

İzmit Gölü Kıyılarındaki Yalıtışlarının Kökeni, Yaşı ve Geç Kuvaterner Göl Seviye Değişimleri İle Bağlantıları

Proje No: 109Y143

Doç.Dr. Ahmet Evren ERGİNAL
Prof.Dr. Nafiye Güneç KIYAK
Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ
Doç. Dr. Mustafa BOZCU

EYLÜL 2011
ÇANAKKALE

ÖNSÖZ

Türkiye kıyılarının jeolojisi ve jeomorfolojisinde az çalışılan bir konu olan yalıtışları, oluştukları kıyı zonunda su seviyesi değişimleri ve tektonik aktivitelerin anlaşılmasında olduğu kadar, çimento bileşim ve mikromorfolojileri ile paleoiklimsel kayıtları tutmaları bakımından büyük öneme sahiptirler. Jeomorfolojik, karbonat sedimentolojisi ve mikrodokusal özellikleri yanında petrografik ve duraylı izotop bileşimleri açısından bu çökel kayalar paleoiklimsel ve paleohidrolojik açıdan önemli ortam verileri içermektedir. Bu çalışmada, alışılmadık şekilde, İznik Gölü'nün tatlı su ortamında rastlanan yalıtış oluşumunun gerekçeleri sorgulanmış, göldeki su seviyesi değişimleri yanında göl sularının jeokimyasal bileşimi ile ilişkisi mutlak yaş verileri ve çok sayıda mikroanalitik uygulama ile desteklenerek ele alınmıştır.

Proje 24 aylık bir çalışma programı dahilinde tamamlanmış ve saha çalışmalarında çok sayıda örnek toplanarak aşağıdaki laboratuarlarda analizler gerçekleştirilmiştir;

İnce Kesitler (Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği İnce Kesit Laboratuvarı), Toplam CaCO₃, pH ve EC Analizleri (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Coğrafya Bölümü Jeomorfolojik Analiz Laboratuvarı), ICP-MS Analizleri (ACME, Kanada), SEM/EDX ve XRD Analizleri (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi), ICP-AES Analizleri (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Laboratuvarı), Duraylı İzotop Analizleri (ISO Analytical, UK ve Arizona Üniversitesi, Geoscience Laboratuvarı, USA), Optik Lüminesans Tarihlendirmesi (Işık Üniversitesi Arkeometri Laboratuvarı) ve AMS Radyokarbon Tarihlendirmesi (BETA-Miami, USA).

Çalışmada Prof. Dr. Nafiye Güneç Kıyak optik lüminesans tarihlendirmesi, Prof. Dr. Erdinç Yiğitbaş, Doç. Dr. Mustafa Bozcu ve Araş. Gör. Mustafa Avcıoğlu jeolojik ve tektonik verilerin üretimi ve değerlendirilmesi, Uzman Ali Sungur laboratuvar çalışmaları, Araş. Gör. Muhammed Zeynel Öztürk ise saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve haritalama konularında destek vermiştir. Çalışma süresinde elde edilen bulgular 3 ulusal ve 4 uluslararası bilimsel toplantıda sunulmuş, ayrıca proje bitimine kadarki dönemde iki uluslar arası makale basıma kabul edilmiştir. Proje bulgularının bilimsel yayına dönüştürme çalışmalarımız devam etmektedir. 109Y143 numaralı araştırma projemize bütçe sağlayarak çalışmamızı destekleyen TÜBİTAK Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu Yürütme Komitesi Sekreterliği'ne, ayrıca projeye bilimsel yol göstericilik yaparak emek sarf eden değerli hakemlere teşekkür ederiz.

Proje ekibi adına

Doç. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
TABLO LİSTESİ	4
ŞEKİL LİSTESİ	5
KISALTMALAR LİSTESİ	7
ÖZET	8
ABSTRACT	9
1. GİRİŞ	10
1.1. Yalıtışı Oluşumu: Tanımı ve Oluşumu Üzerine Teoriler	10
1.2. Dünyada ve Türkiye'de Yalıtışlarının Dağılışı	11
2. ARAŞTIRMA SAHASININ JEOLJİK, JEOMORFOLOJİK VE İKLİM ÖZELLİKLERİ	13
2.1. Coğrafi Konum ve Jeomorfolojik Özellikler	13
2.2. Jeolojik Özellikler	15
2.3. Tektonik	18
2.4. İklim Özellikleri	20
3. AMAÇ ve ARAŞTIRMA PROBLEMLERİ	23
4. MATERYAL ve YÖNTEM	24
4.1. Saha çalışmaları: gözlem ve örnekleme	24
4.2. Laboratuvar Çalışmaları	25
4.2.1. İnce Kesitler	25
4.2.2. Toplam CaCO ₃ , pH ve EC Analizleri	25
4.2.3. ICP-MS Analizleri	26
4.2.4. SEM/EDX Analizleri	26
4.2.5. XRD Analizleri	26
4.2.6. ICP-AES Analizleri	26
4.2.7. Duraylı İzotop Analizleri	27
4.3. Tarihlendirme Çalışmaları	27
4.3.1. Optik Lüminesans Tarihlendirmesi	27
4.3.2. AMS Radyokarbon Tarihlendirmesi	29
5. ANALİZ VE GÖZLEM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	29
5.1. Lokalite 1	29
5.2. Lokalite 2	35
5.3. Lokalite 3	44

5.4. Lokalite 4	50
5.5. Lokalite 5	55
5.6. Lokalite 6	59
5.7. Lokalite 7	63
5.8. Lokalite 8	65
5.9. Lokalite 9	70
5.10. Lokalite 10	72
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	
6.1. Tarihlendirme Verileri ve Göl Seviye Değişimleri-Yalıtışı Oluşumu İlişkisi	78
6.2. Göl Sularının Bileşimi ve Yalıtışı Oluşumuna Uygunluğu	86
KAYNAKLAR	93

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. OSL-SAR laboratuvar ölçüm protokolü.	28
Tablo 2. 1 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları	31
Tablo 3. 1 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	31
Tablo 4. 2 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.	37
Tablo 5. 2 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	37
Tablo 6. 3 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.	46
Tablo 7. 3 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	46
Tablo 8. 3 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.	52
Tablo 9. 4 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	52
Tablo 10. 5 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH ve EC analiz sonuçları.	57
Tablo 11. 5 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	57
Tablo 12. 6 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH ve EC analiz sonuçları.	60
Tablo 13. 6 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	60
Tablo 14. 7 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH ve EC analiz sonuçları.	64
Tablo 15. 7 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	64
Tablo 16. 8 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH ve EC analiz sonuçları.	66
Tablo 17. 8 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	66
Tablo 18. 9 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH ve EC analiz sonuçları.	71
Tablo 19. 9 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	71
Tablo 20. 10 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO_3 pH ve EC analiz sonuçları.	74
Tablo 21. 10 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.	74
Tablo 22. Yalıtışı örneklerinden elde edilen ICP-MS analiz sonuçları	79
Tablo 23. OSL tarihlendirmesinde kullanılan parametreler.	81
Tablo 24. Yalıtışlarından elde edilen OSL tarihlendirme sonuçları.	83
Tablo 25. Göl çevresindeki kaynaklardan ve göl suyundan alınan su örneklerinin ICP-AES analiz sonuçları.	87
Tablo 26. Yalıtışlarının karbonat çimentosunun EDX analiz sonuçlarından elde edilen elementlerin Mol (%) değerleri.	88
Tablo 27. Yalıtışları ve göl ve kaynak sularından elde edilen duraylı izotop analizi sonuçları.	91

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Yalıtışı oluşumlarının küresel dağılımı.	12
Şekil 2. Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası.	13
Şekil 3. İznik Gölü ve Çevresinin Jeoloji haritası.	19
Şekil 4. İznik ve Orhangazi meteoroloji istasyonları yıllık ortalama sıcaklık yıl içindeki değişimi.	20
Şekil 5. İznik meteoroloji istasyonunun Thornthwaite su bilançosu.	21
Şekil 6. Orhangazi meteoroloji istasyonunun Thornthwaite su bilançosu	22
Şekil 7. İznik ve Orhangazi istasyonlarında yağışın mevsimlere göre dağılışı.	22
Şekil 8. İznik ve Orhangazi meteoroloji istasyonları Erinç kuraklık indisinin yıl içindeki değişimi	23
Şekil 9. Googleearth Uydu Görüntüsü üzerinde çalışılan yalıtışlarının dağılışı.	24
Şekil 10. Soğuk ve sıcak su kaynakları ile göl sularından ICP-AES ve duyarlı izotop çalışmaları için alınan örneklerin lokasyonları.	25
Şekil 11. İznik güneybatısındaki 1 nolu lokalitede yalıtışları.	30
Şekil 12. Lokalite 1'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	32
Şekil 13. Lokalite 1'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	33
Şekil 14. 2.2 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	34
Şekil 15. 3.2 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	35
Şekil 16. İznik güneybatısındaki 2 nolu lokalitede yalıtışları.	36
Şekil 17. Lokalite 2'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	38
Şekil 18. Lokalite 2'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	39
Şekil 19. Lokalite 2'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	42
Şekil 20. 4.3 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	43
Şekil 21. 5.1 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	43
Şekil 22. 7.2 nolu örneğin ince kesit görüntüsü.	44
Şekil 23. İznik Gölü'nün güneydoğu kesiminde, Karacakaya volkanik kütlesinin doğu kesiminde doğusunda yer alan 3 nolu lokalitede yalıtışları.	45
Şekil 24. Lokalite 3'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	47
Şekil 25. Lokalite 3'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	48
Şekil 26. Lokalite 3'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	49
Şekil 27. 12.1 nolu örneğin ince kesit görüntüsü.	50
Şekil 28. İznik Gölü'nün güneydoğu kesiminde, Göllüce Köyü doğu kıyılarında yer alan 4 nolu lokalitede yalıtışları.	51
Şekil 29. Lokalite 4'ten alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	53
Şekil 30. 14.4 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. .	54

Şekil 31. 14.5 numaralı örneğin.	55
Şekil 32. İznik Gölü güney kıyısında, Ambarlı Deresi'nin oluşturduğu birikinti yelpazesinin doğu kıyısında yer alan yalıtışı.	56
Şekil 33. Lokalite 5'ten alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	57
Şekil 34. 16.1 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	58
Şekil 35. İznik Gölü güney kıyısında, Ambarlı Deresi'nin oluşturduğu birikinti yelpazesinin batı kıyısında yer alan yalıtışı.	59
Şekil 36. Lokalite 6'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	61
Şekil 37. Lokalite 6'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	62
Şekil 38. 17.1 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	63
Şekil 39. İznik Gölü güney kıyısında, Narlıca Köyü doğu kıyısında yer alan yalıtışı.	63
Şekil 40. Lokalite 7'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	64
Şekil 41. İznik Gölü batı kıyısında yer alan yalıtışı.	65
Şekil 42. Lokalite 8'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	67
Şekil 43. 21.1 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri.	68
Şekil 44. 22.2 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri.	69
Şekil 45. Çakırca deltasının batı kıyısında yer alan yalıtışı.	71
Şekil 46. Lokalite 9'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	71
Şekil 47. 9 nolu lokalitede alınan örneklerden ince kesit görüntüsü.	72
Şekil 48. Derebent deltasının doğu kıyısında yer alan yalıtışı.	73
Şekil 49. Lokalite 10'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri.	76
Şekil 50. 25.2 nolu örneğin ince kesit görüntüleri.	77
Şekil 51. ICP-MS sonuçlarına göre örneklerde ppm ve % olarak element dağılımları.	80
Şekil 52. İznik Gölü Yalıtışlarından elde edilen OSL yaşlarının oransal dağılışı grafiği.	84
Şekil 53. İznik Gölü Yalıtışlarından elde edilen OSL yaşları.	84
Şekil 54. 9 numaralı lokalitenin kuzeyindeki göl taraçasından bir görünüm.	85
Şekil 55. Tablo 25'deki ICP-AES analiz sonuçlarının toplu gösterildiği dağılım grafiği.	87
Şekil 56. İznik Gölü sığılıklarından alınan kumlu-çamurlu sedimanlarda gözlenen diatomlar.	89
Şekil 57. Yalıtışlarında gözlenen diatomlar.	90

KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

Kısaltma/Simge	Açıklama
EC	Elektriksel İletkenlik
EDX	Enerji Yayılımlı X Işınları Spektroskopisi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopisi
XRD	X ışınları Kırınımı
ICP-AES	İndüktif Eşlenikli Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
ICP-MS	İndüktif Eşlenikli Plazma Kütle Spektroskopisi
δ	Delta
δ ¹³C	Karbon13 İzotopu
δ ¹⁸O	Oksijen 18 İzotopu
δ D	Hidrojen 2 İzotopu
PDB	Pee Dee Belemnitleri. Karbon 13 değeri için standart (0).
SMOW	Vienna Standart Ortalama Okyanus Suyu. Suyun izotopik bileşimi için standart (0).
TL	Termolüminesans
OSL	Işık Uyarımlı Lüminesans
SAR	Single-aliquot regenerative-dose
Gy	Paleodoz
mGy	Eşdeğer doz
mGy/yıl	doz hızı
L_i	OSL sinyalleri
L_i/T_i	OSL ölçümlerinde düzeltme
R	Recycling ratio
AMS	Hızlandırıcılı Kütle Spektrometresi
µm	Mikronmetre
µs	Mikrosaniye
G.Ö.	Günümüzden Önce

ÖZET

İznic Gölü kıyılarında yalıtışı oluşumunun kökeni, yaşı ve göl su seviyesi değişimleri ile bağlantılarının ele alındığı bu projede göl kıyısında 10 farklı lokalitede saptanan yalıtışlarının jeomorfolojik, mineralojik-petrografik ve mikroanalitik incelemeleri ile optik lüminesans tarihlendirmeleri yapılarak böylesi bir tatlı su ortamında yalıtışı oluşumunun gerekçeleri sorgulanmıştır. 53 yalıtışı örneği üzerinden yapılan analiz ve tarihlendirme sonuçlarına göre birçok lokalitede polijenik konglomera seviyeleri ile başlayan yalıtışlarında en eski yaş 20.285 ± 2.067 , en genç yaş ise 0.706 ± 0.081 yıldır. Yalıtışı oluşumunun 2 farklı dönemde yoğunluk kazandığı görülmektedir; son buzul maksimumu-Holosen arasındaki soğuk kurak devre, Klimatik Optimum ve Geç Holosen'deki sıcak kurak devre. Taban birimini oluşturan konglomeratik düzeyler son buzul çağında göl seviyesinin alçalmamış olduğunu, aksine yüksek enerjili koşullarda bugünküne yakın bir seviyede plaj materyallerinin çimentolandığını göstermektedir. Klimatik optimum ve Geç Holosen'de gelişen yalıtışları ise göl seviyesinin bugüne göre 2 metre kadar alçaldığı devrede artan kuraklık ve buharlaşma sayesinde hızlanan aragonit çökelişi sonucunda gelişmiş olup, eski yalıtışı düzeyleri üzerine süperimpoze olarak çimentolanmış olmalıdır. Yalıtışlarının çimento mikromorfolojileri mikritik zarflar, boşluk dolguları, aragonit rimler, iğne yapıları ve menisküs çimento formları gibi denizel ortamda gel-git içi zonu karakterize eden yalıtışları ile benzer çimento yapılarına sahiptir. Hemen tüm örneklerde düşük tuzlulukta deniz suyuna benzer bileşim veren ^{13}C ve ^{18}O bileşimleri ile de doğrulandığı gibi, bu durum göl suyunun jeokimyasal özellikleri, yüksek pH koşulları ve iklim koşullarının aragonit çökelişine uygun şartlar yarattığını göstermektedir. Kuzey Anadolu Fayı'na dayalı deprem aktivitesinin, bir lokalitedeki sınırlı örnek dışında, yalıtışlarına etkisi gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalıtışı, Yalıtışı çimentolanması, Mutlak yaşlandırma, Jeokronoloji, Tatlı su ortamı, İznic Gölü.

ABSTRACT

In this project which aims the origin and age of beachrocks and their relationships with changes of water level of the Iznik Lake, we investigated the mechanism of beachrock formation in a such fresh-water environment based on geomorphological, mineralogic-petrographic and microanalytical data and optical luminescence ages of beachrocks determined at ten different sections of the lake shoreline. The analysis and dating results from 53 samples of beachrocks which start with polygenic conglomerate at the bottom reveal that the oldest and youngest ages are 20.285 ± 2.067 ka and 0.706 ± 0.081 ka, respectively. Beachrock cementation appears to have occurred mostly at two different periods; i.e. a cold and dry period between the Last Glacial Maximum and Holocene and a hot and dry period between Climatic Maximum and the Late Holocene. The basal conglomeratic units may explain that the level of the lake during the last glacial was not descended, but, contrary to this, was at a similar position when beach materials were deposited under high energy conditions. The younger beachrocks which formed during climatic optimum and Late Holocene might have superimposed on older cemented beds as the result of precipitation of connective aragonite due to increased drought and evaporation when lake level was 2 m lower than the present one. The cement micro-morphologies of beachrocks comprise micritic envelops, pore-fillings, aragonite rims and meniscus bridges, as similar to those in intertidal beachrocks of sea coasts. As confirmed by ^{13}C and ^{18}O values which yielded similar compositions to that of euohaline marine waters, this explains that geochemical composition, high pH and climatic features create favorable conditions for the precipitation of aragonite. With the exception of one example, no effect of earthquake by the North Anatolian Fault to beachrocks was determined.

Keywords: Beachrock, Beachrock cementation, Absolute dating, geochronology, fresh-water lake environment, Lake Iznik.

1. GİRİŞ

1.1. Yalıtışı Oluşumu: Tanımı ve Oluşumu Üzerine Teoriler

Yalıtışı, tropikal ve subtropikal bölgelerin kıyılarında, kum, çakıl ve blok boyutundaki gevşek plaj materyallerinin gel-git içi kuşakta çimentolanması sonucunda oluşan, denize doğru birkaç derece (genelde en fazla 10°) eğimli, petrografik özellikleri itibariyle konglomeratik bileşimli bir sedimanter kayadır (GINSBURG, 1953; BRICKER, 1971; NEUMEIER, 1998). Kayada taneler genelde –gel-git içi çimentolanma koşullarını yansıtabilecek şekilde- yüksek-magnezyum kalsit veya aragonit çimentolanması ile birbirlerine bağlanmış olarak bulunurlar (BRICKER, 1971). Oluşumun en belirgin özelliklerinden biri belirgin bir tabakalaşma düzeni ortaya koyması ve kıyı çizgisine kabaca paralel uzanan tabakaların deniz içinde de devamının gözlenmesidir. Mevcut çalışmalara göre, yalıtışı araştırmalarının tarihi Anadolu kıyılarında yaklaşık 200 yıl önce yapılan öncü araştırmalara dayanmaktadır.

