 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 yılları için sırasıyla 6.80 m³/sn, 5.57 m³/sn, 4.92 m³/sn, 4.83 m³/sn, 2.95 m³/sn, 2.74 m³/sn, 3.67 m³/sn'dir. Tüm yılların debi ortalaması ise 4.50 m³/sn'dir. 2010 yılında çayın debisinin diğer yıllara göre yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. Karasu Çayı 2010-2017 yılları arası debi bilgileri

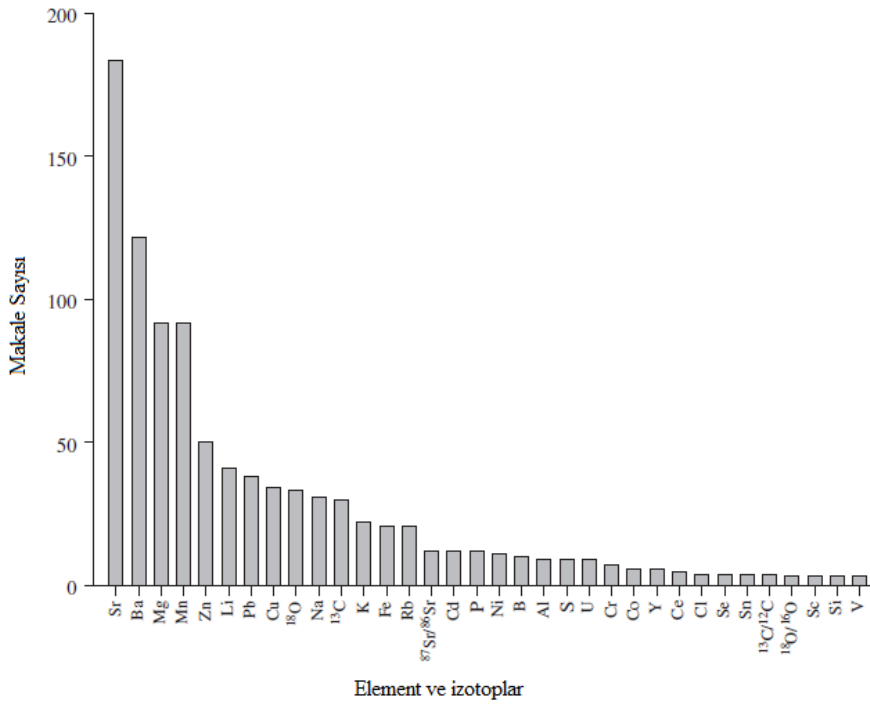
DSİ ETÜT PLANLAMA VE TAHSİSLER DAİRESİ BAŞKANLIĞI RASATLAR ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ RASAT TABLOSU												
İSTASYON İSMİ		KARASU - MERMİT KÖYÜ				İŞLT. İDARE			DSİ RAKIM 1730			
İSTASYON NO		D25A039				BÖLGE-HAVZA			VAN / Van Golu			
YERİ		VAN MERKEZE BAĞLI 30 KM DE YÜZÜNCÜ YIL ÜNİV. ÇIKIŞI MERMİT KÖYÜ GİRİŞİNDE KÖPRÜNÜN MANSABINDADIR. (PAFTA K50-D3)										
İL VE İLÇESİ		VAN Merkez				ENLM-BYLAM			38:36:12 43:14:33			
RASAT TÜRÜ		DEBİ				SU YILI			2010-2017			
YIL	EKİ	KAS	ARA	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL
2010	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2011	1.81	1.28	1.02	0.70	0.64	0.83	11.90	11.00	3.57	2.52	4.53	3.90
2012	2.38	2.30	1.78	1.90	2.20	2.23	15.60	8.63	5.97	4.06	3.83	5.62
2013	2.91	1.82	1.90	1.66	1.77	6.59	4.83	3.79	5.42	4.31	4.37	3.16
2014	1.87	1.77	1.63	1.44	1.99	2.56	1.84	1.37	2.33	2.51	2.55	1.92
2015	1.96	2.34	1.97	1.88	1.94	3.00	3.57	2.54	2.93	3.35	3.95	3.96
2016	3.85	3.80	3.29	3.31	3.46	7.15	6.13	3.33	4.91	4.29	4.46	4.08
2017	3.01	3.87	2.42	2.01	2.12	4.57	6.50	5.33	6.04	4.72	5.78	6.36

Karasu Çayı yıllık ortalama debileri 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 yılları için sırasıyla 3.64 m³/sn, 4.71 m³/sn, 3.54 m³/sn, 1.98 m³/sn, 2.78 m³/sn, 4.34 m³/sn, 4.39 m³/sn'dir. Tüm yılların debi ortalaması 3.63 m³/sn'dir. Yıllar bir arada değerlendirildiğinde 2014 yılında debinin azaldığı görülmektedir.

Arazi alanında çalışmalar yapan çeşitli araştırmacılar ve yöre halkı ile görüşüldüğünde Van Gölü'ne dökülen akarsuların özellikle inci kefalinin yayılış gösterdiği alanlarda yaklaşık son 10 yılda herhangi bir sel veya kuraklık olmadığını bildirmişlerdir. DSİ verileri de değerlendirildiğinde ilgili akarsularda beklenmeyen bir durum olmadığı gözlenmektedir. Dolayısıyla akarsularda stronsiyum izotop oranlarının (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) da bu yıllar arasında sabit olduğu söylenebilmektedir.

4.6. Van Gölü ve Göle Dökülen Akarsuların İz Element Analizlerinin Değerlendirilmesi

Van Gölü ve göle dökülen akarsularda 31 elementin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Balıkların yaşam hikâyelerinin ortaya çıkarılmasında bu elementlerin tümü kullanılmamaktadır. Hem ortamdaki faaliyetlere göre değişiklik göstermeleri hem de otolite geçiş oranları göz önünde bulundurulduğunda otolitlerde ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop verilerinin değerlendirilmesine yardımcı olarak su örnekleri ve otolit örneklerinin Sr/Ca, Ba/Ca, Mg/Ca ve Mn/Ca değerlerinden faydalanılmıştır. Carlson vd (2017), 1967 yılından 2015 yılına kadar yayınlanmış olan 1500 adet otolit kimyası ile ilgili çalışmaları (elementler ve izotopları ele alan) değerlendirmiştir. Derleme çalışmalarını bu yayınlardan hariç tutmuştur. Otolitlerde elementlerle ilgili araştırmaların büyük bir kısmının stronsiyum (%78, n=186) ve baryum (%53, n=124) elementine yoğunlaştığı dikkati çekmiştir (Şekil 4.10). Bu elementlerin konsantrasyonları mekansal olarak değişkenlik gösterme ve belirli bir zaman içerisinde de sabit olma eğiliminde oldukları için otolit kimyası çalışmalarında elverişli sonuçlar vermektedirler. Stronsiyum ve baryumu, magnezyum (%39, n=93), manganez (%37, n=93), çinko (%20, n=50), $\delta^{18}\text{O}$ (%14, n=35), $\delta^{13}\text{C}$ (%12, n=30) ve ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (%6, n=14) oranı çalışmaları takip etmiştir. Bunların dışındaki 27 element ve izotoplar; yalnızca bir veya iki otolit çalışmasında kullanılmışlardır (Carlson vd, 2017).



Şekil 4.10. 1967 ve 2015 yılları arasında gerçekleştirilen otolit kimyası çalışmalarında kullanılan elementler ve izotoplar (Tüm element ve izotoplar en az üç çalışmada kullanılmışlardır) (Carlson vd, 2017).

Tez çalışmasında, su örnekleri ve otolit örneklerinin değerlendirilmesinde Sr/Ca, Ba/Ca, Mg/Ca ve Mn/Ca değerlerinden faydalanılmıştır. Ayrıca su örnekleri ve otolit örneklerinde analizlere dahil edilmemeseler de Cu/Ca, Na/Ca, Li/Ca, Rb/Ca oranları da tespit edilerek grafiklendirilmiştir (Ek 1).

Van Gölü ve göle dökülen akarsular arasında Sr/Ca oranı en düşük Van Gölü'nde, en yüksek ise Karasu Çayı'nda belirlenmiştir. Sr/Ca oranı; Van Gölü'nü göle dökülen akarsulardan ayırt etmede ya da Karasu Çayı'nı diğer akarsulardan ayırt etmede kullanılabilir. Ayrıca Sr/Ca oranının her bir akarsu için farklı değerlere sahip olması akarsuların birbirlerinden ayırt edilebileceğinin göstergesidir. Bu oran, Karmuç Çayı, Deliçay ve Engil Çayı'nda birbirine daha yakın değerler sergilemiştir. Kempe vd (1978), akarsularda Ca/Sr oranını Karasu, Bendimahi, Deliçay, Zilan ve Engil Çayı için sırasıyla 490, 2600, >3000, >4500, 220 (meq/l) şeklinde belirlemiştir.

Mg/Ca oranı Van Gölü'nü akarsulardan bariz bir şekilde ayıran diğer bir orandır. Mg/Ca oranı Van Gölü'nde akarsulardan çok daha yüksek bir değere sahiptir. Ancak akarsulardaki Mg/Ca oranları incelendiğinde akarsuların birbirlerine yakın değerler sergiledikleri gözlenmektedir. Dolayısıyla akarsuları birbirinden ayırt

etmede bu oranın kullanılamayacağı belirlenmiştir. Kempe vd (1978), Van Gölü'nde Ca/Mg oranının 0.1'den daha düşük olduğunu bildirmiştir. Akarsularda ise Ca/Mg oranını Karasu, Bendimahi, Deliçay, Zilan ve Engil Çayı için sırasıyla 0.50, 0.88, 2.21, 2.63, 0.59 (meq/l) olarak belirlemiştir.

Mn/Ca oranı ise Zilan Çayı'nda diğer akarsulardan tamamen ayrı bir aralıktadır. Zilan Çayı'nın ayırt edilmesinde kolaylıkla değerlendirmeye alınan Mn/Ca oranı, akarsuların birbirinden ayırt edilmesinde de kullanılabilir. Engil Çayı, Gevaş Deresi ve Karasu Çayı'nda birbirine daha yakın olan değer, Bendimahi Çayı'nı bu akarsulardan ayırt etmede kullanılabilir. Ayrıca Mn/Ca oranı Deliçay'ı da diğer akarsulardan ayırmaktadır.

Ba/Ca oranı Zilan Çayı'nda en yüksek gözlenen diğer bir orandır. En düşük Karmuç Çayı'nda olan bu oran Karmuç Çayı ve Zilan Çayı'nı diğer akarsulardan ve Van Gölü'nden ayırt etmede kullanılabilir. Stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) bakımından birbirine yakın değerler sergileyen Deliçay ve Karmuç Çayı özellikle Ba/Ca oranları karşılaştırıldığında birbirinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler. Zilan Çayı'nı Karasu Çayı takip etmiştir ve Van Gölü'nden daha yüksek bir değer sergilemiştir. Ba/Ca oranı Engil Çayı, Gevaş Deresi ve Van Gölü'nde birbirine yakın oranlara sahiptir.

Su örneklerinde yapılan kimyasal analizlerde Van Gölü'nde uranyum, bor, kalay, sodyum, gümüş, potasyum, molibden, lityum, kurşun, kadmiyum, arsenik, antimon elementlerinin akarsular ile karşılaştırıldığında daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir. Kempe vd (1978), Van Gölü suyunun kimyasal özelliklerini incelemişlerdir ve göl suyunun kimyasal kompozisyonunun homojen dağıldığını ifade etmişlerdir. Van Gölü'nün potasyum ve lityum içeriğinin denizlere göre daha fazla hatta sodyumunun çok daha fazla olduğunu, toprak alkali metallerin (kalsiyum, magnezyum) denizlere göre oldukça düşük olduğunu bildirmişlerdir. Göldeki ağır metal miktarlarının suyun yüksek pH değerine sahip olması nedeniyle düşük olduğunu, sadece kurşunun biraz fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca su örneklerinde bakır, manganez, nikel, kadmiyum ve kobalt ağır metallerinin düşük oranlarda olduğunu belirlemişlerdir. Tez çalışmasında da akarsulara göre potasyum, lityum ve kurşun daha yüksek konsantrasyonda ölçülmüştür. Ağır metaller arasında kurşunun biraz fazla, bakır, manganez, nikel, kadmiyum ve kobaltın çok az miktarda olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar

Kempe vd (1978) yapmış oldukları çalışma sonuçları ile uyumludur. Akdemir (2014), Van Gölü'nün çeşitli derinliklerinden alınan sediment ve su numunelerinin iki teknik (ICP-OES ve EDXRF) ile elementlerini analiz etmiştir. Sediment numunelerinin analizi ICP-OES ve EDXRF tekniklerinin her ikisi ile su numunelerinin analizi ise sadece ICP-OES tekniği ile gerçekleştirmiştir. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) tekniği ile Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Al, B, Cd, Cr, P, Pb elementlerini belirlemiştir ve tüm numunelerde yüksek konsantrasyonda B (bor) elementi gözlemiştir. Tez çalışmasında da bor elementi Van Gölü su örneklerinde yüksek miktarda ölçülmüştür. Göle dökülen akarsularda ise çok düşük oranlarda olan bor elementi akarsular arasında da birbirine benzerlik göstermiştir. Akdemir (2014), sediment örneklerinde Ca ve Pb elementinin, su örneklerinde ise sadece Pb elementinin derinlikle istatistiki açıdan anlamlı derecede değiştiğini belirlemiştir ($P<0.05$). Ayrıca sediment numunelerinin element analizlerini Enerji Dağılımlı X-Işını Floresans (EDXRF) tekniği ile gerçekleştirmiş ve numunelerde K, Ca, Fe, Mn, Co, Rb, Sr, Y, Zr, U, Ni, Mo, In, Sn, I, Cs, Ba, La, Ce ve Nd elementlerini belirlemiştir. Sediment örneklerinde ise genellikle en fazla konsantrasyonda Sr elementini en az konsantrasyonda ise U elementini gözlemiştir. Tez çalışmasında ise Van Gölü su örneklerinde Sr miktarı az iken U elementi bol miktarda tespit edilmiştir. Kempe vd (1978), Sr elementinin Van Gölü suyundaki oranını 0.7 mg/l olarak belirlemiştir ve tez çalışması verileri ile uyumludur. Van Gölü suyunda sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum ve lityum oranlarını sırasıyla; 7747 mg/l, 508 mg/l, 94.8 mg/l, 5-10 mg/l ve 1.5 mg/l olarak belirlemişlerdir. Yaman vd (2011), ICP-MS tekniği ile Van Gölü, Hazar Gölü ve deniz suyu örneklerinde U, V, Mo ve Zr elementlerinin dağılımlarını belirlemiştir. 51 noktada örnekleme yapan araştırmacılar Van Gölü'ndeki uranyumu en yüksek konsantrasyonda belirlemişlerdir ve Van Gölü suyunda yaklaşık 50.000 ton uranyum olduğu sonucuna varmışlardır. Selçuk Zorer ve Şahan (2011), Van Gölü'nden 18 yüzey suyu örneği almışlardır ve ^{238}U konsantrasyonunu ölçmüşlerdir. Van Gölü yüzey suyundaki ^{238}U konsantrasyonunun uranyum için verilen sınır değerlerden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Göle dökülen akarsularda bazı elementler bir akarsuda belirgin bir şekilde farklı iken bazı elementler ise akarsular arasında birbirine benzerlik göstermiştir. Göle dökülen Karasu (Kempe vd, 1978; Şekerci, 2011; Atıcı, 2017), Bendimahi

(Kempe vd, 1978; Bulum, 2015), Zilan (Kempe vd, 1978), Karmuç (Sönmez, 2015), Deliçay (Kempe vd, 1978; Seyhan, 2016), Engil Çayları'nın (Kempe vd, 1978) kimyasal içerikleri farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

4.7. A. *tarichi* Otolitlerinin Stronsiyum İzotop Oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ve İz Element Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Otolit kimyası; tatlısulara ve denizlerde yaşayan balıkların yumurtadan çıktığı habitatların belirlenmesi, göç yollarının tespiti, habitat kullanımları, balık stok ayırımının yapılması amacıyla farklı araştırmalarda kullanılmıştır (Carlson vd, 2017). Balıkların kalsifiye olmuş yapılarından otolitler, statolitler, yüzgeç ışınları, balıkların yumurtadan çıktıkları habitatların belirlenmesinde ve balık göç yollarının tespitinde kimyasal yapısı olarak kullanılan kemiksi oluşumlardır (Campana, 1999; Campana ve Thorrold, 2001; Allen vd, 2009; Wolff vd, 2012; Altenritter vd, 2015). Özellikle Acipenseridae familyası üyelerinin yumurtadan çıktıkları habitatlarının belirlenmesi, göç yollarının izlenmesi ve populasyon yapısının tespiti için kimyasal özelliklerinden faydalanılan yapılar, yüzgeç ışını ve pektoral yüzgeçlerdir (Allen vd, 2009; Phelps vd, 2012; Hupfeld vd, 2015; Allen vd, 2018). Literatür incelendiğinde balıkların göç özelliklerinin ortaya çıkarılmasında yaygın olarak otolitlerden faydalandığı gözlenmiştir. Otolit kimyası ile ilgili ilk çalışmalar 1967'de Yeni Zelanda'da (Devereux, 1967) ve 1969'da ABD'de gerçekleştirilmiştir (Degens vd, 1969). 1989 ve 1992 yılları arasında Avustralya'da otolit kimyası çalışmaları balıkçılık yönetimine odaklanmış ve son yıllarda bu çalışmaların sayısında ciddi artışlar olmuştur. Carlson vd (2017), otolit kimyası çalışmalarının kıtalar arasındaki dağılımını değerlendirmiştir ve sıralamanın; Kuzey Amerika (%48), Avustralya (%19), Avrupa (%18), Asya (%7), Güney Amerika (%4), Afrika (%1) ve Antarktika (<%1) şeklinde olduğunu belirtmiştir. Türkiye'de balık otolitlerinde stronsiyum izotop oranlarının belirlendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Otolit kimyası ile ilgili yapılan çalışmalar 66 farklı familyaya ait balık türleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu familyalar içerisinde de Salmonidae üyeleri ile yapılan çalışmalar yoğunlukta olmakla beraber Cyprinidae familyası üyeleri ile de çalışılmıştır (Carlson vd, 2017). Van Gölü Havzası'na endemik olan ve Cyprinidae familyasında olan *Alburnus tarichi* türü ile otolit stronsiyum izotop oranı ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ilk kez bu çalışmada gerçekleştirilmiştir.

İnci kefali ergin bireylerinin otolitlerinin kimyasal özellikleri ile su örneklerinin kimyasal özellikleri bir arada değerlendirilerek her bir örneğin Van Gölü stoğuna katıldığı akarsu tespit edilmiştir. Göle dökülen akarsulardan alınan larval bireylerin otolitleri analiz edilmiştir. Ancak oldukça küçük olan otolitlerde stronsiyum izotop oranlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ortaya çıkarılabilmesi için yeterli veri alınamamıştır. Larvaların total boyları 7.44 mm ile 22.10 mm arasında değişmiştir. Boy aralığı da dikkate alındığında *A.tarichi* larvalarının küçük oluşu ve çok kısa sürede akarsulardan göle giriyor olmalarının da buna sebep olduğu düşünülmektedir. Larvaların akarsulardan göle geçiş süresinin bireysel olarak düşünüldüğünde yaklaşık iki hafta olduğu tahmin edilmektedir. Otolitler, balıkların yaşam döngüsünün başlaması ile oluşmuş olsa da, inci kefali türünde akarsularda geçirilen larval dönemin çok kısa oluşu, larva otolitlerinde otolit kimyasının izlenmesinde zorluklar oluşturmuştur. Çalışma planlanırken türün akarsulardan örneklenecek olan larvaların daha büyük, dolayısı ile otolitlerinin de daha büyük olacağı düşünülmüştür. Larva otolitlerinin stronsiyum izotop oranları su örnekleri stronsiyum izotop oranlarını 1:1 oranında yansıtmaktadır (Hobbs vd, 2005). Dolayısı ile akarsulardan alınan su örneklerinin stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), akarsulardan örneklenen larva örneklerinin stronsiyum izotop oranlarını ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) yansıtmaktadır (Hobbs vd, 2005; Hobss vd, 2010; Hodge, 2010; Hobss, 2010; Wolff vd, 2012; Padilla vd, 2015).

Van Gölü'nden örneklenen 120 inci kefali bireyinin 40 adedinin (%33.33) Engil Çayı, 27 adedinin (%22.5) Deliçay, 18 adedinin (%15) Gevaş Deresi, 12 adedinin (%10) Karasu, 11 adedinin (%9.17) Karmuç, 8 adedinin (%6.67) ve 3 adedinin (%2.5) Zilan Çayları'ndan Van Gölü stoğuna katıldığı belirlenmiştir. 1 bireyin (%0.83) ise Van Gölü stoğuna hangi habitattan katıldığı belirlenememiştir. Van Gölü stoğuna en çok katılım Engil Çayı'ndan en az katılım ise Zilan Çayı'ndan gerçekleşmiştir. İnci kefalinin Van Gölü stoğuna katılma oranlarındaki farklılık birçok nedenden kaynaklanabilir. Akarsularda türün üreme alanlarının tahrip edilmesi bu sebeplerin başında gelmektedir. Van Gölü Havzası su kaynaklarında yaşayan balık populasyonlarının karşılaştığı başlıca problemler; akarsu ıslah çalışmaları, akarsu yataklarından kum alma çalışmaları, akarsu üzerinde kurulan baraj, gölet ve regülatörler, su seviyesi değişimleri, akarsu mansaplarında üreme dönemi avcılığı, aşırı ve uygun olmayan avcılık, akarsu yataklarının yapısı ve

vegetasyonu, av yasaklarındaki düzenlemelerdir (Elp vd, 2006). Ayrıca evsel atıkların arıtımsız deşarj edilmesi de havzada mevcut problemlerdendir.

Van Gölü stoğuna katılım yedi akarsu arasında %33.33 ile en yüksek Engil Çayı'ndadır. Stoğa katılım özellikle 2011, 2012, 2013 ve 2014 yıllarında orantılı olmakla beraber en çok 2014 yılında gerçekleşmiştir. Engil Çayı'ndan larva örnekleri elde edilirken de hiçbir zorluk yaşanmamıştır. Yaklaşık 1 saatlik arazi çalışmasında larvalar kolaylıkla örneklenebilmiştir. Larvalar özellikle bitkilerin bol olduğu taşlık kısımlarda yoğunluk göstermiştir. Örneklenen larvaların da diğer akarsulardan örneklenen larvalara göre daha büyük oldukları dikkati çekmiştir. Diğer akarsulardan larvaların örneklenmesi, Engil Çayı arazi çalışması ile aynı gün veya ertesini gün olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Engil Çayı larvalarında bazı örneklerde çatal boylar kolaylıkla ayırt edilebilirken diğer akarsu örneklerinde aynı durum söz konusu değildir. Bu büyüklük farkı birçok nedenden kaynaklanmış olabilir. Ergin bireyler üremek için Engil Çayı'na diğer akarsulara göre daha erken girmiş olabilir, Engil Çayı yumurta ve larvalar için diğer akarsulara göre daha elverişli bir ortam sunmuş olabilir. Van Gölü stoğuna katılım başarısının yüksek olması da bu ihtimalleri doğrulamaktadır. Üremek için Engil Çayı'na giren ergin bireyler başarılı bir şekilde üremiş, yumurtalar için elverişli ortam oluşmuş ve hayatta kalan larvalar diğer akarsulara göre daha yüksek oranda göle katılmışlardır. Elp vd (2014), türün Engil Çayı'nda Dönemeç mevkiinde görüldüğünü ancak köyün yukarısında bulunan şelalenin üst kısmında inci kefaline rastlanmadığı bildirilmiştir.

Van Gölü stoğuna katılım oranı %22.5 olan Deliçay, bu değer ile akarsular arasında ikinci sırada yer almaktadır. Deliçay, inci kefalinin önemli üreme alanlarından biridir. Görsel olarak da inci kefalinin göçünün izlenebildiği bir kaynaktır. Her yıl, Haziran ayının ilk haftasında Deliçay'da türün göçü, festival havasında kutlanmaktadır (Anonim, 2019). Tür üreme göçü boyunca Kadirasker Köyü'nün yukarılarına kadar çıkabilmektedir (Elp vd, 2014). Tez arazi çalışmaları esnasında bu habitattan küçük boyda ancak çok sayıda larval birey örneklendirilmiştir. Özellikle belirli noktalarda larvaların çok yoğun olduğu gözlenmiştir. Otolit kimyası sonuçlarında 2010, 2011, 2012, 2013 yıllarında Van Gölü stoğuna katılım daha fazla iken 2014 yılında katılım azalmıştır. Türün göçünün izleme noktası da olan bu akarsuda üreme başarı üzerinde olumsuz etkiler arasında, akarsu üzerinde baraj inşası, akarsuyun tarımsal amaçlı kullanımı ve kaçak avcılık olduğu bildirilmiştir.

(Elp vd, 2014). Şen vd (2015), göçün ve üremenin en yoğun olduğu bölgelerde düşük su seviyesi olduğunu kaydetmişlerdir. Düşük su seviyesi ve düşük akıntı hızı ile bozulan su kalitesini fotoğraflamışlardır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Deliçay'da su kalitesinin bozulması, 16.06.2015

Seyhan (2016), Deliçay'ın genel olarak kirlenmemiş ve içme, kullanma, balıkçılık ve sulama açısından uygun kaliteye sahip olduğunu belirlemiştir. Bulanıklılığın Mart-Haziran aylarında arttığını kaydetmiştir.

Ergin bireylerin akarsuya yoğun olarak giriş yapması, o akarsuyun türün üremesi için verimli bir alan olduğunu göstermez. Üremek için akarsuya giriş yapan ergin bireylerin verimli yumurtalar oluşturmaları, oluşan yumurtaların hayatta kalması ve döllenmesi, döllenen yumurtaların açılması ve larvaların hayatta kalma başarıları da o alanın türün üreme başarısında etkili olduğunu gösterir. Ayrıca hayatta kalan larvaların ne oranda ebeveynlerinin geldiği Van Gölü'ne dönüş yaptıkları da bu etkenler arasında değerlendirilmelidir. Bu durumu Gevaş Deresi'nden stoğa katılım gösteren inci kefallerinin otolit kimyası ve su kimyası verileri açıklamaktadır. Tez çalışmasında üç farklı yılda üreme döneminde akarsuya arazi çalışması gerçekleştirilmiş olsa da larva örneği elde edilememiştir. Larva örneği alınamamış olmasına rağmen Van Gölü stoğuna yedi akarsu arasından en çok katılımın olduğu üçüncü akarsu Gevaş Deresi'dir. Örnekleme stoğa katılım oranı %15'tir. Yıl

bazında değerlendirme yapıldığında katılımlar 2011, 2012, 2013, 2014 yıllarında gerçekleşmiştir. Stoğa katılım başarısı 2014 yılı ve öncesi için geçerli bir veridir. Ancak son yıllarda bu başarının düştüğü arazi çalışmaları ile de açıkça gözlenmiştir. Gevaş Deresi'nde özellikle Van Gölü ile bağlantı noktasının çok dar olduğu dikkati çekmiştir. Ayrıca dere kenarında yapılan inşaat çalışmaları üreme alanını tahrip etmiştir. İnşaat çalışmaları için su çekimi, hem türün üreme dönemini kapsayan zaman diliminde hem de türün yumurtalarının bırakıldığı ve larvalar için elverişli olan kısımlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.12-13).



Şekil 4.12. Gevaş Deresi, 04.08.2016



Şekil 4.13. Gevaş Deresi, 22.09.2016

Bu çekim işleminin akarsu debisini düşürdüğü, akarsuyun dip yapısını değiştirdiği ve üreme alanlarını tahrip ettiği düşünülmektedir. Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin üremesini akarsularda 0.5-1.8 m derinlikteki vejetasyonlu ve kumlu çakıllı yerlerde gerçekleştirdiği (Akgül, 1980), yumurtaların akarsu tabanında kum çukurları ve

taşların üzerine bırakıldığı (Anonim, 1986), akarsularda sığ alanlarda bulunan taş, çakıl ve bitkiler üzerine yumurta bıraktığı (Elp vd, 1996) çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ancak arazi çalışmalarında bu habitatların tahrip edildiği gözlenmiştir. Yöre halkı tarafından türün Gevaş Deresi'ne üremek için yoğun bir şekilde girdiği bildirilmiştir. Bu durumda ihtimaller değerlendirildiğinde türün üremek için akarsuya giriş yapsa da yumurta bırakmak, döllenmek ve larva oluşması bakımından uygun habitat bulamadığı akla gelmektedir. Otolit kimyası sonuçları ise Gevaş Deresi'nin önceki yıllarda türe başarılı bir üreme ortamı sunduğunu göstermektedir. Dolayısı ile akarsuyun 2014 yılından sonra özellikle de arazi dönemini kapsayan (2015-2017 yılları) dönem ve sonrasında geçirdiği bu değişimler, dikkate alınması gereken ve önlem alınması gerektiren hususlardır. Ayrıca Van-Gevaş bağlantısını sağlayan köprü eşiğinin de üreme göçünü engellediği, eşiğin yeniden düzenlenmesi gerektiği Elp vd (2014) tarafından ileri sürülmüştür. Araştırmacılar köprü eşiği yapıldıktan sonra yaptıkları avcılıkta eşiğin üst bölgesinde hiç birey örnekleyemezken, alt bölgesinde ise bol miktarda ergin birey yakalamışlardır. Derede o dönemde de ciddi kirlilik olduğu vurgulanmıştır. Tez çalışmasında da deredeki kirlilik dikkati çekmiş ve yöre halkının da daha önceden suyunu bile içebildikleri bu derenin kirliliğinden şikâyet ettikleri kaydedilmiştir. Dereye evsel atıklar arıtsız bir şekilde deşarj edilmektedir.

Akarsu yataklarından kum alımının gerçekleştirildiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Şekil 4.14-16) (Çetinkaya, 1995; Elp, 1996; Elp vd, 2006; Şen vd, 2015). İnci kefalinin üremesi üzerinde en etkili faktör bulanıklıktır. Bulanıklılık kısmen akarsuya karışan suların neden olduğu erozyon ve akarsu yatağının aşınması ile meydana gelirken, asıl bulanıklılık nedeni akarsu yatağından kum alma çalışmaları esnasında meydana gelmektedir (Elp, 1996). Ruhsatlı ve ruhsatsız olarak Van ili sınırlarında faaliyet gösteren çok sayıda kum ocağı vardır. Kum alım işlemi akarsuların taban yapısını tahrip etmekte, suyun derinleşmesine neden olmaktadır. Ayrıca dip yapısının bozulmasıyla da durgun sularda çökmeye meyilli askı haldeki partiküller suya karışmakta ve yumurtaların üzerini kaplayarak yumurtaların bozulmasına, larvaların ve ergin bireylerin solungaçlarına yapışarak ölmelerine sebep olmaktadır. Ayrıca kum yıkama işlemi suyu bulandırmaktadır. Kum alım işlemlerinin inci kefalı popülasyonuna kaçak avcılıktan daha çok zarar verdiği düşünülmektedir. Özellikle Karasu Çayı'nda kum alım çalışmaları yoğunluk

göstermektedir (Elp vd, 2006). Elp (1996), Karasu Çayı'nda türün üreme biyolojisini araştırdıklarında çayda 6 farklı noktada yoğun olarak kum alma işleminin olduğunu bildirmiştir. Kum alma faaliyetlerinin inci kefalinin üreme dönemini de içine alan Mayıs-Ekim aylarında yoğun olması türün üremesi üzerinde olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu etkiler sadece üreme değil, yumurtaların döllenmesi ve yumurtadan çıkan larvaların hayatta kalma oranlarına kitlesel ölümlere sebep olabilmektedir (Elp, 1996; Elp vd, 2006). 2003 ve 2004 yıllarında dere yatağında gerçekleştirilen kum alma çalışmaları sonucu, üreme amacıyla akarsuya girişlerin yoğun olduğu Mayıs-Haziran aylarında toplu balık ölümleri gözlenmiştir (Elp, 2006).



Şekil 4.14. Karasu Çayı'nda kum alma çalışması, 1995 yılı (Elp, 1996)



Şekil 4.15. Karasu Çayı'nda kum alma çalışmalarının akarsu yatağı üzerindeki etkisi, 01.10.2003 (Elp vd, 2006)



Şekil 4.16. Üreme dönemi ve av yasağının başladığı dönemde Karasu Çayı'nda faaliyet gösteren kum ocağı tesisi, 18.04.2015 (Şen vd, 2015)

Karasu Çayı'ndaki Ablangez Köprüsü eşiği de türün üremesine engel oluşturmaktadır (Şekil 4.17). Bazı inci kefalleri bu engeli geçip şelaleyi aşarken bazıları ise akıntı etkisiyle şelalenin alt kısmında kalmaktadır (Elp, 1996). 2006 yılından önce türün, Karasu Çayı'na yoğun olarak giriş yaptığı Kasımoğlu Köyü'nün yukarılarına kadar çıktığı ve görsel şölen niteliğinde bir görüntü sunduğu bildirilmiştir (Elp vd, 2014). Ancak Elp vd (2014), Karasu Çayı'nda yaptıkları örneklemede son yıllarda çok az sayıda birey yakaladıklarını bildirmiştir. Araştırmaları ise 2000-2012 yılları arasında gerçekleştirilen örneklemlerden elde edilen verilere dayanmaktadır. Bu yıllar arasında gerçekleştirilen çalışmada, Karasu Çayı'na inci kefalli göçü yoğunluğunun her geçen yıl biraz daha azaldığını gözlemlemişlerdir. 2000'li yılların ilk yarısında elde edilen balık sayısı ile çalışmanın yayınlandığı yıllar arasında elde edilen sayılar arasında %90 arasında fark olduğunu bildirmişlerdir. Bu etkenlere kum alma çalışmaları sonucunda dere yatağında yapılan müdahalelerin üreme alanlarına zarar vermesinin etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Karasu Çayı'nda 15 adet kum ocağı mevcuttur (Atıcı, 2017). Ayrıca Kasım, 2009'da başlayıp aralıklarla Ekim 2010'a kadar devam eden köprü yapım çalışmalarının da olduğu bildirilmiştir (Şekerci, 2011). Arazi çalışmalarında Karasu, larva örneklerinin alınımının zorluk yaşandığı bir akarsudur. Çayın dip yapısı balçıklı, çamurlu ve ince kumludur. Eğim en az seviyede ve su derinliği fazladır (Atıcı, 2017). Otolit kimyası ve su kimyası analizleri sonucunda elde edilen verilerde, Van Gölü'nden örneklenen 120 ergin bireyden Van Gölü stoğuna %10 (12 birey) katılım olduğu tespit edilmiştir. Bu katılım, ergin bireylerin yaşları dikkate alınarak geriye dönük olarak yıllara göre

değerlendirildiğinde ise 2007 ve 2008 yılında Karasu Çayı'ndan göle katılım olmadığı ve sonraki yıllarda da az sayıda katılımın olduğu belirlenmiştir. Bu yıllarda katılımın olmaması ve sonraki yıllarda da katılımın az olması bahsi geçen sebeplerden kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Çayda inci kefalinin üreme göçü zamanında yoğun olarak kum alımının yapıldığı, suyun bulandığı ve taban yapısının tahrip edilerek, yumurtaların üzerinde sediment biriktiği ve bunun sonucunda ise ölümlerin gerçekleştiği bildirilmiştir (Atıcı, 2017). Göç yolları üzerinde oluşan engel ergin bireylerin göçü üzerinde olumsuz etki yapmış olabileceği, üreme habitatlarının tahribatının yumurtaların hayatta kalmalarını engellediği düşünülmektedir. Ayrıca ıslah çalışmaları (Şekil 4.18), cezaevi atıkları, insanlar tarafından akarsuya bırakılan katı sıvı atıklar, akarsu kenarında yoğun hayvancılık faaliyetleri de habitatta türün üremesini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.