Yalıtışının oluşum ortamı dışında, oluştuğu iklim koşulları en çok üzerinde durulan konulardan biridir. Modern yalıtışlarının oluşumu konusunda 35°N ve 35°S enlemleri sınır koordinatları olarak belirtilmekle birlikte (SCOFFIN ve STODDART, 1983), yalıtışlarının tropikal ve subtropikal iklim bölgeleri (GINSBURG, 1953; TAYLOR ve ILLING, 1969; MOORE, 1973; BEIER, 1985; NEUMEIER, 1998; WEBB vd., 1999) ve özellikle Akdeniz kıyıları (FRIEDMAN ve GAVISH, 1971; ALEXANDERSSON, 1972; HOLAIL ve RASHED, 1992) çevresinde yoğun olarak oluşabildikleri görülmektedir. Ayrıca kuzeybatı ve batı İrlanda (SELLWOOD, 1995) ve kuzeybatı İskoçya'da (KNEALE ve VILES, 2000) tespit edilen yalıtışları, tropikal ve subtropikal ortam koşullarının yalıtışının oluşumunda koşul olmadığı konusunda ikna edici veriler ortaya koymuştur.

Yalıtışlarının kıyı çizgisi boyunca oluşmaları dışında çoğunluğunun günümüzden 1000-5000 yıla (VOUSDOUKAS vd., 2007), Doğu Akdeniz'de ise günümüzden 4000-2000 yıla yaşlandırılmaları özellikle Kuvaterner deniz seviyesi değişimleri ve Neotektonik araştırmalar için (BEZERRA vd., 1998-2004; RAMSAY ve COOPER, 2002; KELLETAT, 2006) anahtar bir rol oynamalarına yol açmıştır. Yalıtışı oluşumunu konu alan güncel tartışmalar, genellikle karbonat çimentolanmasının gerçekleştiği ortam ve çimento maddesinin kökeni üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunun sebebi kıyı çizgisi boyunca morfolojik görünüm açısından yalıtışı görüntüsü veren, ancak diyajenez koşulları incelendiğinde gel-git içi çimentolanma süreciyle ilgisi olmayan bazı eoliyen çökellerin (eolinitler/taşlaşmış kıyı kumulları) de yalıtışı gibi değerlendirilmesinin verdiği hatalı sonuçlardan kaynaklanır.

Yalıtışını oluşturan tanelerin birbirine doğal bir çimento ile bağlanması her şeyden önce bazı özel koşulların varlığına bağlıdır. Bu koşullar arasında çimentolanacak bol plaj materyali, kıyı gerisindeki jeolojik yapı ve özellikle karbonat istiflerin varlığı (şart değildir ama çimentolanma süreci açısından belirleyici de olabilir), gel-git genliği (mikro-makro?), oseanik

koşullar (deniz suyunun fiziko-kimyasal özellikleri ve buharlaşma ile çökelen karbonat miktarı), mikrobiyal-syanobakteriyal aktivitelerin çimentolanmaya katkısı olup olmadığı, kıyı gerisindeki bölgeden gelen yeraltı sularının karbonat içeriği vb. sayılabilir.

Çimentolanma koşullarını açıklamak maksadıyla farklı teoriler geliştirilmiştir. Her şeyden önce, karbonat çimentolanması, plajdaki kum ve çakıl büyüklüğündeki tanelerin gözenekliliğinin yüksek olmasına bağlı olup, çimentolanma taneler arasındaki suyun dolaşımına bağlı olarak gelişir (MOORE, 1989). Çimentolanmanın gelişimi konusunda en çok kabul gören, ancak hala tartışmalara konu olan- teoriler aşağıda sıralanmıştır;

(1) deniz suyu ve meteorik suların karışması (SCHMALZ, 1971; MOORE, 1973),

(2) CO₂'nin vadoz zonda uçması sonrasında sıf yeraltı sularından çimentolaşma, (HANOR, 1978),

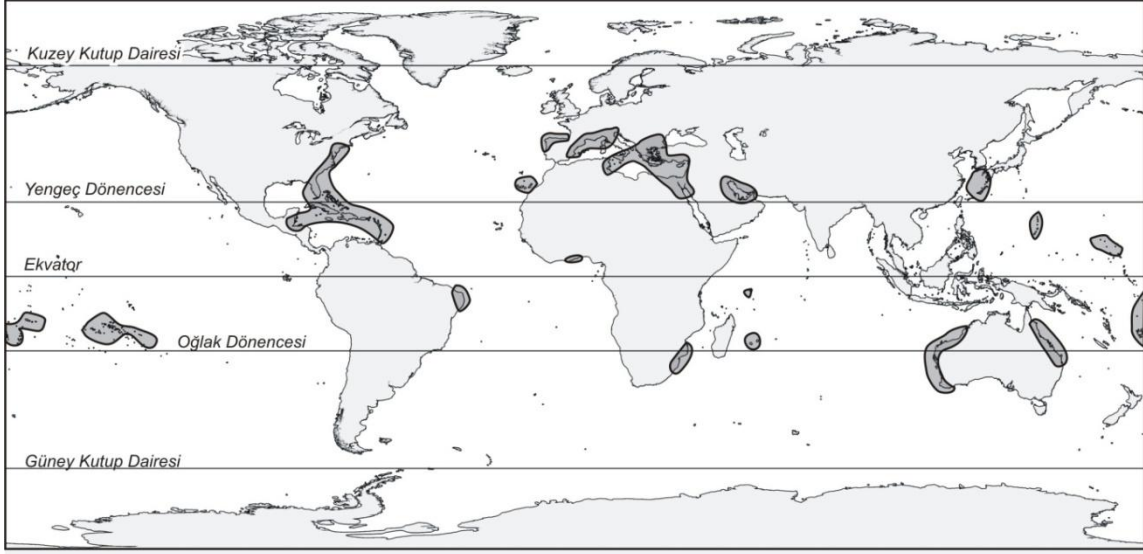
(3) CaCO₃'ün deniz suyundan buharlaşması yoluyla karbonat birikimi (STODDART ve CANN, 1965; TAYLOR ve ILLING, 1969; SCOFFIN, 1970; MOORE ve BILLINGS, 1971; MEYERS, 1987) ve

(4) biyolojik aktivitelerin çimentolanmaya katkısı (KRUMBEIN, 1979; WEBB *vd.*, 1999; NEUMEIER, 1999).

1.2. Dünyada ve Türkiye'de Yalıtalarının Dağılışı

Dünya kıyılarında yalıtası oluşumu genel olarak tropikal ve subtropikal denizlerin gelgit içi ortamında gelişmekte, özellikle 35° kuzey ve 35° güney enlemleri arasında yalıtaları büyük yayılım göstermektedir (SCOFFIN ve STODDART, 1983). Dünya kıyılarında yalıtası oluşumu genel olarak tropikal ve subtropikal denizlerin gelgit içi ortamında gelişmekte, özellikle 35° kuzey ve 35° güney enlemleri arasında yalıtaları büyük yayılım göstermektedir (SCOFFIN ve STODDART, 1983). Yalıtaları 1960'lara kadar sadece tropikal ve subtropikal kuşaklarda bulunduğu düşünülürken (GINSBURG, 1953; RUSSELL, 1959), daha sonra yapılmış çalışmalar yalıtalarının ılıman (ZENKOVITCH, 1967; REY *vd.*, 2004), hatta soğuk kuşakta (BINKLEY *vd.*, 1980; KNEALE ve VILES, 2000) bile yayılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle Akdeniz (FRIEDMAN ve GAVISH, 1971; ALEXANDERSSON, 1972; BERNIER ve DALONGEVILLE, 1988; HOLAIL ve RASHED, 1992) ve Karayip Denizi (GINSBURG, 1953; MOORE, 1973; HANOR, 1978; BEIER, 1985) kıyıları, tropikal ve subtropikal Atlantik kıyıları yalıtalarının yaygın olduğu alanlardır. Bununla birlikte yapılmış yalıtası çalışmalarına göre yalıtalarının daha çok 0°-40° arasında, özellikle 20°-40° arasında bulunması, soğuk iklimlerin yalıtası oluşumu için çok uygun olmadığını destekler (VOUSDOKAS, *vd.*, 2007; Şekil 1). Bu özelliği ile yalıtası birçok sıcak tropikal ve subtropikal kıyıların temel jeomorfolojik birimlerinden birini oluşturur (THOMAS, 2009). Bu alanların gel-git genliklerine bakıldığında büyük çoğunluğunun mikro gel-git kuşağı içerisinde

yer aldığı görülmesi, makro gel-gitlere sahip alanların plaj sedimentlerinin birleşmesi için yeterli zaman sağlamadığını kanıtlamaktadır (VOUSDOUKAS, vd., 2007).



Şekil 1. Yalıtaşı oluşumlarının küresel dağılımı (VOUSDOUKAS vd., 2007'den değiştirilerek).

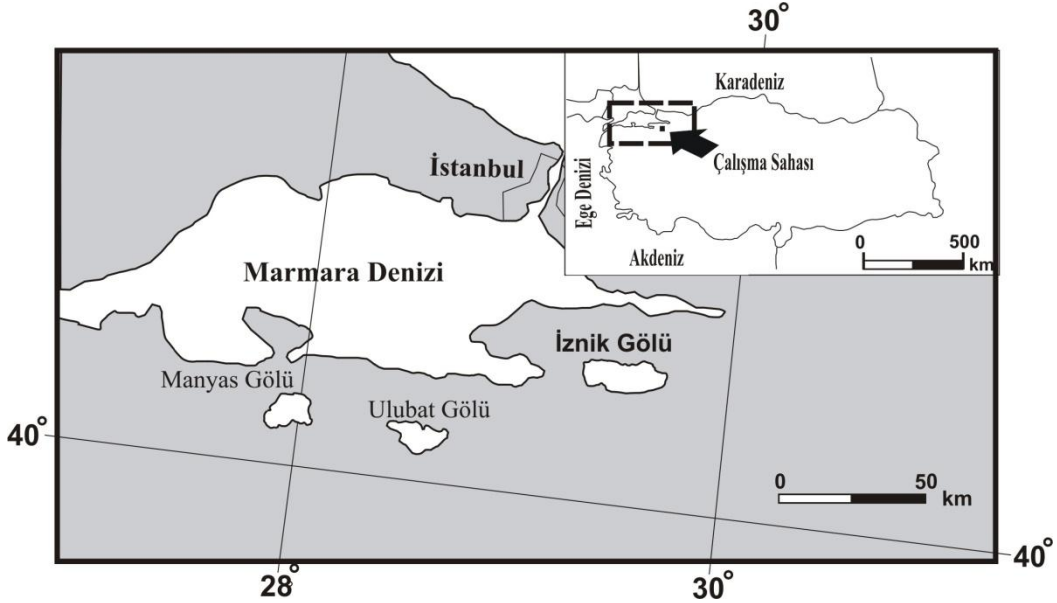
Dünyada, yalıtaşlarının yayılış sahası bakımından en zengin özelliklere sahip ortamlardan birisi de Türkiye kıyılarıdır. Yalıtaşları kıyılarımızın özellikle güney ve batı kıyılarında geniş yer kaplar. Sir Francis Beaufort (1818) tarafından Datça Yarımadası ve Gazipaşa (Antalya) arasındaki kıyı kesimde gerçekleştirilen ilk çalışmanın ardından (AVŞARCAN, 1997), Teke (SPRATT ve FORBES, 1847) ve İskenderun Körfezi (GOUDIE, 1966) kıyılarındaki yalıtaşı araştırmaları ülkemiz kıyılarında yalıtaşlarına duyulan ilginin ilk göstergeleri olarak belirtilebilir. Yalıtaşı oluşumları özellikle Akdeniz kıyılarında yoğun yayılış göstermesine karşın, kıyılarımızdaki yalıtaşları konusunda bilgilerimiz yapılan çalışmaların yetersizliği oranında oldukça sınırlıdır. Ayrıca Akdeniz (BENER, 1974; EROL, 1983; AVŞARCAN, 1997), Ege Denizi (EROL, 1972; ERTEK ve ERGİNAL, 2003), ve Karadeniz (ERTEK, 2001; TUROĞLU ve CÜREBAL, 2005) ve Kuzey Kıbrıs (ERTEK vd., 2008) gibi değişik kıyı ortamlarında varlığı belirtilen, buna ilave olarak İznik Gölü gibi tatlı su ortamlarının littoral zonunda dahi örneklerine sahip olduğumuz yalıtaşları konusunda mevcut veriler de büyük ölçüde gözlemsel verilere dayalıdır. Türkiye yalıtaşlarının analitik, jeokimyasal ve mikromorfolojik (çimento morfolojisi) özellikleri bilinmediği gibi, mutlak yaşları konusunda yapılan çalışmalar da oldukça sınırlı sayıdadır (ERGİNAL vd., 2008; DESRUELLES vd., 2009; ERGİNAL vd., 2009; ÇİNER vd., 2009). Ancak, bu proje çalışmasının hazırlanmasını da cesaretlendiren detaylı bir Tübitak projesinde (ÇİNER vd., 2009), Alanya kıyılarındaki yalıtaşları tüm ayrıntılarıyla ele alınmış ve ardından makalelerde sonuçları paylaşılmıştır (DESRUELLES vd., 2009; ÇİNER vd., 2009).

Bu projede İznik Gölü kıyılarında geniş yayılış sahasına sahip olan yalıtışları incelenmiştir. Dünyada göl ortamlarında yalıtış oluşumu sık rastlanan bir durum olmadığı için sadece birkaç örnek çalışma literatüre geçmiştir. Bu çalışmalarda Michigan Gölü'nün güneydoğu kesimi (BINKLEY vd., 1980), Piramit Gölleri (ABD) bölgesi (BENSON, 1994), Taupo Gölü (Kuzey İzlanda) kıyılarındaki (JONES vd., 1997) yalıtışlarının varlığı bilinmektedir.

2. ARAŞTIRMA SAHASININ KONUMU, GENEL JEOMORFOLOJİK, JEOLJİK ve İKLİMSEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Coğrafi Konum ve Jeomorfolojik Özellikler

Proje sahası olan İznik Gölü, Marmara bölgesinin güneydoğusunda yer alır. 40°30' - 40°22' kuzey enlemleri ve 29°20' - 29°42' doğu boylamları arasında yer alan (Şekil 2) İznik Gölü 32 km uzunlukta ve 12 km genişlikte olup sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı'nın orta segmenti üzerinde oluşmuş doğu-batı yönlü bir tektonik depresyon içinde oluşmuştur. Coğrafi açıdan büyük kısmı Güney Marmara bölümünün "Samanlı Yöresi"ne dâhildir (DARKOT ve TUNCEL, 1981).



Şekil 2. Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası.

Bu depresyon kuzeyde Karlık ve güneyde Gürle-Avdan dağları arasında yer alır ve suları tatlı olan gölün fazla suları Karsak deresi tarafından batıda Gemlik Körfezi'ne boşalır. 302.2 km²lik alanı ile Türkiye'deki altıncı büyük göl olan İznik Gölü aslında toplam alanı 1426.2 km² olan (AKBULAK, 2006) İznik depresyonunu suların işgal etmesiyle oluşmuş

tektonik kökenli bir göldür. Göl doğuda Karadin oluşu olarak bilinen BGB-DKD doğrultulu tektonik bir oluk ile, batıdan ise Paleozoik yaşlı mermerler ve Trias metamorfik kayalarından oluşan Karsak Boğazı tarafından sınırlanır. Doğu ve batı kıyılarında sırasıyla Orhangazi ve İznik Ovaları, göl ile yüksek saha oluşturan bu morfolojik birimler arasında geçişi oluşturan alçak düzlükleri meydana getirir. Su yüzeyi deniz seviyesinden 85 metre yüksekte olan İznik Gölü 1246 km² bir drenaj ağına, 313 km² yüzey alanına ve maksimum 80 metre su derinliğine sahiptir (ÖZTÜRK vd., 2009). Hidrokimyasal olarak göl suları ılık-monomiktiktir (FRANZ vd., 2006).

İznik Gölü'nün jeomorfolojik özellikleri daha önce birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Bu çalışmalar arasında gölün batısındaki Garsak boğazı ve doğusundaki Karadin oluşunun gelişimine vurgu yapan Tanoğlu ve Erinç (1956) Garsak eşiği üzerinde doğudan gelen eski bir akarsunun kalıntılarını tespit etmişler, taraça ve eski vadi formlarına dayanarak bunların doğudan Karadin oluşu boyunca gelen büyük bir Pleistosen nehrine ait olmaları ihtimalini öne sürmüşlerdir. Buna karşın İznik Gölü depresyonunun oluşumu öncesinde doğu-batı ekseninde eski bir nehrin sahada doğudan batıya doğru aktığını kabul eden, ancak bunun Sakarya olamayacağını öne süren yazarlar da olmuştur (BİLGİN, 1961). Gölün çevresindeki göl taraçaları Dördüncü Zaman'ın buzul devirlerinde daha yüksek seviyede olduğunun kanıtları arasındadır (ARDEL, 1954). Bilgin (1967) bu taraçaları göl sularının Pleistosen'in plüvyal devrelerinde yükselmesi ile oluştuğu şeklinde yorumlamıştır. Bu konuda somut paleotolojik bilgi sunan İslamoğlu (2009) İznik Gölü'nün kuzeybatı kesiminde Pleistosen yaşlı taraça istifinde bulunduğu iki endemik acısu bivalvine (*Didacna subpyramidata* Pravoslavkev 1939 ve *Didacna* nov. sp) dayanarak Ponto-caspian stratigrafisini tespit ettiğini, buna göre Orta Pleistosen'de Khazarian acısularının gölün bulunduğu kesimi işgal ettiğini belirtmiştir. Bu bulgu gölün eski Marmara Denizi'nin bir körfez olduğunu belirtmesi anlamında güncel ve önemli bir bulgu olarak kaydedilebilir. Ayrıca önerilen projenin çıkış noktalarından birisi olan *Geç Pleistosen-Holosen Marmara Denizi-İznik Gölü bağlantılarına* Pleistosen ortalarından bir kayıt sunması açısından da önemlidir. Sismik, tarihsel deprem verileri ve güncel GPS verileri ışığında Öztürk ve diğ. (2009)'ne göre son buzul çağında gölün su seviyesi 40 metre alçalmıştır. Buna gerekçe olarak da -bir paleokıyı çizgisi göstergesi olarak- sismik kesitlerde gölde su altında kalan delta çökellerinin gözlenmesi belirtilebilir.

Gölün Gemlik Körfezi ile olan hidrolojik bağlantısının geliştiği, diğer bir değişle kapalı havza durumundan dışa açık havza olmasını sağlayan süreç ise Garsak Boğazı'nın açılması ile ilişkilidir (ARDEL, 1954; CHAPUT, 1976). Ancak Karadin oluşunda göle doğru eğimli olan taraçalar da İznik Gölü'nün Pleistosen'deki su seviyesi değişimleriyle ilişkilendirildiğinde gölün batı kesimindeki Karsak boğazının bir kapma mekanizması ile ilişkili olma olasılığı da olabilir (ARDEL, 1959).