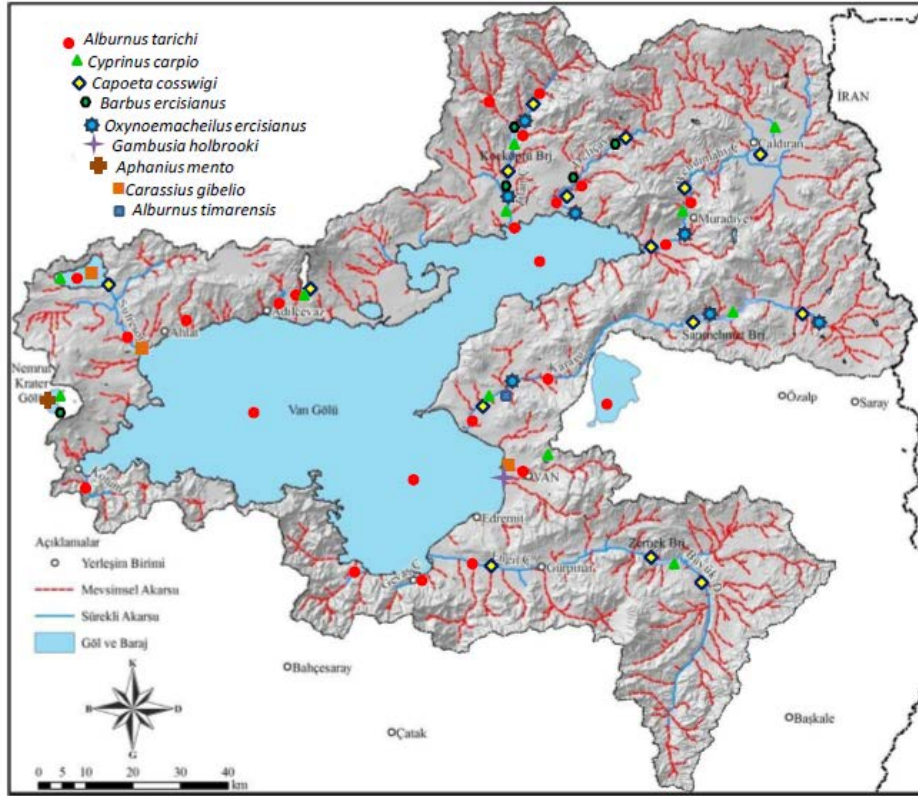
Şekil 4.17. Karasu Çayı'nın Ablangez bölgesinde köprü eşiği nedeniyle oluşan şelale, Haziran, 1995 (Elp, 1996).



Şekil 4.18. Karasu Çayı Ablangaz köprüsü ıslah çalışmasından sonraki hali, 12.10.2006 (Şen vd, 2015)

Havzada Karasu Çayı'nın yanı sıra Karmuç Çayı'nda yoğun olarak dere yataklarından kum alma çalışmalarının gerçekleştiği bildirilmiştir. Karmuç Çayı'nın da taban yapısını kum alma çalışmaları bozduğu ve suyu bulandırdığı bunun da yumurta ve larvalar üzerinde etkili olabileceği ifade edilmiştir (Elp vd, 2006). Van Gölü'nden örneklenen ergin bireylerden Karmuç Çayı'ndan orjinlenen bireylerin yüzdesi %9.17 (11 birey)'dir. Örnekleme yer alan yedi akarsu arasında 5. sırada yer almaktadır. Larvalarının az sayıda göl stoğuna katılım gerçekleştirdiği bu akarsuya, Elp vd (2014), ergin inci kefallerinin üremek için az miktarda giriş yaptığını ve üremenin derenin göl ile birleştiği mansap bölgesinde olduğunu bildirmiştir. Karmuç Çayı'nda inci kefalinin yanı sıra *Capoeta kosswigi*, *Oxynoemacheilus ercisianus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio* ve *Oncorhynchus mykiss* türleri mevcuttur (Şekil, 4.19) (Elp vd, 2016). *Carassius gibelio* türünün Van Gölü havzasına ne zaman giriş yaptığı tam olarak bilinmemektedir. Sazan aşılama çalışmaları yapılırken 1980'li yıllarda havzaya girdiği bildirilmiştir (Elp ve Şen 2006). Havzada Nazik Gölü ve Karmuç Çayı'nda *C. gibelio* popülasyonlara sahiptir (Elp vd, 2016). Havzaya yanlışlıkla aşılama ve ekonomik değeri olmayan *C. gibelio* türünün Nazik Gölü'nde ekonomik değeri olan sazan, siraz ve inci kefali ile hem üreme hem de beslenme ve yayılım bölgeleri konularında rekabete girdiği bildirilmiştir (Çetinkaya vd, 1999). Karmuç Çayı'nda da popülasyon oluşturan *C. gibelio* türünün inci kefali ile üreme, beslenme ve yayılım konularında rekabete girdiği ve türün hem yumurtaları üzerinde hem de

larvaları üzerinde predatör özellik gösterdiği bilinmektedir. Dolayısı ile Van Gölü stoğuna katılımın az olması konusunda kum alma çalışmaları, kirlilik yanı sıra, tür kompozisyonunda *C. gibelio* türünün varlığı da önemli rol oynamaktadır. Ülkemiz sularında ciddi risk oluşturan bu tür, gerek balık yumurtaları ile beslenmesi gerekse yılda çok fazla sayıda üremesi ve diğer balıklar tarafından tüketilmemesi için vücut yüksekliğini artırması gibi adaptasyonlara sahip olması nedeniyle ortamda bir süre sonra baskın tür haline gelmektedir.



Şekil 4.19. Van Gölü Havzası'nda yayılım gösteren balıkların bulunduğu noktalar (Elp vd, 2016)

Bendimahi Çayı havzının en büyük akarsuyudur. Ancak bu akarsuya üremek amacıyla giriş yapan inci kefali, Muradiye şelalesinin aşağı kısımlarında üreme gerçekleştirmektedir (Elp vd, 2016). Şeytan Köprüsünün göçü durduran bir engel olduğu ve Değirmenler Mevkiindeki düşüşün göç üzerinde sınırlayıcı bir faktör olduğu kaydedilmiştir (Elp vd, 2014). Şen vd (2015), Bendimahi Çayı'nda inci kefalinin davranışlarını kaydetmek için fotoğraf çekimleri gerçekleştirmiştir. Kayalara ve bitkilere yapışmış halde çok sayıda döllenmiş yumurtanın varlığını kaydettikleri gün su derinliğinin 50 cm olduğunu, birkaç gün sonrasında ise iş makineleriyle derinleştirme çalışmaları yapıldığını ve hem üreme bölgesi hem de

yumurta ve larvaların tahrip edildiğini bildirmişlerdir. Akarsularda debiler yağış rejiminin azalması ile yaz aylarında düşmektedir. Debisi azalan bu akarsulardan tarım arazilerinin sulanması amacıyla suyun tamamına yakın sulama amacıyla kullanıldığı bildirilmiştir. Bu durum 2001 yılında Haziran ayında, Bendimahi Çayı'nda yaşanmıştır ve bu tarihte yoğun bir inci kefalı ölümü gerçekleşmiştir (Elp vd, 2006). İnsan kaynaklı tahribatlar üreme alanının tahrip edilmesinin yanı sıra yasal olmayan avcılığı da içine almaktadır. Tez arazi çalışmaları esnasında üreme amaçlı Bendimahi Çayı'na giren ergin bireylerin yasal olmayan yollarla çok sayıda avlandığı gözlenmiştir. Üreme alanı elverişli olsa da, tür üremek için o akarsuyu tercih etse de, yumurta ve larvalar için ortam elverişli olsa da üreme şansı verilmeyen ergin bireylerin ortamdaki avlanarak alınması o akarsu popülasyonu üzerinde olumsuz etki ile sonuçlanmaktadır ve Van Gölü stoğuna katılım oranını düşürmektedir. Van Gölü stoğuna Bendimahi Çayı'ndan katılım %6.67 (8 birey)'dir ve yedi akarsu arasından 6. sırada yer almaktadır. Bahsi geçen sebepler bu durum üzerinde etkilidir. Özellikle 2007-2010 yılları arasında göle katılım sağlayan birey örneklenememiştir.

Zilan Çayı inci kefalinin önemli üreme alanlarından olmasına karşın, üzerinde çok yoğun müdahale yapılan, kum alma çalışmalarının olduğu kaynaklardan biridir (Elp vd, 2014). Taban yapısında tahribatlar fazla olup üreme alanları zarar görmüştür. Zilan Çayı'nda kum alımı, kum yıkama, dere ıslahı adı altında düzenlemeler yoğun bir şekilde gerçekleşmektedir. İnci kefalinin üremesi ve stoğa katılım başarısı üzerinde etkili olduğu düşünülen diğer faktör de akarsular üzerinde kurulan barajlar, gölet ve regülatörlerdir. Balık geçitlerinin olmayışı ve bu inşaların tamamen elektrik üretimi üzerine odaklanması balık göçleri üzerinde olumsuz etki etmiştir. Türün yüzme hareketini araştırmadan gelişigüzel yapılan dik HES (Hidroelektrik Santralleri)'ler üreme amacıyla göç eden inci kefalinin göç yollarını adeta tıkamakta ve alanını sınırlandırmaktadır (Elp vd, 2006). Ayrıca Zilan Çayı üzerinde baraj yapımı da inci kefalinin üreme başarısını olumsuz etkilemiştir. Zilan Çayı üzerinde Koçköprü Baraj Gölü mevcuttur. Koçköprü Baraj Gölü 1992 yılında kurulmuştur (Elp, 2002). Türün otolit kimyası ve su kimyası verileri değerlendirildiğinde, sonuç olarak Zilan Çayı'ndan Van Gölü stoğuna %2.5 (3 birey) katılım gerçekleşmiştir ve en düşük katılım olduğu akarsudur. İnci kefalinin bu akarsuya göçünü devam ettirdiği Elp vd (2014) tarafından da bildirilmiştir. Diğer

akarsular ile karşılaştırıldığında bu akarsudan göle en az katılımın olması dikkate alınması gereken bir durumdur. Bahsi geçen sebeplerle de üreme alanları tahrip olan türün gerek ergin bireyleri ve gerek larvaları için Zilan Çayı'nın elverişli bir üreme alanı olmadığı sonucuna varılmaktadır. Van Gölü stoğuna 2008, 2011 ve 2013 yıllarında katılım olduğu gözlenmiştir. Akarsularda stoğa katılımın, yıllar arasında farklılık gösterdiği Hobbs vd (2010) tarafından da *Spirinchus thaleichthys* türünde de kaydedilmiştir.

Van Gölü'ne dökülen akarsulardan Karasu Çayı (Kuru, 1980a) ve Zilan Çayı'nda (Kuru, 1980a; Elp vd, 2016) *A.tarichi* dışında yayılış gösteren bir diğer endemik *Alburnus* cinsi üyesi daha mevcuttur. *A.timarensis* olarak adlandırılan bu tür, *A.tarichi* türünden yalnızca yanal çizgideki pul sayısı ve solungaç dikenini sayısı ile ayrılmaktadır (Kuru 1980a, 1980b, Elp vd, 2013). Bahsi geçen akarsularda otolitlerin kimyasal özelliklerinin kullanılması bu karışıklığın önüne geçmektedir. Karasu Çayı ve Zilan Çayı için stoğa katılım başarısı belirlenirken Van Gölü'nden örneklenen inci kefalleri kullanılmıştır. *A. tarichi* otolitlerinin kimyasal yapısının incelenmesi doğrudan akarsularda yayılış gösteren inci kefallerinin geriye dönük olarak göç başarısını ortaya çıkarmaktadır. Otolitlerin kimyasal özelliklerinin incelenmesi ayrıca akarsu göç özellikleri hakkında bilgi vermesinin yanı sıra bireysel olarak balıkların göç hikâyelerini de ortaya çıkarmada yardımcı olmaktadır. Bahsi geçen akarsularda inci kefali göçü gözlemlenirken *A.tarichi* ve *A.timarensis* türlerinin morfolojik olarak benzer olması nedeniyle ikisinin birlikte yaptığı göç de birlikte olduğu için yanıltıcı sonuçlar verebilir. Ancak ergin inci kefallerinin otolit kimyası incelenerek geriye dönük olarak stok başarısı tespit edilen net bir şekilde inci kefali göç başarısını göstermektedir.

Van Gölü'nden örneklenen herhangi bir inci kefali bireyinde anormal bir durum gözlenmesi (hastalık, morfolojik farklılık vs.) halinde otolit kimyasal özellikleri ve suyun kimyasal özelliklerinin incelenmesi ile türün hangi akarsudan stoğa katıldığı belirlenebilir ve konu hakkında bu doğrultuda inceleme yapılabilir.

Tez çalışması sonuçları, literatürde akarsularda türün üremesi ile ilgili verilen bilgilerle uyumludur. Ancak, literatürde türün üremesi ile ilgili çalışmalar daha çok akarsulara göç eden ergin bireyler üzerinden yürütülmüştür. Bu çalışma ergin bireylerin akarsulara göçü, akarsularda yumurta bırakması, larvaların hayatta kalarak Van Gölü stoğuna katılım başarısını göstermektedir.

İnci kefali genellikle planktonik olarak beslenen bir türdür. Danulat ve Selçuk (1992), Van Gölü'nde inci kefalinin esasında iki besin kaynağı olan *Chronomid* larva ve pupaları, *Copepodlar* ile beslendiğini, Haziran ayında *Chronomid* ve *Copepodlar* dışında *Diatomelerle* de beslendiğini, türün yaz aylarında karnivor olduğunu bildirmiştir. Akgül (1980) ise her dönemde planktivor olarak beslendiğini yaz aylarında *Tricoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* larvaları, *Copepoda*, karasal böcekler, omurgalı ve omurgasız hayvanların yumurtaları ile beslendiğini, yaz döneminde çoğunlukla tercih edilen besinlerin *Copepoda*, *Diatome* ve omurgasız hayvan yumurtaları olduğunu belirtmiştir. Çetinkaya vd (1995) ise türün zooplankton ağırlıklı omnivor beslenme özelliğine sahip olduğunu ve besinlerinin algler, *Copepoda* ve *Insecta* olduğunu bildirmiştir. Türün beslenme özellikleri ve bu besinlerin akarsularda yayılışı, bolluğu inci kefallerinin göç özellikleri ve stoğa katılım başarısı üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

4.8. Göç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Türün üreme dönemi literatürde farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Atay (1987), ilk üreme total boyunun erkeklerde 16.5 cm olarak belirlemiştir. Akgül (1980), türün üreme zamanını Mayıs ayı ortası-Temmuz ayı sonu, üremeye başlama sıcaklığını 16-17°C, yumurta bırakma sıcaklığını 25°C, üreme alanını 0.5-1.8 m derinlik, üreme yaşını II+, döllenmiş yumurtaların açılma süresini 4-5 hafta olarak bildirmiştir. Arabacı (1995), türün üreme dönemini Nisan ayı ortası-Ağustos sonu, ilk üreme boyunu dişilerde 19.5 cm olarak tespit etmiştir. Danulat ve Selçuk (1992), üreme döneminin Nisan ayı sonu-Temmuz ayı sonu olduğunu, Elp (1996), 15 Mayıs-15 Haziran, ilk üreme başlangıç sıcaklığının 17-20°C olarak belirlemiştir. Elp (1996), eşeyssel olgunluğa erişme oranını; II+ yaşındaki bireylerde %47, III+ yaşındaki bireylerde %85 olarak belirlemiş ve buna göre inci kefalinin II+, esas olarak da III+ yaşta ürediğini tespit etmiştir. Çalışmalarında, III+ yaşındaki erkek bireylerin ortalama 13.16, erkek bireylerin de ortalama 12.45 cm çatal boya sahip olduğunu belirlemişlerdir. Çetinkaya ve Öksüz (1996), üreme dönemini Mayıs ayının ikinci yarısı-Haziran ayının ilk yarısı, üremeye başlama sıcaklığını 15°C'nin üzeri olarak tespit etmiştir. Bu veriler göstermektedir ki su sıcaklığı türün üreme zamanı üzerinde etkilidir. Dolayısıyla iklim şartlarına göre av yasağı düzenlenmelidir. Uzun yıllardır Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin ilk üreme yaşı ve boyu, üreme dönemi

ile ilgili çalışma yapılmadığı gözlenmiştir. Literatür incelendiğinde türün üremesinin 1 aydan 3.5 aya kadar sürebileceği ileri sürülmüştür (Akgl, 1980; Danulat ve Selçuk, 1992; Arabacı, 1995; Elp, 1996; etinkaya ve ksz, 1996). Otolit kimyası sonuçları değerlendirildiğinde türün bireysel olarak üremesinin daha kısa olabileceği düşünülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Neslin devamlılığının sağlanabilmesi için türün göç yolları belirlenmeli, stoğa katılım başarısı ortaya çıkarılmalı, özellikle anadrom veya katadrom türlerde türün yumurtadan çıktığı habitat tespit edilmelidir. Stoğa en çok hangi habitatlardan katılım olduğunun belirlenmesi ve korunması, türün devamlılığı açısından önemli olmakla beraber, balıkçılık yönetimi ve balık ekolojisinde de önem arz etmektedir. Göç özelliklerinin belirlenmesinde yüksek hassasiyetli ölçümler yapan cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede balıklarda göç hikâyeleri yumurtadan çıktıkları andan itibaren biyolojik yaşam döngüsü boyunca izlenebilmektedir. Tez çalışmasında LA-MC-ICPMS ile türün göç özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Otolitler, balıkların yaşadıkları ortam suyunun kimyasal özelliklerini yansıtmaktadırlar. Bu nedenle otolit kimyası incelenerek larvaların akarsulardan Van Gölü stoğuna katılım oranları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde gözlenen eksiklikler ve akarsuların türün üreme başarısındaki etkileri belirlenmiştir. Sonuç olarak türün özellikle üreme özellikleri konusundaki öneriler maddeler halinde sunulmuştur.

1. Her bir akarsuya üremek için göç eden ergin inci kefali bireylerinin üreme özellikleri belirlenmelidir. Türün eşey oranı, fekonditesi, ilk ve son ergin bireyin gözlendiği zaman dilimi, üreme için ilk göçün başladığı su sıcaklığı her bir akarsu için ayrı ayrı belirlenmelidir.
2. Literatür incelendiğinde türün ilk üreme yaş ve boyu ile ilgili çalışmaların uzun yıllardır gerçekleştirilmediği gözlenmiştir. Yıllar arasında zamansal ve mekansal farklılıkların da olabileceği göz önünde bulundurularak türün üreme özellikleri araştırılmalıdır. Günümüzde küresel ısınmanın da hem ekolojik hem de canlıların yaşantısı üzerindeki etkileri göz önüne alındığında güncel verilere ihtiyaç duyulmaktadır.
3. İnci kefalinin Van Gölü'nde dikey ve yatay göçleri, beslenme özellikleri, akarsulardaki göç süresi de dikkate alınarak yaşam haritası çıkarılmalıdır.
4. İnci kefalinin dağılımında ve göçü üzerinde özellikle larvaların hayatta kalma başarısında su sıcaklığının yanı sıra beslenme özelliklerinin de etkili olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla Engil Çayı ve Deliçay'dan stoğa katılım

başarısında bu akarsuların besleyicilik kapasiteleri de etkili olmuş olabilir. Bu nedenle türün beslenme özellikleri ve bu akarsuların türün ergin ve larval bireyleri için ne derecede elverişli ortam sunduğu belirlenmeli, her bir akarsu için plankton tespiti ve bolluğu çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

5. Karmuç Çayı'ndan Van Gölü stoğuna katılımın az olduğu belirlenmiştir. Bu akarsuda *C. gibelio* türü yayılış göstermektedir (Elp vd, 2016). Ekonomik değeri olmayan ve istilacı bir balık olan bu türün ortamda oluşturabileceği olumsuzluklar göz önünde bulundurularak gerekli tedbirler alınmalıdır.
6. Arkeoloğlardan Van Gölü'nden örneklenen inci kefaline ait otolitler elde edilerek, otolitlerin kimyasal özellikleri ortaya çıkarılmalıdır. Elde edilen sonuçlar ile tez çalışma sonuçları karşılaştırılmalı, böylece türün göç yolları veya su örneklerinin kimyasal özelliklerinin zamanla değişimi hakkında bilgi sahibi olunur.
7. Van Gölü stoğuna en çok katılımın olduğu Engil Çayı ve Deliçay'ın koruma altına alınması, bu bölgelerde avcılığın bütün dönemlerde yasaklanması, türün üremesini olumsuz engelleyecek her türlü fiziki ve kimyasal engellerin kaldırılması önerilmektedir. Fiziki ve kimyasal tehditlere karşı önlem alınmalıdır.
8. Gevaş Deresi üzerinde bulunan ve Van-Gevaş bağlantısını sağlayan köprünün köprü eşiğinin üreme göçünü engellediği ve yaklaşık 1.5 m düşüş yüksekliğinde olan eşiğin düzenlenmesi ve kirliliğin önlenmesi farklı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Elp vd, 2014). Tez çalışmasında üç yıl boyunca Gevaş Deresi'nden larva örnekleri alınamazken ergin birey otolit kimyası özelliklerinin incelenmesi ile türün önceki yıllarda üremek için dereye girdiği ve larvaların Van Gölü stoğuna katıldığı tespit edilmiştir. Gevaş Deresi'nde akarsuya üremek için ergin bireylerin giriş yapıp yapmadığı belirlenmeli, larva takibini de içerecek şekilde izleme çalışması gerçekleştirilmelidir. Bu derenin çevre düzenlemesi, köprü eşiği düşüşü, kirliliği konusunda da önlemler alınmalıdır.
9. Özellikle üreme döneminde av yasağı ile ilgili halk bilinçlendirilmeli, türün bölge açısından önemi vurgulanmalı ve farkındalık oluşturacak etkinlikler düzenlenmelidir.

10. Kum alma faaliyetleri üreme döneminde durdurulmalı, faaliyet alanları düzenlenerek dere yataklarından uzaklaştırılmalı, yasal olmayan kum ocakları kapatılmalıdır.
11. Islah çalışmaları özellikle türün üreme alanları, yumurta bıraktığı kısımlar ve larvaların dağılışı gösterdiği alanlarda gerçekleştirilmemelidir. Tarımsal amaçlı su kullanımı balıklara zarar vermeyecek şekilde düzenlenmelidir.
12. Akarsular üzerinde kurulan baraj ve göletlerde balık geçitleri türün üreme özellikleri de göz önünde bulundurularak inşa edilmelidir.
13. Balıkların üreme alanlarında toprağın suya karışımı ve bulanıklığın oluşumunu engellemek için tahrip olan bölgeler ağaçlandırılmalıdır.
14. Türün üreme alanlarının korunması sadece inci kefali için değil o bölgede yayılışı gösteren mevcut habitatın da tür çeşitliliğinin korunmasına yardımcı olacaktır.
15. Otolit kimyasal özellikleri bireysel olarak balıklar hakkında birçok bilgi sunmaktadır. Bu çalışmada gözlenmemiş olsa da, Van Gölü'nden örneklenen herhangi bir balık örneğinde, hastalık, parazitlenme, morfolojik veya genetik anomali gibi beklenmeyen bir durum gözleendiğinde otolit kimyası yardımı ile bu balığın hangi akarsudan geldiği belirlenebilir ve bu bilgiye göre önlem alınabilir.
16. Van Gölü'nde türün dikey göçünü gerçekleştirdiği su sütununda 25'er metre aralıklarla farklı derinliklerden su örnekleri alınmalı, gölün çevresinde dört farklı noktadan su örnekleri alınarak stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) belirlenmelidir. Ergin balıkların otolitlerinin kimyasal analiz sonuçları türün göl içerisindeki göçünde farklı stronsiyum izotop oranı dağılımının olabileceğini göstermektedir.

Ülkemizde balık otolitlerinde stronsiyum izotop oranları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ile ilgili gerçekleştirilen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Araştırmamızda uygulanan yöntem, inci kefalinin göç özelliklerinin ortaya çıkarılmasını sağlamanın yanı sıra benzer yaşam şekli olan türler için de anahtar özelliğini gösterecektir. Özellikle denizler ve akarsular arasında göç eden eden anadrom ve katadrom türlerde otolit kimyasının göç yollarının belirlenmesinde açıklayıcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aguirre, H. and Lombarte, A. 1999. Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmeletus*. *Journal of Fish Biology*, 55:1, 105-114. doi:10.1111/j.1095-8649.1999.tb00660.x
- Akdemir, F. 2014. XRF ve ICP-OES teknikleri ile Van Gölü'nün su ve sedimentinin eser element analizi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 126, Erzurum.
- Akgül, M. 1980. Van Gölü Kapalı Havzası'nda yaşayan inci kefalinin (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) Biyo-Ekolojisi Üzerine Araştırmalar. Bildiri Özetleri Kitabı, Tübitak VII. Bilim Kongresi, 6-10 Ekim, 553-544, Aydın, Türkiye.
- Akyurt, İ., Aras, M. S. and Yanar, M. 1985. Van gölü havzasında yaşayan *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811)'nin büyüme durumu, gonad gelişimi, yumurta verimliliği ile et verim özelliklerinin araştırılması. *Et ve Balık Kurumu ve Et Endüstrisi Dergisi*, C.7:43, 13-21.
- Allaway, W. H. 1986. Soil-plant-animal and human interactions in trace element nutrition. in W. Mertz, editor. *Trace elements in human and animal nutrition* (5th edition). Academic Press.,465-488, London.
- Allen, P. J., DeVries, R. J., Fox, D. A., Gabitov, R. I. and Anderson, W. G. 2018. Trace element and strontium isotopic analysis of Gulf Sturgeon fin rays to assess habitat use. *Environmental Biology of Fishes*, 101:3, 469-488. doi: 10.1007/s10641-018-0713-7
- Allen, P. J., Hobbs, J. A., Cech, J. J. Jr., Van Eenennaam, J. P. and Doroshov, S. I. 2009. Using trace elements in pectoral fin rays to assess life history movements in sturgeon: estimating age at initial seawater entry in Klamath River green sturgeon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 138, 240-250. doi: 10.1577/T08-061.1
- Alpaslan, K., Karakaya, G., Gündüz, F. ve Koçer, M. A. T. 2017. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü su kalitesinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4:1, 22-29.
- Altenritter, M. E., Kinnison, M. T., Zydlewski, G. B., Secor, D. H. and Zydlewski, J. D. 2015. Assessing dorsal scute microchemistry for reconstruction of shortnose sturgeon life histories. *Environmental Biology of Fishes*, 98, 2321-2335. doi: 10.1007/s10641-015-0438-9
- Altunkaynak, A. and Şen, Z. 2007. Fuzzy logic model of lake water level fluctuations in Lake Van, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 90:3-4, 227-233. doi: 10.1007/s00704-006-0267-z

- Anonim, 1986. Su ürünleri geliştirme projesi (İnci kefali araştırma projesi). T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Proje ve Uygulama Genel Müdürlüğü Araştırma Projeleri Çalışma Grup Toplantısı (yayımlanmamış), Muğla. (Elp, 1996'dan aktarılmıştır).
- Anonim, 2017. Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017-2023. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 2017. <https://www.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: 15.09.2018).
- Anonim, 2018. Van haberleri: Van Gölü'nde yeni bir balık türü keşfedildi. <http://www.hurriyet.com.tr/yerel-haberler/van/van-golunde-yeni-bir-balik-turu-kesfedildi-40993121> (Erişim tarihi: 24.01.2019).
- Anonim, 2019. İnci kefali. <http://www.vankulturturizm.gov.tr/TR-88262/inci-kefali.html> (Erişim tarihi: 26.04.2019).
- Arabacı, M. 1995. İnci kefalinde (*C.tarichi*, P. 1811) bazı kan parametreleri üzerine araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 52, Van.
- Arabacı, M. and Sarı, M. 2004. Induction of ovulation in endemic pearl mullet (*Chalcalburnus tarichi*), living in the highly alkaline Lake Van, using GnRHa ([D-Ser(tBu)6, Pro9 Net]-GnRH) combined with haloperidol. *Aquaculture*, 238, 529-535.
- Arabacı, M., Çağırğan, H., Sarı M. and Şekeroğlu, R. 2001. Serum ionic content of endemic *Chalcalburnus tarichi* during spawning, prespawning and postspawning terms, living in highly alkaline waters of Lake Van (pH 9.8), Turkey. *Turk Journal and Fisheries Aquatic Science*, 1:1, 53-57.
- Arihan, O., Kaptaner, B. and Kankaya, E. 2017. Erythrocyte fragility in pearl mullet (*Alburnus tarichi* Guldenstadt, 1814) during migration from highly alkaline water to freshwater. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26:3, 2325-2329.
- Atay, D. 1987. *İçsu balıkları ve yetiştiriciliği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 147, Ankara.
- Atıcı, A. A. 2017. Karasu Çayı (Van) kum alım faaliyetlerinin su kalitesi ve inci kefali (*Alburnus tarichi*, Guldenstaedt 1814) popülasyonu üzerine etkileri. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 210, Van.
- Avşar, D., Çiçek, E., Yeldan, H., Manaşırılı, M. ve Mavruk, S. 2007. İskenderun ve Mersin körfezlerindeki Centracentidae familyasına ait (kemikli balık) bazı türlerin otolit morfolojileri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 5, 116-123.
- Aydın, A. 2018. Sazan balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758)'nın yaş tayininde otolit yönteminin kullanılması ve otolit morfometrisinin iki popülasyon arasında karşılaştırmalı analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 102, Samsun.

- Aydın, H. ve Akın, İ. (Editörler) (2008). *Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı Bidiri Kitabı.*, Büyük Ofset ve Matbaacılık, 178, Van.
- Aydın, H., Öğün, E., Aydın, F., Selçuk Zorer, Ö., Özdemir, Ö.F., Bora, G., Bozlar Pınaroğlu B., Şen, F., Yıldız, N., Elp, M. ve Solmaz, H. 2017. Van Gölü hidrojeokimyası ve su kirliliği değerlendirmesi. Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Kirliliği Sempozyumu, 10-12 Ekim, Bildiri Özetleri Kitabı, SB55, Bursa, Türkiye.
- Bacon, C. R., Weber, P. K., Larsen, K. A., Reisenbichler, R., Fitzpatrick, J. A. and Wooden, J. L. 2004. Migration and rearing histories of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) determined by ion microprobe Sr isotope and Sr/Ca transects of otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61:12, 2425-2439. doi:10.1139/f04-167
- Balcaen, L., Moens, L. and Vanhaecke, F., 2010. Determination of isotope ratios of metals (and metalloids) by means of inductively coupled plasma-mass spectrometry for provenancing purposes-a review, *Spectrochimica Acta Part B Atomic Spectroscopy* 65:9-10, 769-786. doi: 10.1016/j.sab.2010.06.005
- Barnett-Johnson, R., Pearson, T. E., Ramos, F. C., Grimes, C. B. and MacFarlane, R. B. 2008. Tracking natal origins of salmon using isotopes, otoliths, and landscape geology. *Limnology and Oceanography*, 53:4, 1633-1642. doi: 10.2307/40058282
- Bataille, C. P. and Bowen, G. J. 2012. Mapping $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ variations in bedrock and water for large scale provenance studies. *Chemical Geology*, 304, 39-52. doi: 10.1016/j.chemgeo.2012.01.028
- Battaglia, P., Malara, D., Romeo, T. and Andaloro, F. 2010. Relationship between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). *Scientia Marina*, 74:3, 605-612. doi:10.3989/scimar.2010.74n3605
- Bern, C. R., Townsend, A. R. and Farmer, G. L. 2005. Unexpected dominance of parent material strontium in a tropical forest on highly weathered soils. *Ecology*, 86:3, 626-632. doi: 10.1890/03-0766
- Bilgili, A., Sağlamlıgil, H., Çetinkaya, N., Yarsan, E. ve Türel, İ. 1995. Van Gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan inci kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri. *Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 42: 445-450.
- Bilgili, A., Yarsan, E. ve Türel, İ. 1999. Van Gölü'nden avlanan inci kefali örneklerinde arsenik düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23:(ek sayı)2, 367-371.
- Blum, J. D., Taliaferro, E. H., Weisse, M. T. and Holmes, R. T. 2000. Changes in Sr/Ca, Ba/Ca, and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios between trophic levels in two forest ecosystems in the northeastern USA. *Biogeochemistry*, 49:1, 87-101.

- Bostancı, D. and Polat, N. 2011. Age and growth of *Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814): an endemic fish species of Lake Van (Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 27, 1346-1349. doi: 10.1111/j.1439-0426.2010.01468.x
- Bostancı, D., Polat, N. ve Yedier, S. 2015b. Endemik bir tür olan inci kefali *Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)'nin otolit morfometrisinin ışık ve elektron mikroskopunda değerlendirilmesi. VI Ulusal Ekoloji Sempozyumu, 6-9 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, 465, Sinop, Türkiye.
- Bostancı, D., Polat, N., Kurucu, G., Yedier, S., Konaş, S. and Darçin, M. 2015a. Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 1013-1022. doi: 10.1111/jai.12860.
- Bostancı, D., Yedier, S., Konaş, S., Kurucu, G. and Polat, N. 2017. Regional variation of relationship between total length and otolith sizes in the three *Atherina boyeri* Risso, 1810 populations, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34:1, 11-16. doi:10.12714/egejfas.2017.34.1.02
- Bremm, C.Q. and Schulz, U. H. 2014. Otolith atlas of fish of the Sinos River. *Brazilian Journal of Biology*, 74: 2, 274-282. doi: 10.1590/1519-6984.11612
- Brett, J. R. and Groves, T. D. D. 1979. Physiological energetics. In: Hoar, W. S., Randall, D. J., Brett, J. R. (Eds.), *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*, (vol. 8). Academic Press, 279-352. New York.
- Bulum, B. Ö. 2015. Bendimahı Çayı'nın (Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 101, Van.
- Camin, F., Perini, M., Bontempo, L., Galeotti, M., Tibaldi, E. and Piasentier, E. 2018. Stable isotope ratios of H, C, O, N and S for the geographical traceability of Italian rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 267, 288-295. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.017
- Campana, S. E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 188, 263-297.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59, 197-242. doi: 10.1006/jfbi.2001.1668
- Campana, S. E. 2004. *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. NRC Research Press, 284, Canada.
- Campana, S. E. 2005. Otolith science entering the 21st century. *Marine and Freshwater Research*, 56, 485-495.
- Campana, S. E. and Casselman, J. M. 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50:5, 1062-1083.