Göl ve çevresinin Holosen Paleocoğrafyası konusundaki bilgilerimiz ise göl kıyılarındaki genç çökellerin, arkeolojik kalıntıların ve dip çökellerinin sismolojik-paleotolojik yorumu ile sınırlıdır. Örneğin Kayan (1987) "Arkeolojik jeomorfoloji açısından Yenişehir ve İznik havzalarının çevre özellikleri" başlıklı çalışmada Holosen'deki iklim salınımlarına bağlı olarak İznik Gölü'nün seviyesinde yükselme ve alçalmaların meydana geldiğini açıklamıştır. Yazara göre bu seviye değişimleri gölün yayılış alanını etkilemiştir ve höyükler, kurulduğu arkeolojik dönemlerde göl kıyısına bugüne göre farklı uzaklıklarda bulunmaktadır. İlipınar'ın kuruluş dönemlerinde, göl seviyesi bugüne göre birkaç metre daha yüksekte bulunmalıdır (KAYAN, 1996). Göl su seviyesinin alçaldığı veya en azından durağan olduğu dönemlerde gölün batı kıyısında plaj sırtları oluşmuştur. Bugünkü göl seviyesinden 1-2 metre daha yüksekte olup kıya paralel plaj uzanan sırtları –mutlak yaş verisi olmamakla birlikte- kısa süreli durağan veya regresif yönde seviye değişimleri ile ilişkili olmalıdır (IKEDA vd., 1991).

İznik Gölü'nün Holosen'de denizle bağlantısına dair de güncel kayıtlar bulunmaktadır. Nazik ve diğ. (2010) Geç Kuaterner'de Marmara Denizi ve Karadeniz arasındaki olası su yollarını İznik ve Sapanca göllerinden topladıkları ostrakod ve foraminiferlere göre incelemiş ve gölün Holosen'de denizle bağlantısının varlığını öne sürmüşlerdir. Bunun delili olarak özellikle *Limnocythere inopinata sevanensis* Bubikyan olarak bilinen ve Karadeniz koşullarını yansıtan denizel ostrakodların göl dip çökellerinde varlığı gösterilmiştir.

2.2. Jeolojik Özellikler

2.2.1. Paleozoyik Yaşlı Birimler

İznik Gölü havzasında temele ait en eski kaya toplulukları Permiyen ve Karbonifer yaşlı olan kristalen şist ve mermerlerden oluşmaktadır (Şekil 3). Çalışma alanının temelini oluşturan Paleozoyik şistler bölgede en geniş yayılıma sahip birimdir ve İznik metamorfik topluluğu olarak bilinen bu birim yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış kalın bir dizi ile temsil edilir (YILMAZ vd., 1995). İznik Gölü'nün kuzeydoğusunda geniş bir alanda, güney kesimlerde ise dar alanlarda yüzlekleri gözlenir. Killi şist, grovak, serisitli şist, serpantinli şist, mikalı ve kloritli şist gibi değişik kaya türlerinden oluşur. Şistlerin temelinde gnayslar yer alır ve bu serinin üzerine ise uyumlu – geçişli bir dokanak ile amfibolit şistler gelmekte, bunlarda serisit ve kloritli şistler tarafından üzerlenmektedir. Şistler mermerler tarafından uyumlu bir dokanak ile örtülmektedir (AKARTUNA, 1968).

Permiyen yaşlı Mermerler ve rekristalize kireçtaşları özellikle İznik Gölü'nün batısında geniş bir alanda yayılış gösterir. Beyaz, sarımsı beyaz, pembemsi beyaz ve gri renkler egemen olup, morfolojik açıdan çalışma alanındaki yüksek ve sarp bölgeleri oluştururlar. Alt seviyelere doğru tabakalanma ve şistozite belirgin bir hale gelmektedir (AKARTUNA, 1968).

2.2.2. Mesozoyik Yaşlı Birimler

Çalışma alanında Mesozoyik kayalar alt – orta Triyas yaşlı metavolkanit – meta sedimanter kayalar ve ofiyolitler ile başlamaktadır. Ayrıca kireçtaşı-mermer, metamorfikler, konglomera ve fliş de gözlenmektedir.

Metavolkanit-meta kırıntılı kayalar spilitik bazalt, radyolarit çamurtaşı, spilitik kumtaşı, kireçtaşı ve çörtlerden oluşur (GENÇ, 1986). Karsak Boğazı civarında, İznik Gölü güneyindeki Mustafalı ve Göllüce köyleri çevresinde, doğuda Dereköy güneybatısında, çalışma alanının güneydoğusunda ise Derbent, Yenişerefiye, Bereket ve Akçapınar köyleri civarında tipik mostralari gözlenir. Litolojik açıdan kızıl, yeşil, kahve ve mor renkler sunan yastık lavlar, masif görünümlüdür ve kireçtaşı bant, mercek ve olistolitlerinden oluşmaktadır (GENÇ, 1986).

Adliye köyü kuzeybatısında yüzeyleyen ofiyolitler Paleozoyik yaşlı şistler arasında gözlenir ve litolojik açıdan yeşilimtrak sarı, alaca renkli ve bol çatlaklıdır. Sahanın doğusundaki İhsaniye köyü civarında en geniş yayılış alanına sahip olan kireçtaşı ve mermerler ayrıca çalışma alanının güneydoğusunda su bölümü hattı üzerinde, Yenişerefiye köyü güneyinde ve Nüzhetiye köyü batısında da rastlanmaktadır. Oolitik kireçtaşı özelliğine sahip olan bu birimler, beyaz, krem, koyu sarı renktedirler ve orta-kalın tabakalıdır. İstif kalınlıkları 50 ile 400 metre arasında değişir (GENÇ, 1986).

Çalışma alanında Bayırköy güneyinde yüzlek veren ve incelendiğinde çoğunlukla çakıl büyüklüğündeki kuvars, şist, çört ve kireçtaşı tanelerinden oluşan ve birbirine karbonat çimentoyla bağlanmış olarak bulunan Mesozoyik yaşlı konglomeralar koyu, grimsi kahverenkli, kalın tabakalı ve dayanımlı özelliktedir. Birim bazı bölgelerde 150 metreye kadar kalınlığa erişir. Mesozoyik yaşlı konglomera olarak ayrılan bu birimin üst seviyelerini kumtaşları oluşturur.

Kretase yaşlı flişler, bazı kesimlerde tuf tabakaları ve ara katkılar, ayrıca yaygın olarak kireçtaşı olistolitleri içermekte ve İznik Gölü'nün güneyinde; güneybatıdan başlayarak çalışma alanının doğusunda kadar geniş bir alanda yüzlek vermektedir. İznik Gölü'nün kuzeyinde ise Keramet köyünün kuzeydoğusundan başlayarak Osmaniye köyünün güneyine kadar uzanan bir bölgede yüzlek verdiği gözlenmektedir. Litolojik açıdan incelendiğinde ise boz, kahve, krem, yeşil renkli, ince orta kalın tabakalı, konglomera-marn- kireçtaşı-kumtaşı-kiltaşı-tuf-silttaşı-çamurtaşı aralanmaları söz konusudur. 200-800 metreler arasında kalınlık sunan flişler kendinden daha genç yaştaki Eosen ve Paleojen birimleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (GENÇ, 1986).

2.2.3. Tersiyer Yaşlı Birimler

Çalışma alanındaki Tersiyer yaşlı birimler olarak ayrılmış jeolojik birimler; Paleojen-Eosen yaşlı flişlerden, Paleojen volkaniklerinden, Paleojen – volkanik ardalanmalı çökel kayalardan ve Neojen çökellerinden oluşmaktadır.

Paleojen – Eosen yaşlı flişler çalışma alanında; Yenisölöz, Paşapınarı ve Narlıca köylerinin güneyinden batısında doğru uzanan bir alanda, çalışma alanının güneydoğusunda ve Çakırlı ve Keramet köylerinin kuzeyinde yüzlek vermektedir. Konglomera, marn, volkan tufü ve kalker ardalanmasından oluşan bu birim kahverengi, kirli sarı, gri, sarımsı beyaz ve boz renklindedir (AKARTUNA, 1968) ve yer yer kömürlü seviyeler de içermektedir (POLAT ve ARAS, 1980).

Çalışma alanının kuzeydoğusundaki Süleymaniye, Osmaniye, Sariağıl ve Mecidiye köyü civarından başlayarak, batıya doğru Sugören, Ortaköy, Yeniköy'e doğru geniş bir alanda paleojen volkanikleri yüzeyler. Andezit, bazalt, trakit ve diyabazdan oluşan bu volkanik kompleks Paleojen – Eosen zamanındaki etkin bir volkanizma sonucunda meydana gelmiştir. Birimler beyaz, sarım ve yeşilimsi renktedir (AKARTUNA, 1968). İznik Gölü'nün güneydoğusundan başlayarak batıya doğru uzanan alanda ise Paleojen – volkanik ardalanmalı çökel kayalar yayılış gösterir ve kirli sarı, yeşil renkli kahverenkli konglomera, kumtaşı, kiltası ve volkanik tuf ardalanmalarından oluşmaktadır (AKARTUNA, 1968). Gölün güneydoğusunda ve kuzey-kuzeybatısında geniş alanlarda Neojen formasyonları yüzlek vermektedir. Genel olarak sarımsı bir renk sunan ama bazı bölgelerde yeşil, beyaz, kırmızı, gri ve alaca renklere de bulunan neojen çökelleri marn, kil, konglomera, kum, çakıl ve kalker gibi göl çökellerinden oluşmaktadır.

2.2.4. Kuvaterner Yaşlı Birimler

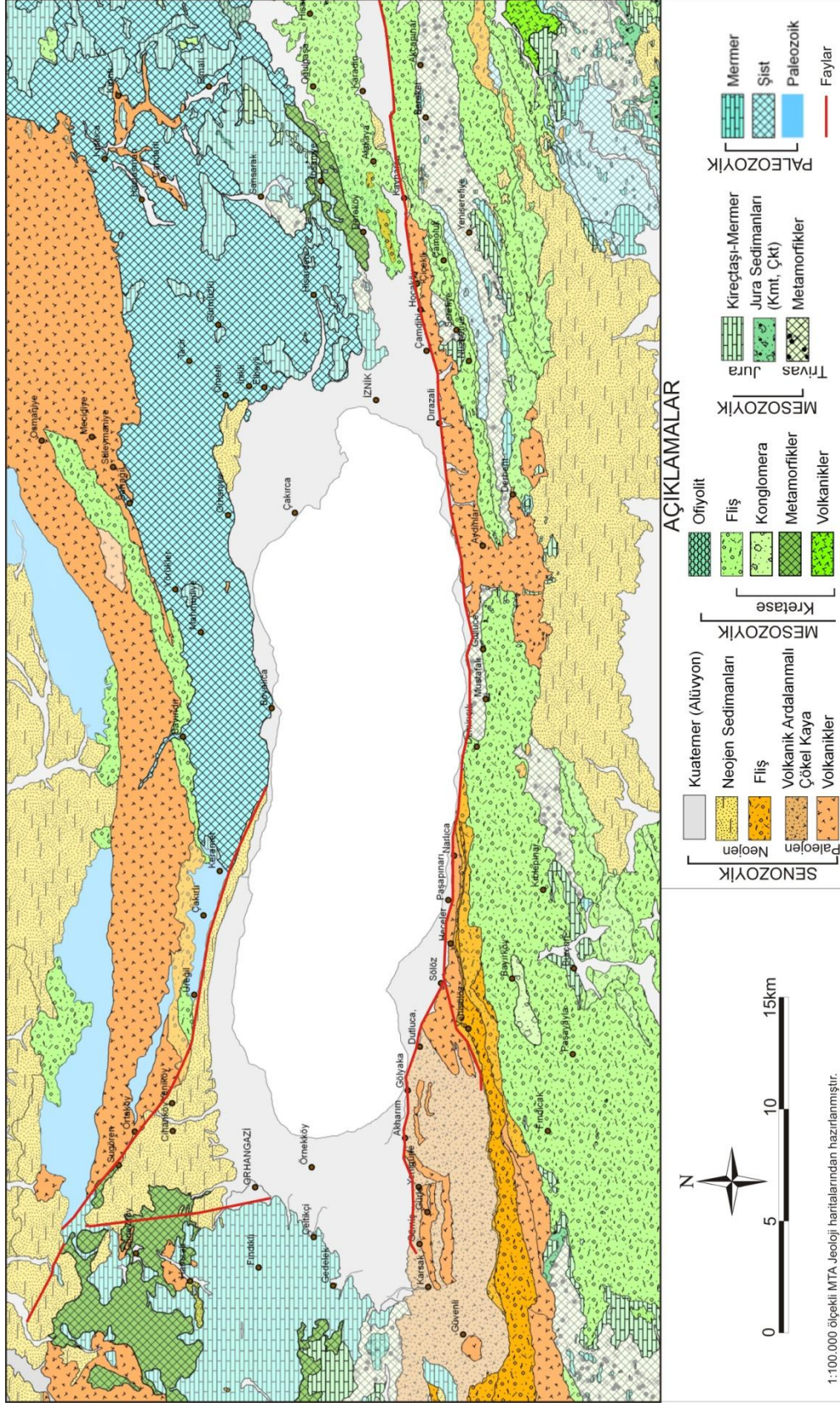
Çalışma alanındaki en genç birimleri oluşturan alüvyonlar ve travertenler Kuvaterner Yaşlı Birimler olarak ayrılmıştır. Kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutundaki tanelerden oluşan alüvyonlar çalışma alanında akarsu yataklarında, İznik Gölü çevresinde özellikler gölün doğu ve batı kesimlerinde geniş bir alanda görülmektedir. Özellikle gölün güney kesiminde yüksek dağlık alandan gelen akarsuların oluşturduğu birikinti koni ve yelpazelerine ait alüvyonlar geniş yer kaplar. Yine İznik Gölü'nün güneyindeki Sölöz Deltası ile kuzeydoğudaki Karasu Deltası, alüvyal dolguların bulunduğu iki önemli alçak düzlüğü oluşturur. İznik Gölü'nün batısındaki Gedelek köyü güneydoğusunda, yine gölün kuzeyinde Keramet köyü güneydoğusunda, ayrıca İznik ilçesinin doğudaki Dereköy'ün kuzeydoğusunda traverten oluşumlarına rastlanır. Polat ve Aras (1980)'a göre Keramet civarındaki travertenler, taraçalar üzerinde birikime neden olan sıcak su kaynakları tarafından oluşturulurken, Karadin

köyü güney kesiminde görülen travertenler ise Kretase kalkerlerinin suyla eritilerek yüzeyde tekrar çökmesi sonucunda meydana gelmiştir.

2.3. Tektonik

Sağ yanal doğrultu atımlı olan Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Marmara Bölgesi'nde Sakarya Nehri'nin batısında Kuzey, Orta ve Güney olmak üzere üç kola ayrılır ve İznik Gölü ve yakın çevresi Geyve, Mekece ve İznik Gölü güneyini katederek Gemlik Körfezi'ne giren orta kolun etkisi altındadır (ÖZTÜRK vd., 2009). Orta Kol, Geyve doğusundan Gemlik'e kadar yaklaşık 150 km boyunca izlenmektedir. Bargu (1978), Barka ve Kuşçu (1996) Emre vd., bu yapının Geyve – Pamukova havzası, İznik Gölü ve Gemlik Körfezi tabanına karşılık gelen çek-ayır havzalarından oluştuğunu öne sürmüşlerdir. İznik Gölü ve çevresindeki fay façetaı, ötelenmiş dereler ile şevler fayın karakterinin yanal atımlı bir yapıda olduğunu göstermektedir (YILMAZ vd., 1995). Diğer bir çalışmada ise, bölgedeki fay zonunun genel karakterinin doğrultu atımlı bir morfolojiye sahip olduğu ve Geyve (Geyve-İznik arası) ile İznik Fayı olmak üzere iki ayrı segmente ayrılmış olarak bulunduğunu belirtmişlerdir (TSUKUDA vd., 1988).

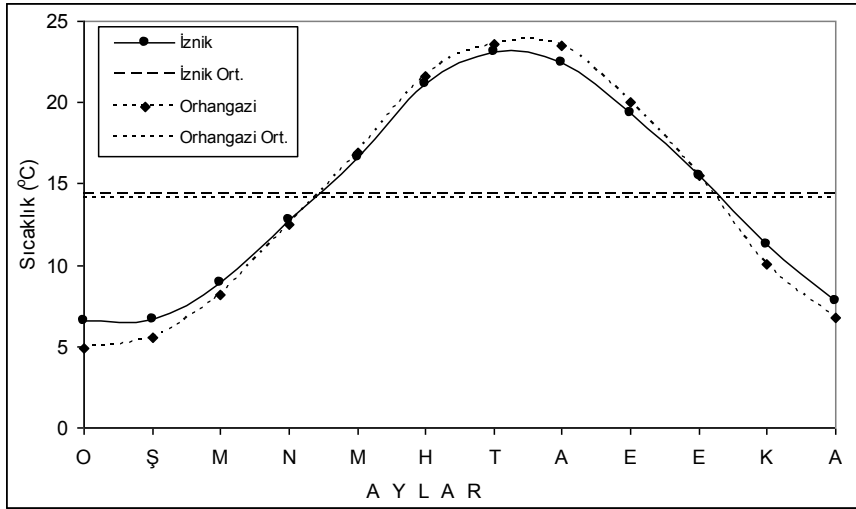
İznik Gölü güneyinden geçen orta kol çalışma alanı ve çevresindeki havzaları denetlemiş ve deforme etmiştir (Barka, 1992). Çalışma alanında gözlenen orta kola ait uzantılar; D-B ve KD-GB doğrultulu birincil (ana) doğrultulu atımlı sağ yanal fay düzlemi şeklinde izlenir ve bölgedeki dar düzlükler ile İznik Gölü güney kenarı morfolojisini denetler (DOĞAN ve GÜRER, 2005). D-B doğrultusu ile karadaki aktif fay morfolojisini oluşturan fay zonu özellikle güney kenardaki delta düzlüklerini denetler. Bölgenin en büyük delta düzlüğü olan Solöz deltasının güneyindeki aktif fay denetimli üçgen tepeler K30°B ve K46°B doğrultuları arasında olup bölgedeki en büyük gerilmeli alanı oluşturmaktadır (DOĞAN ve GÜRER, 2005).



Şekil 3. İznik Gölü ve Çevresinin Jeoloji haritası (MTA 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasından yeniden düzenlenerek oluşturulmuştur).