- Campana, S. E. and Neilson, J. D. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42:5, 1014-1032. doi:10.1139/f85-127
- Campana, S. E. and Thorrold, S. R. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58:1, 30-38. doi: 10.1139/f00-177
- Campana, S. E., Chouinard, G. A., Hanson, J. M., Frechet, A. and Bratney, J. 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. *Fisheries Research*, 46:1-3, 343-357. doi:10.1016/S0165-7836(00)00158-2
- Capo, R. C., Stewart, B. W. and Chadwick, O. A. 1998. Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: theory and methods. *Geoderma*, 82:1-3, 197-225. doi:10.1016/S0016-7061(97)00102-X
- Capoccioni, F., Costa, C., Aguzzi, J., Menesatti, P., Lombarte, A. and Ciccotti, E. 2011. Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 397:1, 1-7. doi:10.1016/j.jembe.2010.11.011
- Carlson, A. K., Phelps, Q. E. and Graeb, B. D. S. 2017. Chemistry to conservation: using otoliths to advance recreational and commercial fisheries management. *Journal of Fish Biology*, 90:2, 505-527. doi: 10.1111/jfb.13155
- Chadwick, O. A., Derry, L. A. and Bern, C. 2009. Changing sources of strontium to soils and ecosystems across the Hawaiian Islands. *Chemical Geology*, 267, 64-76. doi:10.1016/j.chemgeo.2009.01.009
- Chesney, E. J., McKee, B. M., Blanchard, T. and Chan, L. H. 1998. Chemistry of otoliths from juvenile menhaden *Brevoortia [1] patronus*: evaluating strontium, strontium:calcium and strontium isotope ratios as environmental indicators. *Marine Ecology Progress Series*, 171:1, 261-273.
- Clark, I. D. and Fritz, P. 2013. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. CRC Press, 312, USA.
- Coelho, I., Castanheira, I., Bordado, J. M., Donard, O. and Silva, J. A. L. 2017. Recent developments and trends in the application of strontium and its isotopes in biological related fields. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 90, 45-61. doi: 10.1016/j.trac.2017.02.005
- Crecco, V. A. and Savoy, T. F. 1985. Effects of biotic and abiotic factors on growth and relative survival of young American shad, *Alosa sapidissima*, in the Connecticut River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42:10, 1640-1648. doi: org/10.1139/f85-205
- Cushing, D. H. and Horwood, J. W. 1994. The growth and death of fish larvae. *Journal of Plankton Research*, 16:3, 291-300.

- Çağatay, M. N. 2018. Lake level and climate records of Lake Van (Eastern Turkey) over the last 90 Kyears:comparison with regional and global records. Understanding The Problems Of Inland Waters: Case Study The Caspian Basin (Upcb). 12-14 Mayıs, Book of Abstracts, 165-170, Bakü, Azerbaycan.
- Çetinkaya, O. 1993. Van Gölü Havzası su kaynakları ve balıkçılık potansiyeli, I. Su Ürünleri Sempozyumu, 23-25 Haziran, Bildiri Özetleri Kitabı, 71-83, Erzurum, Türkiye.
- Çetinkaya, O. 1999. Suyla gelen kültür: Ahlat'ın su kaynakları ve balıkçılığı”, In: IX. Ahlat kültür Haftası, Müze Şehir Ahlat'ın Dünü, Bugünü ve Yarını Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı, 1-9, Ahlat-Bitlis, Türkiye.
- Çetinkaya, O. 2000. Doğu Anadolu su kaynaklarının doğal ve balıkçılık tarihi üzerinde incelemeler. IV. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, 28-30 Haziran, Bildiri Özetleri Kitabı, 403-422, Erzurum, Türkiye.
- Çetinkaya, O. ve Elp, M. 1995. İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811)'nin morfolojik anatomisi ve sistematik özellikleri. Doğu Anadolu II. Su Ürünleri Sempozyumu, 14-16 Haziran, Bildiri Özetleri Kitabı, 713-722, Erzurum, Türkiye.
- Çetinkaya, O. ve Öksüz, A. 1996. Van Gölü incisi kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) populasyonunun yapısı, büyüme, beslenme, üreme özellikleri ve avcılığı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6:3, 1-15.
- Çetinkaya, O., 2003. *Su Kalitesi Ders Notları*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, 76, Van.
- Çetinkaya, O., Sarı, M. ve Arabacı, M. 1995a. Van Gölü (Türkiye) incisi kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) avcılığında kullanılan fanyalı uzatma ağlarının av verimleri ve seçiciliği üzerine bir ön çalışma. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 12:1-2, 1-13.
- Çetinkaya, O., Sarı, M., Arabacı, M., Şen, F. ve Duyar, H. A. 1995b. Van Gölü Havzası Karasu Çayı balık populasyonları üzerinde araştırmalar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5:2, 189-202.
- Çetinkaya, O., Sarı, M., Şen, F., Arabacı, M. ve Duyar, H. A. 1994. Van Gölü'ne dökülen Karasu Çayı'nın limnolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4:1, 151-168.
- Çiftçi, Y., Işık, M. A., Alkeveli, T. ve Yeşilova, Ç. 2008. Van Gölü Havzası'nın çevre jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32:2, 45-77.
- Damcı, E., Çağatay, M. N., Krastel, S., Öğretmen, N., Cukur, D., Ülgen, U. B., Erdem, Z., Litt, T., Anselmetti, F. S., Eriş, K. K. 2012. Van Gölü'nün son 400 bin yıldaki göl seviyesi değişimleri: sismik yansıma hatlarındaki deltalar ve Icdp sondaj verileri. 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2-6 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, 184-185, Ankara, Türkiye.

- Danualat, E. and Kempe, S. 1992. Nitrogenous waste excretion and accumulation of urea and ammonia in *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae), endemic to the extremely alkaline Lake Van (Eastern Turkey). *Fish Physiology and Biochemistry*, 9:5-6, 377-386. 10.1007/BF02274218
- Danulat, E. and Selcuk, B. 1992. Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archive für Hydrobiologie*, 126:1, 105-125.
- Degens, E. T. and Kurtman, F. (Editors) 1978. *The Geology of Lake Van*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 158, Ankara.
- Degens, E. T., Deuser, W. G. and Haedrick, R. L. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. *Marine Biology*, 2, 105–113. doi: 10.1007/bf00347005.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S., and Kurtman, F. 1984. A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73:2, 701-734.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kurtman, F. and Finckh, P. 1978. Van Gölü'nün Jeolojik Gelişimi: Bir Özet, *The Geology of Lake Van*. in E.T Degens and F. Kurtman (Editors), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 147-158, Ankara.
- Demirci, S., Özyılmaz, A., ve Şimşek, E. (2015). İskenderun Körfezi'nde baraküda (*Sphyaena sphyraena*, Linnaeus, 1758)'nın otolit kimyası. *Yunus Araştırma Bülteni*, 15:1, 27-32. doi: 10.17693/yunusae.v15i21955.235741
- Devereux, I. 1967. Temperature measurements from oxygen isotope ratios of fish otoliths. *Science*, 155, 1684-1685. doi: 10.1126/science.155.3770.1684.
- DeVries, D. A., Grimes, C. B. and Prager, M. H. 2002. Using otolith shape analysis to distinguish Eastern Gulf of Mexico and Atlantic ocean stocks of king mackerel. *Fisheries Research*, 57:1, 51-62. Doi: 10.1016/S0165-7836(01)00332-0
- Dickin, A.P. 1995. *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge University Press, 452, Cambridge, UK.
- Dikel, S. 2009. Su sıcaklığının balık yetiştiriciliğine etkisi. *Alınleri Zirai Bilimler Dergisi*, 16:1, 42-49.
- DiMaria, R. A., Miller, J. A. and Hurst, T. P. 2010. Temperature and growth effects on otolith elemental chemistry of larval Pacific cod, *Gadus macrocephalus*. *Environmental Biology of Fishes*, 89:3-4, 453-462. doi: 10.1007/s10641-010-9665-2
- Dirican, S. ve Barlas, M. 2005. Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın fiziko-kimyasal özellikleri ve balıkları. *Ekoloji*, 14:54, 25-30.
- Doğu, A. F. and Deniz, O. 2015. Morphologic features and tourism facilities of Aygir Lake. *The Journal of International Social Research*, 8:41, 692-702.

- Duyar, H. A. 1995. İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*)'nden balık unu yapımı ve elde edilen unun kalitesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 48, Van.
- Duyar, H. A. 2000. İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) kas ve yumurtasının kimyasal kompozisyonu ve kroket yapımı üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 118, İzmir.
- Elp, M. 1996. İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811)'nin üreme biyolojisi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı. 71, Van.
- Elp, M. 2002. Koçköprü Baraj Gölü'nde (Van) yaşayan siraz (*Capoeta capoeta*, Guldenstaedt, 1772) ve inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) popülasyonları üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, 129, İstanbul.
- Elp, M. ve Çetinkaya, O. 2000. İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811)'nin üreme biyolojisi üzerine bir araştırma. IV. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, 28-30 Haziran, Bildiri Özetleri Kitabı, 51-66, Erzurum, Türkiye.
- Elp, M. ve Şen, F. 2006. Balık aşılama çalışmaları ve Van Gölü Havzası örneği. I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 07-09 Şubat, Bildiri Özetleri Kitabı, 337-342. Antalya, Türkiye.
- Elp, M., Atıcı, A. A., Şen, F. ve Duyar, H. A. 2016. Van Gölü Havzası balıkları ve yayılım bölgeleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26:4, 563-568. doi: 10.29133/yyutbd.282808
- Elp, M., Özuluğ, M., Şen, F. and Freyhof, J. 2013. Validation of *Alburnus timarensis* from the Lake Van basin, eastern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae). *Zoology in the Middle East*, 59:3, 235-244. doi: 10.1080/09397140.2013.841430
- Elp, M., Şen, F. ve Çetinkaya, O. 2006. Van Gölü Havzası su kaynaklarında yaşayan balık popülasyonlarının karşılaştığı problemler ve çözüm yolları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23, 407-412.
- Elp, M., Şen, F., ve Atıcı, A. A. 2014. İnci kefalinin (*Alburnus tarichi* (Guldenstaedt, 1814)) Van Gölü Havzası su kaynaklarındaki yayılım bölgeleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24:3, 228-232. 10.29133/yyutbd.236277
- Elsdon, T. S. and Gillanders, B. M. 2006. Temporal variability in strontium, calcium, barium, and manganese in estuaries: Implications for reconstructing environmental histories of fish from chemicals in calcified structures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66:1-2, 147-156. doi: 10.1016/j.ecss.2005.08.004
- Erginyürek, M. 2018. Van Gölü Kapalı Havzası'nda yağış-akım analizleri ve göl seviye değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, 107, Elazığ.

- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E. 1973. Yeraltı suları jeolojisi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları*, 967, 293-324.
- Farrell, J. and Campana, S. E. 1996. Regulation of calcium and strontium deposition on the otoliths of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 115:2, 103-109. doi:10.1016/0300-9629(96)00015-1
- Faure, G. and Mensing, T. M. 2005. *Isotopes: principles and applications* (3rd edn). John Wiley, 897, Hoboken, New Jersey.
- Feyrer, F., Hobbs, J., Baerwald, M., Sommer, T., Yin, Q. Z., Clark, K., May, B. and Bennett, W. 2007. Otolith microchemistry provides information complementary to microsatellite DNA for a migratory fish. *Transaction of the American Fisheries Society*, 136:2, 469-476. doi: 10.1577/T06-044.1
- Fortunato, C. R., Benedito Durà, V. and Volpedo, A. 2017. Otolith morphometry and microchemistry as habitat markers for juvenile *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 in nursery grounds in the Valencian community, Spain. *Journal of Applied Ichthyology*, 33:2, 163-167. doi: 10.1111/jai.13291
- Frei, K. M. and Frei, R. 2011. The geographic distribution of strontium isotopes in Danish surface waters-A base for provenance studies in archaeology, hydrology and agriculture. *Applied Geochemistry* 26, 326-340. 10.1016/j.apgeochem.2010.12.006.
- Freyhof, J. 2014. *Alburnus tarichi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014.
- Froese, R. and Pauly, D. (Editors). 2018. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2018).
- Gagliano, M. and McCormick, M. I. 2004. Feeding history influences otolith shape in tropical fish. *Marine Ecology Progress Series*, 278, 291-296.
- Gaygusuz, Ö., Gürsoy, Ç., Özuluğ, M., Tarkan, A. S., Acıpinar, H., Bilge, G. and Filiz, H. 2006. Conversions of total, fork and standard length measurements based on 42 marine and freshwater fish species (from Turkish Waters). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6:2, 79-84.
- Geldiay, R. ve Balık, S. 1996. *Türkiye Tatlısu Balıkları*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 532, Bornova, İzmir.
- Gessner, F. 1957. Van Gölü zur limnologie des großen soda-sees in Ostanatolien (Türkei). *Archive für Hydrobiologie*, 53,1-22. (Reimer vd, 2009'dan aktarılmıştır)
- Gillanders, B. M. 2005a. Using elemental chemistry of fish otoliths to determine connectivity between estuarine and coastal habitats. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 64:1, 47-57. doi:10.1016/j.ecss.2005.02.005

- Gillanders, B. M. 2005b. Otolith chemistry to determine movements of diadromous and freshwater fish. *Aquatic Living Resources*, 18:3, 291-300. doi:10.1051/alr:2005033
- Goldstein, S. J. and Jacobsen, S.B. 1987. The Nd and Sr isotopic systematics of river-water dissolved material: implications for the sources of Nd and Sr in seawater. *Chemical Geology*, 66, 245–272. doi: 10.1016/0168-9622(87)90045-5
- Göksu, M. Z. L., 2003. *Su Kirliliği*. Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 232, Adana.
- Gümüş, A, Bostanci, D., Yılmaz, S. and Polat, N. 2007. Age determination of *Scardinius erythrophthalmus* (Cyprinidae) inhabiting Bafra Fish Lakes (Samsun, Turkey) based on otolith readings and marginal increment analysis. *Cybiyum*, 31:1, 59-66.
- Gündoğdu, S., (2010). Erçek Gölü inci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) populasyonu üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 48, Adana.
- Hajj, F., Poszwa, A., Bouchez, J., and Guérol, F. 2017. Radiogenic and “stable” strontium isotopes in provenance studies: a review and first results on archaeological wood from shipwrecks. *Journal of Archaeological Science*, 86, 24-49. doi: 10.1016/j.jas.2017.09.005
- Hançer, E., 2018. Samsun İli Simenlik ve Ladik Gölleri'nde yaşayan turna balığı (*Esox lucius* L., 1758)'nın yaş tayini için otolit yöntemlerinin karşılaştırılması ve otolit biyometrisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 131, Samsun.
- Harvey, J. T., Loughlin, T. R., Perez, M. A. and Oxman, D. S. 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean (NOAA Technical Report NMFS 150). Washington, DC, USA: NOAA.
- Hegg, J. C., Kennedy, B. P. and Fremier, A. K. 2013. Predicting strontium isotope variation and fish location with bedrock geology: understanding the effects of geologic heterogeneity. *Chemical Geology*, 360, 89-98. doi: 10.1016/j.chemgeo.2013.10.010
- Hobbs, J. A. 2010. Otolith Growth and microchemistry to determine variability in recruitment success of delta smelt. Delta Science Program, 1-2.
- Hobbs, J. A., Bennett, W. A., Burton, J. E. and Gras, M. 2007. Classification of larval and adult delta smelt to nursery areas by use of trace elemental fingerprinting. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136:2, 518-527. doi: 10.1577/T06-087.1
- Hobbs, J. A., Lewis, L. S., Ikemiyagi, N., Sommer, T. and Baxter, R. D. 2010. The use of otolith strontium isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) to identify nursery habitat for a threatened estuarine fish. *Environmental Biology of Fishes*, 89:3-4, 557-569.

- Hobbs, J. A., Yin, Q. Z., Burton, J. and Bennett, W. A. 2005. Retrospective determination of natal habitats for an estuarine fish with otolith Sr isotope ratios. *Marine and Freshwater Research*, 56:5, 655-660. doi: 10.1071/MF04136
- Hodell, D. A., Quinn, R. L., Brenner, M. and Kamenov, G. 2004. Spatial variation of strontium isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) in the Maya region: a tool for tracking ancient human migration. *Journal of Archaeological Science*, 31, 585-601. doi: 10.1016/j.jas.2003.10.009
- Hodge, B. 2010. Life history variation in *Oncorhynchus mykiss* from the lower Klamath River Basin. Doctoral Dissertation, The Faculty of Humboldt State University, In Partial Fulfillment Of the Requirements for the Degree Masters of Science In Natural Resources: Fisheries, 99, Berlin
- Hogan, J. D., Kozdon, R., Blum, M. J., Gilliam, J. F., Valley, J. W. and McIntyre, P. B. 2017. Reconstructing larval growth and habitat use in an amphidromous goby using otolith increments and microchemistry. *Journal of Fish Biology*, 90:4, 1338-1355. doi: 10.1111/jfb.13240
- Holland, H. D. 1984. The chemical evolution of the atmosphere and oceans. Princeton University Press., 582, Princeton.
- Horfagle, T. L and Timmons, T. J. 1989. Age, growth and catch analysis of the commercially exploited paddlefish population in Kentucky Lake, Kentucky-Tennessee. *North American Journal of Fisheries Management*, 9:316-326.
- Horwitz, E. P., Chiarizia, R. and Dietz, M. L. 1992. A novel strontium-selective extraction chromatographic resin. *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 10:2, 313-336.
- Houde, E. D. 1989. Comparative growth, mortality, and energetics of marine fish larvae: temperature and implied latitudinal effects. *Fishery Bulletin*, 87:3, 471-95.
- Howland, K. L., Tonn, W. M., Babaluk, J. A. and Tallman, R. F. 2001. Identification of freshwater and anadromous Inconnu in the Mackenzie River System by analysis of otolith strontium. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130:5, 725-741. doi: 10.1577/1548-8659(2001)130<0725:IOFAAI>2.0.CO;2
- Huguet, C., Fietz, S., Stockhecke, M., Sturm, M., Anselmetti, F. S. and Rosell-Mele, A. 2011. Biomarker seasonality study in Lake Van, Turkey. *Organic geochemistry*, 42:11, 1289-1298. doi:10.1016/j.orggeochem.2011.09.007
- Hupfeld, R. N., Phelps, Q. E., Flammang, M. K. and Whitley, G. W. 2015. Assessment of the effects of high summer water temperatures on shovelnose sturgeon and potential implications of climate change. *River Research and Applications*, 31, 1195-1201. doi: 10.1002/rra.2806
- Hüssy, K. 2008. Otolith shape in juvenile cod (*Gadus morhua*): ontogenetic and environmental effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364, 35-41. Doi: 10.1016/j.jembe.2008.06.026

- Hüssy, K., Gröger, J., Heidemann, F., Hinrichsen, H.H. and Marohn, L. 2016. Slave to the rhythm: seasonal signals in otolith microchemistry reveal age of eastern Baltic cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 73, 1019-1032. doi: 10.1093/icesjms/fsv247
- Ingram, B. L. and DePaolo, D. J. 1993. A 4300 year Sr isotope record of estuarine paleosalinity in San Francisco Bay, California. *Earth and Planetary Science Letters*, 119:1-2, 103-119. doi: 10.1016/0012-821X(93)90009-X
- Ingram, B. L. and Sloan, D. 1992. Strontium isotopic composition in estuarine sediments as paleosalinity and paleoclimate indicator. *Science*, 255, 68-72. doi: 10.1126/science.255.5040.68
- Ingram, B. L. and Weber, P. K. 1999. Salmon origin in California's Sacramento-San Joaquin river system as determined by otolith Sr isotopic composition. *Geology*, 27:9, 851-854. doi: 10.1130/0091-7613(1999)027<0851:SOICSS>2.3.CO;2
- Irion, G. 1973. Die anatolischen Salzseen, ihr Chemismus und die Entstehung ihrer chemischen Sedimente. *Archiv für Hydrobiologie*, 71, 517-557. (Reimer vd, 2009'dan aktarılmıştır)
- Irrgeher, J., Galler, P. and Prohaska, T. 2016. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratio measurements by laser ablation multicollector inductively coupled plasma mass spectrometry: reconsidering matrix interferences in biapatites and biogenic carbonates. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 125, 31-42. doi: 10.1016/j.sab.2016.09.008
- Jalili, S., Hamidi, S. A., Morid, S. and Ghanbari, R. N. 2016. Comparative analysis of Lake Urmia and Lake Van water level time series. *Arabian Journal of Geosciences*, 9:14, 644.
- Jawad, L. A., Al-Mamry, J. M., Al-Mamari, H. M., Al-Yarubi, M. M. and Al-Busaidi, H. K. 2011. Relationships between fish length and otolith length, width and weight of *Rhynchorhamphus georgi* (Valenciennes, 1846) (family: Hemiramphidae) collected from Oman Sea. *Romanian Journal of Biology*, 56, 189-200.
- Jochum, K.P., Weis, U., Stoll, B., Kuzmin, D., Yang, Q., Raczek, I., Jacob, D.E., Stracke, A., Birbaum, K., Frick, D.A., Günther, D. and Enzweiler, J. 2011. Determination of reference values for NIST SRM 610-617 glasses following ISO guidelines. *Geostandards and Geoanalytical Research*. 35, 397-429. doi: 10.1111/j.1751-908X.2011.00120.x
- Kadioğlu, M., Şen, Z. and Batur, E. 1997. The greatest soda-water lake in the world and how it is influenced by climatic change. *Annales Geophysicae*, 15, 1489-1497.
- Kafemann, R., Adlerstein, S. and Neukamm, R. 2000. Variation in otolith strontium and calcium ratios as an indicator of life-history strategies of freshwater fish species within a brackish water system. *Fisheries Research*, 46, 313-325. doi: 10.1016/S0165-7836(00)00156-9

- Kalish, J. M. 1989. Otolith microchemistry: validation of the effects of physiology, age and environment on otoliths composition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 132:3, 151-178. doi: 10.1016/0022-0981(89)90126-3
- Kankaya, E. ve Kaptaner, B. 2014. Increased apoptosis in the liver of *Chalcalburnus tarichi* exposed to sublethal concentrations of methyl parathion. *Journal of Applied Biological Sciences (JABS)*. E-ISSN: 2146-0108, 8:1, 45-48.
- Kaptaner, B. and Doğan, A. 2018. Status of the tissue antioxidant system in *Alburnus tarichi* during anadromous migration. 1st International Conference On Food, Agriculture and Animal Sciences (ICOFAAS 2018). 3-7 Ekim, Proceeding Book, 122, Antalya, Turkey.
- Kempe, S. 1977. Hydrographie, Warvenchronologie und organische Geochemie des Van Sees, Osttürkei. Dissertation, *Mitt Geol-Paläont Inst Univ Hamburg* 47:125–228. (Reimer vd, 2009'dan aktarılmıştır).
- Kempe, S. and Degens, E.T. 1978. Lake Van varve record: the past 10,420 years. in Degens, E. T. and Kurtman, F. (Editors). *The Geology of Lake Van*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 56-63, Ankara.
- Kempe, S., Kazmierczak, J., Landmann, G., Konuk, T., Reimer, A. and Lipp, A. 1991. Largest known microbialites discovered in Lake Van, Turkey. *Nature*, 349:6310, 605. doi: 10.1038/349605a0
- Kempe, S., Khoo, F. and Gürleyik, Y. 1978. Hydrography of Lake Van and its drainage area. in E.T. Degens, F. Kurtman (Editors.), *The Geology of Lake Van*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 30-45, Ankara.
- Kennedy, B. P., Blum, J. D., Folt, C. L. and Nislow, K. H. 2000. Using natural Sr isotopic signatures as fish markers: methodology and application. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science*, 57:11, 2280-2292. doi: 10.1139/f00-206
- Kennedy, B. P., Folt, C. L., Blum, J. D. and Chamberlain, C. P. 1997. Natural isotope markers in salmon. *Nature*, 387:6635, 766-767.
- Kennedy, B. P., Klaue, A., Blum, J. D., Folt, C. L. and Nislow, K. H. 2002. Reconstructing the lives of fish using Sr isotopes in otoliths. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science*, 59:6, 925-929. doi: 10.1139/f02-070
- Keskin, E. and Atar, H. H. 2013. DNA barcoding commercially important fish species of Turkey. *Molecular Ecology Resources*, 13, 788-797. doi: 10.1111/1755-0998.12120
- Kızmaz, V. 2015. Van Gölü'nde yaşayan inci kefali balığının (*Alburnus tarichi*) değişik dokularındaki (kas, karaciğer ve gonat) yağ asiti içeriğinin mevsimsel değişimi. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 401, Diyarbakır.
- Kipfer, R., Aeschbach-Hertig, W., Baur, H., Hofer, M., Imboden, D.M. and Signer, P. 1994. Injection of mantle type helium into Lake Van (Turkey): the clue for

- quantifying deep water renewal. *Earth Planetary Science Letters*, 125, 357-370. doi: 10.1016/0012-821X(94)90226-7
- Kocabaş, M. 1999. Nazik Gölü (Ahlat Bitlis) inci kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) populasyonunun yapısı, büyüme, üreme ve beslenme özellikleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 53, Van.
- Kocabaş, M. and Çetinkaya, O. 2011. Reproduction Biology of tarek (*Chalcalburnus tarichi*) in the Lake Nazik (Ahlat-Bitlis, Turk). *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4:2, 23-28.
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Kutluyer, F. ve Aksu, Ö. 2013. HES'ler ve balıklar, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6:1, 128-131.
- Koyuncu, N. 2000. İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) merkezi sinir sistemi üzerinde anatomik ve histolojik bir araştırma, Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 63, Van.
- Krishnaswami, S., Trivedi, J. R., Sarin, M. M., Ramesh, R. and Sharma, K. K. 1992. Strontium isotopes and rubidium in the Ganga-Brahmaputra river system: weathering in the Himalaya, fluxes to the Bay of Bengal and contributions to the evolution of oceanic ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr. *Earth and Planetary Science Letters*, 109:1-2, 243-253. doi: 10.1016/0012-821X(92)90087-C
- Kubanç, N., Eldem, V. and Kubanç, C. 2016. The complete mitochondrial genome of *Alburnustarichi* (Teleostei, Cyprinidae), *Mitochondrial DNA Part A*, 27:2, 1243-1244, doi: 10.3109/19401736.2014.945538
- Kumar, K. V. A., Deepa, K. P., Hashim, M., Vasu, C. and Sudhakar, M. 2017. Relationships between fish size and otolith size of four bathydemersal fish species from the south eastern Arabian Sea, India. *Journal Applied Ichthyology*, 33:1, 102-107. doi: 10.1111/jai.13250
- Kuru, M. 1975. Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası tatlı sularında yaşayan balıkların (Pisces) sistematik ve zoocoğrafik yönden incelenmeleri. Doçentlik tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Zooloji Bölümü, 181, Erzurum.
- Kuru, M. 1980a: Van Gölünde saptanan yeni bir balık türü (Cyprinidae: *Alburnus timarensis* sp. nov.) [A new fish species from Lake Van (Cyprinidae: *Alburnus timarensis* sp.nov.)]. TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, 6-10 Ekim, Bildiri Özetleri Kitabı, 493-504, Aydın, Türkiye.
- Kuru, M. 1980b. A new fish species from Lake Van (Cyprinidae) (Description). *Hacettepe University Bulletin of Natural Sciences and Engineering*, 9, 97-102.
- Kuru, M. 2011. *Omurgalı hayvanlar*. Palme Yayıncılık, 841, Ankara.
- Kuzucuoğlu, C., Christol, A., Mouralis, D., Doğu, A. F., Akköprü, E., Fort, M., Brunstein D., Zorer H., Fontugne M., Karabıyıkoglu M., Scaillet, S., Reyss

- J-L. and Guillou H. 2010. Formation of the upper pleistocene terraces of Lake Van (Turkey). *Journal of Quaternary Science*, 25:7, 1124-1137. doi: 10.1002/jqs.1431
- Lahn E. 1948. *Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüt*. M. T. A. Yayınları, 87, Ankara.
- Landmann, G., Reimer, A. and Kempe, S. 1996a. Climatically induced lake level changes at Lake Van, Turkey, during the Pleistocene/Holocene transition. *Global Biogeochemical Cycles*, 10:4, 797-808. Doi: 10.1029/96GB02347
- Landmann, G., Reimer, A., Lemcke, G. and Kempe, S. 1996b. Dating late glacial abrupt climate changes in the 14,570 yr long continuous varve record of Lake Van, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 122:1-4, 107-118.
- Lemcke, G. and Sturm, M. 1997. $\delta^{18}\text{O}$ and trace element measurements as proxy for the reconstruction of climate changes at Lake Van (Turkey): Preliminary results. In *Third millennium BC climate change and Old World collapse*. NATO ASI Series I 49, 653-678, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Limburg, K. E. 1995. Otolith strontium traces environmental history of subyearling American shad *Alosa sapidissima*. *Marine Ecology Progress Series*, 119:1, 25-35.
- Limburg, K. E., Walther, B. D., Lu, Z., Jackman, G., Mohan, J., Walther, Y., Nissling A., Weber P. K. and Schmitt, A. K. 2015. In search of the dead zone: use of otoliths for tracking fish exposure to hypoxia. *Journal of Marine Systems*, 141, 167-178. doi: 10.1016/j.jmarsys.2014.02.014
- Lin, Y. J., Özdilek, S. Y., Lizuka, Y., Gümüş, A. and Tzeng, W. N. 2011. Migratory life history of European eel *Anguilla anguilla* from freshwater regions of the River Asi, southern Turkey and their high otolith Sr:Ca ratios. *Journal of Fish Biology*, 78:3, 860-868. doi: 10.1111/j.1095-8649.2011.02903.x.
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Oercen, S., Heumann, G., Franz, S. O., Uelgen, U. B., and Niessen, F., 2009. 'PALEOVAN', international continental scientific drilling program (ICDP): site survey results and perspectives. *Quaternary Science Reviews*, 28:15-16, 1555-1567. doi: 10.1016/j.quascirev.2009.03.002
- Lombarte, A. and Leonart, J. 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37, 297-306.
- Long, K., Wood, R., Williams, I. S., Kalish, J., Shawcross, W., Stern, N. and Grün, R. 2018. Fish otolith microchemistry: snapshots of lake conditions during early human occupation of Lake Mungo, Australia. *Quaternary International*, 463, 29-43. doi: 10.1016/j.quaint.2016.10.026
- Longerich, H.P., Jackson, S.E. and Günther, D. 1996. Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometric transient signal data acquisition and

- analyte concentration calculation. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 11, 899-904. doi: 10.1039/JA9961100899
- López-García, P., Kazmierczak, J., Benzerara, K., Kempe, S., Guyot, F., and Moreira, D. 2005. Bacterial diversity and carbonate precipitation in the giant microbialites from the highly alkaline Lake Van, Turkey. *Extremophiles*, 9:4, 263-274.
- Machado, N. and Gauthier, G. 1996. Determination of $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages on zircon and monazite by laser-ablation ICPMS and application to a study of sedimentary provenance and metamorphism in southeastern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica. Acta*, 60:24, 5063-5073. doi: 10.1016/S0016-7037(96)00287-6
- Mangit, F. and Yerli, S. V. 2018. Systematic evaluation of the genus *Alburnus* (Cyprinidae) with description of a new species. *Hydrobiologia*, 807, 297-312. doi: 10.1007/s10750-017-3405-y
- Mapp, J., Hunter, E., Kooij, J. V. D., Songer, S. and Fisher, M. 2017. Otolith shape and size: the importance of age when determining indices for fish-stock separation. *Fisheries Research*, 190, 43-52. doi:10.1016/j.fishres.2017.01.017
- Markwitz, A., Grambole, D., Herrmann, F., Trompetter, W. J., Dioses, T. and Gaudie, R. W. 2000. Reliable micro-measurement of strontium is the key to cracking the life-history code in the fish otolith. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 168:1, 109-116. doi: 10.1016/S0168-583X(99)00631-X
- McArthur, J. M., Howarth, R. J. and Bailey, T. R. 2001. Strontium isotope stratigraphy: LOWESS Version 3: best fit to the marine Sr-isotope curve for 0-509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. *The Journal of Geology*, 109, 155-170. doi: 10.1086/319243
- Miller, J. A. and Kent, A. J. R. 2009. The determination of maternal run time in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) based on Sr/Ca and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ within otolith cores. *Fisheries Research*, 95:2-3, 373-378. doi: 10.1016/j.fishres.2008.09.030
- Milton, D., Halliday, I., Sellin, M., Marsh, R., Staunton-Smith, J. and Woodhead, J. 2008. The effect of habitat and environmental history on otolith chemistry of barramundi *Lates calcarifer* in estuarine populations of a regulated tropical river. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 78:2, 301-315. doi: 10.1016/j.ecss.2007.12.009
- Mokadem, F., Parkinson, I. J., Hathorne, E. C., Anand, P., Allen, J. T. and Burton, K. W., 2015. High-precision radiogenic strontium isotope measurements of the modern and glacial ocean: limits on glacial-interglacial variations in continental weathering. *Earth and Planetary Science Letters*, 415, 111-120. doi: 10.1016/j.epsl.2015.01.036
- Mugiya, Y. and Takahashi, K. 1985. Chemical properties of the saccular endolymph in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 36, 57-63.

- Mugiya, Y. and Yoshida, M. 1995. Effects of calcium antagonists and other metabolic modulators on in vitro calcium deposition in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 61, 1026-1030. doi: 10.2331/fishsci.61.1026
- Munk, K. M. and Smikrud, K. 2002. *Relationships of otolith size to fish size and otolith ages for yellow eye Sebastes ruberrimus and quillback S. maliger rockfishes*. (Report No: 5J02-05), Alaska Department of Fish and Game Division of Commercial Fisheries Mark, Tag, And Age Lab, Alaska.
- Munsuz, N ve Ünver, İ. 1983. *Türkiye Suları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 882, Ankara.
- Nas, S. S., Tüfekçi, M., Bayram, A. ve Bulut V. N. 2005. Trabzon (Maçka) Kalyan Deresi'nin çözünmüş oksijen profili (sağ eğrisi) üzerine değerlendirmeler. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 4, 292-299.
- Négre, Ph. and Petelet-Giraud, E. 2005. Strontium isotopes as tracers of groundwater-induced floods: the Somme case study (France). *Journal of Hydrology*, 305, 99-119. doi: 10.1016/j.jhydrol.2004.08.031
- Nikolskii, G. V. 1980. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources, (Trans. by Bradley, J. E. S., Edited by Jones, R.), Bishen Singh Mahendra Pal Singh (India) and Otto Koeltz Science Publishers, 323, Delhi, Germany.
- Oğuz, A. R. 2015. A histological study of the kidney structure of Van fish (*Alburnus tarichi*) acclimated to highly alkaline water and freshwater. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 48:2, 135-144. doi: 10.1080/10236244.2015.1004838
- Oğuz, A. R. 2018. Development of osmoregulatory tissues in the Lake Van fish (*Alburnus tarichi*) during larval development. *Fish Physiology Biochemistry*, 44, 227-233. doi: 10.1007/s10695-017-0427-3
- Olsson, P. E., Kling, P. and Hogstrand, C. 1998. Mechanisms of heavy metal accumulation and toxicity in fish. In: Langston, W. J. and Bebianno M. J. (editors) *Metal metabolism in aquatic environments*. Chapman and Hall, 321-350, London.
- Outridge, P. M., Chenery, S. R., Babaluk, J. A. and Reist, J. D. 2002. Analysis of geological Sr isotope markers in fish otoliths with subannual resolution using laser ablation-multicollector- ICP-mass spectrometry. *Environmental Geology*, 42:8, 892-899.
- Oyar, A. 2000. İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811)'nin sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk toleransı üzerinde araştırmalar, Yüksek lisans tezi, Y.üzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 44, Van.