2.4. İklim Özellikleri

Araştırma alanının genel iklim özellikleri açıklanırken İznik Gölü'nün doğu kıyısında yer alan İznik Meteoroloji İstasyonu (coğrafi koordinatlar: 40°26'kuzey- 29°44'doğu, yükseklik 90 m; veri dönemi 1974–2001 arası) ve İznik Gölü'nün batı kıyısında yer alan Orhangazi Meteoroloji İstasyonu'nun (coğrafi koordinatlar: 40°30' kuzey- 29°19'doğu, yükseklik 125 m; veri dönemi 1977–1996 arası) verilerinden yararlanılmıştır. Ortalama sıcaklıklar İznik istasyonunda 14.4°C, Orhangazi istasyonunda 14.1°C'dir (Şekil 4). Her iki istasyonda en yüksek ortalama sıcaklıklar Temmuz ayında (23.1°C-23.6°C) en düşük ortalama sıcaklıklar ise Ocak ayındadır (6.6°C-4.9°C) (Şekil 5). Bu değerlere göre istasyonlarda aylık ortalama düşük ve ortalama yüksek sıcaklıkları arasında yıllık 16.5°C ve 18.7°C'lik farklar bulunur. İki istasyonu ekstrem değerlere göre incelediğimizde İznik istasyonunda maksimum sıcaklığın 45.2°C, minimum sıcaklığın -11.9°C olduğu, Orhangazi istasyonunda ise maksimum sıcaklığın 41.5°C ve minimum sıcaklığın -12.5°C olduğu görülür. Düşük sıcaklıklar özellikle kış aylarında don olaylarının yaşanmasına yol açar. İznik istasyonunda yıllık toplam 24.9 gün, Orhangazi istasyonunda ise yıllık toplam 31 gün don olayı gerçekleşir.

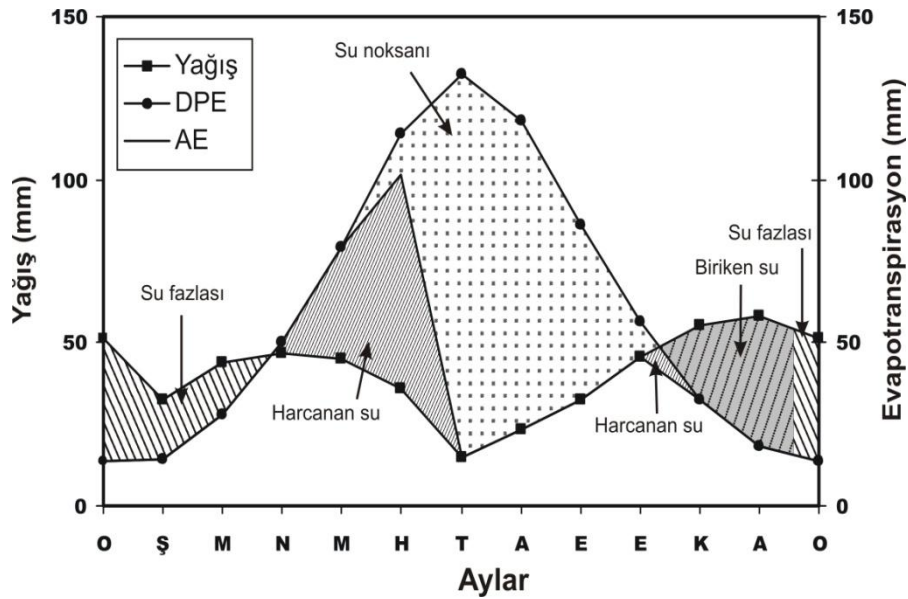


Şekil 4. İznik ve Orhangazi meteoroloji istasyonları yıllık ortalama sıcaklık yıl içindeki değişimi.

Tornthwaite iklim tipine göre Orhangazi istasyonu C_2 , B'_2 , S_2 , B'_3 harfleri ile gösterilen yarı nemli, ikinci dereceden mezotermal, yaz mevsiminde çok kuvvetli su noksanı olan ve denizel şartlara yakın iklim tipine girer. İznik istasyonu ise, D , B'_2 , D , B'_4 harfleri ile gösterilen yarı kurak, ikinci dereceden mezotermal, su fazlası olmayan yahut pek az olan ve denizel şartlara yakın iklim tipine girer. Yağış etkinliğini ortaya koymak amacıyla hazırlanan Thornthwaite su bilançolarına göre, İznik ve Orhangazi istasyonlarında, yani İznik Gölü havzası içerisinde, Mayıs-Ekim döneminde su noksanı yaşanmakla birlikte, aynı dönemde

toprak içerisinde kullanılabilir suyun (harcanan su) bulunduğu da görülür (Şekil 5). Harcanan suyun azalması sonucunda, Temmuz-Ekim dönemi su noksanlığının arttığı, Ekim ayından itibaren birikmeye başlayan suyun, Aralık ve Ocak aylarında %100'e ulaştığı ve bu dönemden sonra Nisan ayına kadar toprak içerisinde fazla suyun bulunduğu görülür.

İstasyonların yağış koşullarına baktığımızda, İznik istasyonunda daha belirgin olmakla birlikte, yıl içerisinde iki yağışlı dönem görülür. İznik istasyonunda en yüksek yağışın düştüğü Aralık ayından Şubat ayına kadar yaşanan düşüşten sonra, Mart-Mayıs döneminde tekrardan yüksek yağışlar görülür. Nisan ayından itibaren tekrar düşmeye başlayan yağış miktarı Temmuz ayında minimum değere ulaşarak yükselmeye başlar (Şekil 5).

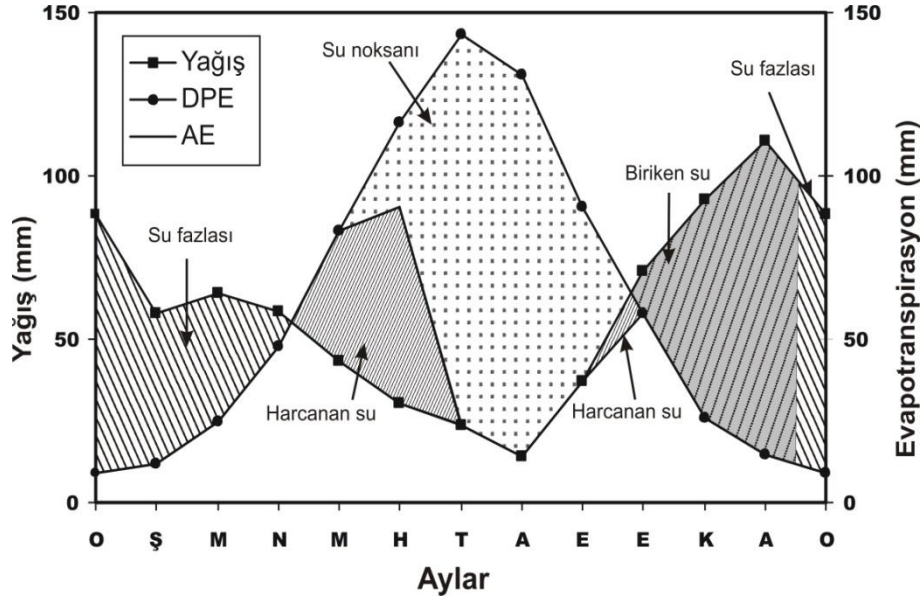


Şekil 5. İznik meteoroloji istasyonunun Thornthwaite su bilançosu.

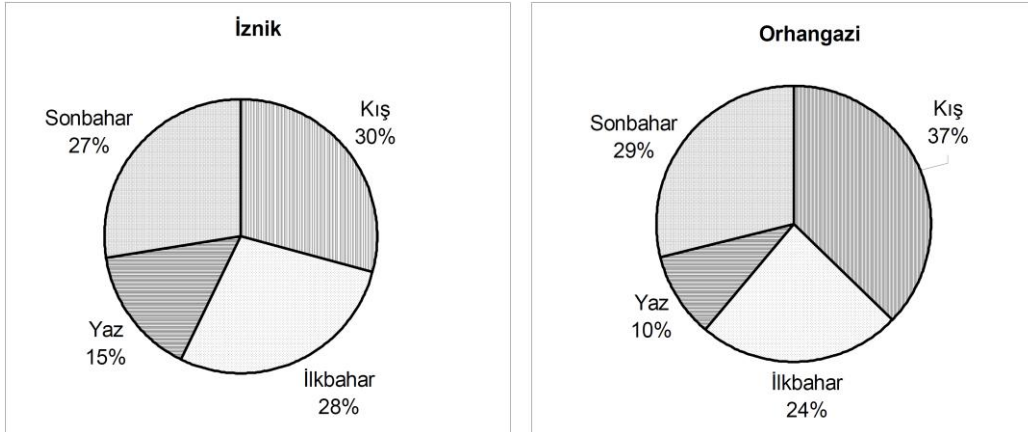
Orhangazi istasyonunda ise, en yüksek yağışın düştüğü Aralık ayından Şubat ayına kadar yaşanan düşüşten sonra, Mart ayında tekrardan yüksek yağışlar görülür. Mart ayından itibaren tekrar düşmeye başlayan yağış miktarı Ağustos ayında minimum değere ulaşarak hızlı bir şekilde yükselmeye başlar (Şekil 6). İki istasyonun yağış rejimlerinde dikkati çeken diğer bir nokta ise, yağışların mevsimlere göre dağılışıdır. İznik istasyonunda yağışlar daha düzenli bir dağılışı gösterirken, Orhangazi istasyonunda ise mevsimsel farklılıkların daha fazla olduğu görülür (Şekil 7). Bu farklılık özellikle Erinç kuraklık indisinde de belirgin olarak fark edilmektedir.

Erinç kuraklık indisi değerlerine göre İznik istasyonu "yarı kurak" özellik gösterirken, Orhangazi istasyonu "yarı nemli" bir özellik gösterir ve bu sonuçlar Thornthwaite iklim sınıflandırması ile uyumludur. Erinç kuraklık indisinin tüm aylara uygulanması sonucu elde edilen değerlere göre İznik istasyonu Aralık ve Ocak aylarında nemli, Şubat, Mart, Nisan,

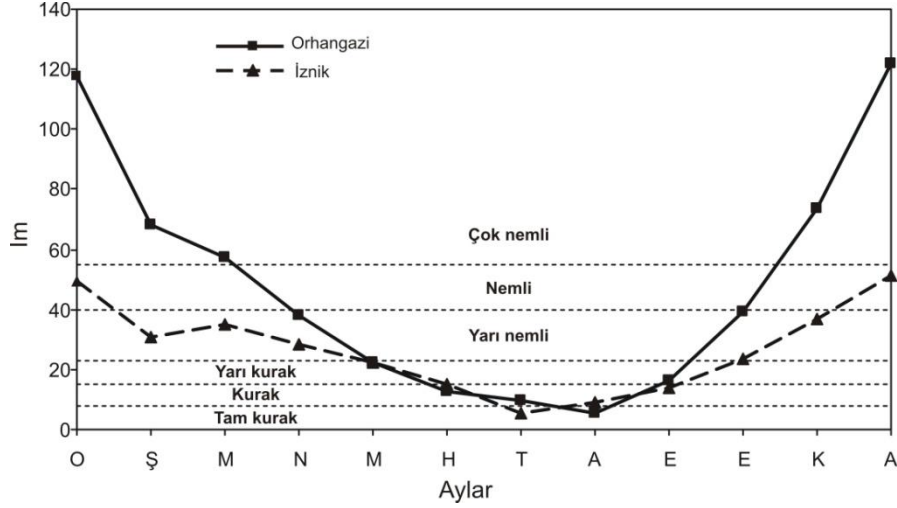
Ekim ve Kasım aylarında yarı nemli, Mayıs ayında yarı kurak, Haziran, Ağustos, Eylül aylarında kurak ve Temmuz ayında tam kurak özellik gösteren değerlere sahiptir. Orhangazi istasyonu ise, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Kasım aylarında çok nemli, Nisan ve Ekim aylarında yarı nemli, Mayıs ve Eylül aylarında yarı kurak, Haziran ve Temmuz aylarında kurak ve Ağustos ayında tam kurak özellik gösteren değerlere sahiptir (Şekil 8).



Şekil 6. Orhangazi meteoroloji istasyonunun Thornthwaite su bilançosu



Şekil 7. İznik ve Orhangazi istasyonlarında yağışın mevsimlere göre dağılışı (Akbulak, 2009).



Şekil 8. İznik ve Orhangazi meteoroloji istasyonları Erincik kuraklık indisinin yıl içindeki değişimi

3. AMAÇ ve ARAŞTIRMA PROBLEMLERİ

Yalıtışı, özellikle subtropikal ve tropikal bölgelerin plajlarında ve ayrıca Akdeniz kıyılarında, gevşek plaj materyallerinin CaCO_3 ile çimentolanması sonucu oluşan taşlaşmış bir kıyı çökelidir. Kıyı ortamlarında etkili olan morfolojik süreçlerin ve oluştukları dönemdeki deniz seviyesi değişimlerinin anlaşılması konularında sunduğu önemli ipuçları nedeniyle, 1800'lü yılların ortalarındaki öncü çalışmalardan bugüne yalıtışlarının kökeni ve mutlak yaşı konusuna büyük ilgi duyulmuştur. Türkiye'de yalıtışı oluşumu çoğunlukla Akdeniz ve Ege Denizi kıyılarındaki örneklerle temsil edilir. Yayılış sahalarının genişliğine karşın, kıyılarımızda yalıtışlarının oluşumu konusundaki bilgilerimiz tamamen gözlemsel delillere dayanan ve mutlak yaş verileri sunmayan birkaç çalışma ile sınırlıdır. Bu proje, tatlı su (göl) ortamlarında yalıtışı oluşumuna muhtemelen yegâne örneği oluşturan İznik Gölü kıyılarında yalıtışı oluşumunun çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik hususlarını açıklamayı amaçlamaktadır. Başlıca şu konulara ağırlık verilmiştir; yalıtışlarının 1) jeo-kimyasal ve petrografik karakteristikleri, 2) mutlak yaşları ve 3) yalıtışı çimentolanma özelliklerinden yola çıkılarak göl ve çevresi ile ilgili paleoklimatolojik ve paleohidrolojik göstergeler. Bu amaçla aşağıdaki temel konuların çözümlenmesi hedeflenmiştir:

Tatlı su ortamlarında yalıtışı oluşumunu denetleyen ya da teşvik eden faktörler neler olabilir?

İznik Gölü yalıtışları bugünkü tatlı su ortamına yabancı oluşumlar mıdır? Oluştukları zamanki göl suyunun kimyasal bileşiminde meydana gelmiş olası değişimleri mi yansıtmaktadırlar?

Yalıtışlarının mutlak yaşları nedir?

İznik Gölü yalıtışları mevcut literatüre göre dünyada tatlı su ortamında rastlanan tek

örnektir. Yukarıda belirtilen hususlar doğrultusunda bu projenin amacı petrografik, mikroanalitik, jeomorfolojik veriler ve mutlak yaş tayini yöntemlerinden faydalanılarak İznik Gölü kıyılarında yalıtışı oluşumunun kökeni ve Geç Kuvaterner kıyı çizgisi değişimlerinin ortaya konması, bugünkü koşullarda göl kıyısı boyunca çoğu yerde normal oluşum ortamı dışında gözlenen yalıtışlarının mutlak yaşlarının açıklanmasıdır.

4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Saha çalışmaları: gözlem ve örnekleme

Arazi çalışmalarında İznik Gölü'nün tüm kıyılarındaki yalıtışları gözlemlenildikten sonra İznik'ten güneybatıya doğru saatin ters yönde yalıtışı zonlarının detaylı incelenmesine geçilmiştir. Göl kıyısında 10 farklı lokalitede yalıtışı oluşumu gözlenmiştir (Şekil 9). Bunlardan 7 tanesi güney, 1 tanesi batı, 2 tanesi ise kuzeydoğu kıyıda belirlenmiş ve koordinatları kaydedilerek haritalanmıştır. Her bir lokalitede yalıtışları incelenerek kıyı zonlarının jeomorfolojik incelemeleri ile yalıtışı tabakalarının stratigrafik tanımlama ve ölçümleri yapılmış, laboratuvar ve yaşlandırma çalışmaları için örnekler toplanmıştır.

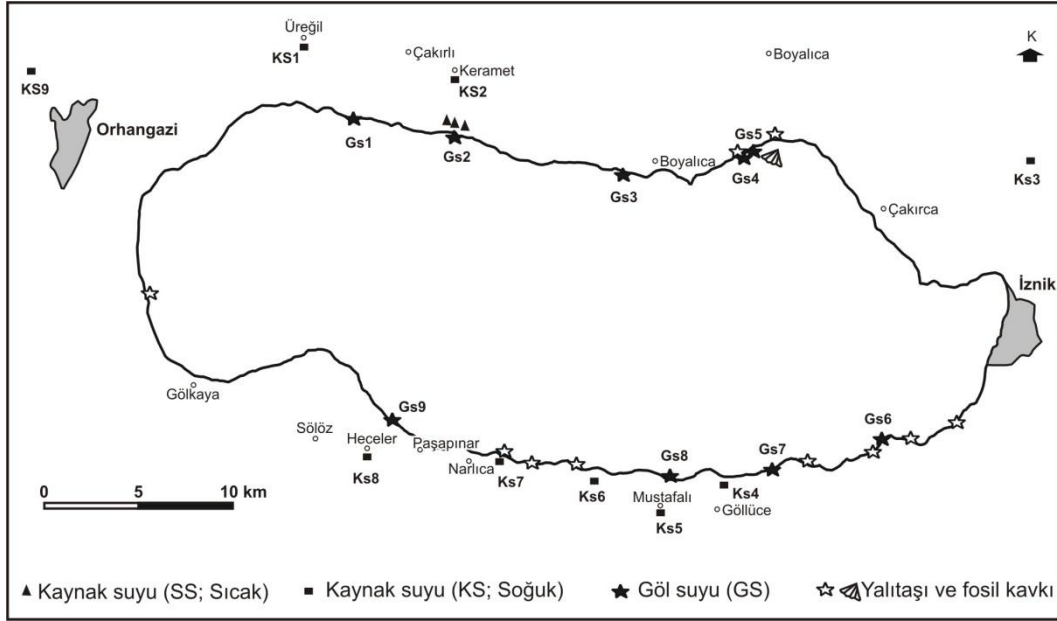


Şekil 9. Googleearth Uydu Görüntüsü üzerinde çalışılan yalıtışlarının dağılışı (L: yalıtışı).

Arazi çalışmalarında 10 farklı lokaliteden toplam 53 ayrı yalıtışı örneği 2'şer set halinde laboratuvar ve yaşlandırma çalışmaları için alınmış ve alınan her bir örnek GARMIN marka GPS ile kaydedilerek etiketlenilmiştir. OSL tarihlendirmesi için alınan örnekler çift siyah poşetlere konarak güneş ışığı görmesi engellenmiştir. Örnek alınırken yalıtışlarının stratigrafik özellikleri ve yayılış sahası gözlemlenmiş, örnek alınırken farklı çimentolanma dönemlerini karakterize edecek referans seviyeler seçilmiştir. Özellikle, yalıtışlarının su seviye değişimleri ile bağlantıları araştırıldığından kara yönünde en son yüzeylediği kesimler ile göl suları altında kalan kesimlerden örnekleme yapılmaya çalışılmıştır. Aynı kesitlerden alt, orta ve üst seviyelerden mümkün olduğunca çok örnek alınmış, örnekleme yapılan seviyelerin stratigrafik ve petrografik özellikleri yerinde not edilmiştir. Ayrıca yalıtışı zonları

boyunca belli aralıklarla çok sayıda tabaka ölçümü yapılarak çimentolaşmış zonlardaki yapısal farklılıklar araştırılmıştır.

Yalıtışları dışında, göl suları, göle kavuşan akarsular ve sıcak-soğuksu kaynaklarından oksijen, karbon ve döteryum izotop analizleri için örnekler (toplam 20 su ve 53 karbonat (yalıtışı karbonatları) örneği toplanmıştır. Şekil 10'da gösterildiği gibi göl çevresindeki kaynaklardan ve göl suyundan toplam 19 örnek toplanmıştır.



Şekil 10. Soğuk ve sıcak su kaynakları ile göl sularından ICP-AES ve duyarlı izotop çalışmaları için alınan örneklerin lokasyonları.

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

Proje süresince yürütülen laboratuvar çalışmaları yalıtışı örneklerinin petrografik ince kesitlerinin alınması yanında yalıtışı çimentolarının kalsimetrik olarak ölçülmesi, pH ve EC değerlerinin analizi, ICP-MS, ICP-AES, XRD ve SEM/EDX analizlerini içerir.

4.2.1. İnce Kesitler. Alınan her bir yalıtışı örneğinden kumtaşı yapısında olan, yani nispeten daha ince taneli örnekler ayrılarak Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda ince kesitleri yapılmıştır.

4.2.2. Toplam CaCO₃, pH ve EC Analizleri. Toplam 53 örneğin CaCO₃, pH ve EC ölçümleri yapılmıştır. EC analizleri için örnekler saf su ile 1:2,5 oranında karıştırılarak elektriksel iletkenliğe bağlı kondaktivite metodu ile IQ scientific instruments marka EC-metre ile ölçülmüştür (SOIL SURVEY STAFF, 1951). pH ölçümlerinde örnekler saf su ile 1:2,5 oranında karıştırılarak elde edilen hidrojen iyonu konsantrasyonu, (IQ scientific instruments)

pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmüştür (GREWELLING ve PEECH, 1960). % olarak CaCO₃ miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (HIZALAN ve ÜNAL, 1966).

Su içeriği hesaplamaları (bu analiz sonuçları OSL yaşlandırması çalışmalarında da değerlendirilmiştir) için kaplarda bulunan öğütülmüş ve elenmiş örneklerin üzerlerine yeterli miktarda su eklenen örnekler 3 gün boyunca suda bekletilmiştir. 3 gün sonra örneklerin üstlerinde kalan sular süzülüp, örneklerin neme doymuş ağırlıkları hesaplandıktan sonra neme doymuş örnekler kuru ağırlıklarını hesaplaya bilmek için 50°C'lik etüvde 3 gün bekletilmiştir. Üçüncü gün sonunda içerisindeki nemin tamamı uçan örneklerin kuru ağırlıkları tartılmıştır. Kalsiyum karbonat ölçümleri için ise kurutulmuş örnekler 0.5 mm'lik elekte elendikten sonra her örnekten 1 gr kadar ayrılarak örnekler kalsimetrik analiz için hazırlanmıştır. Karbonatlı bileşiklerin ya da malzemelerin HCl ile reaksiyona girdikten sonra oluşan CO₂ gazının hacminin ölçülmesine dayanan bu metotla elenen örneklerden Scheibler kalsimetresi ile CaCO₃ tayinleri yapılmıştır.

4.2.3. ICP-MS Analizleri. Optik lüminesans tarihlendirmesinde özellikle karbonatlı kayaçların tarihlendirilmesinde örneklerdeki U, Th ve K değerlerinin bilinmesi hata payının en aza indirgenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle her bir yalıtışı örneğinden 180 gramlık örnek ICP-MS analizlerinin yapılması için bu konuda güvenilir bir kurum olan ACME (Kanada) adlı kuruluşa gönderilmiştir. Analiz sonuçları 37 elementin multielement analizini içermektedir.

4.2.4. SEM/EDX Analizleri. Yalıtışlarının çimento dokularının analiz edilmesi için bu analizler İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Örnekler Polaron marka Sputter Coater cihazında Au-Pd kaynak kullanılarak 90 saniye kaplandıktan sonra Philips marka XL30-SFEG model taramalı elektron mikroskobunda SE (Secondary Electron) ve BSE (Backscattered Electron) dedektörleri ile incelenmiştir. Element analizleri ise mikroskoba bağlı EDAX marka EDX (Energy Dispersive X-Ray Microanalysis) sisteminde yapılmıştır.

4.2.5. XRD Analizleri. Yalıtışlarında taneleri bağlayan çimento materyalini içeren ince taneler mümkün olduğunca ayıklanarak porselen havanda öğütülmüş ve 0.125 mm'lik elekten geçirildikten sonra İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi'nde analize tabi tutulmuştur.

4.2.6. ICP-AES Analizleri. Su örneklerinin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma Merkezi Merkez laboratuvarında ICP-AES ile analiz edilmesi yoluyla göl

ve kaynak sularının element bileşimleri ortaya konmuştur.

4.2.7. Duraylı İzotop Analizleri. ISO Analytical Limited (İngiltere) ve Arizona Üniversitesi Yerbilimleri Bölümü izotop laboratuvarlarında yalıtışı karbonatları, 9 numaralı lokalitede yoğun bulunan *Cerastoderma glaucum* fosillerinin karbon 13 ve oksijen 18 izotop analizleri, ayrıca göl suyu ve kaynak suyu örneklerinin oksijen 18 ve döteryum izotop analizleri yaptırılmıştır.

4.3. Tarihlendirme Çalışmaları

4.3.1. Optik Lüminesans Tarihlendirmesi. OSL (Optically Stimulated Luminescence/Işık Uyarımlı Lüminesans) ile tarihlendirme basit bir tanımla sediment malzemenin bulunduğu ortamda bulunduğu sürece almış olduğu radyasyon dozunun, (eşdeğer dozun ya da paleodoz) sediment malzemenin bulunduğu doğal çevrenin yıllık radyasyon dozuna bölümüdür.

$$\text{OSL yaş (yıl)} = \text{Eşdeğer doz (mGy)} / \text{doz hızı (mGy/yıl)}$$

Burada mGy, malzemenin absorbe ettiği radyasyon enerjisinin birimidir. Doğal ortamın radyasyon hızı ise o çevreye özgü bir büyüklüktür ve değişmez. Sediment malzeme bu doğal radyasyon ortamında kaldığı sürece bu çevre radyasyonundan etkilenir ve yapısında bazı değişiklikler meydana gelir. OSL analizleri ile bulunan eşdeğer doz ile bu değişimlerin miktarı belirlenir.

Sediment malzemenin etkisi altında kaldığı doğal çevre radyasyonunu temel kaynakları yer kabuğunda var olan radyoaktif K-40 izotopu ile Uranyum ve Toryum bozunum zincirinde yer alan radyoaktif izotoplar ile kozmik ışınlardır. Yer kabuğunda bulunan radyoaktif izotopların yaydığı alfa, beta ve gama ışınları yanısıra uzaydan yeryüzüne ulaşan yüksek enerjili kozmik ışınları sediment malzeme içinde bulunan kuvars mineralinin kristal band yapısında yer alan valens elektronlarının uyarılmasına ve üst iletkenlik bandına geçmelerine neden olur. Uyarılan elektronlar yerlerine dönerken kuvars mineralinin yasak band aralığında bulunan tuzaklara yakalanırlar. Yakalanan elektronların bu tuzaklardan ışık uyarımı yoluyla serbest bırakılarak tuzaklardan serbest kalan elektronların sayısı ve dolayısıyla sediment malzeme tarafından alınan radyasyon dozu belirlenir. Buna eşdeğer doz ya da paleodoz denir. Bu doz malzemenin o ortamda bulunma süresi ile, bir başka deyişle jeolojik yaşı ile orantılıdır.

Kuvars ayrıştırılması ve OSL analizleri IŞIK Üniversitesi Arkeometri laboratuvarlarında yapılmıştır. Tarihlendirilecek örnekler karanlık ortamda kalın siyah plastik poşetlerde laboratuvara ulaştırılmış, ardından laboratuvarında yine kırmızı ışık altında elenerek 90–180 µm büyüklükte taneciklere ayrılmıştır. Daha sonra kimyasal işlemlere başlanmıştır. Örneklerdeki karbonatları ayırmak için önce HCL ile yıkanarak bekletilmiş, ardından da

organikleri temizlemek için H_2O_2 ile muamele edilmişlerdir. Daha sonra HF uygulanarak kuvars mineralinin dış yüzeyi aşındırılmış ve feldspar kontaminasyonundan temizlenmiştir. Son olarak bir kez daha HCL uygulanarak saf su ile yıkanma $50^\circ C$ etüvde kurutma süreci tamamlanmıştır. Tüm kuvars ayırma işlemleri ve yapılacak olan OSL ölçümleri karanlık ortamda kırmızı ışık altında gerçekleştirilmiştir.

OSL ölçümleri için kuvars tanecikleri silikon spray yardımıyla 1 cm çapında paslanmaz çelik diskler üzerine alınarak OSL ölçümlerden önce feldspat kontaminasyonu olup olmadığı test edilmiş ve temiz örneklerin OSL sinyalleri mavi ışık (470 nm) ve U-340 filtresi kullanılarak Risø TL/OSL okuyucusu ile ölçülmüştür. (Bøtter-Jensen, 1997).

Eşdeğer doz- D_e . OSL analizlerde malzemenin bulunduğu ortamda soğurduğu radyasyon dozuna eşdeğer dozu hesaplamak için OSL-SAR (single-aliquot regenerative-dose) protokolü kullanılmıştır (Murray ve Wintle, 2000). Bu laboratuvar protokolünde uyguladığımız deneysel adımlar Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. OSL-SAR laboratuvar ölçüm protokolü (MURRAY ve WINTLE, 2000).

-
1. Işınlama ($i=0,1,2,3,4,5$)
 2. Ön ısıtma ($260^\circ C$ de 10 dakika)
 3. OSL sinyal ($125^\circ C$ de 40 s)
 4. Test doz
 5. TL ölçüm ($190^\circ C$ ve $5^\circ C/s$)
 6. OSL sinyal ($125^\circ C$ de 40 s)
-

Bu tablodaki verilerden de anlaşılacağı gibi SAR protokolü aynı örneklerin önce doğal olarak ışınlanmadan ve sonraki döngülerde laboratuvar ortamında ışınlanmasının ardından ön ısıtılması, ardından OSL sinyallerinin (L_i) ölçülmesi ile başlayan ölçüm basamaklarından oluşmaktadır. Bu altı adımdan oluşan ölçümler altı kez tekrarlanır ($i=0,1,2,3,4,5$). İlk olarak $i=0$ döngüsü ile örneklerin doğal dozlarına karşılık gelen OSL sinyal ölçümleri gerçekleştirilir. Bu birinci aşamada örnekler doğrudan ön ısıtmaya tabi tutulurlar. Ön ısıtma uygulanmasının temel nedeni doğal OSL ölçümlerinde yer almayan ancak laboratuvar ışınlamaları sonrasındaki ölçümlerde gözlenen OSL sinyallerinin ortadan kaldırılmasıdır. Ardından örneklerin OSL ölçümleri yapılır (L_i). Örneğin sinyal kararlılığını test etmek amacıyla laboratuvarda verilen ve doğal dozun yaklaşık %10-20 si kadar bir dozda ışınlama yapılır. Test doz olarak adlandırılan bu ışınlama ile elde edilen OSL sinyali (T_i) ölçümler arasında meydana gelebilecek duyarlılık değişimlerini izlemeye kullanılır ve bu sinyal kullanılarak OSL ölçümlerinde düzeltme yapılır (L_i/T_i).

Yukarıda $i=0$ döngüsünde doğal OSL sinyali için tanımlanan işlem basamakları beş kez farklı laboratuvarda ışınlama dozu kullanılarak tekrarlanır. $i=1, 2, 3$ döngülerinde üç farklı

ışınlama dozu kullanılır. Bu dozların seçimi doğal doz referans alınarak yapılır ve doğal dozun özellikle ilk iki laboratuvar dozunun arasına düşecek şekilde verilmesi önerilir. Bu verilerle oluşturulacak bir doz-cevap eğrisi laboratuvar doz uygulamasının test edilmesini sağlar. Bir sonraki $i=4$ döngüsünde örnek ışınlanmaz ve örneğin OSL sinyalinin sıfırlanma özelliği test edilir. 'Recuperation' olarak adlandırılan bu test ile sıfır doz OSL sinyalinin ne kadar sıfır değerine yaklaştığı ölçüsü araştırılır. Sıfır doz OSL sinyalinin doğal doz sinyaline oranı olarak tanımlanmakta ve bu değer %5 altıda kalması önerilmektedir. Son olarak $i=5$ döngüsünde ilk $i=2$ de uygulanan radyasyon dozu tekrar verilir ve elde edilecek OSL sinyallerin tekrar edilebilirliği test edilir. 'Recycling ratio' ya da $R5/R1$ olarak adlandırılan bu test ile aynı doz iki kez örneğe uygulanır ve doz-etki grafiği üzerinde aynı noktayı verip vermediği araştırılır. Bu iki dozun birbirine oranı güvenilirlik açısından bir değerine yakın olmalıdır. Her iki test, bize yaptığımız ölçümlerin ne kadar güvenilir olduğunu belirtir.

4.3.2. AMS Radyokarbon Tarihlendirmesi. 9 numaralı lokalitede yalıtışı tabakaları üzerinde çimentolanmış *Cerastoderma glaucum* fosil kavkuları ve ardından bu yalıtışının gerisindeki göl taraçaları içinde aynı kavkuların tespit edilmesi ile bu kavkular ve kavki içeren zayıf karbonat çimentolu polijenik konglomera yapısındaki deponun AMS radyokarbon tarihlendirmesi yapılmıştır. Tarihlendirme çalışmaları BETA (Miami, USA) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

5. ANALİZ VE GÖZLEM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Lokalite 1. İznik güneybatısında yer alan 1 nolu lokalitede yalıtışları çakıllı bir plaj boyunca düzenli tabakalar halinde değil, parçalı bloklar şeklinde korunmuştur (Şekil 11). Yalıtışı oluşumunun geliştiği kıyı zonu 60 metre kadar uzunluktadır. Deforme haldeki yalıtışı tabakaları göle (kuzeye) doğru 5-10 derece arasında eğimlidir ve kıyı çizgisine paralel olacak şekilde güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda uzanırlar. İstif göl içinde 10 metre kadar takip edilirken, plaj gerisinde de 21 metre maksimum genişliğe ulaşır.



Şekil 11. İznic güneybatısındaki 1 nolu lokalitede yalıttaşları.

Toplam maksimum kalınlık 60 cm olup genelde 40 cm'yi geçmez. İri çakıl ve boyutu 40 santimetreyi bulan yuvarlanmış mermer bloklar nedeniyle tabakalaşma yapısı belirgin değildir. Mermer, kireçtaşı, çeşitli volkanikler, yeşil şist ve kuvars çakılları egemendir. Boşluk araları ise daha küçük materyallerle (litoklast egemen) doldurulmuş tane destekli bir istifdir. Genellikle üst ve alt seviyeler konglomera, ortadaki 20–30 santimetrelik kısım ise küçük-orta çakıl iriliğinde materyallerden oluşmaktadır. İstif oldukça sert, iyi çimentolanmış, dayanımlıdır. Yalıttaşlarının yüzeyi maksimum 3 santimetre kalınlığa erişen tatlı su kurtçuklarının kalıntıları ile yoğun şekilde kaplıdır. Erime boşlukları yoğundur. İstif bu özelliklerine göre göl kıyısında yüksek enerjili bir ortamda depolanmış çakıl ve blok egemen fırtına setlerine ait bir depoyu karakterize etmektedir.

Toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre (Tablo 2) bu lokalitedeki yalıttaşları ortalama % 21.74 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik ortalaması 150.68 μs , pH ise 8.65 ile alkalidir. Yalıttaşlarında çimento morfolojisinin egemen

türünü mikrit örtüler teşkil eder. Bunun yanında keskin akikular aragonit rimleri, bir çekirdekten çevreye radyal olarak büyümüş aragonit agregatları ve az oranda tane arası meniskal köprü çimentolar da tanımlanmıştır. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelere göre sıralanması O>Ca>C>Si>Al>Fe>Mg>K>Na şeklindedir (Tablo 3). 1.1 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında grafit, kuvars, enstatit, protoenstatit ve koesit tanımlanmıştır.