- Öğretmen, N. 2012. Paleoenvironmental changes in Lake Van during the last glacial-holocene. Master of Science Thesis, İstanbul Technical University, Department of Marine and Climate Sciences, 63, İstanbul.
- Özdemir, N. 1982. Van Gölü'nde yaşayan *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811)'nin boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü üzerine bir araştırma. *Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2, 102-106.
- Özdemir, N., Şen, D. ve Polat, N. 1985. Van Gölü'nde yaşayan *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811) et randımanı ve yöre halkı için önemi. *Elazığ Bölgesi Veteriner Hekimler Odası Dergisi*, C:1:3, 38-43.
- Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S. and Polat, N. 2018. Otolith shape analyses of *Squalius cephalus* (Linneaus, 1758) (Actinopterygii: Cyprinidae) inhabiting four inland bodies of the middle Black Sea region, Turkey. *Iranian Journal of Ichthyology*, 5:4, 293-302. doi: 10.22034/iji.v5i4.311
- Padilla, A. J., Brown, R. J. and Wooller, M. J. 2015. Strontium isotope analyses ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) of otoliths from anadromous Bering cisco (*Coregonus laurettae*) to determine stock composition. *ICES Journal of Marine Science*, 72:7, 2110-2117. doi: 10.1093/icesjms/fsv096
- Palmer, M. and Edmond, J. 1992. Controls over the strontium isotope composition of river water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 2099-2111. doi: 10.1016/0016-7037(92)90332-D
- Paton, C., Hellstrom, J., Paul, B., Woodhead, J. and Hergt, J. 2011. Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26, 2508. doi: 10.1039/C1JA10172B.
- Pecoraino, G., D'Alessandro, W. and Inguaggiato, S. 2015. The other side of the coin: geochemistry of alkaline lakes in volcanic areas. in: Rouwet, D., Christenson, B., Tassi, F. and Vandemeulebrouck, J. (Editors.). *Volcanic Lakes*. Springer, 219-237, Berlin, Heidelberg.
- Phelps, Q. E., Whitley, G. W., Tripp, S. J., Smith, K. T., Garvey, J. E., Herzog, D. P., Ostendorf, D. E., Ridings, J. W., Crites, J. W., Hrabik, R. A., Doyle, W. J. and Hill, T. D. 2012. Identifying river of origin for age 0 years *Scaphirhynchus sturgeons* in the Missouri and Mississippi rivers using fin ray microchemistry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69, 930-941. doi: 10.1139/f2012-038
- Polat, N., Bostanci, D. and Yılmaz, S. 2005. Differences between whole otolith and broken-burnt otolith ages of red mullet (*Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927) sampled from the Black Sea (Samsun, Turkey). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29:2, 429-433.
- Pretti, V. A., Stewart, B. W. 2002. Solute sources and chemical weathering in the Owens Lake watershed, eastern California. *Water Resources Research*, 38:8, doi:Artn1127. doi: 10.1029/2001WR000370

- Price, T. D., Burton, J. H. and Bentley, R. A. 2002. The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration. *Archaeometry*, 44: 1, 117-135. doi: 10.1111/1475-4754.00047
- R Core Team, 2018. R: A language and environment for statistical computing.
- Radtke, R. L., Townsend, D. W., Folsom, S. D. and Morrison, M. A. 1990. Strontium:calcium concentration ratios in otoliths of herring larvae as indicators of environmental histories. *Environmental Biology of Fishes*, 27, 51-61.
- Reichenbacher, B., Kamrani, E., Esmaili, H. R., Teimori, A. 2009. The endangered cyprinodont *Aphanius ginaonis* (Holly, 1929) from southern Iran is a valid species: evidence from otolith morphology. *Environmental Biology of Fishes*, 86:4, 504-521. doi: 10.1007/s10641-009-9549-5
- Reimer, A., Landmann, G. and Kempe, S. 2009. Lake Van, eastern Anatolia, hydrochemistry and history. *Aquatic Geochemistry*, 15:1-2, 195-222.
- Russ, J. C. 1990. *Computer-assisted microscopy: the measurement and analysis of images*. Plenum Press, 453, New York.
- Saraçoğlu, H., 1956. *Doğu Anadolu, Cilt:1*. Maarif basımevi, 529, İstanbul. (Elp, 2002'den akarılmıştır).
- Sarı, M. 1997. Van Gölü inci kefalinin (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) stok miktarının tahmini ve balıkçılık yönetim esaslarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 150, İzmir.
- Sarı, M. 2000. İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Palas 1811) avcılığında ay ışığının av verimine etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 17:3-4, 1-5.
- Sarı, M. 2001. *Van Gölü inci kefali (Chalcalburnus tarichi, Pallas, 1811) stok miktarının tahmini ve balıkçılık yönetim esaslarının belirlenmesi*. Çekul Bilimsel Dizi, 150, İstanbul.
- Sarı, M. 2008. Threatened fishes of the world: *Chalcalburnus tarichi* (Pallas 1811) (*Cyprinidae*) living in the highly alkaline Lake Van, Turkey. *Environmental Biology of Fishes*, 81:1, 21-23. doi: 10.1007/s10641-006-9154-9
- Sarı, M. 2009. *İnci kefali yaşamı, avcılığı ve koruma rehberi* (Birinci Basım). Eksen Ofset Ltd. Şti, , 60, Van.
- Sarı, M. and Tokaç, A. 2000. İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) avcılığında kullanılan iki farklı yapıdaki fanyalı ağın ağ verimlerinin karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 17:3-4, 27-33.
- Sarı, M. ve Arabacı, M. 1997. İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) popülasyonunda üreme ve fekondite. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, 9-11 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, 537-544, İzmir, Türkiye.

- Sarimin, A. S. and Mohamed, C. A. R. 2014. Sr/Ca, Mg/Ca and Ba/Ca ratios in the otolith of sea bass in Peninsular Malaysia as salinity influence markers. *Sains Malaysiana*, 43:5, 757-766.
- Savran, A. ve Ceylan, H. 1992. Van Gölü suyunun 1991 yılı içindeki kimyasal analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1:2, 21-30.
- Saygın, S., Özpiçak, M., Elp, M., Polat, N., Atıcı, A. A. and Akçanal Ödün, N. 2017. Comparative analysis of otolith features of tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from different lakes across Van Basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır) (Turkey). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 3:2, 91-99. doi: 10.17216/LimnoFish.310312
- Schweizer, G. 1975. Untersuchungen zur physiogeographie von Ostanatolien und Nordwestiran, geomorphologische, klima- und hydrogeographische Studien im Vansee- und Rezaiyehsee-Gebiet. *Tübinger Geogr Studien*, 60:145, Selbstverl. Geogr Inst Univ Tübingen. (Reimer vd, 2009'dan aktarılmıştır)
- Secor, D. H. and Rooker, J. R. 2000. Is otoliths strontium a useful scalar of life cycles in estuarine fishes?. *Fisheries Research*, 46:1-3, 359-371. doi: 10.1016/S0165-7836(00)00159-4
- Secor, D. H., Henderson-Arzapalo, A. and Piccoli, P. M. 1995. Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 192:1, 15-33. doi: 10.1016/0022-0981(95)00054-U
- Secor, D. H., Ota, T., Nakayama, K. and Tanaka, M. 1998. Use of otolith microanalysis to determine estuarine migrations of Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* distributed in Ariake Sea. *Fisheries Science*, 64:5, 740-743.
- Selçuk Zorer, Ö. and Şahan, T. 2011. The concentration of ²³⁸U and the levels of gross radioactivity in surface waters of the Van Lake (Turkey). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 288:2, 417-421. doi: 10.1007/s10967-010-0958-x
- Sellheim, K., Willmes, M., Hobbs, J. A., Glessner, J. J. G., Jackson, Z. J. and Merz, J. E. 2017. Validating fin ray microchemistry as a tool to reconstruct the migratory history of white sturgeon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 146:5, 844-857. Doi: 10.1080/00028487.2017.1320305
- Seyhan, Y., 2016. Deliçay (Haydarbey Çayı)'ın su kalite kriterlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 104, Van.
- Simkiss, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. *The ageing of fish*. in: Bagenal T. B. (Editor), Unwin Brothers Ltd, Old Woking, 1-12, London.
- Siskey, M. R., Lyubchich, V., Liang, D., Piccoli, P. M. and Secor, D. H. 2016. Periodicity of strontium:calcium across annuli further validates otolith-ageing

- for Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Fisheries Research*, 177, 13-17. doi: 10.1016/j.fishres.2016.01.004
- Sousa, R. G. C., Humston, R. and Freitas, C. E. C. 2016. Movement patterns of adult peacock bass *Cichla temensis* between tributaries of the middle Negro River basin (Amazonas-Brazil): an otolith geochemical analysis. *Fisheries management and ecology*, 23:1, 76-87. doi: 10.1111/fme.12166
- Sönmez, A. Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. and Aras, M.S. 2008. *Sular Bilgisi*. Nobel Yayın Dağıtım A.Ş., 64-201, Ankara.
- Sönmez, F.Y. 2015. Karmuç Çayı su kalitesinin izlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 70, Şanlıurfa.
- Stewart, B. W., Capo, R. C. and Chadwick, O. A. 1998. Quantitative strontium isotope models for weathering, pedogenesis and biogeochemical cycling. *Geoderma*, 82:1-3, 173-195. doi: 10.1016/S0016-7061(97)00101-8
- Stockhecke, M., Sturm, M., Brunner, I., Schmincke, H. U., Sumita, M., Kipfer, R., Çukur, D., Kwiecien, O. and Anselmetti, F. S. 2014. Sedimentary evolution and environmental history of Lake Van (Turkey) over the past 600 000 years. *Sedimentology*, 61:6, 1830-1861. doi: 10.1111/sed.12118
- Stone, N. M., Shelton, J. L., Haggard, B. E. and Thomforde, H. K. 2013. Interpretation of water analysis reports for fish culture. *Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publications No:4606*,1-12.
- Stueber, A. M., Baldwin, A. D., Curtis, J. B., Pushkar, P. and Steele, J. D., 1975. Geochemistry of strontium in Scioto River Drainage Basin, Ohio. *Geological Society of America Bulletin*, 86:7, 892-896. doi: 10.1130/0016-7606(1975)86<892:GOSITS>2.0.CO;2
- Suzuki, Y., Nakamura, R. and Ueda, T. 1972. Accumulation of strontium and calcium in freshwater fishes of Japan. *Journal of Radiation Research*, 13:4, 199-207. doi: 10.1269/jrr.13.199
- Swan, S. C., Geffen, A. J., Morales-Nin, B., Gordon, J. D., Shimmield, T., Sawyer, T., and Massuti, E. 2006. Otolith chemistry: an aid to stock separation of *Helicolenus dactylopterus* (bluemouth) and *Merluccius merluccius* (European hake) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 63:3, 504-513. doi: 10.1016/j.icesjms.2005.08.012
- Şekerci, İ. 2011. Karasu (Mermi) Çayı'nın (Van) bazı su kalite kriterlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 79, Van.
- Şen, F. 2001. Nazik Gölü (Ahlat-Bitlis) Sazan (*Cyprinus carpio* L. 1758) populasyonu üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 140, Erzurum.

- Şen, F., Paruğ, Ş. Ş. ve Elp, M. 2015. İnci kefali'nin (*Alburnus tarichi*, Gldenstdt, 1814) dn, bugünü ve geleceği üzerine projeksiyonlar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25:3, 347-356.
- Şen, H. 1993. Van Gölü'nde avlanan *Chalcarburnus tarichi* (İnci kefali) balığında kurşun, kadmiyum, çinko ve bakır gibi ağır metallerin birikim düzeylerinin ve toksik etkilerinin araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, 61, Van.
- Tanyolaç, J. 2009. *Limnoloji*. Hatiboğlu Yayınevi, 294, Ankara.
- Tarkan, A. S., Gaygusuz, . G., Gaygusuz, . and Acıpınar, H. 2007. Use of bone and otolith measures for size-estimation of fish in predator-prey studies. *Folia Zoologica*, 56:3, 328-336.
- Thorrold, S. R. and Shuttleworth, S. 2000. In situ analysis of trace elements and isotope ratios in fish otoliths using laser ablation sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 57:6, 1232-1242. doi: 10.1139/f00-054
- Thorrold, S. R., Jones, C. M., Campana, S. E., McLaren, J. W. and Lam, J. W. H. 1998. Trace element signatures in otoliths record natal river of juvenile American shad (*Alosa sapidissima*). *Limnology and Oceanography*, 43:8, 1826-1835.
- Thorrold, S. R., Latkoczy, C., Swart, P. K. and Jones, C. M. 2001. Natal homing in a marine fish metapopulation. *Science*, 291:5502, 297-299. doi: 10.1126/science.291.5502.297
- TOKB. 1986. Su rnleri geliştirme projesi (İnci kefali araştırma projesi). Proje Uygulama Genel Mdrlğ, Araştırma alışma Grup Toplantısı, 23s. Muğla.
- Tolluoğlu, A. ., Eral, M., Aytaş, Ş., Akyıl, S., Işık, M. A., Aslani, M. A. A., Kse, O., ifti, Y., Trkz, D. A. and Yksel, A., 2004. Natural radioactivity in surface waters in VanLake Basin, Turkey. International Symposium Insinume In Situ Nuclear-Metrology As a Tool of Radioecology, Radioprotection of the Environment, 27-30 September, Book of Abstracts, 53, Albena, Bulgaria.
- Tomonaga, Y., Brennwald, M. S., Livingstone, D. M., Kwiecien, O., Randlett, M. E., Stockhecke, M., Unwin, K., Anselmetts, F. S., Beer, J., Haug, G. H., Schubert, C. S., Sturm, M. and Kipfer, R. 2017. Porewater salinity reveals past lake-level changes in Lake Van, the Earth's largest soda lake. *Scientific reports*, 7:1, 313.
- Tuğrul, S., Dumlu, G., Bastrk, ., İlhan, R. ve Balkas, T. 1984. *Van Gl zmleme kapasitesinin saptaması ve evsel nitelikli atıksu arıtımı ve desarji optimizasyonu*. (Rapor No. 0730018301). İller Bankası Genel Mdrlğ ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü Ortak Projesi Raporu.
- Tuset, V. M., Lombarte, A. and Assis, C. A. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72:1, 7-198. doi: 10.3989/scimar.2008.72s17

- Tuset, V. M., Lozano, I. J., González, J. A., Pertusa, J. F. and García-Díaz, M. M. 2003. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of scomber *Serranus cabrilla* (L., 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 88-93. doi: 10.1046/j.1439-0426.2003.00344.x
- Tuset, V. M., Piretti, S., Lombarte, A. and Gonzalez, J. A. 2010. Using sagittal otoliths an deye diameter for ecological characterization of deep-sea fish: *Aphanopus carbo* and *A. intermedius* from NE Atlantic waters. *Scientia Marina*, 74:4, 807-814.
- Türkiye İstatistik Kurumu. İç Su Ürünleri Üretim Miktarı. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005. (Erişim tarihi: 23.01.2019)
- Tzadik, O. E., Curtis, J. S., Granneman, J. E., Kurth, B. N., Pusack, T. J., Wallace, A. A., Hollander, D. J., Peebles, E. B. and Stallings, C. D. 2017. Chemical archives in fishes beyond otoliths: a review on the use of other body parts as chronological recorders of microchemical constituents for expanding interpretations of environmental, ecological, and life-history changes. *Limnology and Oceanography: Methods*, 15:3, 238-263. doi: 10.1002/lom3.10153
- UC Davis University of California, 2015. <http://icpms.ucdavis.edu>. (Erişim tarihi: 20.02.2015).
- Utkucu, M. 2013. 23 October 2011 Van, Eastern Anatolia, earthquake (M_w 7.1) and seismotectonics of Lake Van area. *Journal of Seismology*, 17:2, 783-805. doi: 10.1007/s10950-012-9354-z
- Ünal, G., Çetinkaya, O. ve Elp, M. 1999. İnci kefalinde (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) gonad gelişiminin histolojik olarak incelenmesi. *Turkish Journal of Zoology*, 23:1, 329-338.
- Ünal, G., Çetinkaya, O., Kankaya, E. and Elp, M. 2001. Histological and study of the organogenesis of the digestive system and swim bladder of the *Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811 (Cyprinidae). *Turkish Journal of Zoology*, 25, 217-228.
- Vignon, M. 2012. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 420-421, 26-32. doi: 10.1016/j.jembe.2012.03.021
- Vignon, M. and Morat, F. 2010. Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. *Marine Ecology Progress Series*, 411, 231-241. doi: 10.3354/meps08651
- Vilizzi, L. and Walker, K. F. 1995. Otoliths as potential indicators of age in common carp, *Cyprinus carpio* L. (Cyprinidae: Teleostei). *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 119:2, 97-98.
- Volk, E. C., Blakley, A., Schroder, S. L. and Kuehner, S. M. 2000. Otolith chemistry reflects migratory characteristics of Pacific salmonids: using otolith core

- chemistry to distinguish maternal associations with sea and freshwaters. *Fisheries Research*, 46:1-3, 251-266. doi: 10.1016/S0165-7836(00)00150-8
- Volpedo, A. and Echeverría, D. D. 2003. Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentine. *Fisheries Research*, 60:2-3, 551-560. doi: 10.1016/S0165-7836(02)00170-4
- Vroon, P. Z., Van DerWagt, B., Koornneef, J. M., and Davies, G. R. 2008. Problems in obtaining precise and accurate Sr isotope analysis from geological materials using laser ablation MC-ICPMS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 390:2, 465-476. doi: 10.1007/s00216-007-1742-9
- Walther, B. D and Thorrold, S. R. 2008. Continental-scale variation in otolith geochemistry of juvenile American shad (*Alosa sapidissima*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65:12, 2623-2635. Doi: 10.1139/F08-164
- Wells, B., Friedland, K. and Clarke, L. 2003. Increment patterns in otoliths and scales from mature Atlantic salmon *Salmo salar*. *Marine Ecology Progress Series*, 262, 293-298. doi: 10.3354/meps262293
- Wetzel, R.G. 2017. *Limnoloji Göl ve Nehir Ekosistemleri*. (Çev. M. B. Ergönül). Nobel Akademik Yayıncılık. (2001), 870, Ankara.
- Willmes, M., Ransom, K. M., Lewis, L. S., Denney, C. T., Glessner, J. J. and Hobbs, J. A. 2018. IsoFishR: an application for reproducible data reduction and analysis of strontium isotope ratios ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) obtained via laser-ablation MC-ICP-MS. *PLoS ONE*, 13:9, e0204519. doi:org/10.1371/journal.pone.0204519
- Wolff, B. A., Johnson, B. M., Breton, A. R., Martinez, P. J. and Winkelman, D. L. 2012. Origins of invasive piscivores determined from the strontium isotope ratio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) of otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69:4, 724–739. doi: 10.1139/f2012-009.
- Wong, H. K. and Degens, E. T. 1978. The bathymetry of Lake Van, Eastern Turkey. in *The Geology of Lake Van*. in E.T. Degens ve F. Kurtman (Editors), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Press, 6-10, Ankara.
- Woodhead, J., Swearer, S., Hergt, J. and Maas, R. 2005. *In situ* Sr-isotope analysis of carbonates by LA-MC-ICP-MS: interference corrections, high spatial resolution and an example from otolith studies. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 20:1, 2-27.
- Yalçın, H. ve Gürü, M. 2002. *Su Teknolojisi*, Palme Yayıncılık, 504, Ankara.
- Yaman, M., Ince, M., Erel, E., Cengiz, E., Bal, T., Er, C. and Kilicel, F. 2011. Distribution study of U, V, Mo, and Zr in different sites of Lakes Van and Hazar, River and seawater samples by ICP-MS. *Clean-Soil, Air, Water*, 39:6, 530-536. Doi: 10.1002/clen.201000526
- Yeltekin, A. Ç., and Oğuz, A. R. 2018. Some macro and trace elements in various tissues of Van fish variations according to gender and weight. *Arquivo*

Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 70:1, 231-237. doi: 10.1590/1678-4162-9668

- Yeltekin, A. Ç., Oğuz, A. R., İribuğday, F. ve Ergöz, B. 2018. Van Balığı'nın (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) yaş değişkenine bağlı olarak farklı dokularındaki bazı metal düzeylerinin incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14:2, 89-101.
- Yiğit, A., İrak, Z. T., Öztürk, D., Öztürk, E., Alpaslan, D., Şahan, T. ve Aktaş, N. 2017. Van Gölü suyunun iyon karakterizasyonu ile su kalitesinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7:4, 169-179.
- Zengin, M., Saygin, S., Polat, N. 2015. Otolith shape analysis and dimensions of the Anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Black and Marmara Seas. *Sains Malaysiana*, 44:5, 657-662. doi: 10.17576/jsm-2015-4405-03
- Zimmerman, C. E and Reeves, G. H. 2002. Identification of steelhead and resident rainbow trout progeny in the Deschutes River, Oregon, revealed with otolith microchemistry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131:5, 986-993. doi:10.1577/1548-8659(2002)131<0986:IOSARR>2.0.CO;2
- Zischke, M. T., Litherland L., Tilyard B. R., Stratford N. J., Jones E. L. and Wange, Y. G. 2016. Otolith morphology of four mackerel species (*Scomberomorus* spp.) in Australia: species differentiation and prediction for fisheries monitoring and assessment. *Fisheries Research*, 176, 39-47. doi: 10.1016/j.fishres.2015.12.003

EKLER

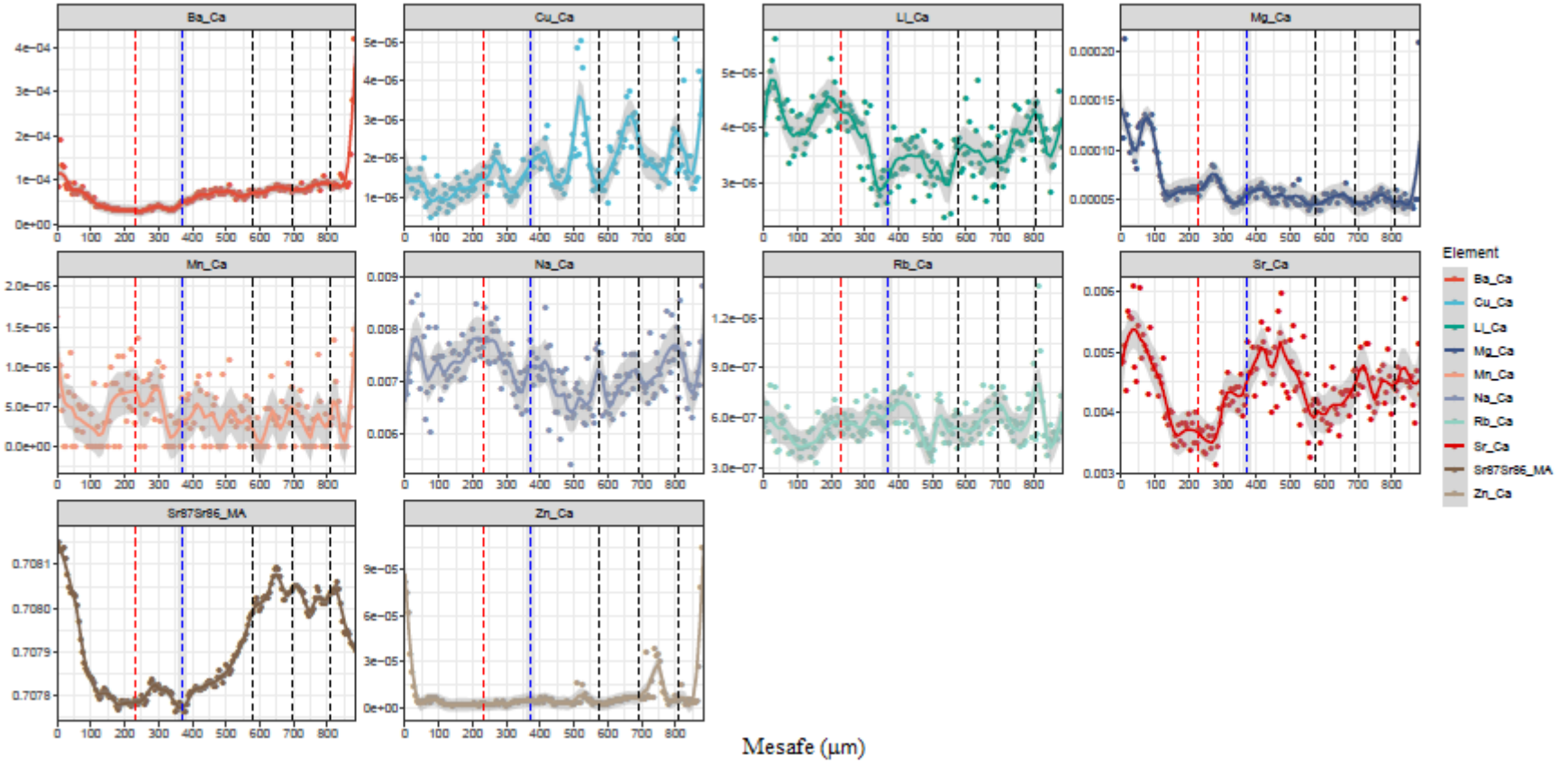
EK 1. Ergin İnci Kefali Otolitlerinin Kimyasal Özelliklerinin Otolit Boyunca Değişimi

EK 2. Etik Kurul Belgesi



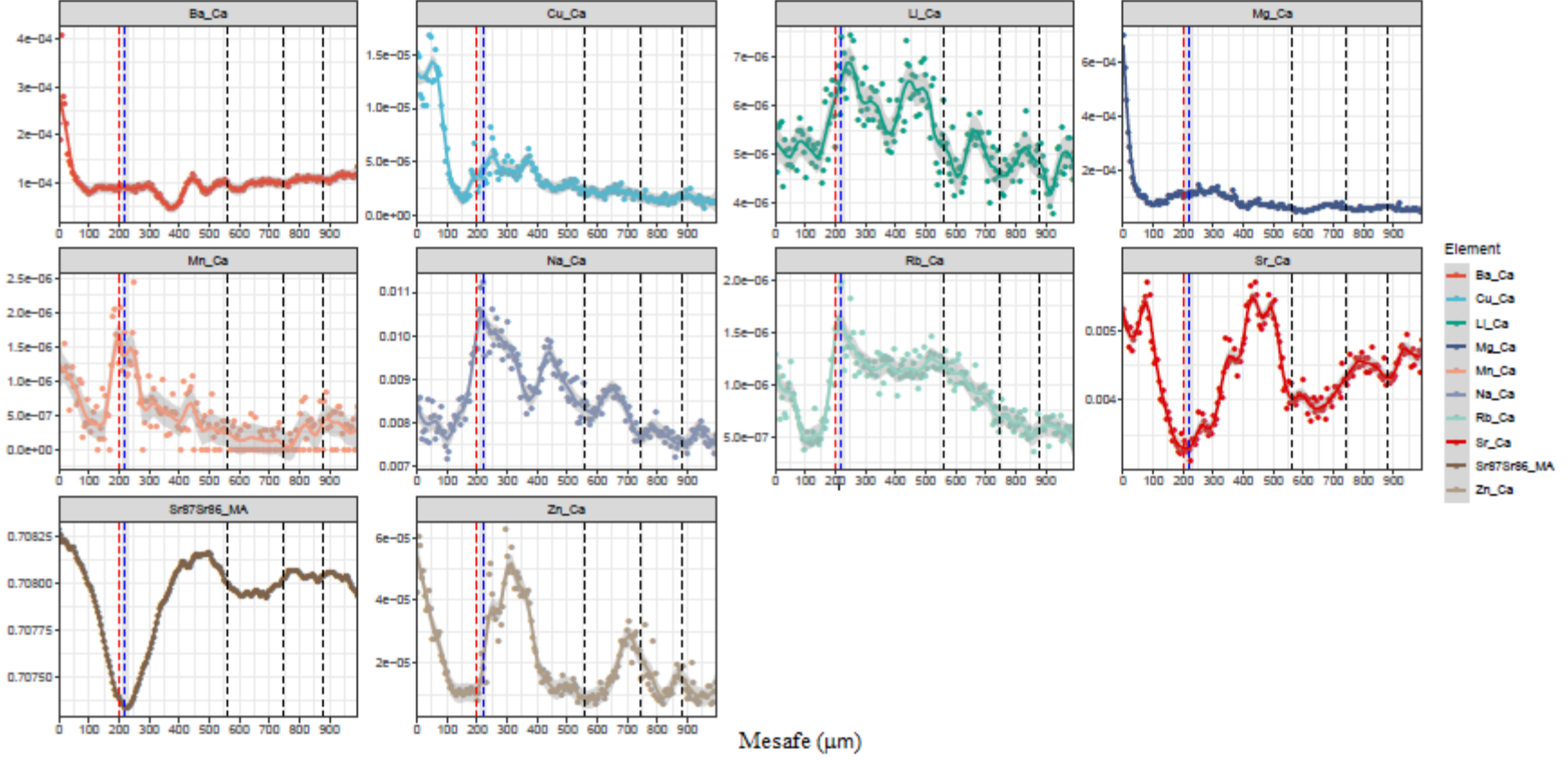
EK 1 Ergin İnci Kefali Otolitlerinin Kimyasal Özelliklerinin Otolit Boyunca Değişimi