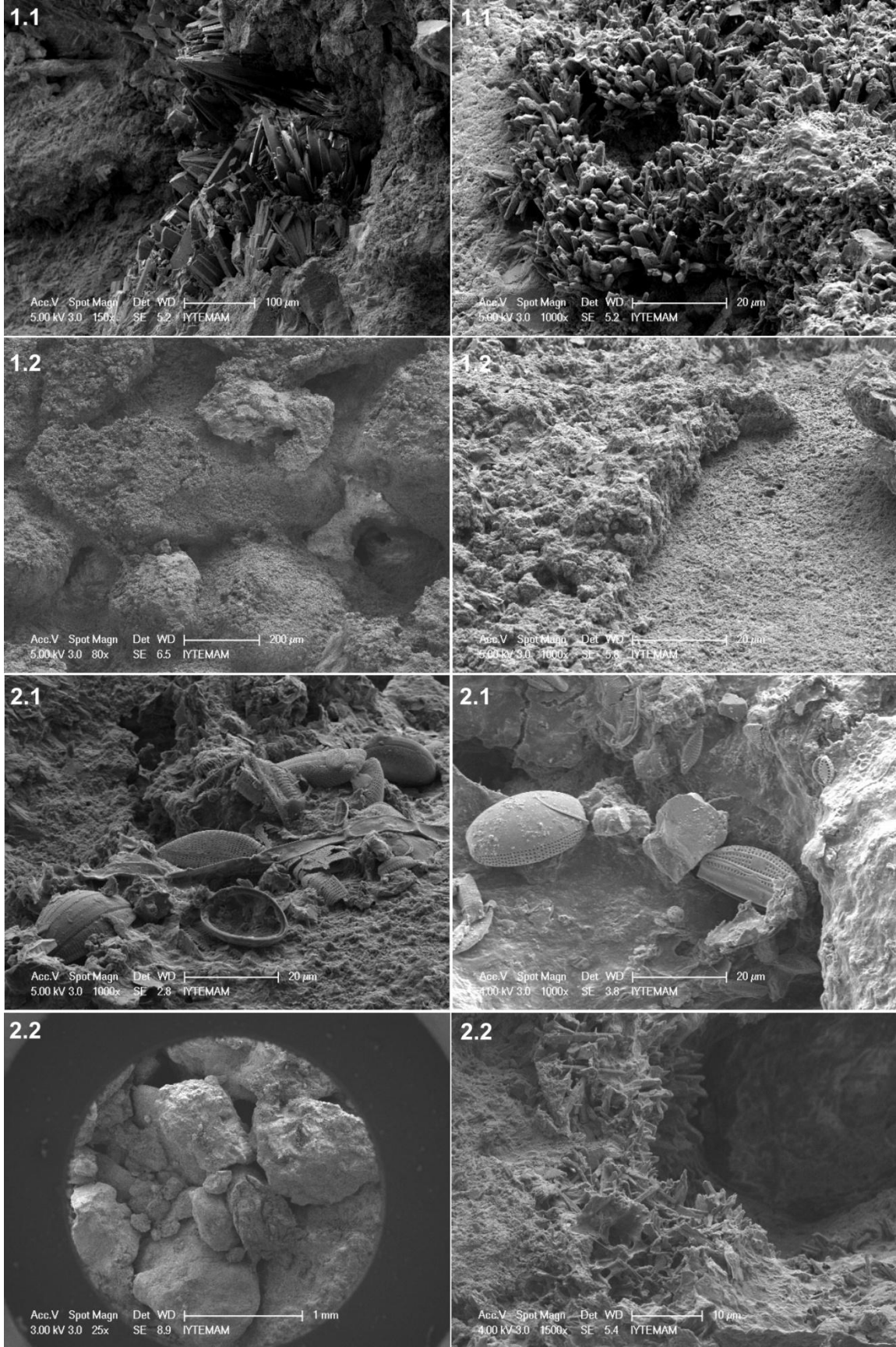
Tablo 2. 1 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.

	Örnek No	Dara (gr)	Su içeriği		Toplam CaCO ₃ (%)	CaCO ₃ derecesi	EC (µs)	PH	
			1.Ölçüm (%)	2.Ölçüm (%)					3.Ölçüm (%)
Lokalite 1	1.1	51.37	68.67	72.98	67.65	27.48	Çok fazla	130.1	8.63
	1.2	54.61	63.80	67.04	63.50	24.06	Fazla	140.5	8.88
	2.1	52.52	55.50	57.12	55.38	20.60	Fazla	127.7	8.72
	2.2	53.31	79.89	87.34	78.45	17.57	Fazla	186.2	8.82
	3.1	52.87	77.14	83.24	75.58	20.61	Fazla	185.9	8.94
	3.2	54.90	69.49	73.73	68.99	20.13	Fazla	133.7	7.92
	Ort.						21.74		150.68

Tablo 3. 1 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

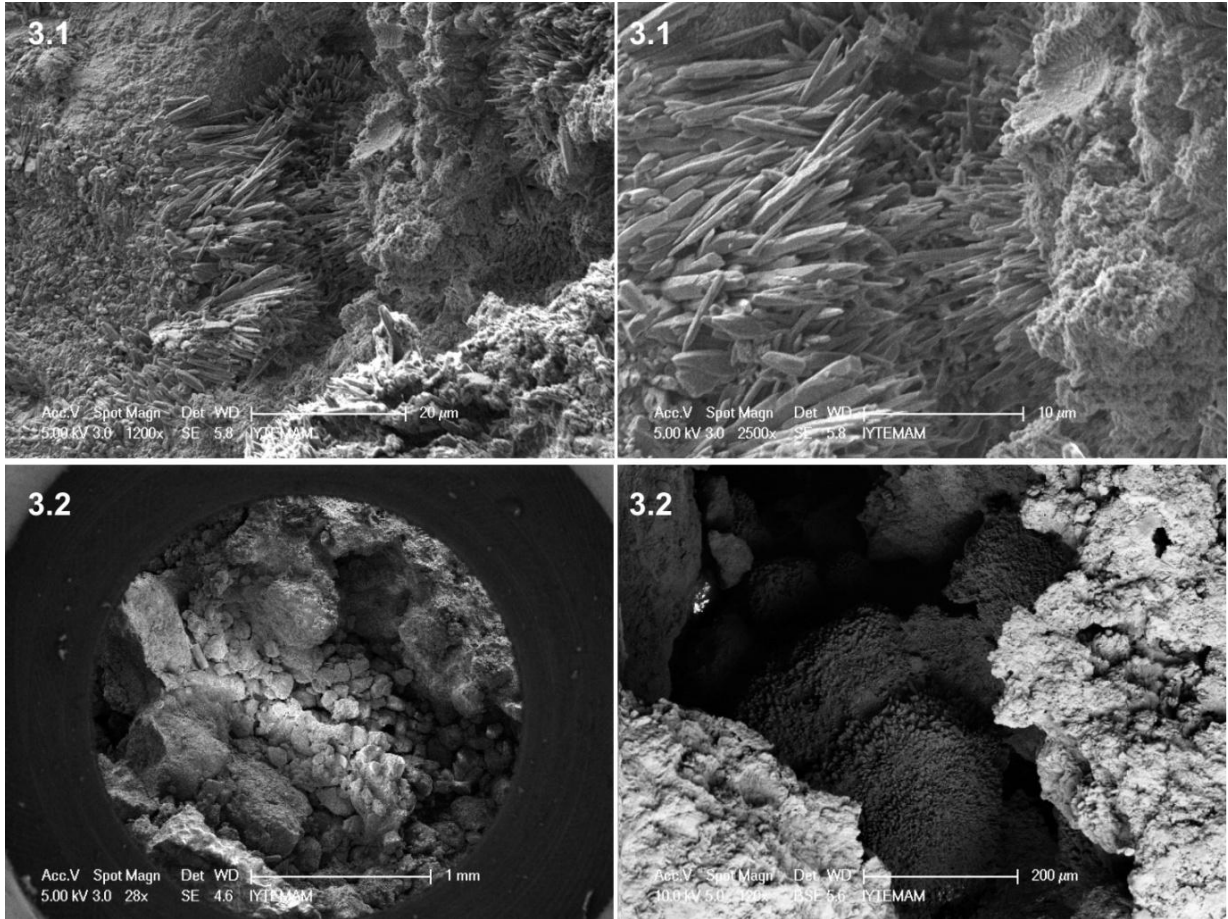
Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler									
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
1.1	Mikritik zarf	27,35	30,17	1,6	2,38	6,41	13,1	0,79	11,7	6,49	
1.1	Mikritik zarf	14,51	28,96	0,78	0,87	0,97	1,58	0,86	50,95	0,51	
2.1	Mikritik zarf	20,66	35,52	1,26	5,14	4,7	15,96	1,09	10,19	5,48	
2.1	Köprü çimento	17,78	37,75	2,31	3,25	5,3	16,65	1,76	12,16	3,04	
2.1	<i>Amphora</i> sp.	17,97	39,8	1,28	1,9	3,43	28,9	0,68	4,38	1,67	
2.1	<i>Cocconeis</i> sp.	19,46	37,62	1,11	1,33	3,42	31,95	0,35	1,77	3	
2.1	<i>Fragillaria</i> sp.	20,89	36,59	0,61	0,81	1,33	35,53	0	2,03	2,22	
2.2	Aragonit rim	41,34	42,85	1,39	1,91	2,63	3,36	0,62	5,9	0	
2.2	Aragonit rim	38,50	43,17	0,29	2,31	2,46	3,69	1,07	7,88	0,64	
3.1	Akikular Aragonit rim	1,77	6,37	0	0	0	0	2	87,92	1,94	
3.1	Akikular Aragonit rim	19,10	37,34	0,44	0,47	0,27	0,23	0,44	40,89	0,8	
3.2	Radyal agregatlar	5,07	6,81	0,17	0,38	0,58	2	3,46	80,23	1,30	
Ort.		20,36	31,91	0,93	1,72	2,62	12,74	1,09	26,33	2,25	

Laboratuar çalışmasında 1 nolu lokaliteden alınan örneklerden toplam 60 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 12 ve 13'de elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır.



Şekil 12. Lokalite 1'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

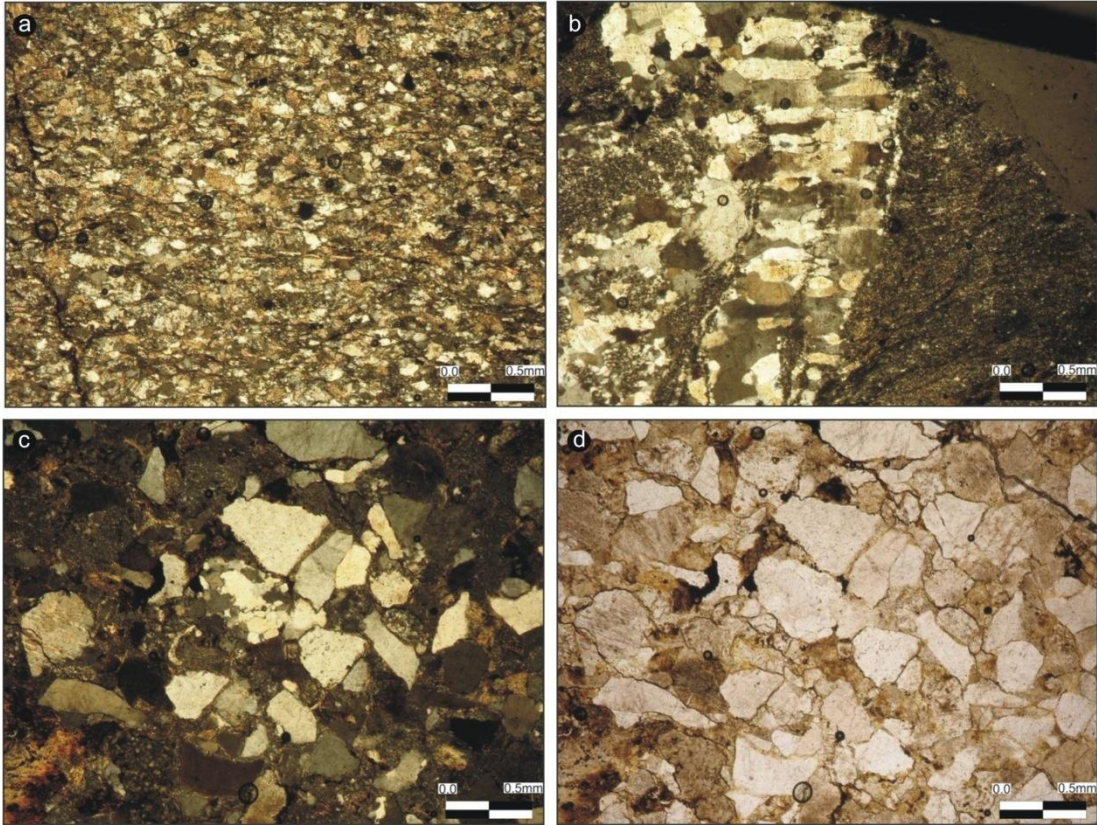
1.1 nolu görüntülerde tane yüzeylerini örten mikrit zarflar üzerine gelen büyüklüğü 100 μm 'ye ulaşan aragonit kristallerinin ikincil çimento yapısını oluşturduğu net olarak görülmektedir (Şekil 12). 1.2 numaralı görüntüde büyütme oranı düşük olduğundan (80X) tane aralarını dolduran boşluk dolgusu çimentonun mikrit zarfları üzerine geldiği görülür ve çimento malzemesinin aşırı doygunlukta hızlı geliştiğini gösterir. 1.2 nolu diğer fotoğrafta da mikrit örtülerin kalınlığı 100 μm 'ye ulaşmaktadır. Yalıtışları içindeki diatom zenginliğini gösteren 2.1 numaralı görüntülerde *Amphora ovalis* türü diatomların tane yüzey ve aralarını doldurduğu görülür. 2.2 numaralı görüntüler ise boşluk dolgularının hemen tamamen aragonit kristallerinden oluştuğunu göstermektedir. 3.1 numaralı örneklerde (Şekil 13) uzunluğu 100 μm 'yi aşan aragonit kristallerinin iğneler şeklinde birbirine doğru geliştiği ve tane kenarlarında keskin rimler oluşturduğu görülür. 3.2'de büyüklüğü 1 mm kadar olan tanelerin aralarının çok küçük tanelerle doldurulduğunu, boşluk aralarında radyal aragonit kristallerinin agregatlaşma oluşturduğunu göstermektedir.



Şekil 13. Lokalite 1'den alınan yalıtış örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

2.2 numaralı örnekten alınan ince kesitlerde kaba taneli kumtaşı (konglomeratik kumtaşı) yapısındaki yalıtış farklı kökenden türeme kaya kırıntılarından oluşmaktadır (Şekil

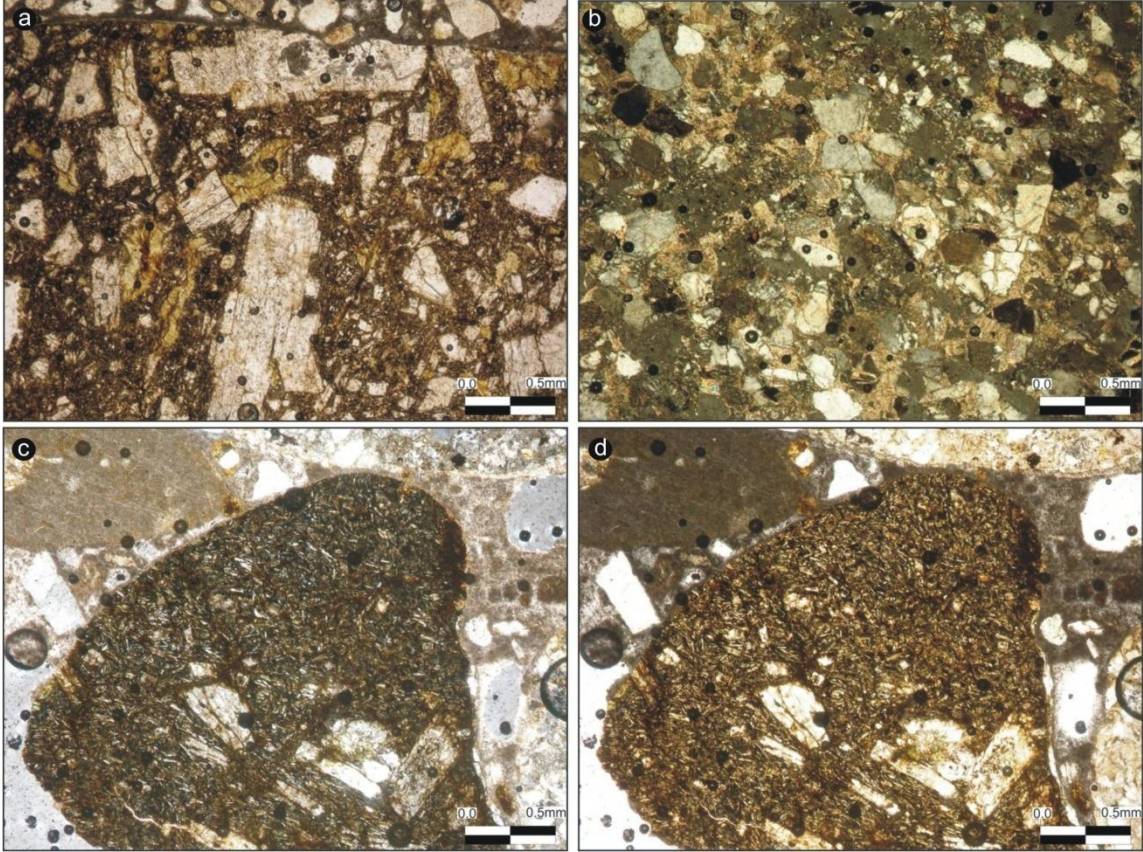
14). Tane büyüklükleri genellikle 0,5 mm ile 3 mm arasında değişir. Bazı tanelerde yuvarlaklık çok iyi gelişmiş olup muhtemelen ikincil bir aşınma ve taşınma geçirmişlerdir. Farklı kökenden gelmiş olan tanelerin çoğunluğunu magmatik ve metamorfik kayaç kırıntıları oluşturur. Bunlar içerisinde kuvars muskovit şist, epidot-amfibol şist, mermer ve kuvarsit metamorfik kökenli taneleri oluştururken bazalt, andezit taneleri magmatik kökenli kayalardan türemiştir. Ayrıca serpantinleşmiş ultrabazik kayaç taneleri de mevcuttur. Bunların dışında hiç metamorfizma izi göstermeyen subgrovak türünde kumtaşı taneleri ile kireçtaşı ve çört kırıntıları da gözlenir. Ayrıca tek tane mineral olarak da kuvars, plajiyoklas ve opak mineraller gözlenmektedir. Kuvarslar genellikle dalgalı sönmeli ve metamorfik kayalardan türeme olanlar polikristalindir. Tek tane kuvarslarda kenar kesimleri yer yer ondülasyonlar gösteren yuvarlağımsı taneler şeklindedir. Kayada boşluk oranı %20'nin üzerindedir. Taneler arası matriks killi ve demiroksitli olup, opasite gözlenmektedir. Kayaç karasal (akarsu) veya sığ su ortamında oluşmuştur. Fosilsizdir.



Şekil 14. 2.2 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Konglomeratik kumtaşında kuvars muskovit şist kırıntısının görünüşü (4x10x); (b) Metasiltaşı tanesini kesen tarak dokulu mikrokuvars damarının görünüşü(4x10x); (c) Havan dokulu kuvars arenit kırıntısının görünüşü (4x10x); (d) c'deki kesitin tek nikol görüntüsü (4x10x)

Çimento genel olarak demir oksitli çimentodur. Kalsitik çimentonun da gözleendiği kesimler vardır. Kayada demir oksit ağsal bir özellik gösterirken, kalsitik çimentolu kesimlerde yer yer menisküs özellik gözlenir. Kayaca kırıntı veren çevre alanlarda metamorfik kayaların

bulduğunu işaret eden kırıntıların oranı oldukça yüksektir. Alınan diğer bir örneğin ince kesitinde kumtaşı karakterindeki yalıtışında polijenik ve kötü boylanmış kaya kırıntıları gözlenmiştir. Bu kırıntılar kalsitik bir çimento ile bağlanmıştır. Kaya kırıntısı olarak iyi yuvarlaklaşmış bazalt, kuvarsit ve gnays taneleri görülmektedir (Şekil 15). Ayrıca demiroksitli mineraller (opak mineraller) ve demiroksitli çimento da gözleniyor. Kayacın dokusu havan dokusudur. Oluşum ortamı yüksek enerjili sığ su ortamıdır. Çünkü çimentoyu oluşturan kalsitler spratik kalsittir. Ayrıca tanelerdeki boylanma çok iyi değildir.