Örnek No: 9



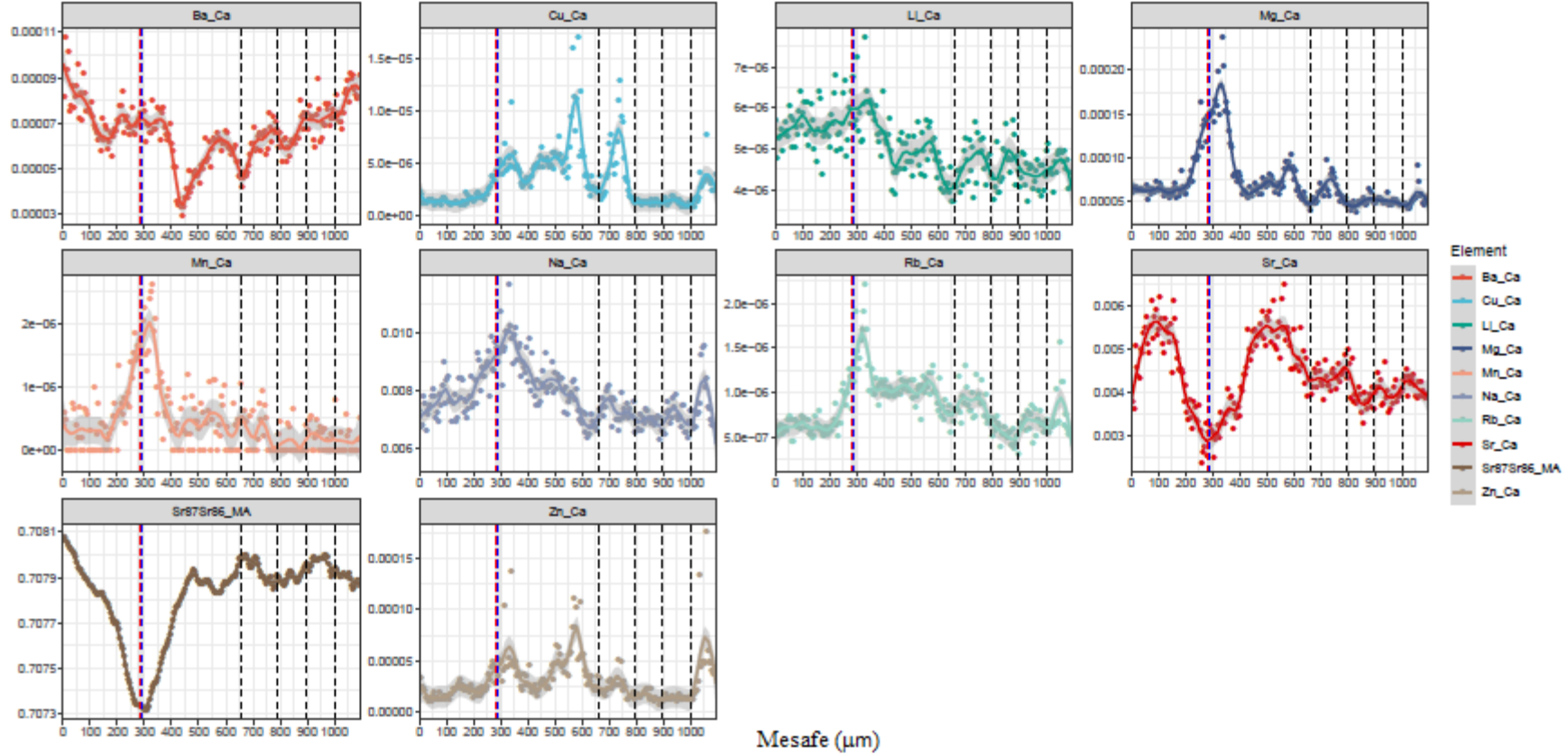


Örnek No: 12



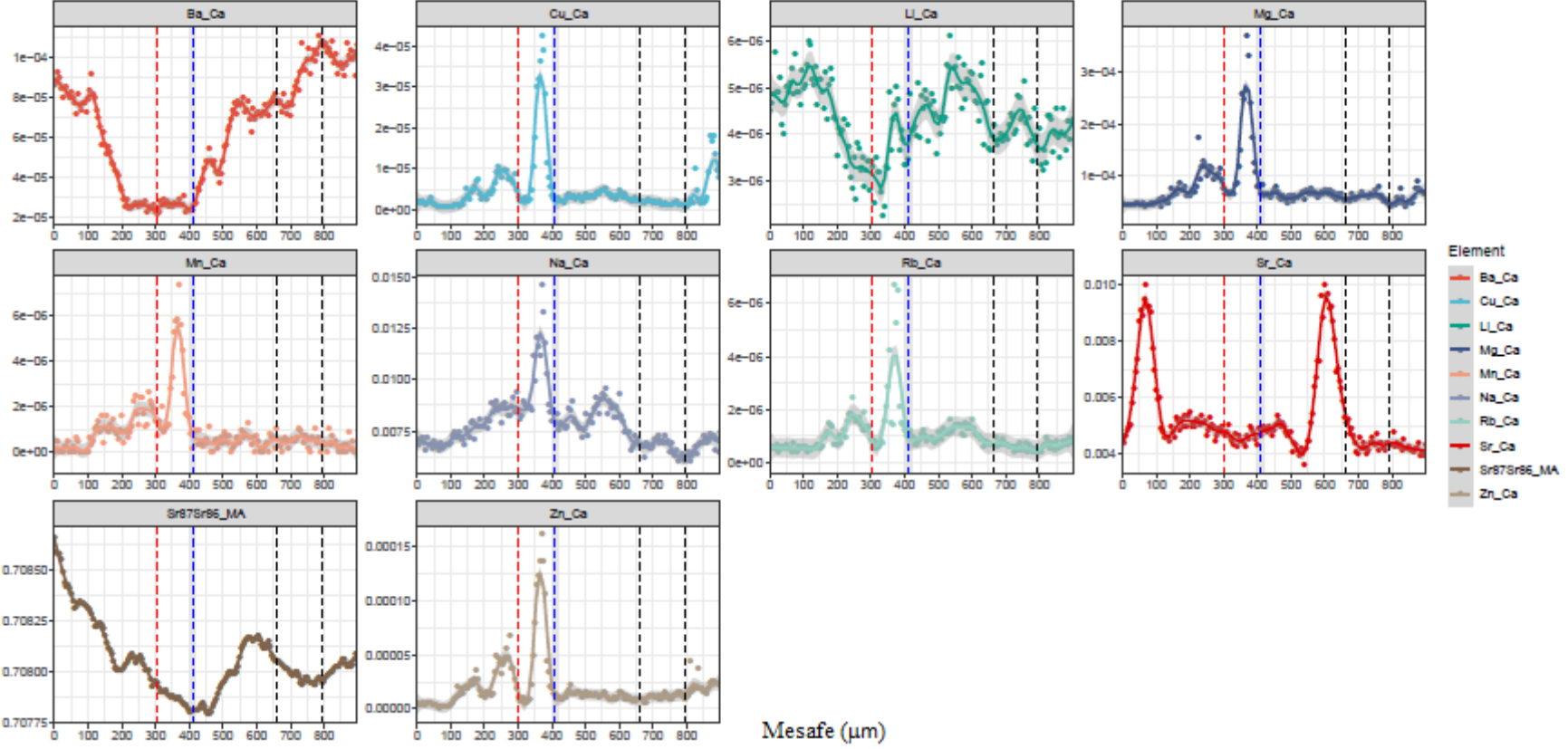


Örnek No:14





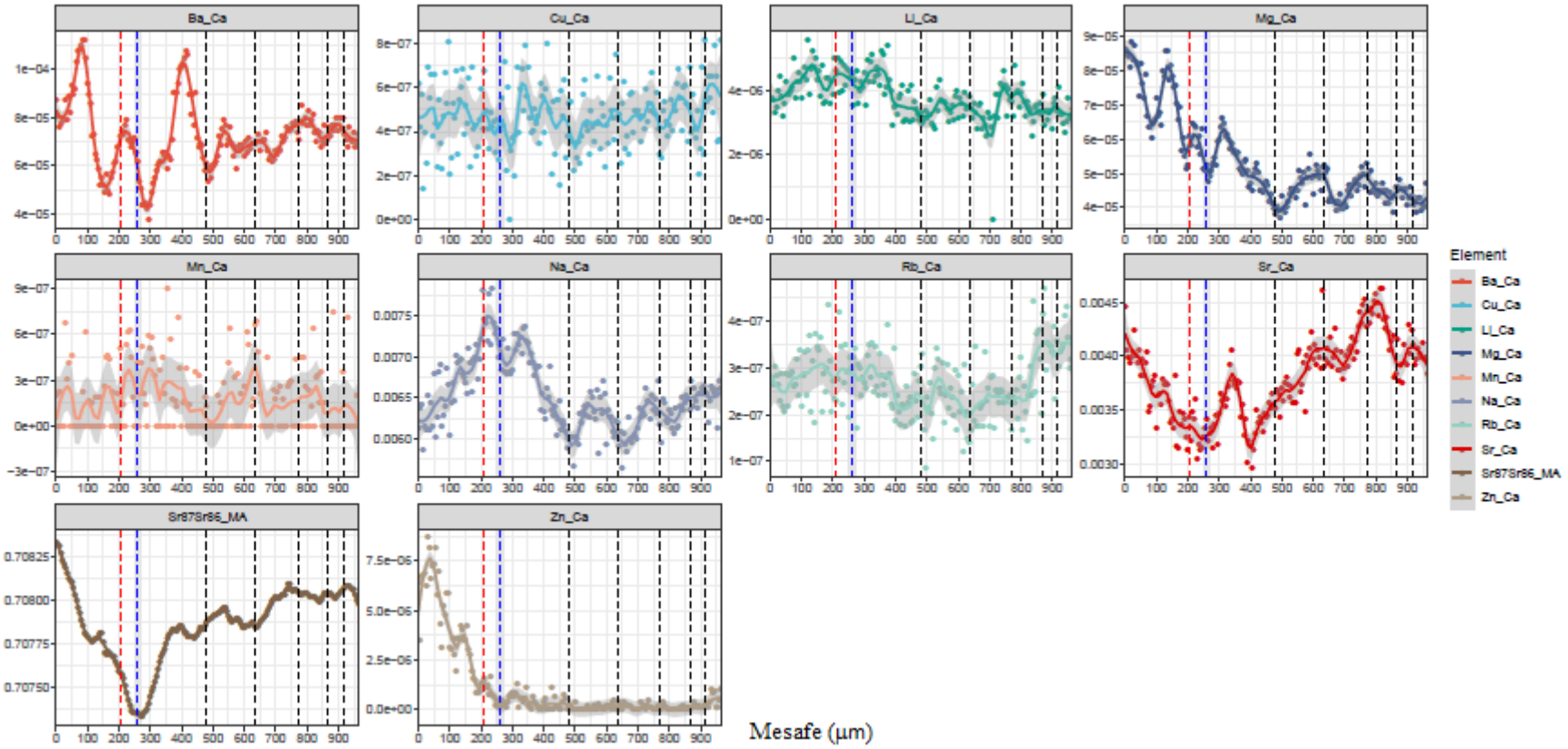
Örnek No: 16



Mesafe (μm)

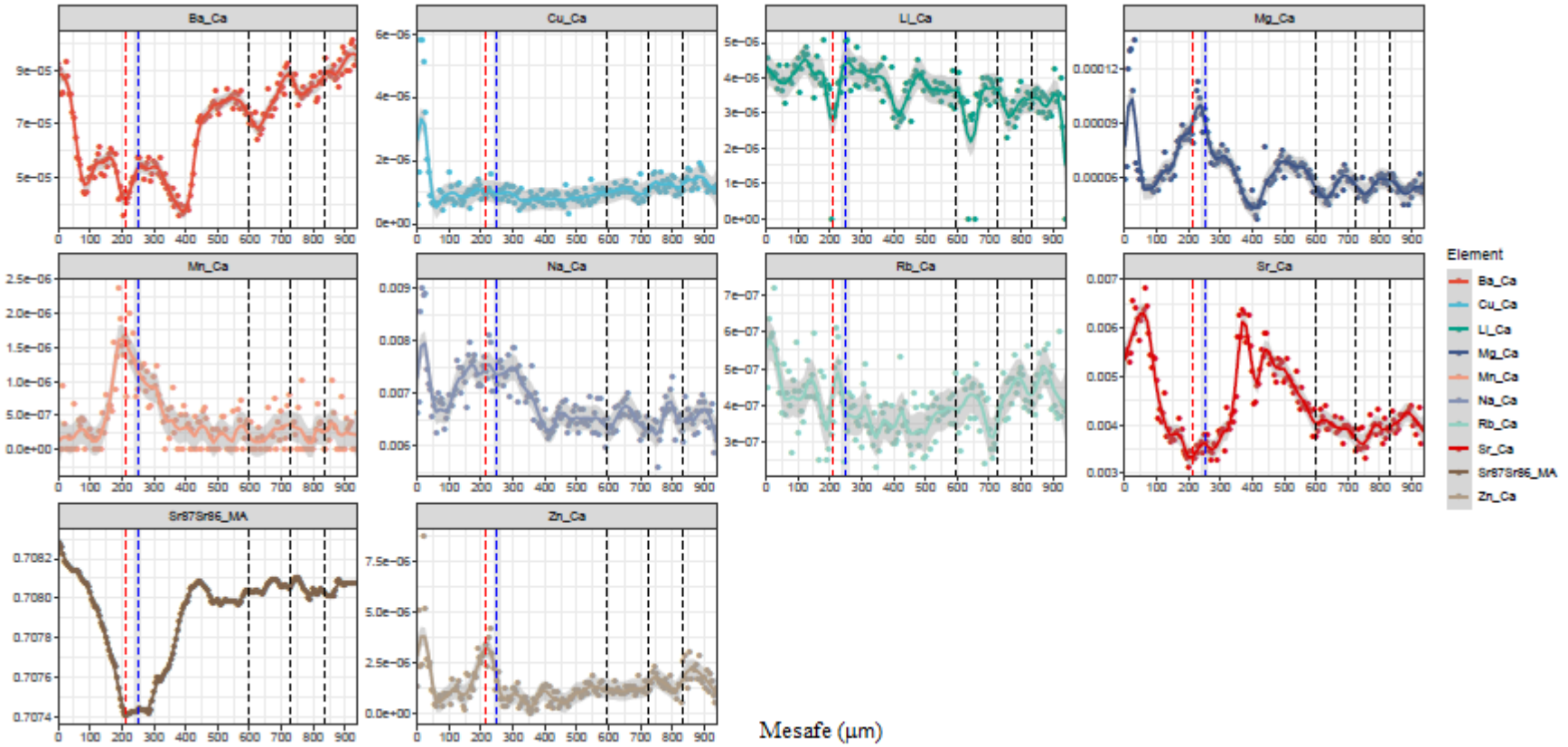


Örnek No: 20

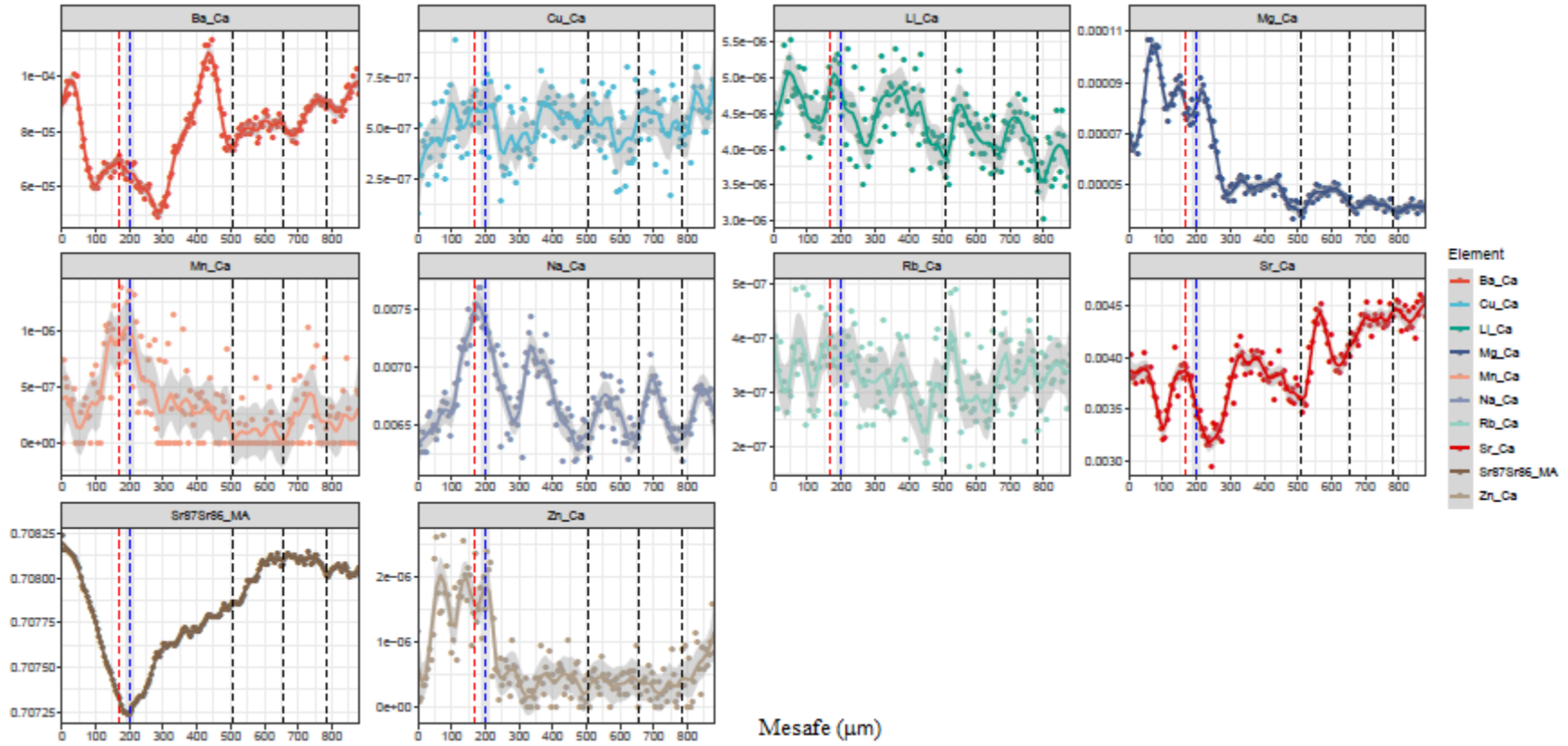




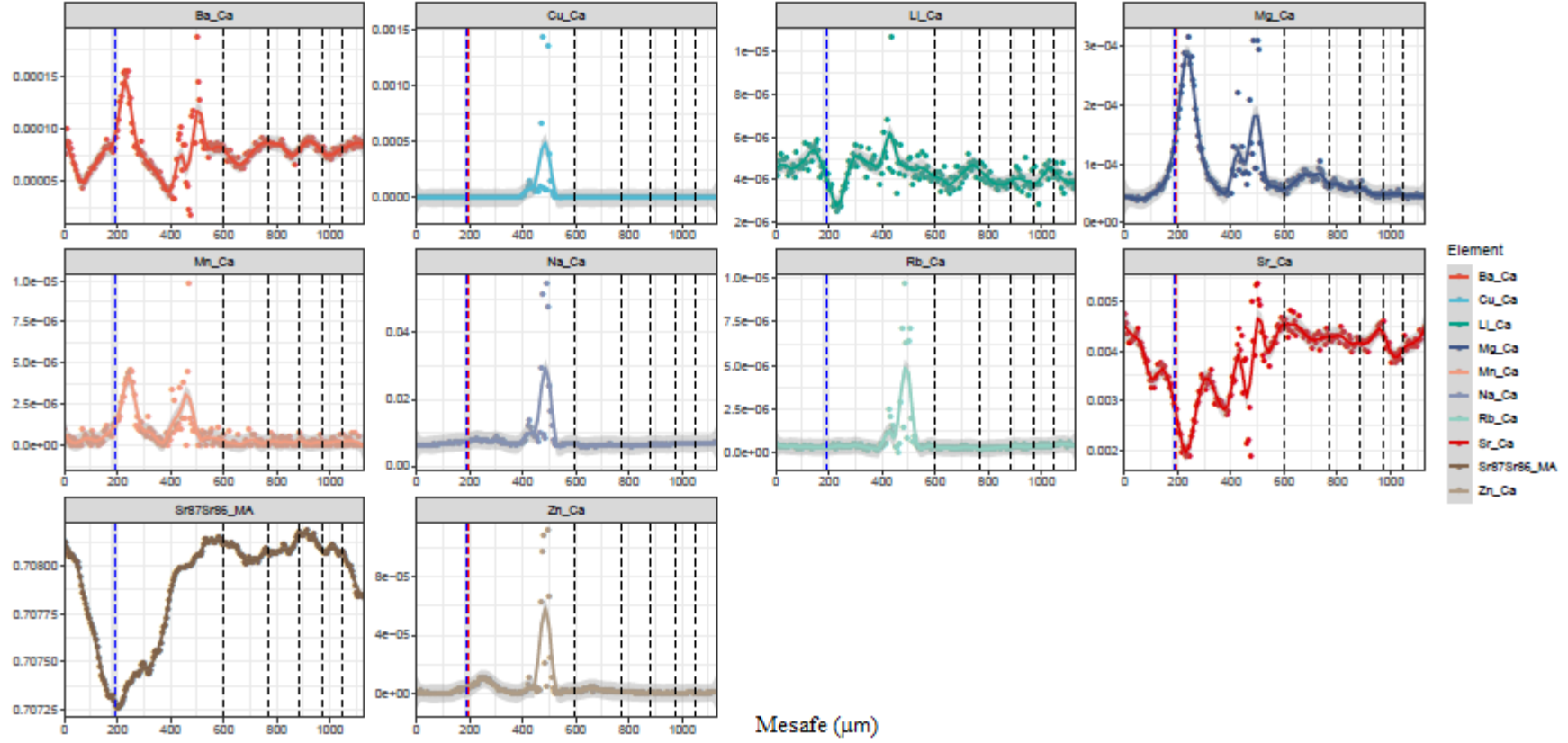
Örnek No: 21



Örnek No: 23

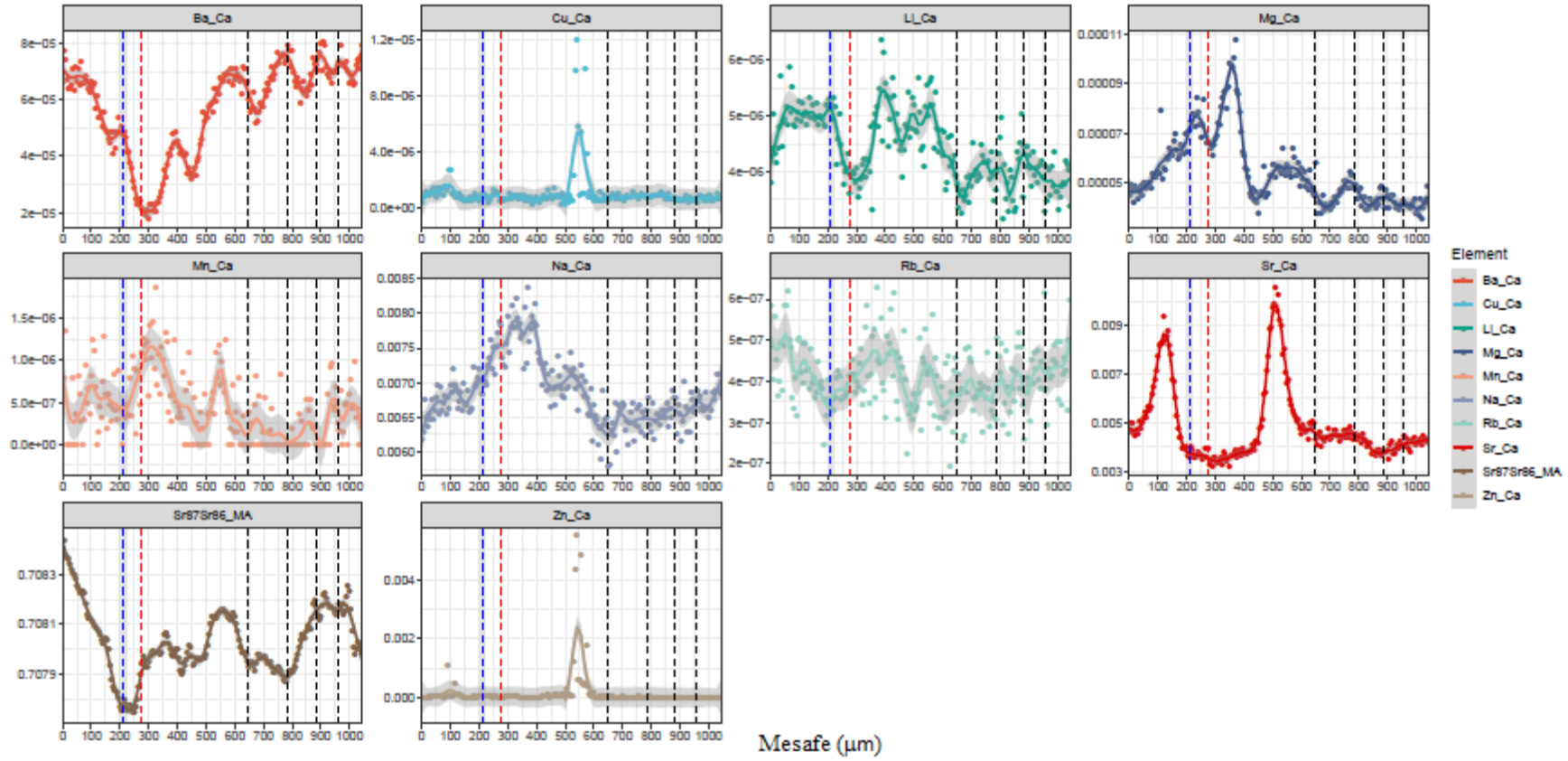


Örnek No: 24



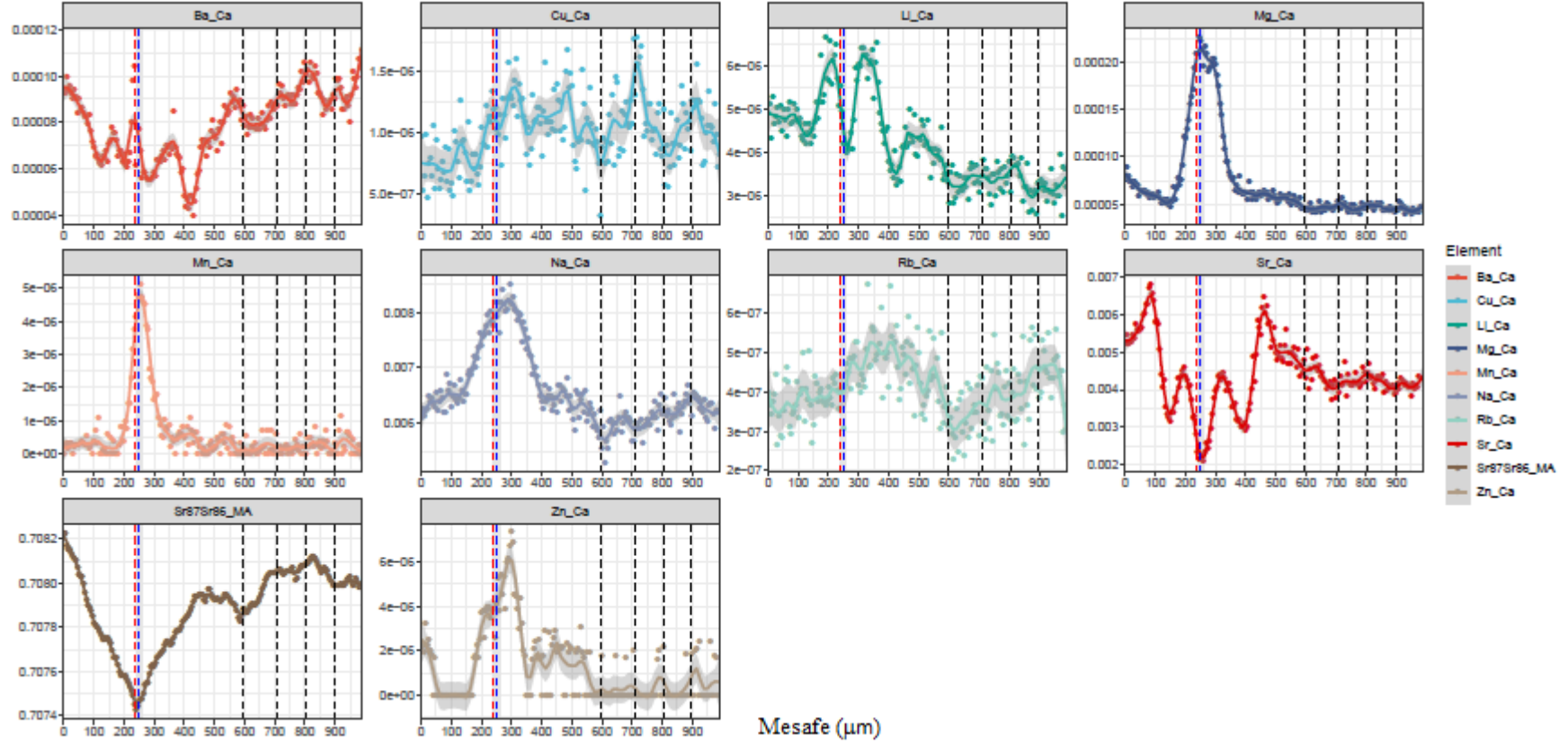


Örnek No: 25

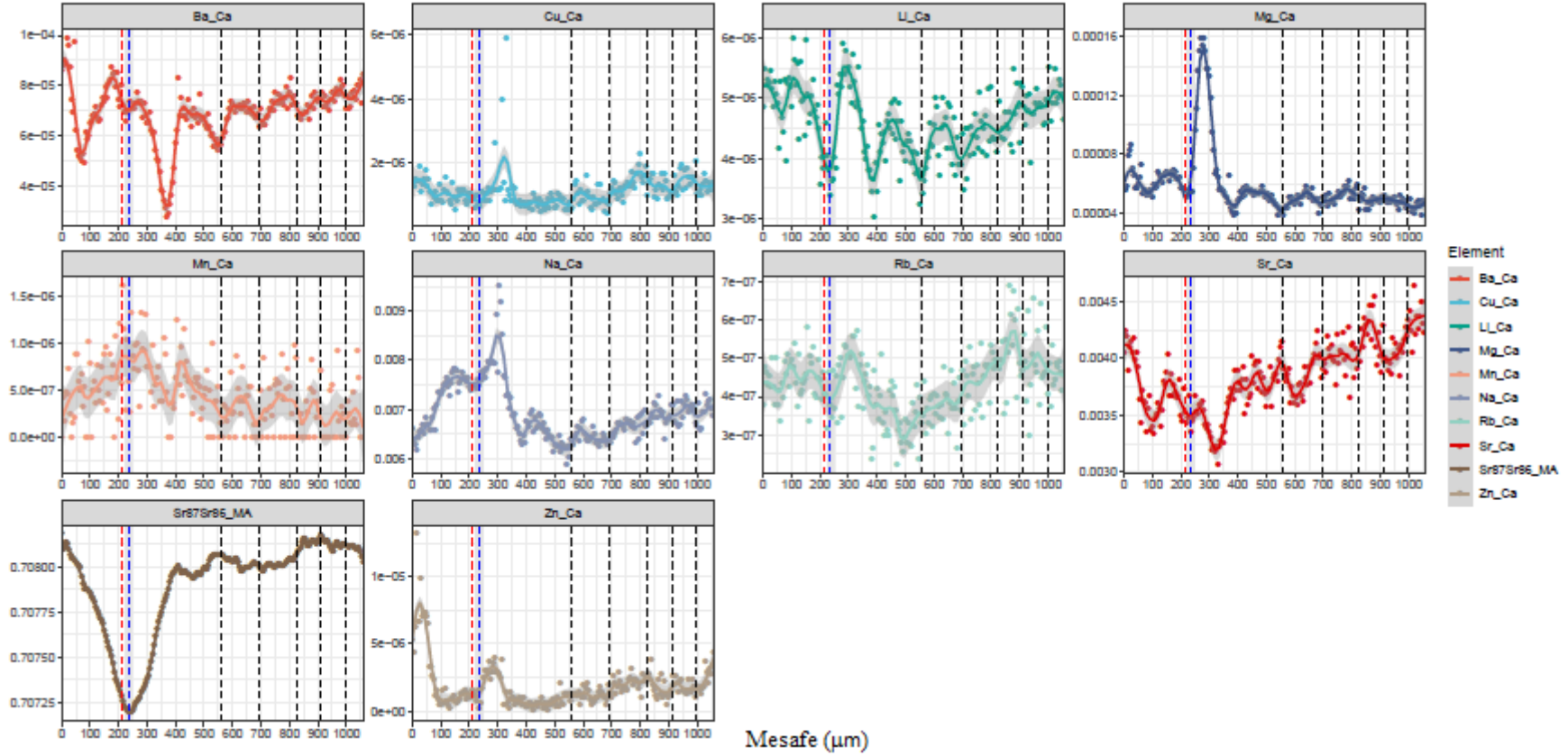




Örnek No: 27

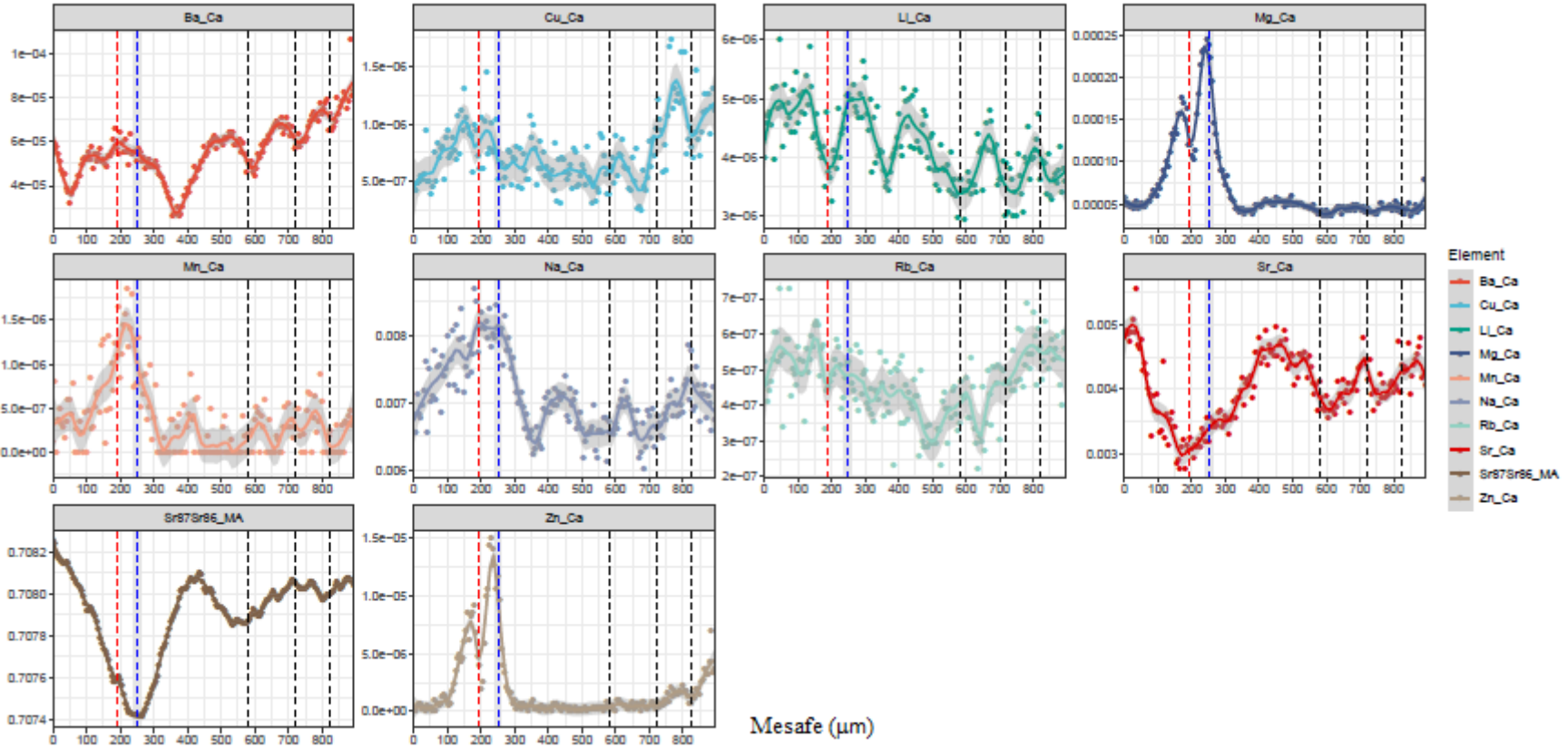


Örnek No: 28



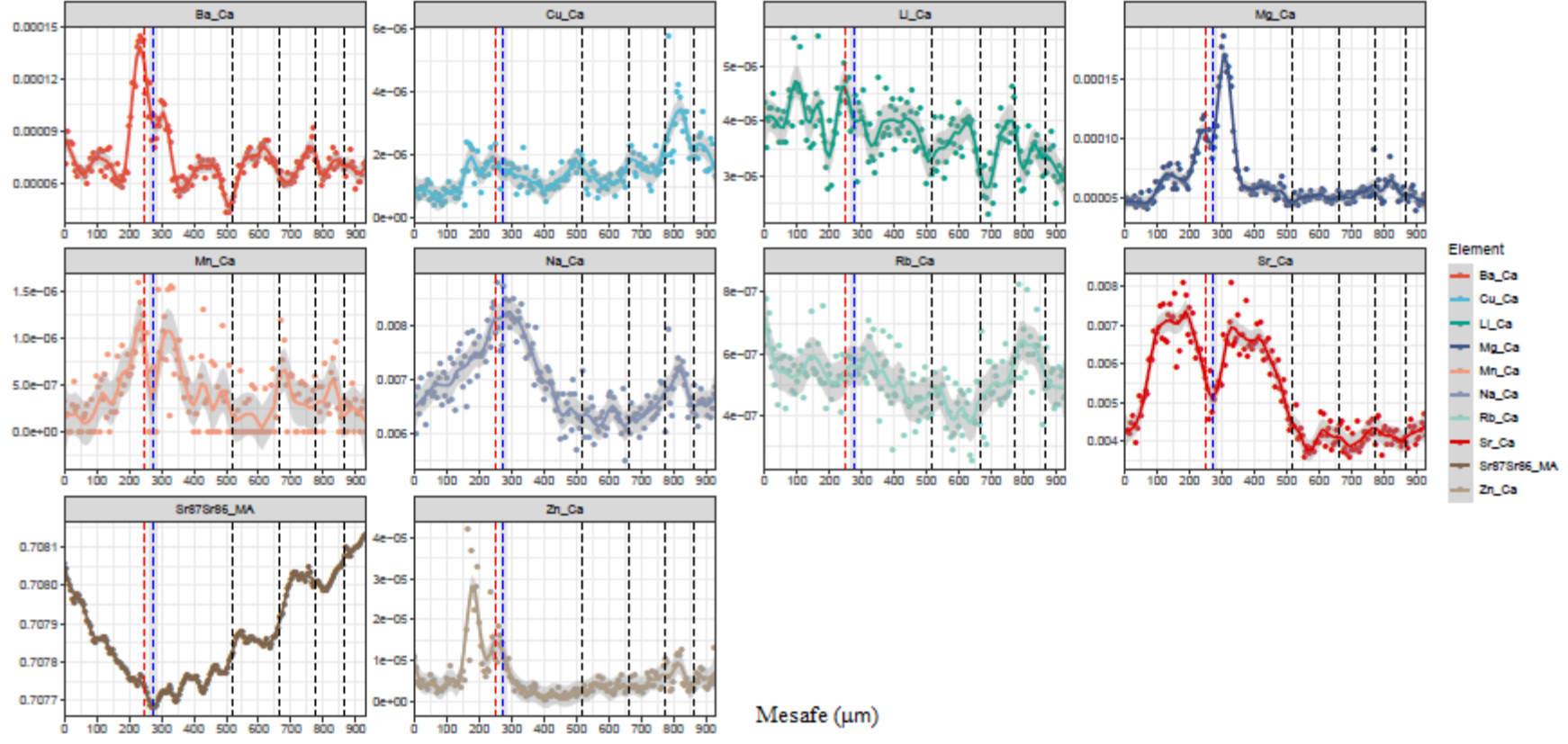


Örnek No: 29

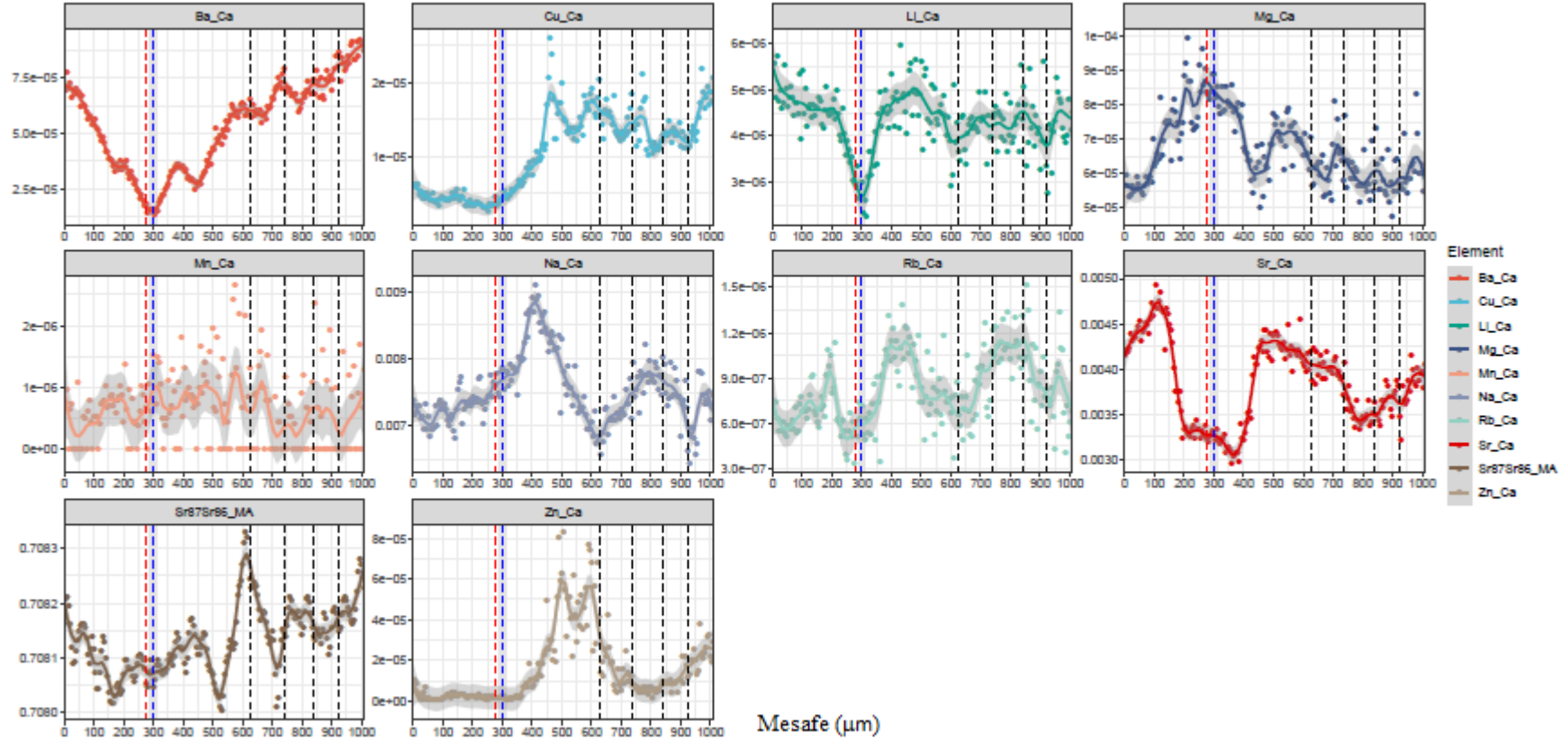




Örnek No: 32

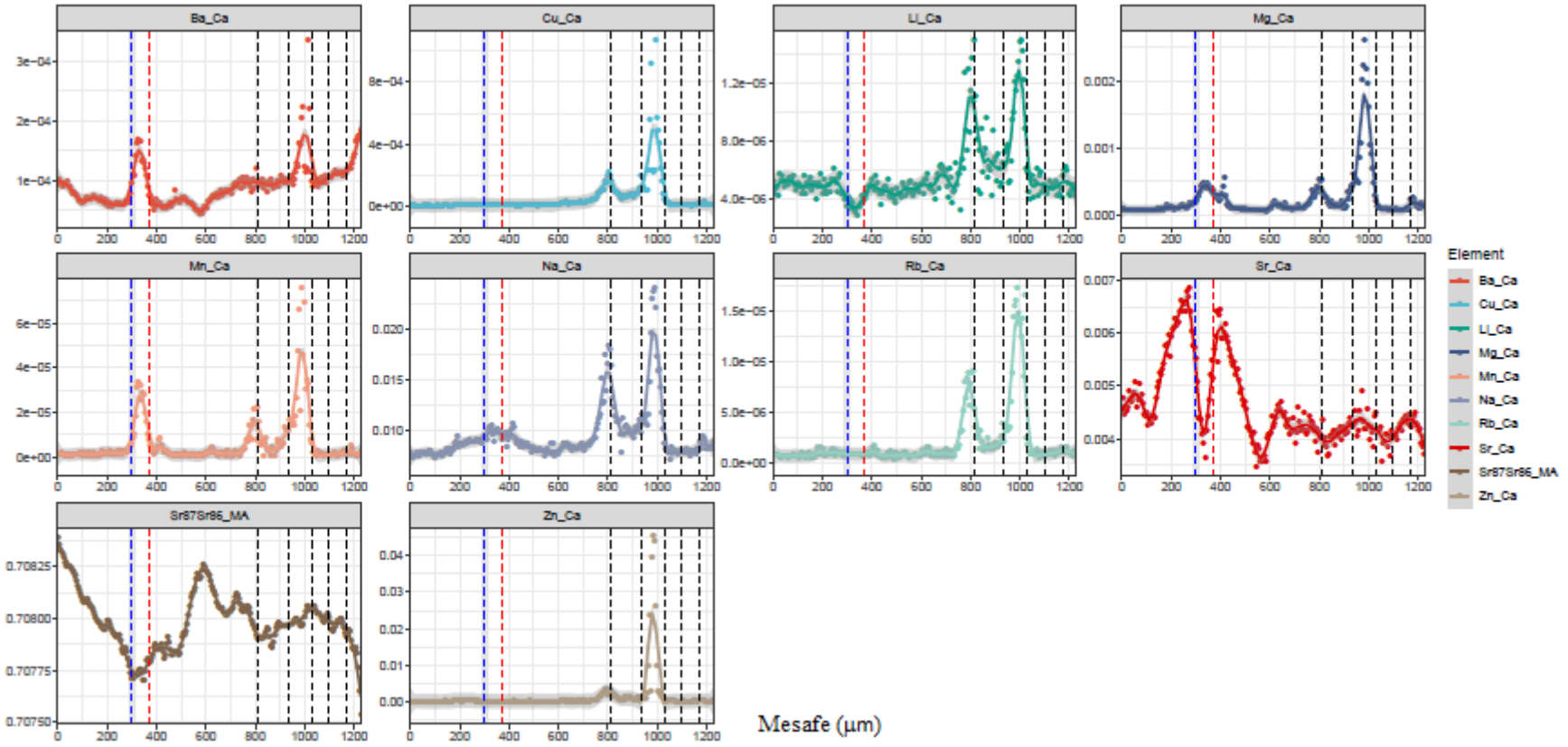


Örnek No: 36





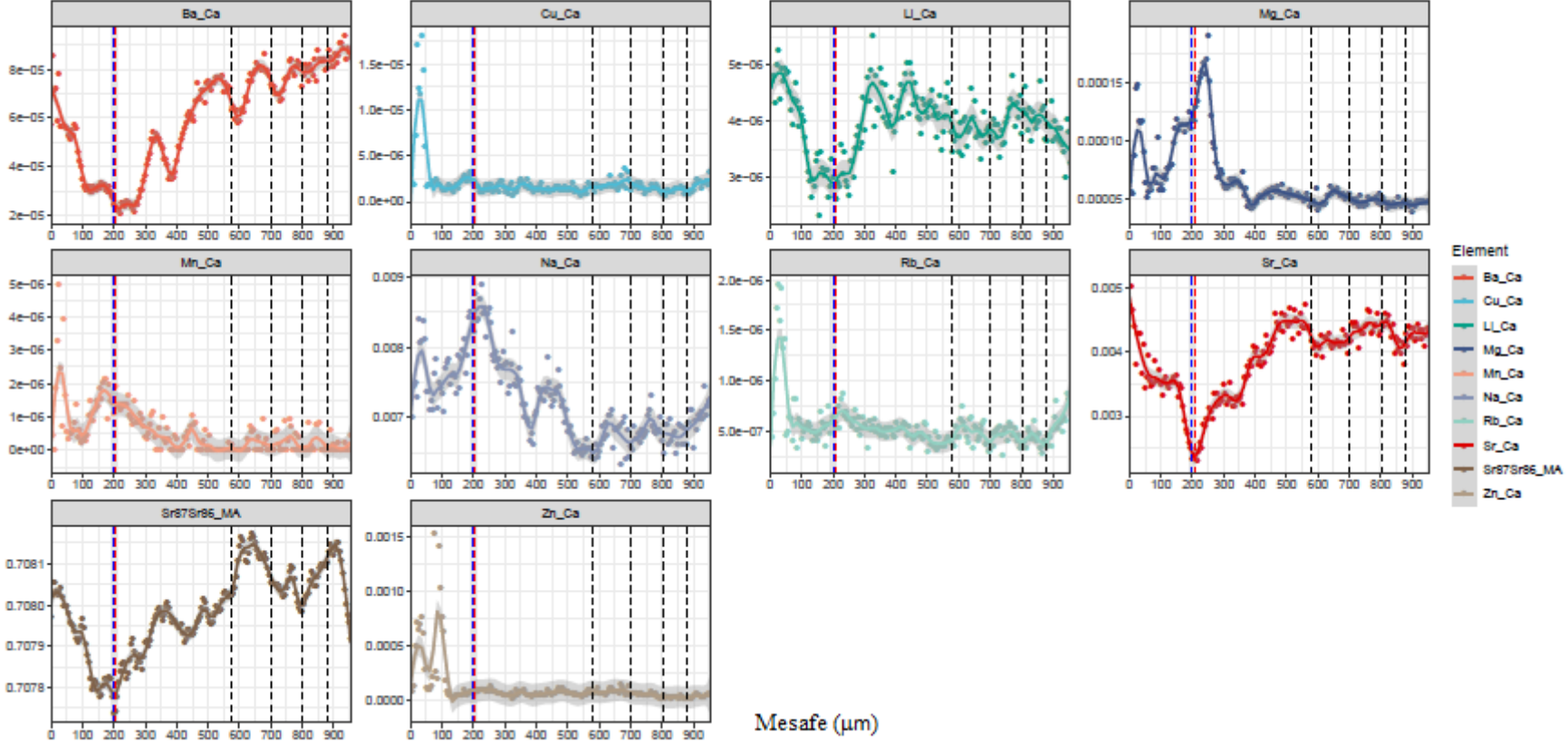
Örnek No: 39



Mesafe (μm)

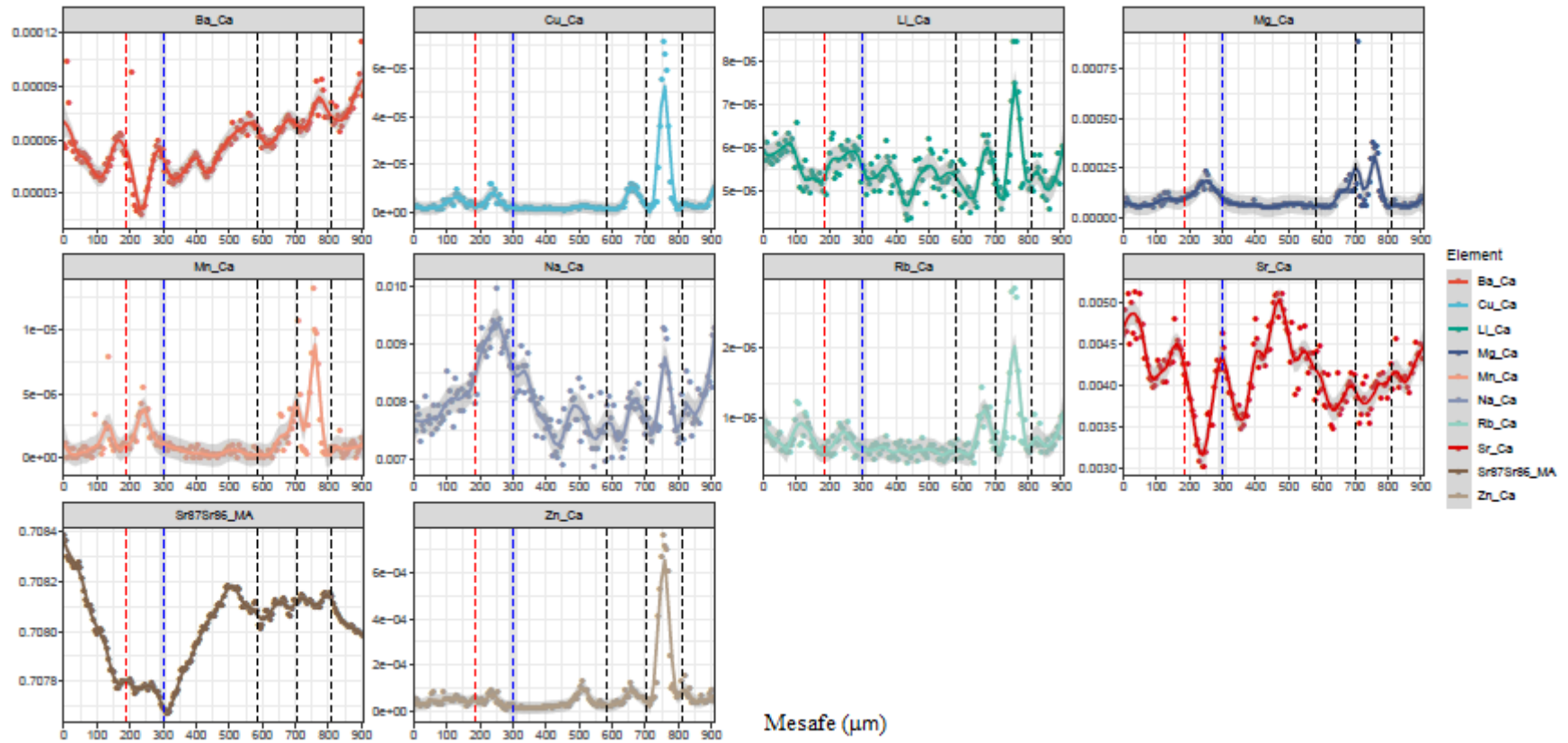


Örnek No: 40



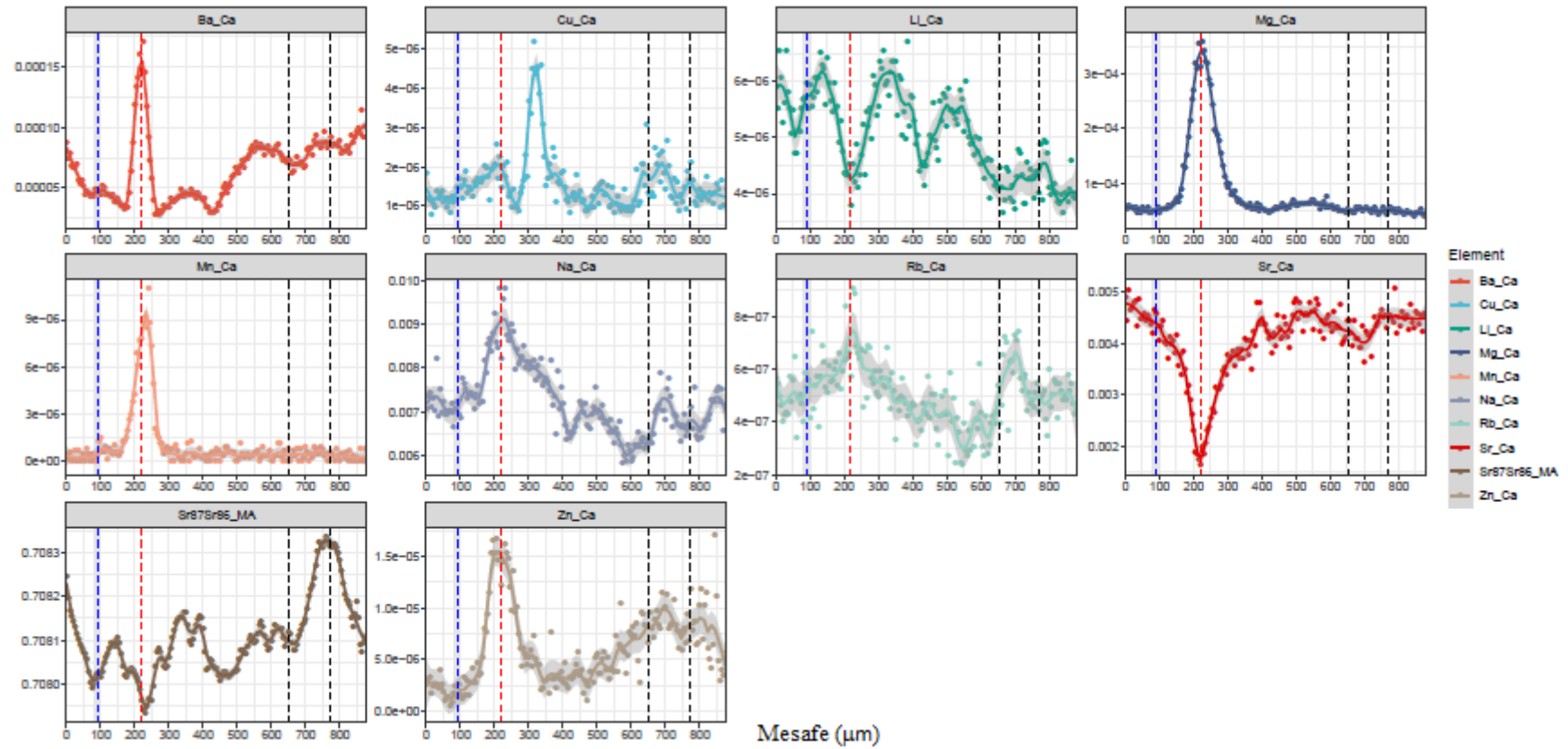


Örnek No: 42



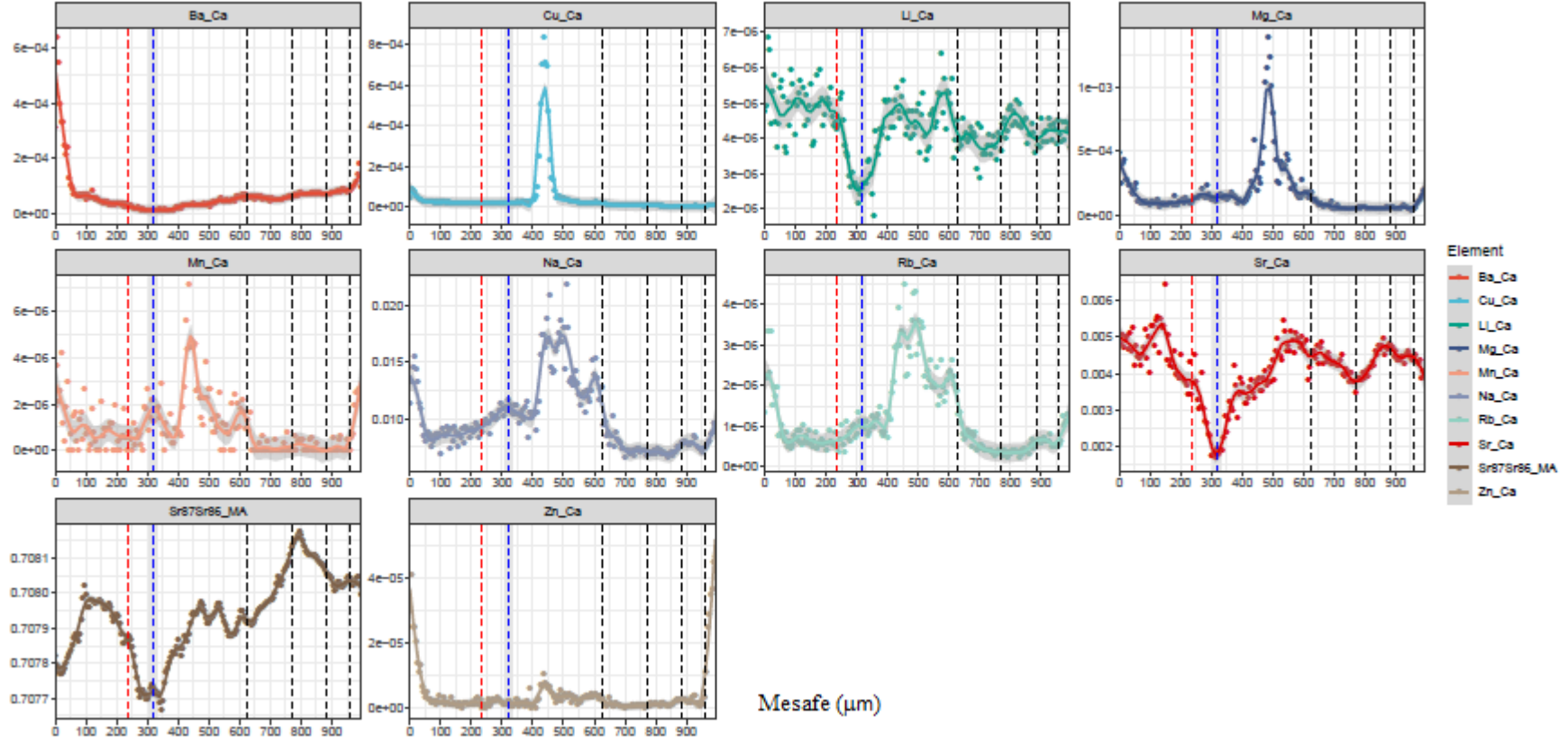


Örnek No: 46



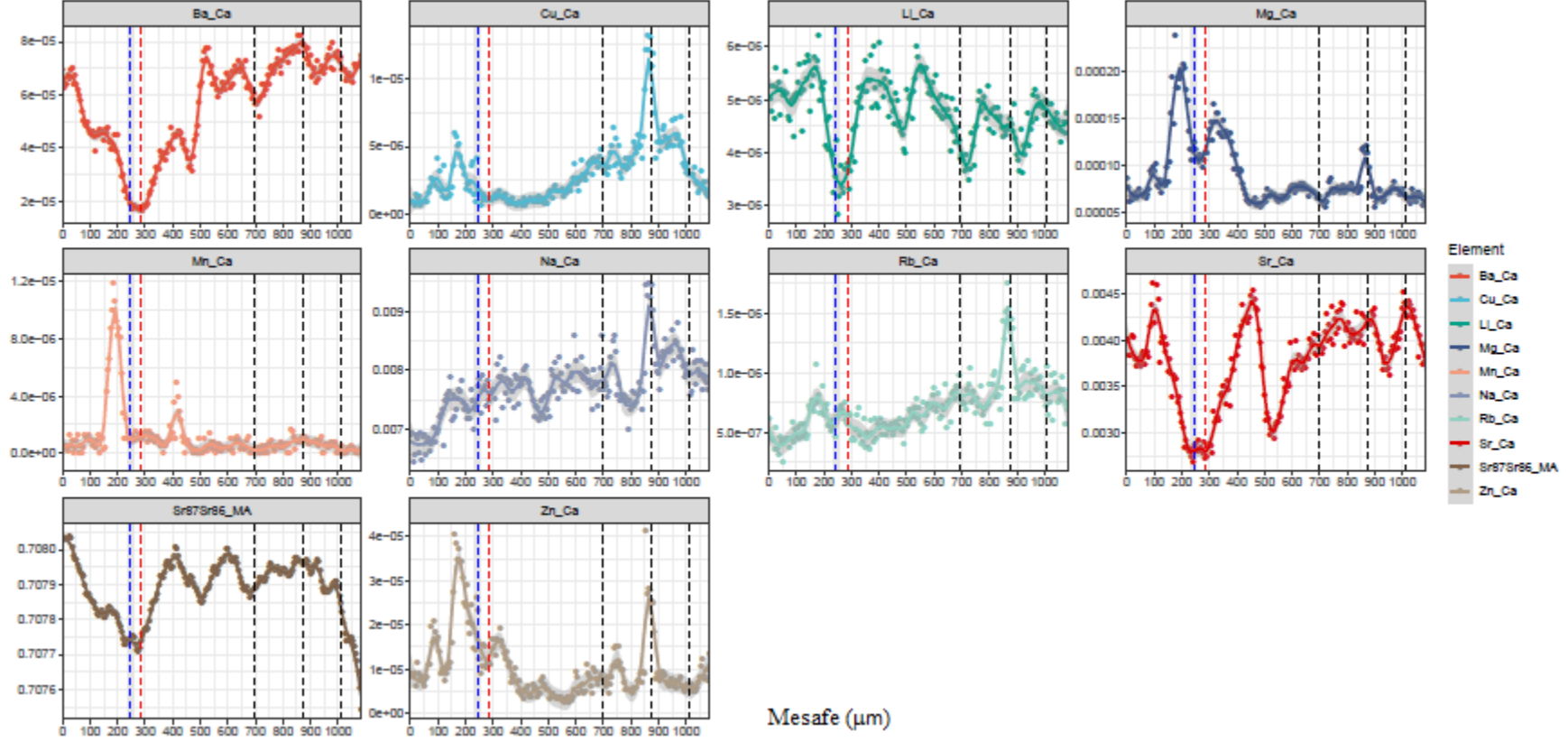


Örnek No: 52



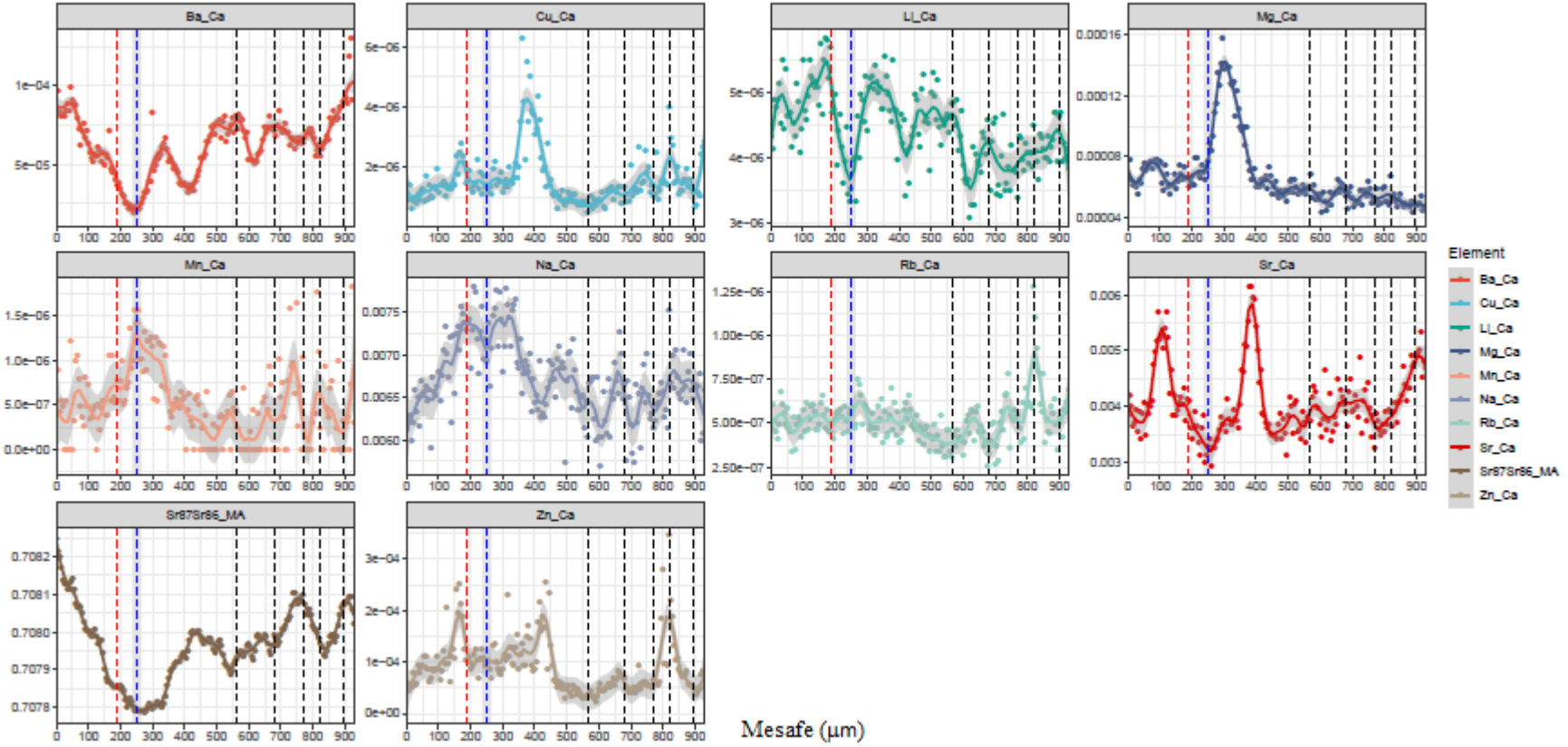


Örnek No: 56



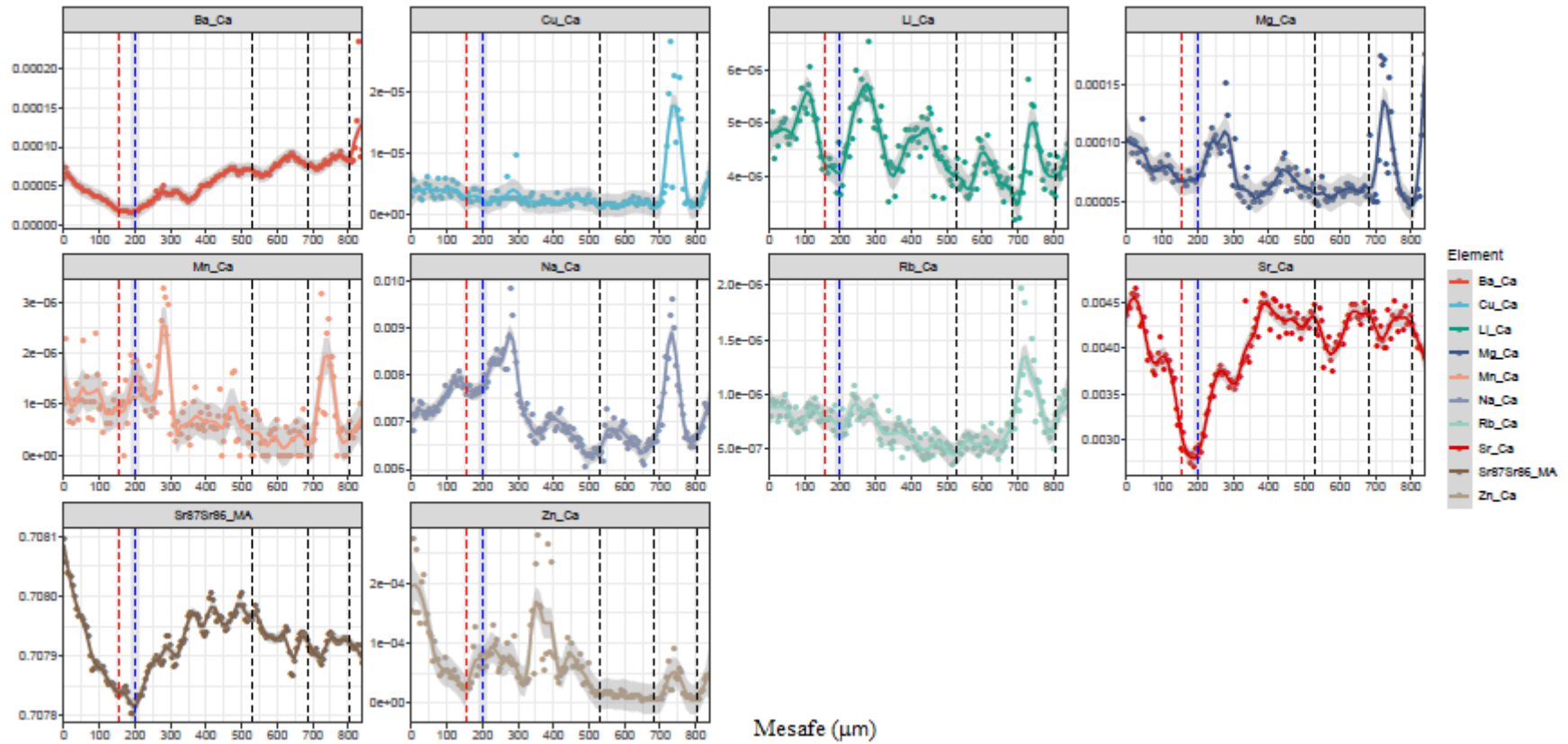


Örnek No: 57





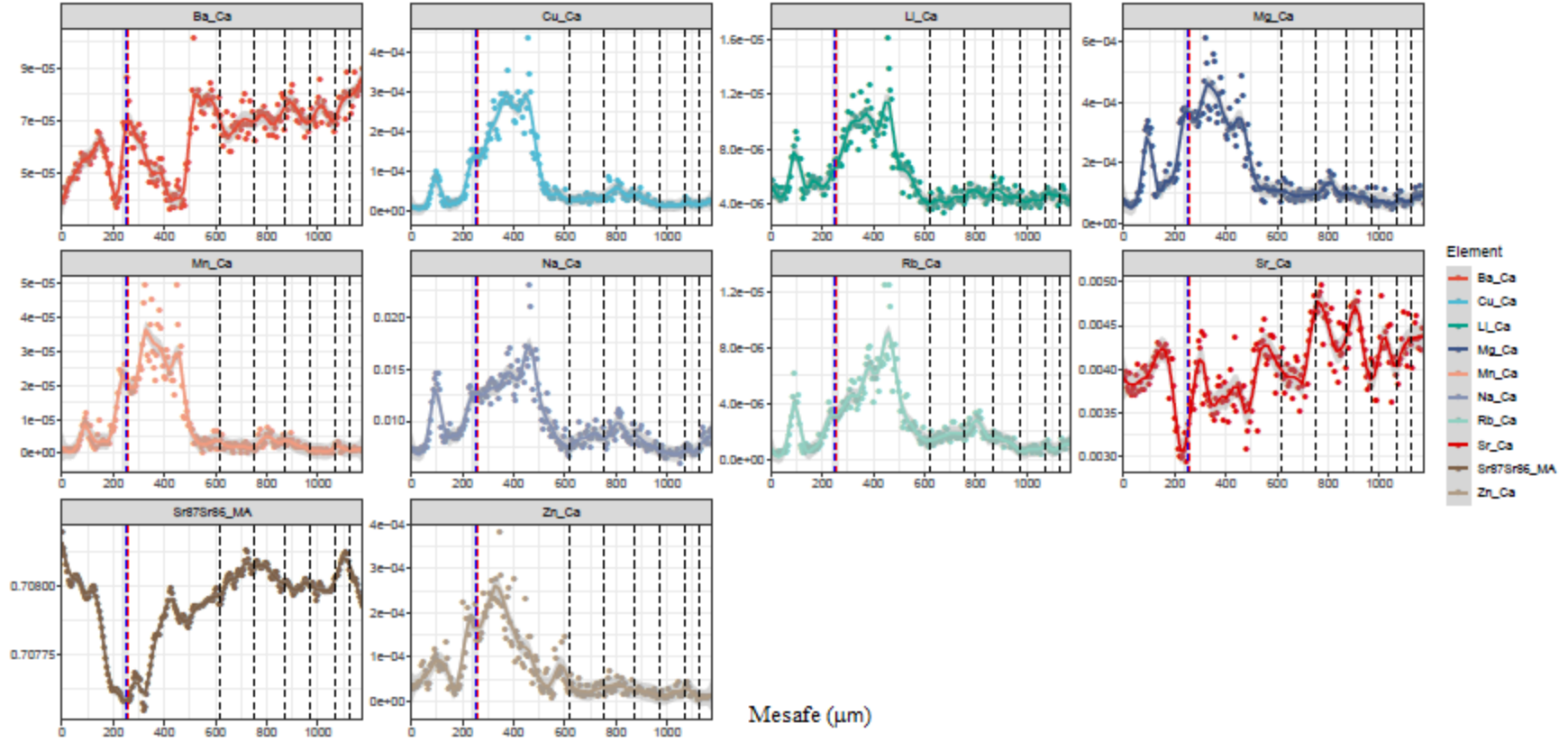
Örnek No: 60



Mesafe (μm)