Şekil 15. 3.2 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Kötü boylanmalı litik kumtaşı 2mm'den daha büyük bazalt taneleri bulunmaktadır; (b) Kalsit çimentolu havan dokulu kumtaşı (4x10x); (c) Bazalt tanesi mikrolitler halindeki plajoklaslar ile fenokristal haldeki bazik plajoklasların görünüşü (4x10x); (d) Fotograf 61'in tek nikol görünüşü (4x10x).

5.2. Lokalite 2. Dırazali Köyü kuzeybatısında yer alan 2 nolu lokalitede yalıtış 545 km'lik bir zon boyunca kıyı çizgisine paralel olarak uzanır (Şekil 16). Mermer, yeşilkaya, çeşitli volkanikler, kuvars, kumtaşı ve rekristalize kireçtaşı çakıl ve bloklarından oluşan konglomeratik bir bileşimdedir. Yüzeyde egemen olan konglomera yapısı alta doğru inceler ve daha küçük tanelere geçer. Bu kesimde yalıtış zonu batı kesimi daha deforme değildir. Yalıtışın maksimum kalınlığı 40 santimetredir. Ancak bilhassa tabaka düzlemleri boyunca kuvvetli aşınma nedeniyle tabaka kalınlığı oldukça değişkendir ve çoğu yerde bu kalınlık dahi gözlenemeyebilir. Tabaka eğimleri 25 dereceyi bulmaktadır. Göl kıyısına yaklaştıkça suyun

eritmesiyle oluşmuş korozyon çentik ve olukları artar. Yalıtışı zonunun doğu kesiminde ise yalıtışlarının plaj gerisindeki genişliği 11 metreyi, kalınlığı ise 1.60 metreyi bulmaktadır. Yine doğu-batı tabaka doğrultusu egemen olup, tabaka eğimleri 4-15 derece arasında değişir.



Şekil 16. İznik güneybatısındaki 2 nolu lokalitede yalıtışları.

Toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre (Tablo 4) bu lokalitedeki yalıtışları ortalama % 20.42 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik ortalaması $99.97 \mu\text{s}$, pH ise 8.8 ile alkalidir. Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar oluşturur. Bir örnekte tane arası menisküs tipi köprü çimento gelişimi tanımlanmıştır. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelere göre sıralanması $\text{Ca}>\text{O}>\text{C}>\text{Si}>\text{K}>\text{Al}>\text{Fe}>\text{Mg}>\text{Na}$ şeklindedir (Tablo 5). 5.3 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında kuvars, rutil ve koesit tanımlanmıştır.

Tablo 4. 2 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.

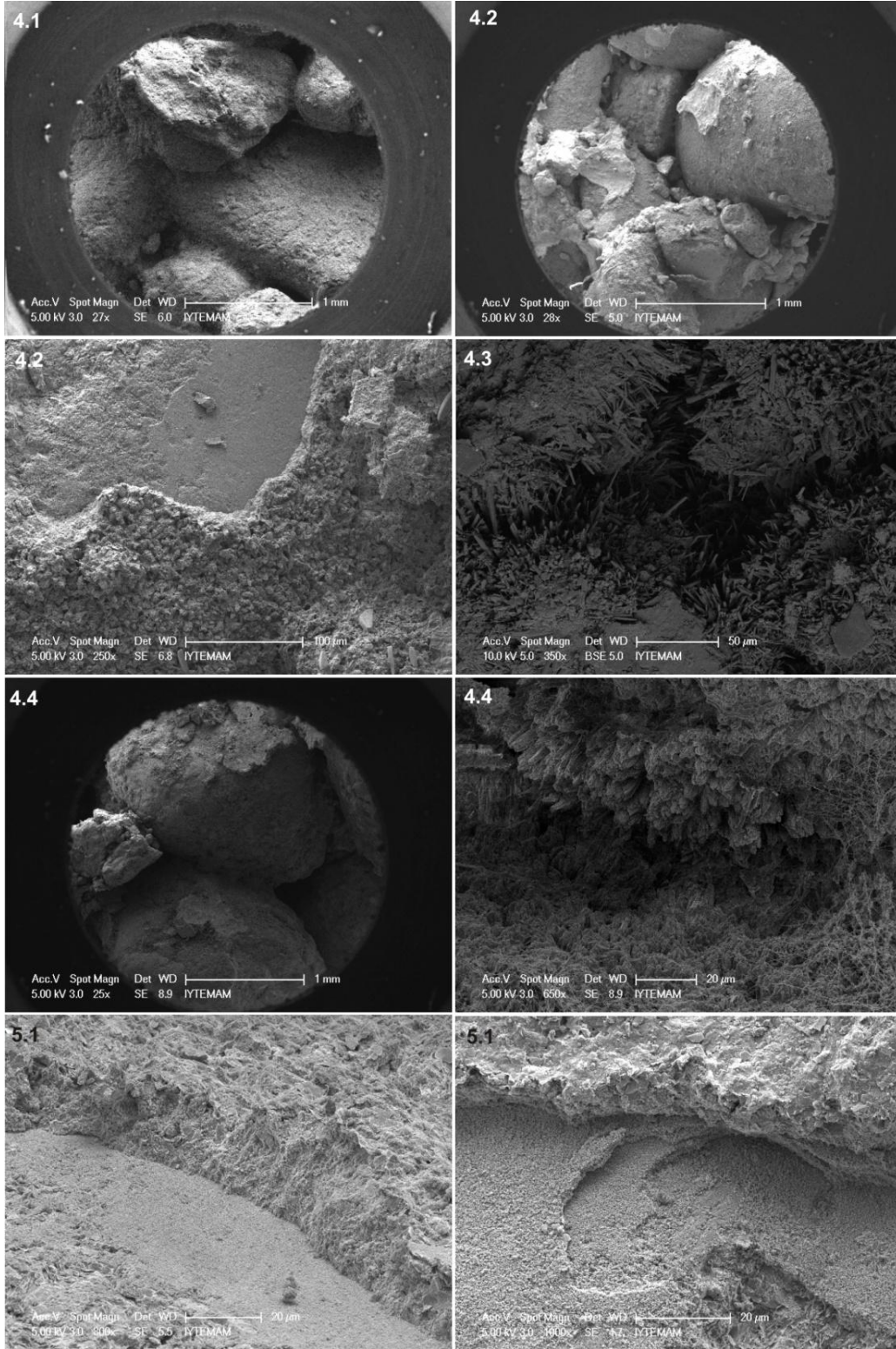
Örnek No	Dara (gr)	Su içeriği 1.Ölçüm (%)	Su içeriği		Toplam CaCO ₃ (%)	CaCO ₃ derecesi	EC (µs)	PH
			2.Ölçüm (%)	3.Ölçüm (%)				
4.1	53.06	58.43	60.47	58.24	22.83	Fazla	91.6	9.09
4.2	54.2	77.29	81.29	75.41	20.04	Fazla	113.7	8.9
4.3	51.60	65.28	68.52	64.24	28.84	Çok fazla	143	8.79
4.4	51.51	60.03	62.25	59.34	20.96	Fazla	125.4	8.78
5.1	52.98	75.03	80.14	74.33	24.64	Fazla	94.6	8.8
5.2	51.94	91.78	99.83	89.70	22.08	Fazla	89.9	8.82
5.3	53.22	74.95	78.99	73.20	20.07	Fazla	122.1	8.99
6.1	52.56	81.16	85.20	79.11	22.30	Fazla	82.8	8.5
6.2	54.17	83.91	88.83	81.83	12.91	Orta	63.3	8.66
6.3	52.58	75.58	80.87	73.61	14.99	Orta	93.7	8.8
7.1	53.30	80.16	86.01	78.85	21.10	Fazla	76.8	9.01
7.2	51.1	77.26	82.15	75.61	14.30	Orta	102.8	8.47
Ort.					20.42		99.97	8.80

Tablo 5. 2 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler									
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
4.1	Mikritik zarf	2.96	7.15	0.13	1.09	0.89	1.80	0.68	84.25	1.05	
4.2	Mikritik zarf	3.14	9.02	1.20	1.52	1.21	2.49	4.41	76.92	1.09	
4.3	Radyal agregatlar	2.10	4.44	0.18	0.46	0.55	1.03	-	90.57	0.67	
4.4	Mantar hifleri	42.92	3.48	0.39	0.81	1.04	1.45	9.35	37.50	3.07	
4.4	Mikritik zarf	4.38	8.61	0.23	0.36	0.23	0.36	0.60	83.59	1.65	
4.4	Mantar hifleri	58.13	2.46	0.13	0.49	1.10	0.90	-	34.57	2.22	
5.1	Mikritik zarf	3.10	7.46	0.35	0.63	0.50	0.66	0.28	85.49	1.53	
5.2	Mikritik zarf	4.97	11.19	0.36	1.42	0.51	0.65	4.29	75.15	1.47	
5.3	Mikritik zarf	2.56	5.89	-	0.86	1.68	7.27	4.89	76.85	-	
6.1	Mikritik zarf	4.44	17.23	0.39	1.61	4.31	7.70	5.29	59.26	2.77	
6.2	Mikritik zarf	20.98	43.10	0.89	1.55	0.68	0.74	0.37	30.83	0.85	
6.3	Mikritik zarf	17.17	38.56	0.71	4.02	2.32	3.54	0.85	29.45	3.38	
7.1	Mikritik zarf	15.71	40.62	1.29	5.33	6.72	12.91	1.89	12.38	3.16	
7.2	Mikritik zarf	16.89	40.27	0.71	4.02	6.61	11.36	2.03	13.65	4.45	
Ort.		14.24	17.01	0.49	1.72	2.02	3.77	2.49	56.46	1.95	

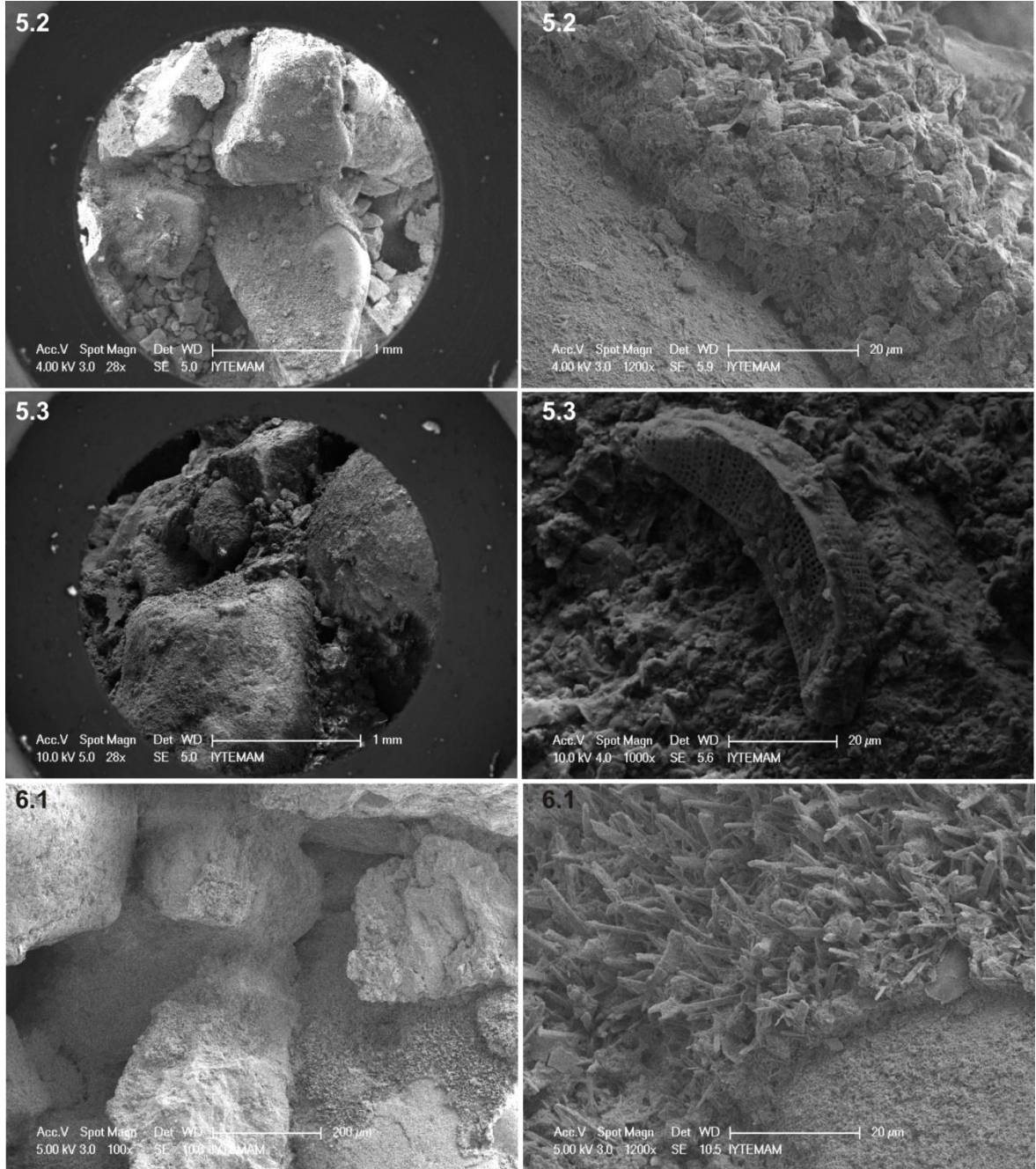
Laboratuar çalışmasında 88 elektron mikroskop görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 17, 18 ve 19'de elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır. 4.1 ve 4.2 nolu görüntülerde boyutları 1 mm'yi aşan yassılaştırmış veya ovoid şekilli, bazıları köşeli taneler arasında boşluk dolgusu çimentonun geliştiği, boşluk oranı düşük bir çimentolaşma gözlenmektedir. Tane yüzeylerinde birden fazla katmanlanma yapan mikritik zarf çimento belirgindir. Tane aralarında mikrit örtüler üzerinde karşılıklı büyümüş ve böylece boşluk oranlarını azaltan keskin uçlu aragonit rimleri 4.3 nolu örnekte oldukça tipiktir. Tane arasında köprü şeklinde

gelişen menisküs çimentolu örneklerde yine aragonit çimento egemendir ve çimento yüzeyleri yoğun mantar alg filamentleri ile kaplıdır.



Şekil 17. Lokalite 2'den alınan yalitaşı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

5.1 nolu örnek bu lokalitede yalıtışlarında mikritik zarfların en tipik ve ardışık yapı sergilediği örnektir. 50 µm'yi aşan zarf kalınlıkları yanı sıra çok sayıda ince zarfın katmanlanma yaptığı görülür. Yine aynı örneklerde kötü yuvarlanmış 1 mm boyutlu tane aralarının küçük köşeli taneciklerde doldurulduğu izlenir. Aynı dolgular 5.3 numaralı örnekte te gözlenmekle birlikte (Şekil 18) bu örnekte yüzeyi karbonat taneleri ile örülmüş 40-50 µm boyutlu bir *Cymbella* sp. türü diatom gözlenmiştir.



Şekil 18. Lokalite 2'den alınan yalıtış örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

İnce mikrit zarflar üzerinde yukarı doğru 15-20 µm uzunlukta iğnemsiz doku gösteren aragonit kristalleri 6.1 numaralı örnekte yaygındır. 6.3 numaralı örnekte ise kırılmış, köşeli ve ovoid şekilli, yüksek boşluk oranına sahip bir dokuda mikrit zarflar üzerinde ikincil gelişmiş menisküs köprülü çimento çok tipiktir (Şekil 19). Aynı durum 6.3 numaralı örnekte de gözlenmekle birlikte bu örnekte bir de diatom türü gözlenmiştir. İyi yuvarlanmış pürüzsüz yüzeylere sahip tanelerle köşeli tanelerin bir arada bulunduğu 7.1 nolu örnek yine kalın mikrit zarfları, yoğun boşluk dolgusu ve kalınlığı 50 µm'yi bulan köprü çimentolarla doldurulmuş düşük boşluk oranına sahiptir. Aynı durum daha kötü yuvarlanmış tanelerde oluşan ancak daha boşluklu 7.2 nolu örnekte de söz konusudur.