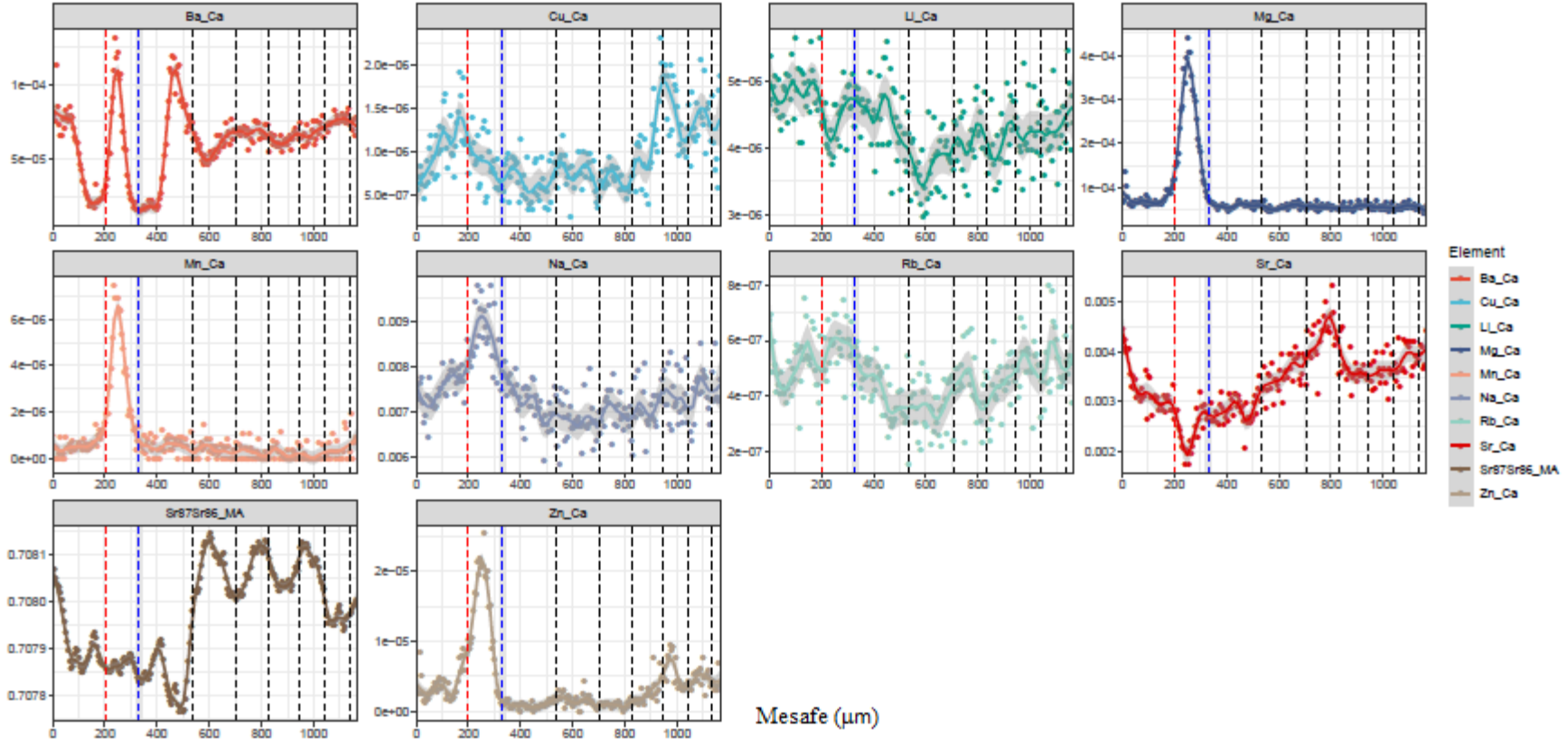


Örnek No: 64



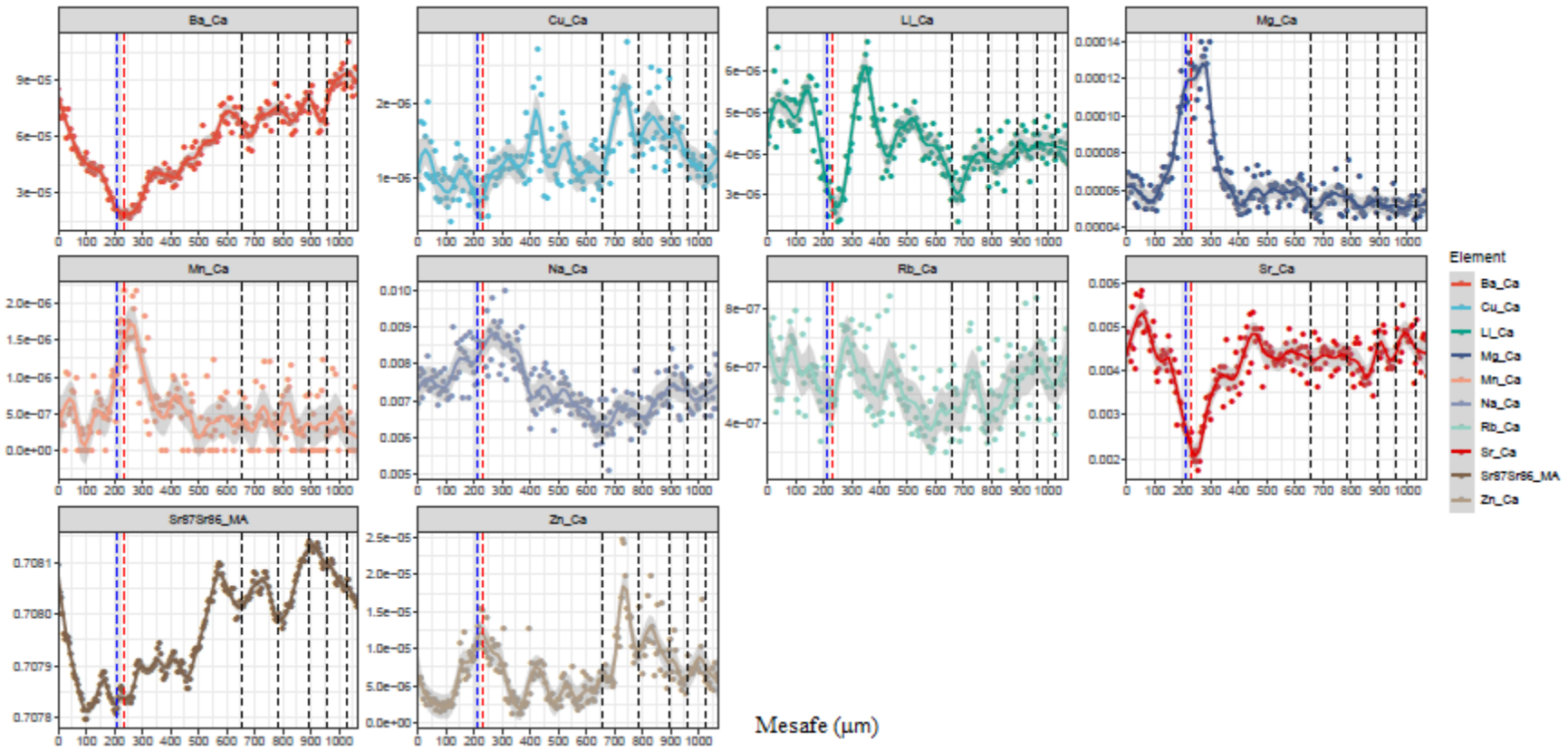


Örnek No: 74



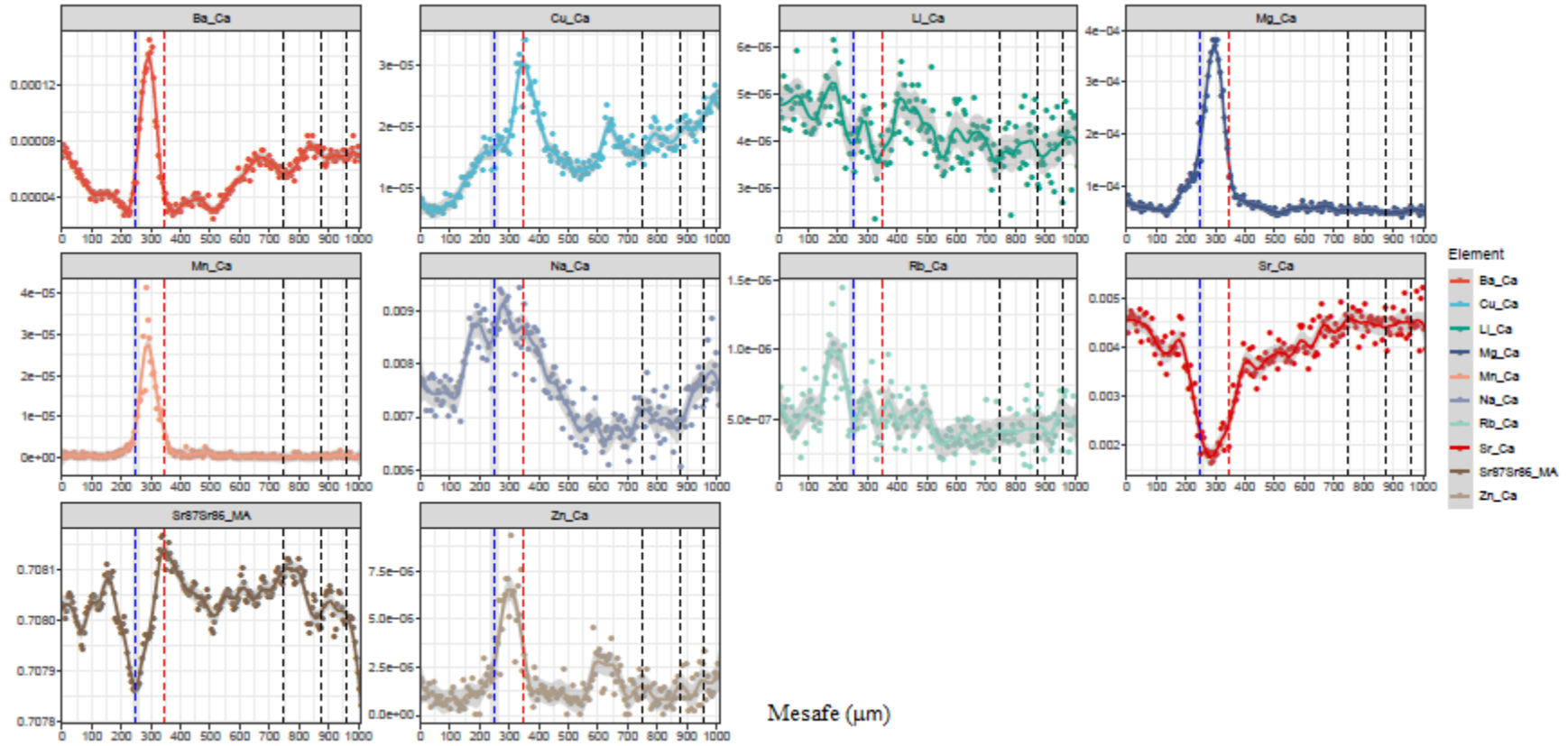
Mesafe (μm)

Örnek No: 77





Örnek No: 78

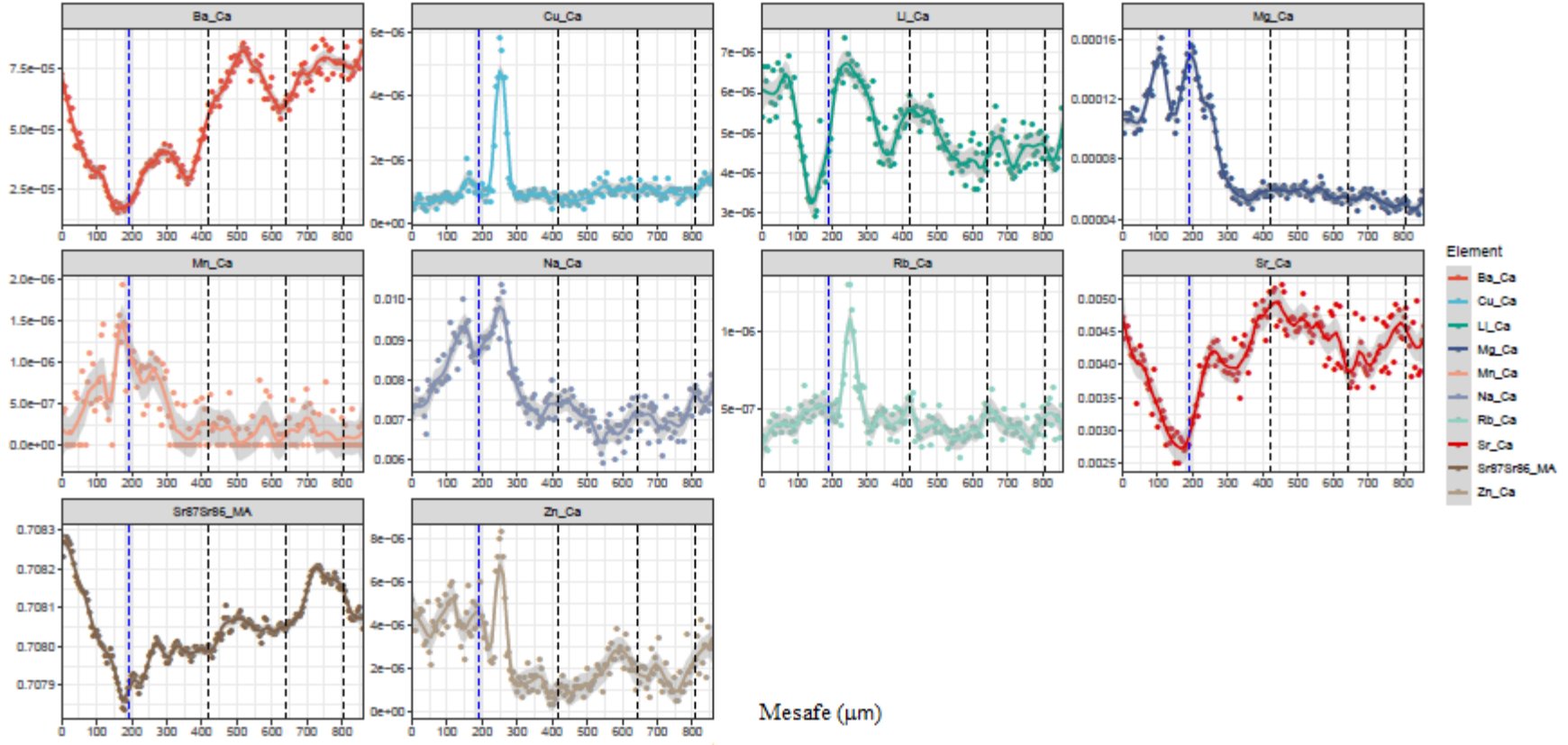


313

Mesafe (μm)

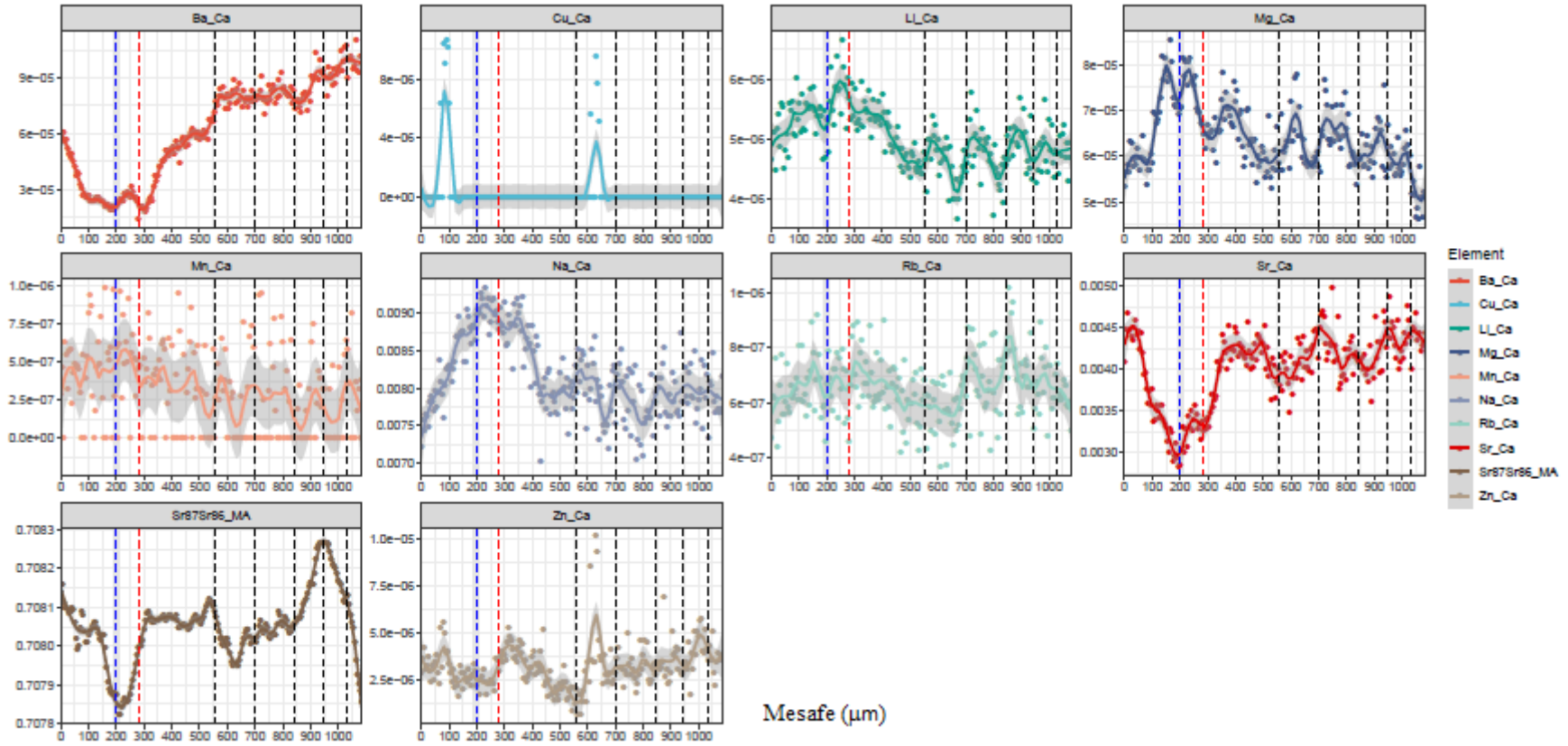


Örnek No: 81



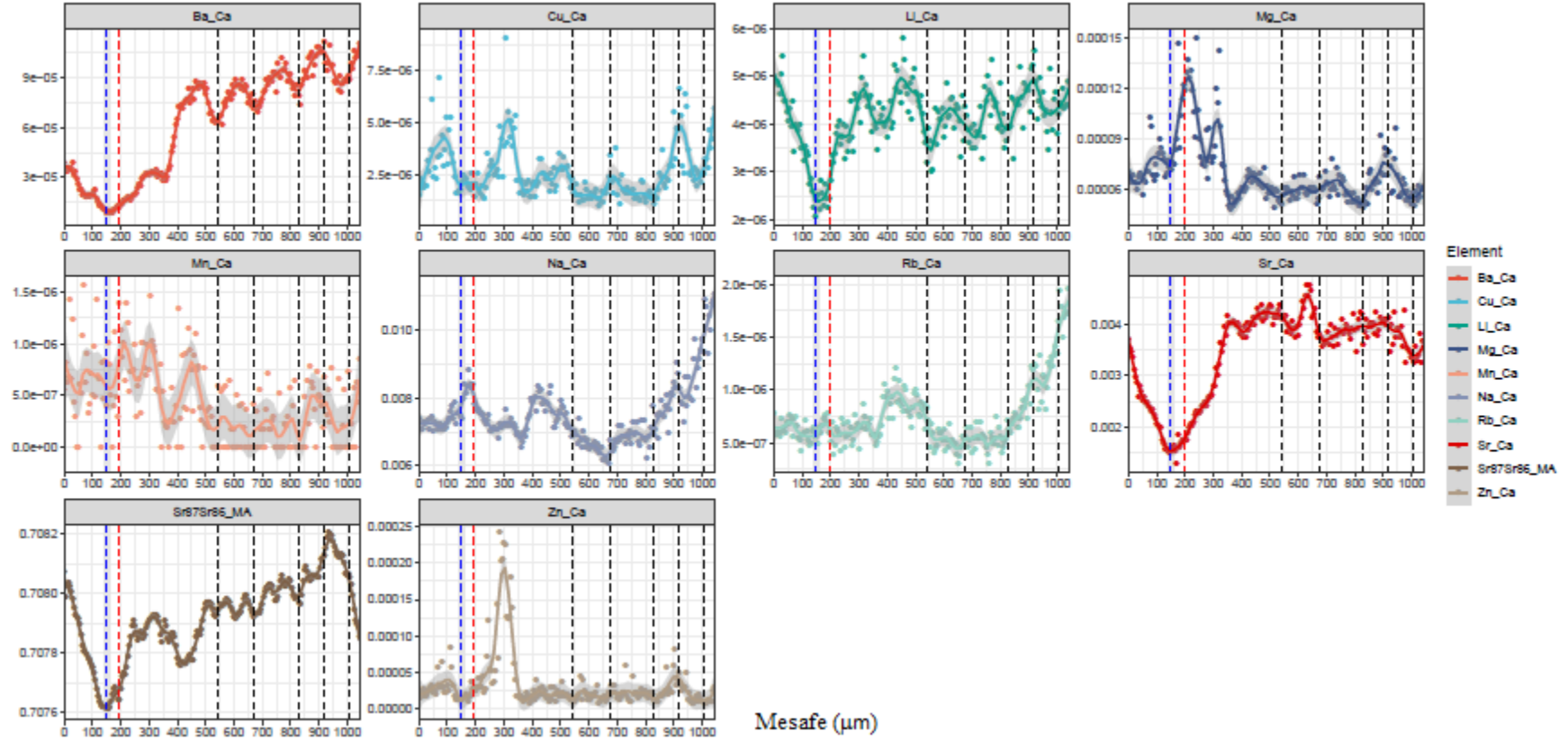
Mesafe (μm)

Örnek No: 85

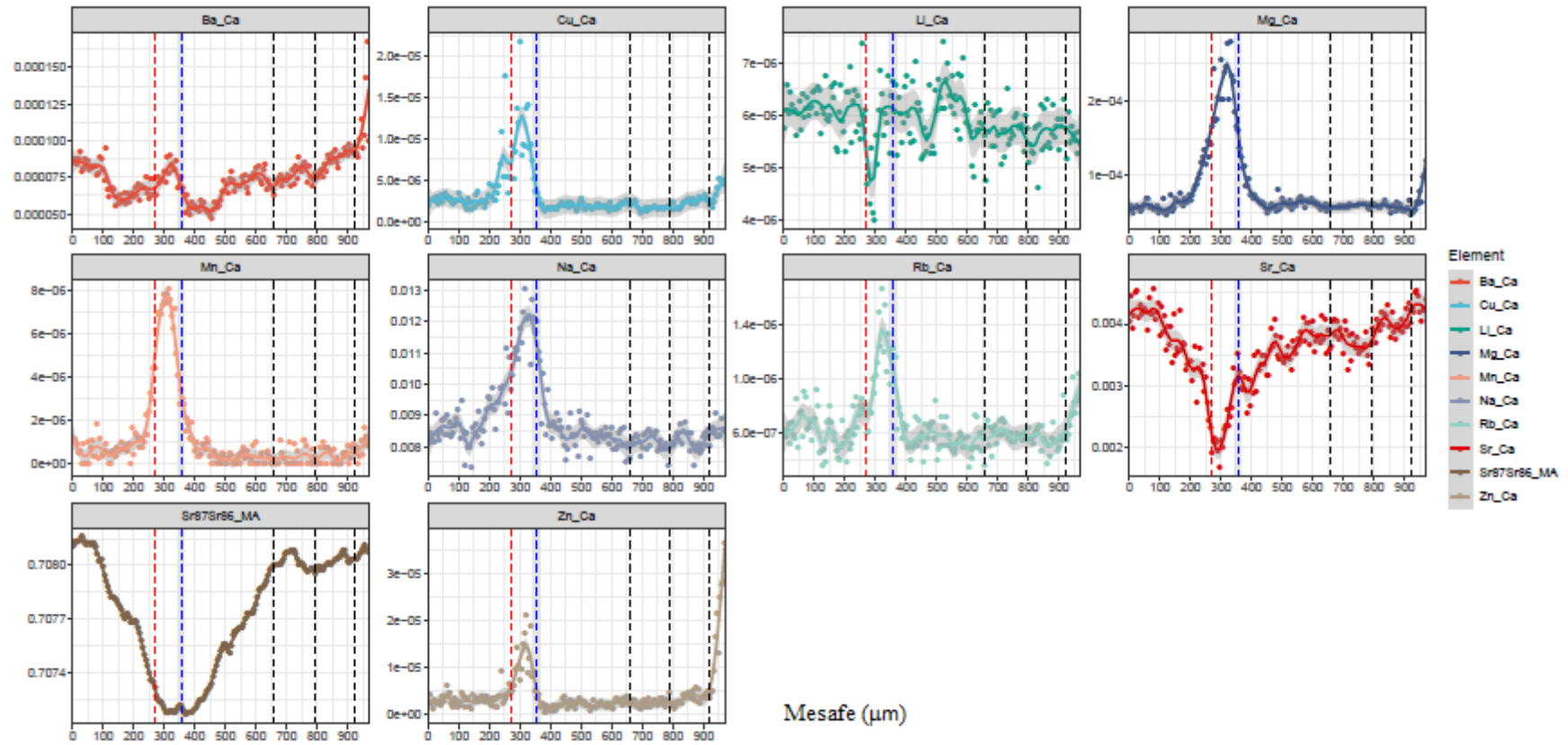




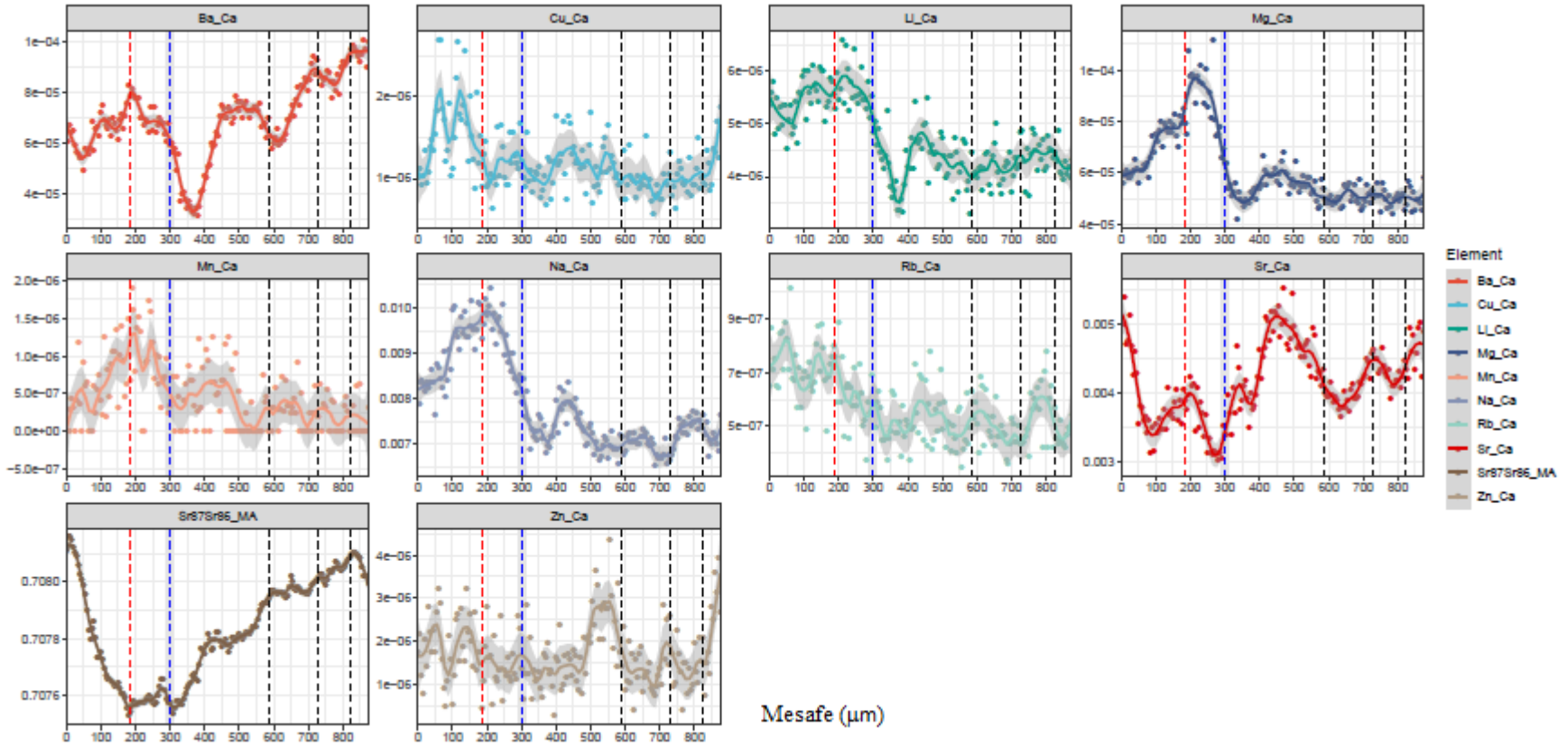
Örnek No: 87



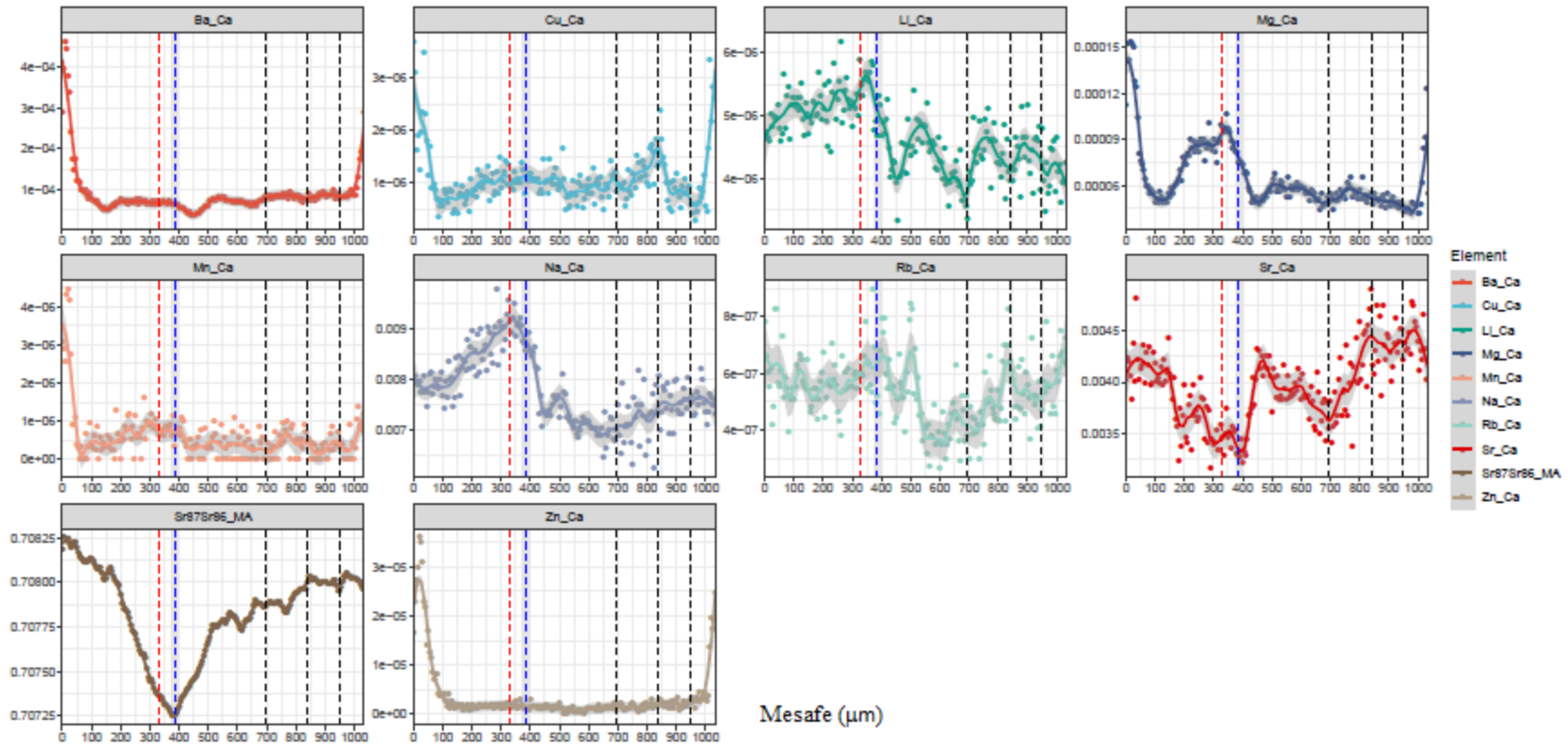
Örnek No: 89



Örnek No: 90

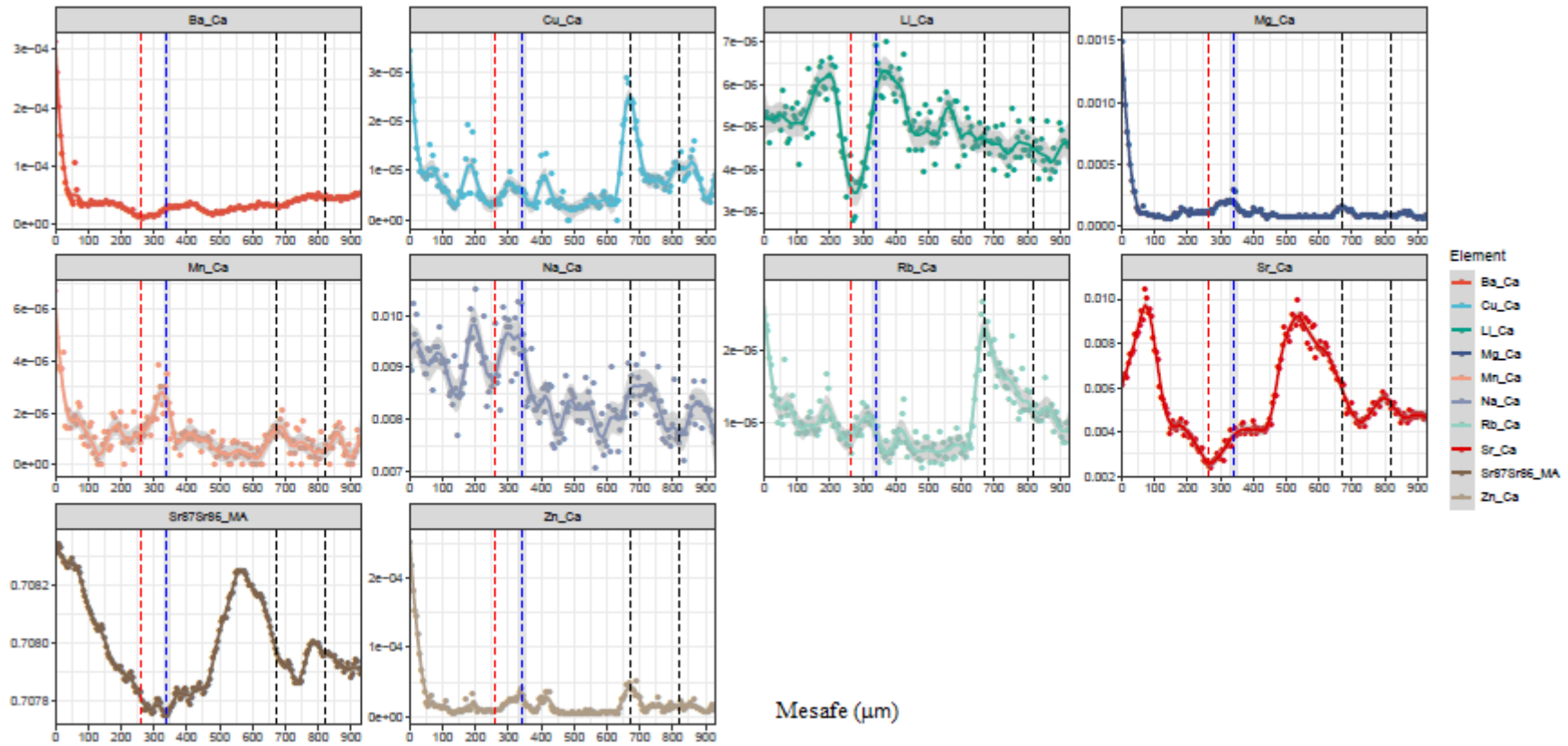


Örnek No: 96

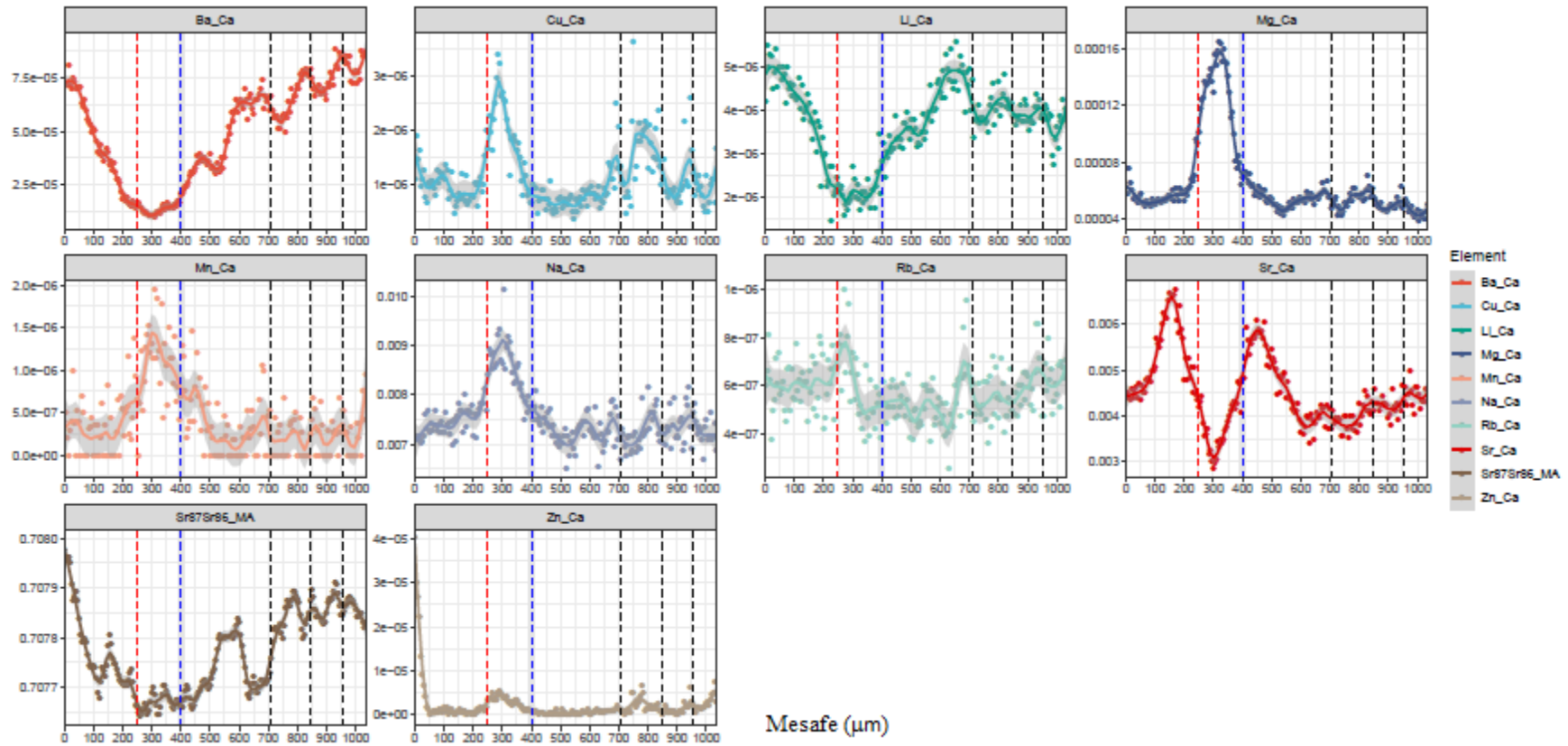




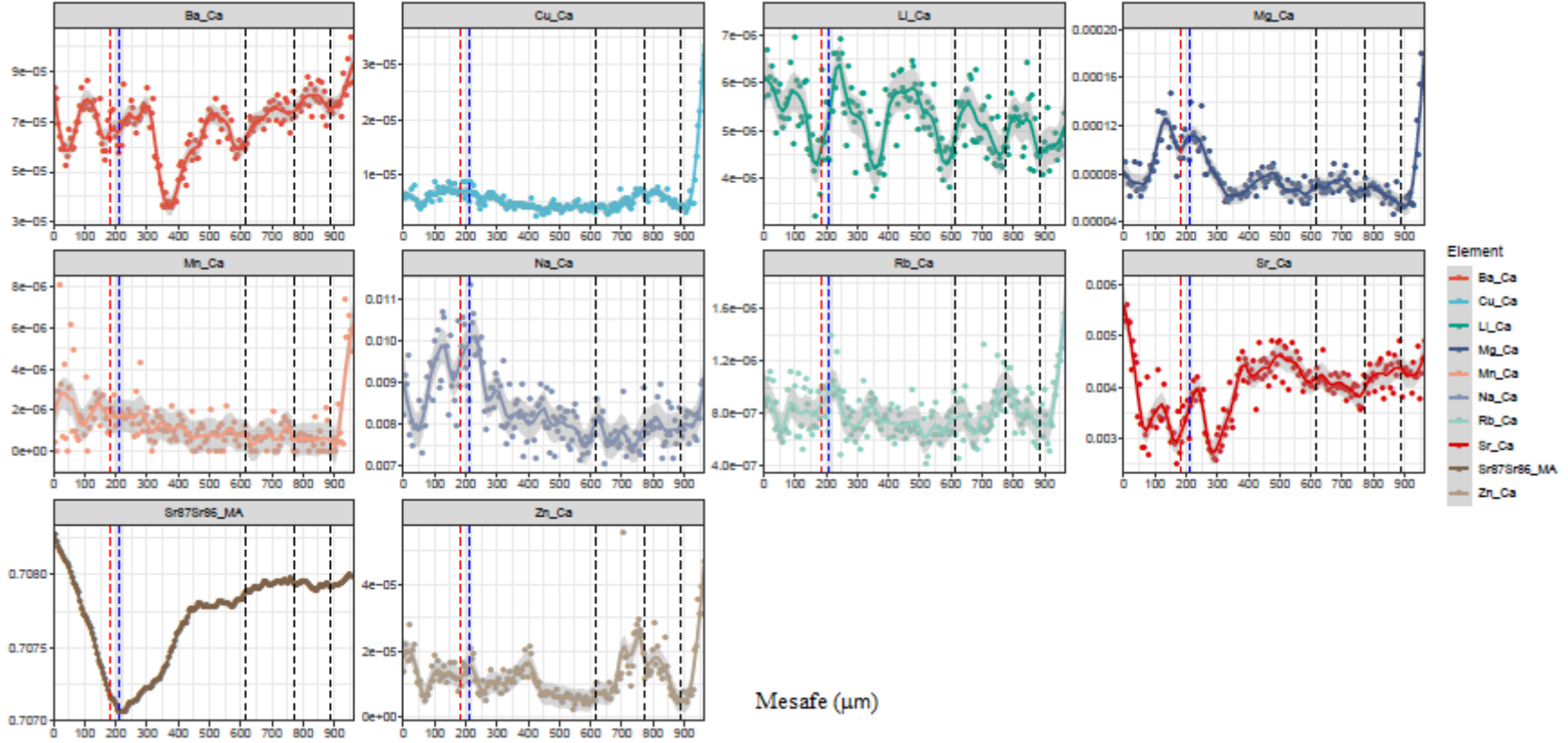
Örnek No: 102



Örnek No: 103

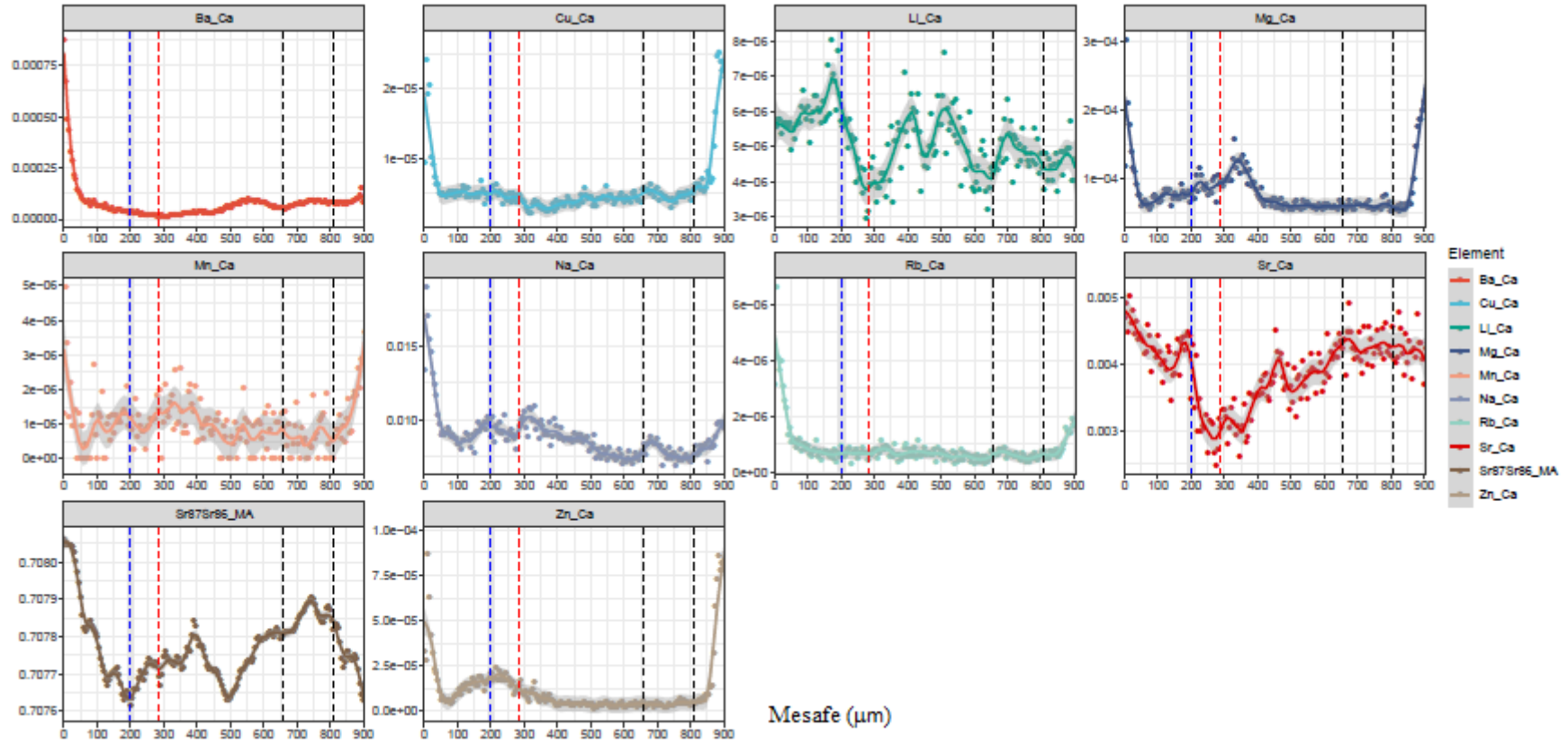


Örnek No: 105



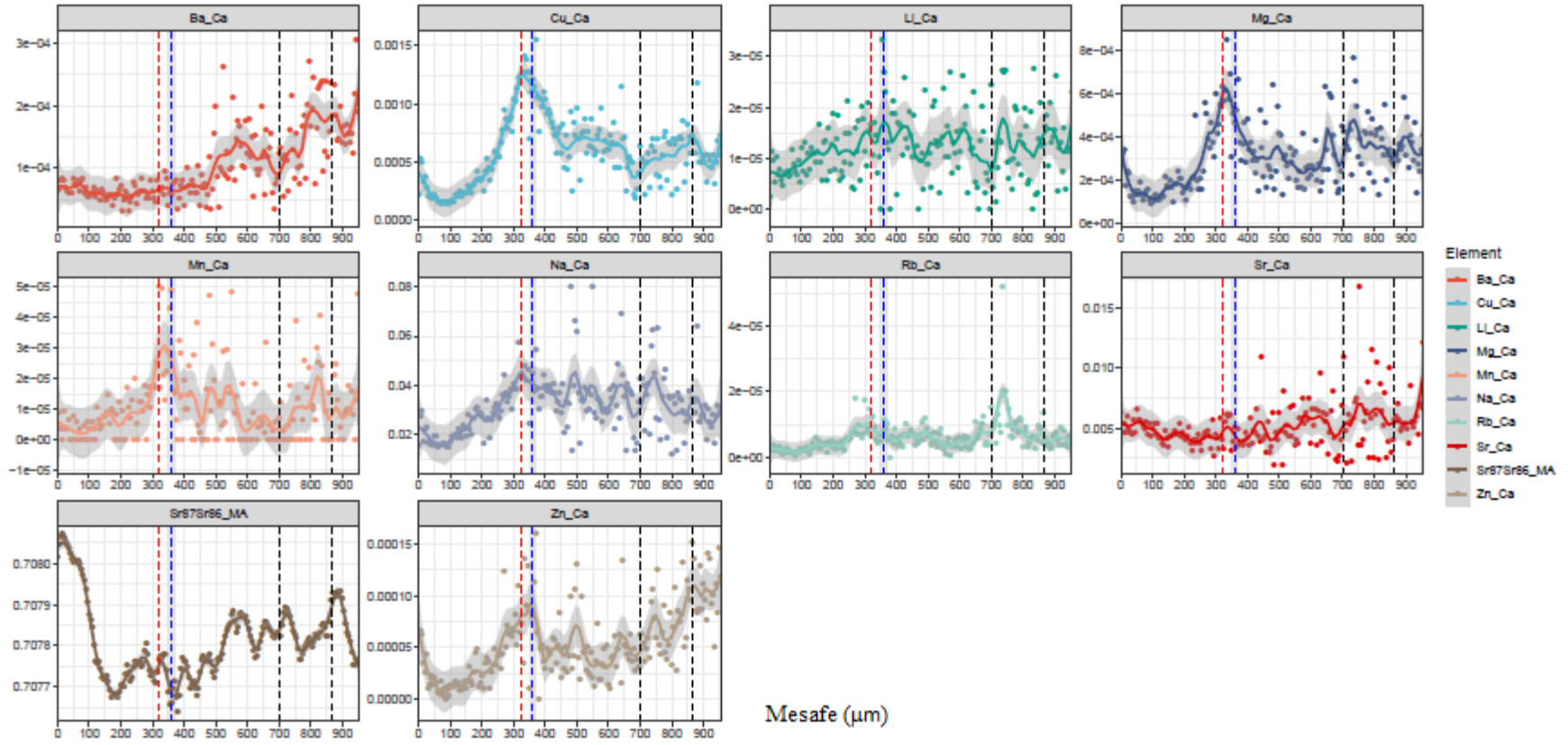


Örnek No: 108



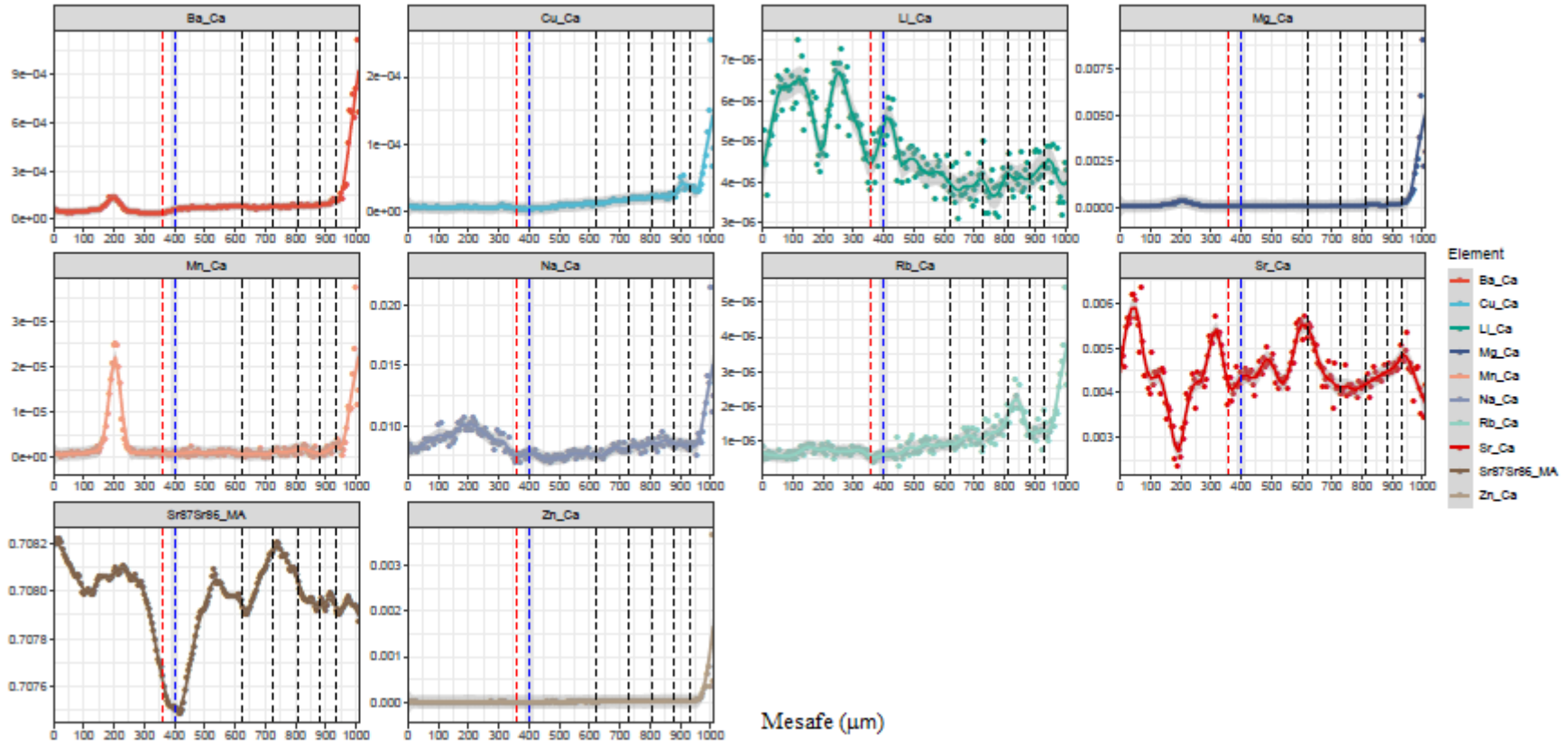


Örnek No: 109



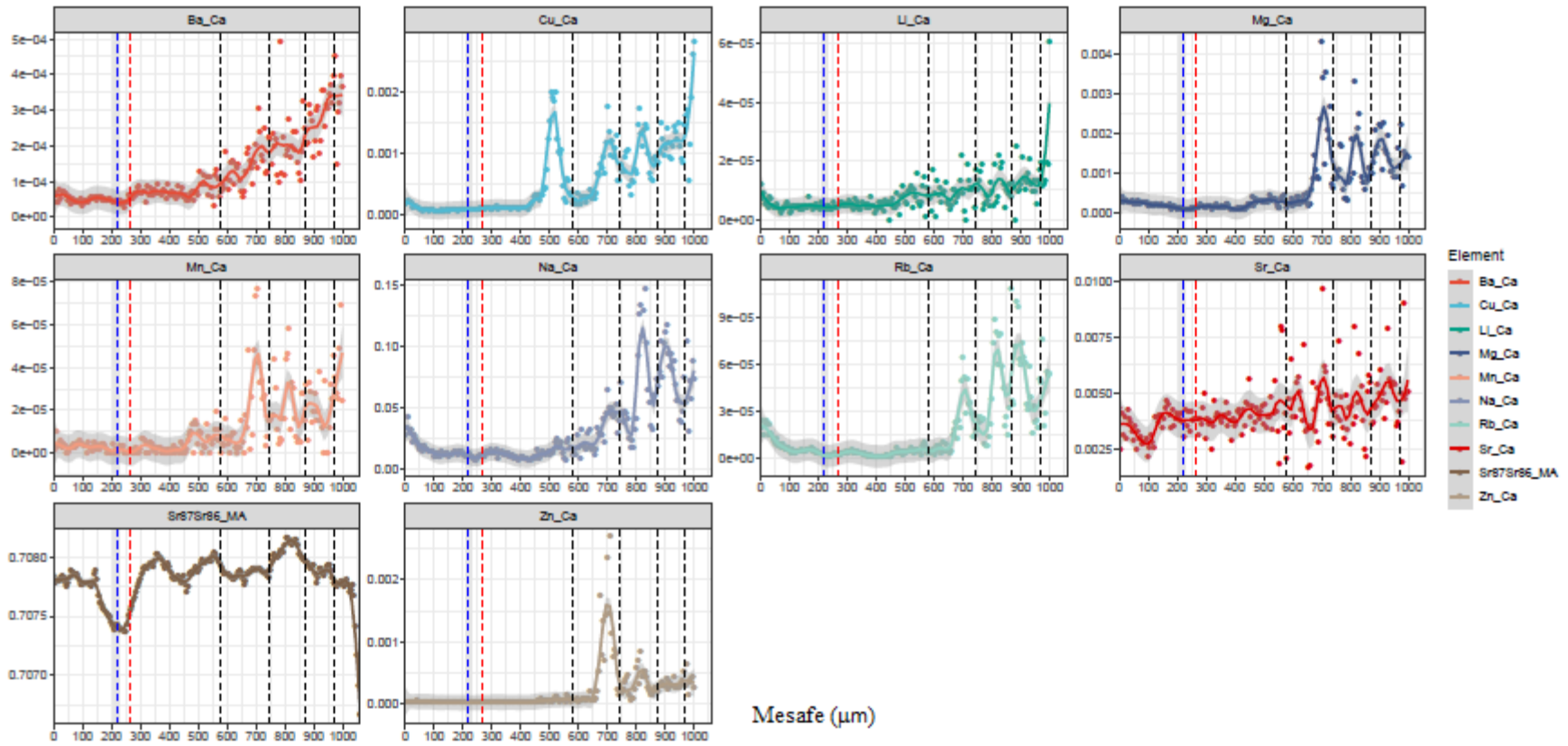


Örnek No: 113



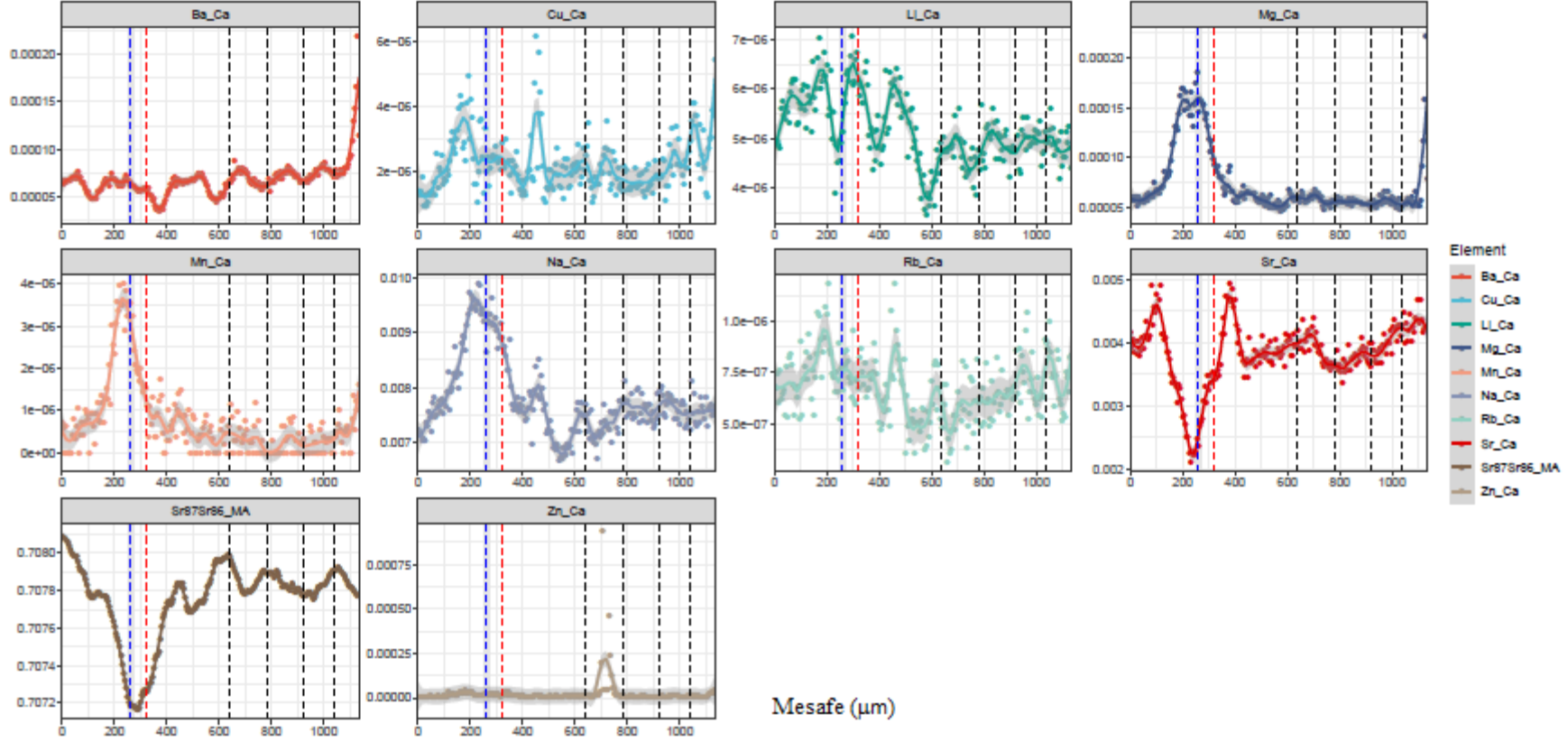


Ömek No: 114





Örnek No: 120



EK 2 Etik Kurul Belgesi





T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU
SAMSUN

Sayı : B.30.2.ODM.0.20.09.00-050.04 - 07
Konu : Araştırma Projeniz hk.

21/01/2015

Prof. Dr. Nazmi POLAT
Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

2014/06 numaralı İnci Kefali (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814))'nin Otolit Stronsiyum İzotop Oranlarından ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Faydalanılarak En Uygun Doğal Üreme Alanının Belirlenmesi ve Türün Biyolojik Döngüsü''konu başlıklı Projeniz; Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 20.01.2015 tarihli toplantısında görüşülmüş, Hayvan Hakları ve Deneysel Etiği açılarından uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü süreç içinde etik kurallar ve hayvan haklarına uygunluk yönünden sorumluluk araştırmacılara ait olmak kaydıyla ve 6 aylık dönemler halinde Çalışma Raporu verilmesi şartıyla çalışmanıza başlamanız uygun görülmüştür.

Prof. Dr. R. Cankon GERMİYANOĞLU
HADYEK Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Semra Saygın
Doğum Yeri : Araklı
Doğum Tarihi : 05.05.1986
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Araklı Anadolu Öğretmen Lisesi (2005)
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Orta Öğretim Biyoloji Öğretmenliği Bölümü(2010)
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü (Kayıt: 09. 2010-Mezuniyet: 07. 2013)

Çalıştığı Kurum

Sinop Üniversitesi, 2011-2011
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2011-Devam ediyor

Yayınlar

1. Saygın S., Polat, N., Özpiçak, M., Atıcı, A.A., Elp, M. 2018. Otolith Shape Analysis and Dimensions of an endemic species (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) inhabiting Lake Van (Turkey), 6. International Otolith Symposium 2018, 15-20 April Keelung, Taiwan (Poster Sunum). (Tezden Türetilmiştir).
2. Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Saygın, S., & Polat, N. (2013). Ladik Gölü (Samsun, Türkiye)'ndeki tatlısu levreği (*Perca fluviatilis* L., 1758) populasyonunun bazı üreme özellikleri. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 3(9), 34-46.
3. Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Saygın, S. (Ayaydin), Polat, N., 2014. Relationships of Otolith Dimensions with Body Length of European Perch, *Perca fluviatilis* L., 1758 From Lake Ladik, Turkey, Pakistan Journal of Zoology, 46(5), 1231-1238.
4. Zengin, M., Saygın, S., Polat, N., 2015. Otolith shape analyses and dimensions of the Anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Black and Marmara Seas. Sains Malaysiana, 44 (5): 657-662.

5. Saygin, S., Yilmaz, S., Yazicioglu, O., & Polat, N. (2015). Comparative age determination from different bony structures of Perch (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) in Lake Ladik (Samsun/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 8(1), 21-27.
6. Zengin, M., Polat, N., Saygin, S., 2015. Investigation of some morphometric and otolith features of *Engraulis encrasicolus* L., 1758 fished in Blacksea and Marmara Sea. *Biological Diversity and Conservation*, 8/1:62-68.
7. Polat N., Yazıcıoğlu, O., Saygın, S., Yılmaz, S., Zengin, M., 2015. Relationships Between Opercle Dimensions and Total Length of European Perch (*Perca fluviatilis* L., 1758) Inhabiting Lake Ladik (Samsun, Turkey). *Limnofish*, 1 (2), 63-67.
8. Saygin, S., Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., & Polat, N. (2016). Biological Characteristics of European Perch (*Perca fluviatilis* L., 1758) Inhabiting Lake Ladik (Samsun, Turkey). *Croatian Journal of Fisheries*, 74(4), 141-148.
9. Saygin, S., Özpiçak, M., Elp, M., Polat, N., Atıcı, A.A., Akçanal Ödün, N., 2017. Comparative Analysis of the Otolith Features of Tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) Inhabiting Van Basin (Lake Van, Erçek, Nazik, Aygır) Between Localities. *Limnofish*, 3(2): 91-99.
10. Özpiçak, M., Saygın, S., Polat N., 2017. The length-weight and length-length relationships of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) from Samsun (middle Black Sea region), *Natural and Engineering Sciences* 2(3): 28-36.
11. Zengin, M., Saygın, S., Polat, N., 2017. Relationships between otolith size and total length of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) in Black Sea (Turkey). *North-Western Journal of Zoology*, 13 (1): 169-171.
12. Özpiçak Zengin, M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S., Polat, N. 2018. The Relationships Between Otolith Dimensions-Total Length of Chub (*Squalius cephalus*, L.1758) sampled from Some Inland Waters of the Middle Black Sea Region., *LIMNOFISH*, 4(1), 17-24.
13. Özpiçak, M., Saygın, S., Hançer, E., Aydın, A., Yılmaz, S., Polat, N. 2018. Length-weight and length-length relationships of chub (*Squalius cephalus*, L., 1758) inhabiting a few inland waters of the Middle Black Sea Region., *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(2): 175-179.
14. Saygın, S., Özpiçak, M., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S., Polat, N. 2018. Length-weight and length-length relationships of the European bitterling (*Rhodeus amarus* (Bloch, 1782)) inhabiting inland waters of Samsun Province, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20(2): 201-210.
15. Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S., Polat, N., 2018. Otolith Shape Analyses of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii: Cyprinidae) Inhabiting Four Inland Bodies of the middle Black Sea region, Turkey. *Iran. J. Ichtyol.*, 5(4):293-302.