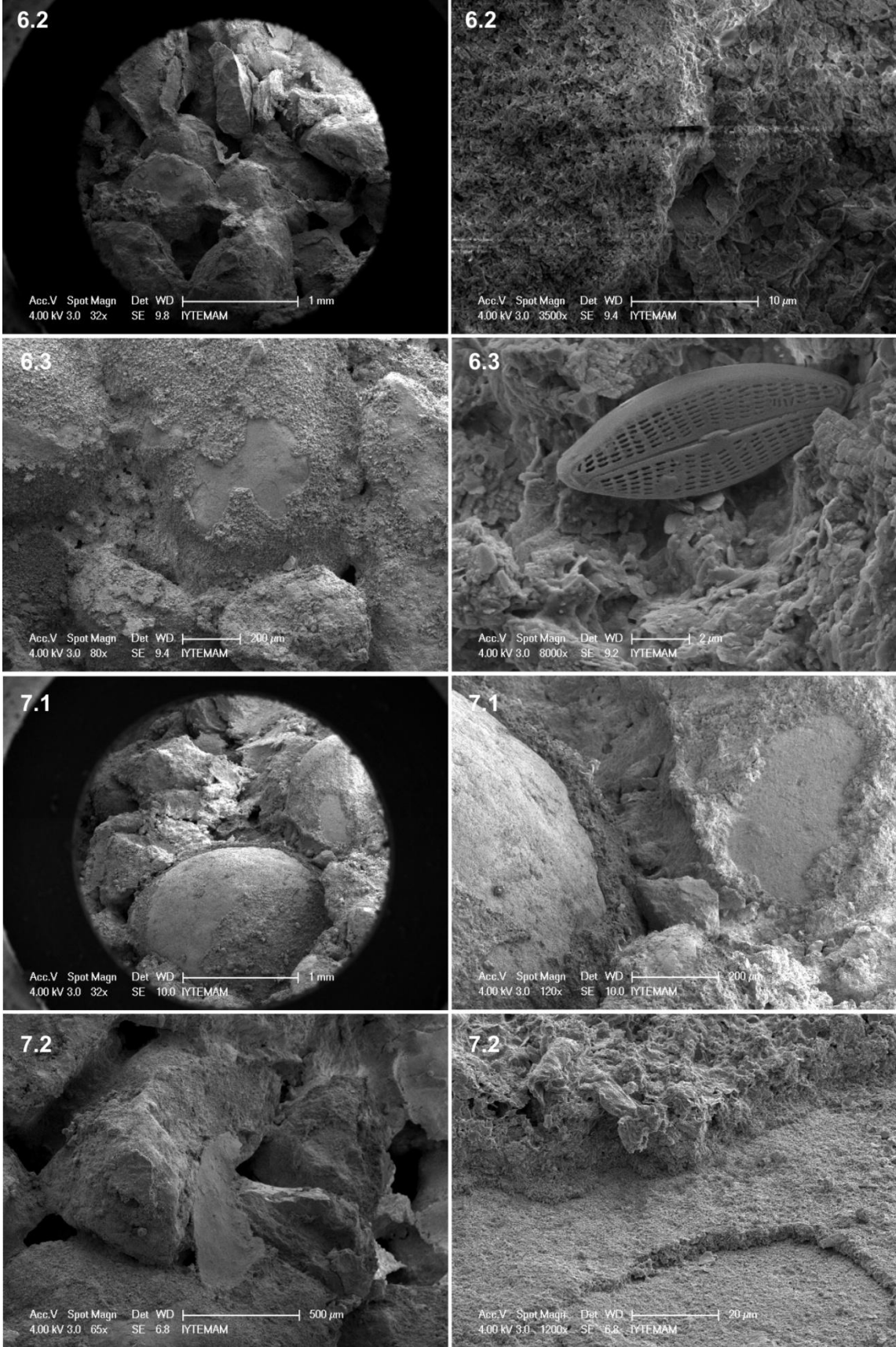
4.3 numaralı örneğin ince kesitinde ise yine kötü boylanmalı, orta-iyi yuvarlaklaşmış tanelere sahip litik kumtaşı tespit edilmiştir (Şekil 20). Litik fragmentler bazalt, andezit, çört, kuvarsit ve şistlerden oluşmaktadır. Taneler arasında ve tane çeperlerinde lifi yapılı kalsit ya da aragonitik bir çimento bulunmaktadır. Çimento tüm boşlukları dolduracak kadar fazla olmayıp kayada boşluk oranı yüksektir. Bazalt tanelerini oluşturan bazalt amigdalooidal bazalt olup, amigdaller lifi ve ışınal yapılı opal ile doldurulmuştur. Bazı boşluklar ise zeolit dolguludur.

5.1 numaralı örneğin ince kesit analizlerinde kayada fazla miktarda kayaç kırıntısı tanımlanmıştır (Şekil 21). Bu kayaç kırıntıları çört, kuvars mikaşist, ofiyolitik kökenli kayaçlar ve kireçtaşlarından türemiştir. Ofiyolitik kökenli olan kayaçlar ileri derecede serpantinleşmiş ve elek doku göstermektedir. Serpantinleşmenin fazla etkin olmadığı bazı tanelerde olivin ve piroksen mineralleri kalık mineral olarak gözlenmektedir. Bu tür taneler muhtemelen harzburgitik bir kökeni göstermektedir. Sipilitik bazalt ve andezit türü volkanik kayaçlardan türeme taneler ile çörtler diğerlerinden bariz şekilde ayırılabilir düzeyde köşeli taneleri oluşturmaktadır. Kuvars mikaşist taneleri ile kuvarsitik kumtaşlarından türemiş olan kaya kırıntılarındaki kuvarslar polikristalin, dalgalı sönme göstermektedir. Mermer ve kireçtaşlarından türemiş taneler genellikle iyi yuvarlaklaşmışlardır. Bu tür yuvarlaklaşmış tanelerin arasını menisküs tipi kalsitik ve killi bir çimento yer almaktadır. Kayacın dokusu, kötü boylanmalı, yuvarlaklığı iyi gelişmemiş, boşluklu kumlu dokudur. Hemen hemen tüm tanelerin etrafında opaklaşma şeklinde boşluklarda dolaşan demirli suların dolaşımının izleri görülmektedir. Kayacın içerisinde herhangi bir fosil gözlenmemektedir. Sığ su veya kara ortamında çökelmiştir.

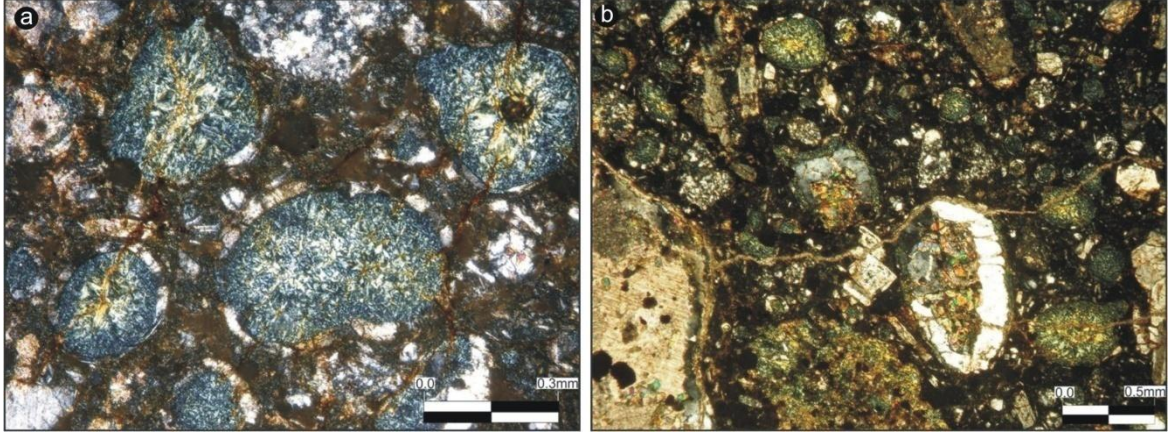
Alınan diğer bir örnek (örnek no: 7.2) kötü boylanmalı konglomeratik kumtaşı yapısındadır (Şekil 22). Kayada litik fragment olarak bazalt, kuvarsit, kireçtaşı ve gnaystan derleme taneler yer alır. Çok boşluklu olup, zayıf bir çimentolanma var. Tanelerde yuvarlaklık orta düzeyde bazı taneler köşelidir. Kaya kırıntılarını oluşturan bazalt, bazaltik andezitten türeme olanlarda fenokristal haldeki plajyoklaslar ile ojit, hornblend mineralleri

tanınabilmektedir. Gnays ve kuvarsitten türeme olanlarında stürlü dokulu, dalgalı sönmeli ve polikristalen kuvarlar dikkat çekicidir. Ayrıca yuvarlağımsı öz şekilsiz tek tane kuvarlara da rastlanmaktadır. Karbonatlaşma, serisitleşme ve demir oksitli ayrışma kayada çok yaygın gözlenmektedir. Bazı kayaç kırıntıları içerisinde ince çubuklar şeklinde mukovit mineralleri ile yüksek röliyefi ile karakteristik epidot mineralleri de gözlenmiştir. Kayada metamorfik kayaç kırıntılarının ve polikristalin kuvarların çokluğu ortama terrijen malzeme veren erozyon alanında kuvars egemen metamorfik kayaçların (gnays, kuvarsit metagranit v.b. gibi) bulunduğunu gösterir. Erozyon alanından ortama taşınmış ikinci çokluktaki kaya kırıntıları andezit, bazaltik ve bazalt türündeki volkaniklerdir. Köşeli veya az yuvarlak olan volkanik tanelerde, fenokrisallerde ve mikrolitlerde yer yer akma dokusu tanınabilmektedir. Yarı camsı matriks kloritleşme ve sosüritleşme göstermektedir.

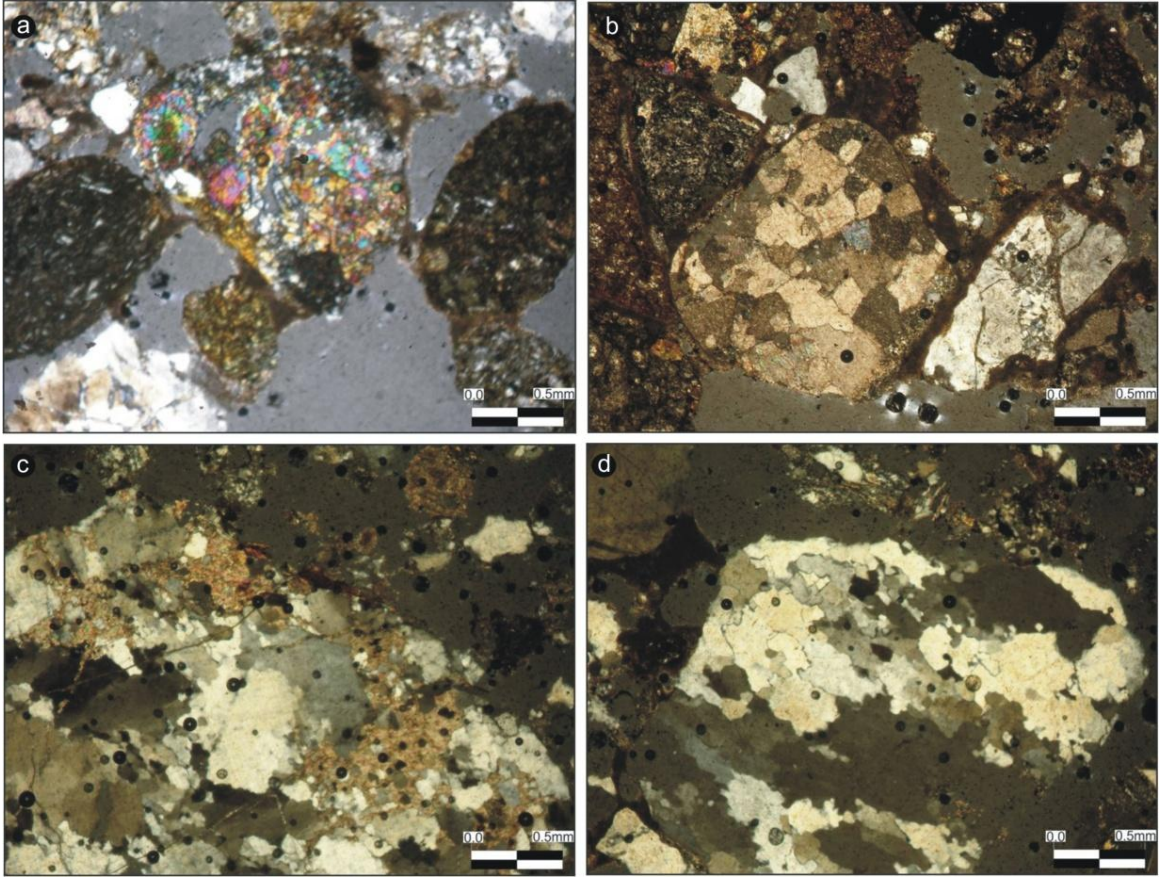
Kayacın dokusu kumlu doku olup, oluşum ortamı yüksek enerjili kıyı ya da akarsu ortamıdır. Çok az tanenin etrafında kalsitik bir zarf gözlenmektedir. Bu otijenik kalsit oluşumu tam bir çimentolanmayı sağlayacak düzeyde değildir. Dolayısıyla kayaç önemli oranda boşlukludur. Diğer bir örnekte (örnek no: 7.1) kayaç çok kötü boylanmalı polijenik litik kumtaşıdır. Kaya kırıntısı oranı kayacın %40'dan fazlasını oluşturmaktadır. Kaya kırıntısı olarak dalgalı sönmeli kuvars minerallerinin fazlaca bulunduğu, kuvarsit, gnays, metagranit gibi metamorfik taneler çoğunluktadır. Bir diğer kaya kırıntısı ise mermer taneleridir. Kayada zayıf bir kalsitik çimento vardır. Boşluk oranı oldukça yüksek olup, dokusu havan/konglomeratik dokudur.



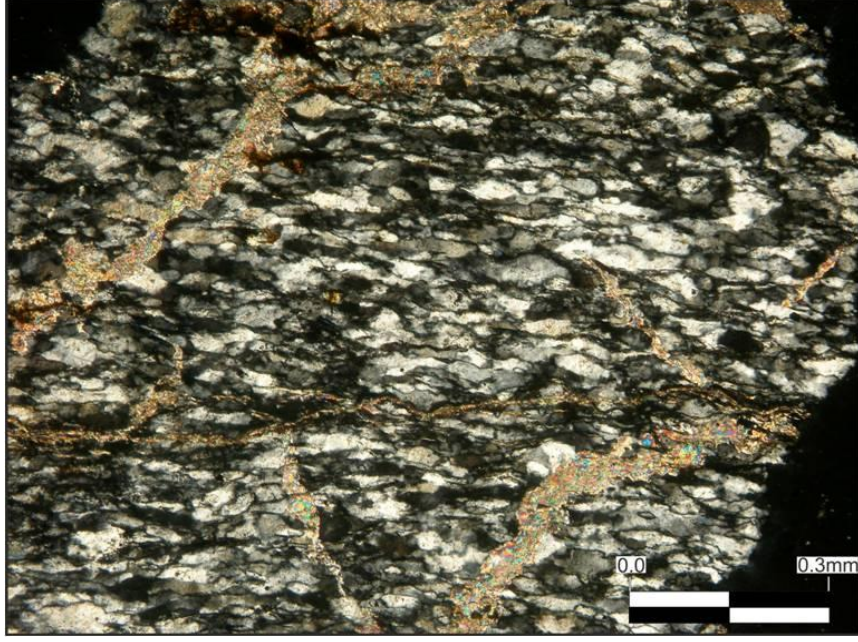
Şekil 19. Lokalite 2'den alınan yalitaşı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).



Şekil 20. 4.3 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Amigdaloidal bazaltta amigdaller zeolit ile dolgulanmıştır. Zeolit dolguların görünüşü (10x10x); (b) Epidot ve çevresini saran silis mineralinin görünüşü (4x10x).



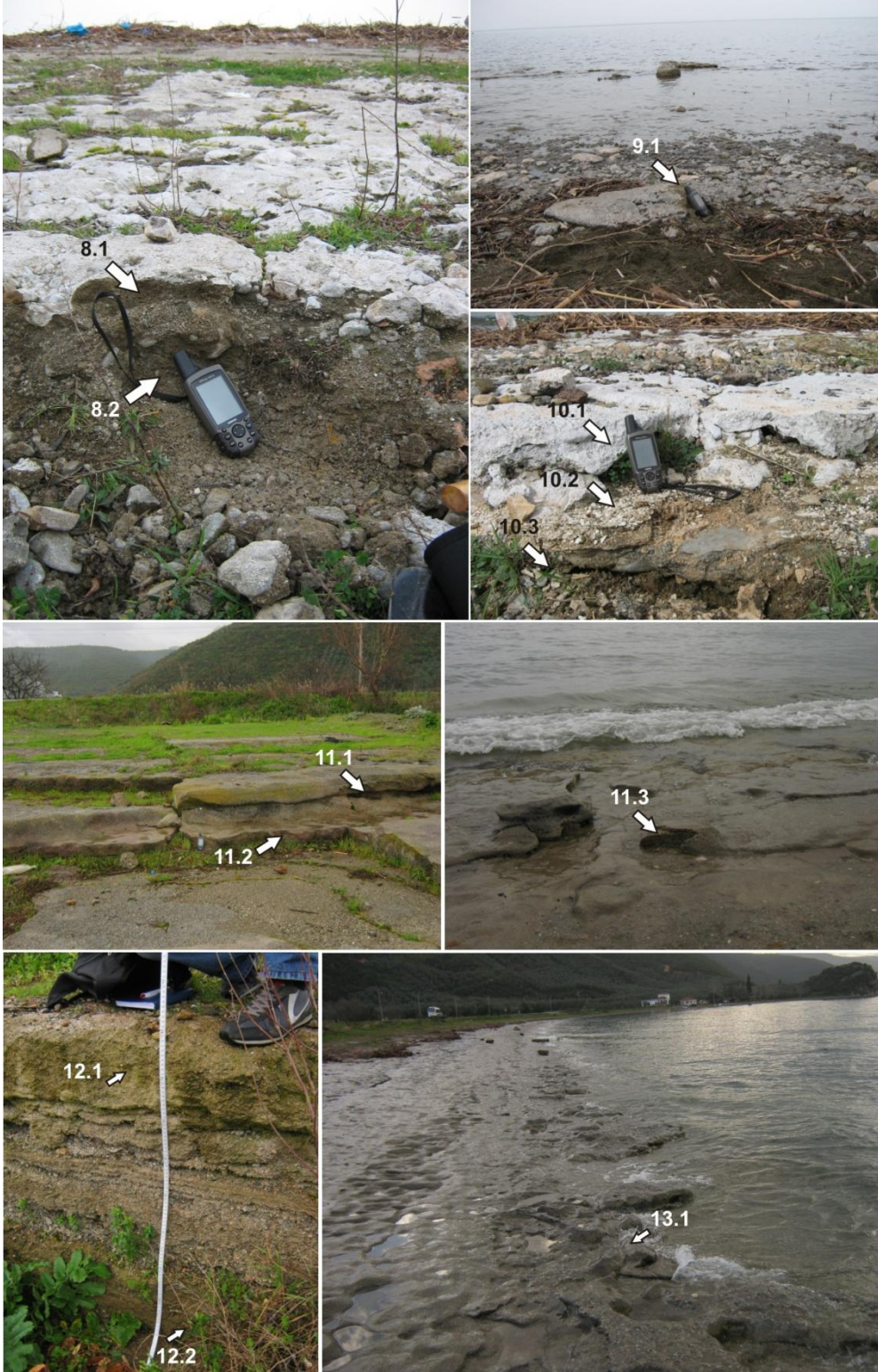
Şekil 21. 5.1 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Piroksenit ve bazalt kırıntıları (4x10x). Piroksenit ve harzburgit kırıntıları ile spilitik bazalt taneleri iyi yuvarlaklaşmışlardır; (b) İyi yuvarlaklaşmış dolomitize mermer tanesi, idiosinkritik dolomit kristalleri ile poligonall sınırlı kalsitler poligonall dokuyu oluşturmaktadır (4x10x); (c) Polikristalin kuvars ve kalsitik çimentonun görünüşü (4x10x); (d) Dalgalı sönmeli özşekilsiz ve polikristalin kuvars tanesi (4x10x).



Şekil 22. 7.2 nolu örneğin ince kesit görüntüsü. Çok boşluklu, polijenik elemanlı kumtaşı (litik kumtaşı). Metamorfik kaya kırıntısı mikrokuvarlar iyi yönlenmişlerdir ve çatlaklar kalsit dolguludur (10x10x).

5.3. Lokalite 3. Karacakaya volkanik kütesinin doğusunda yer alan uzun plaj boyunca yalıtışları geniş bir zonda yayılış gösterir ve bir akarsu ağzında oluşmuştur (Şekil 23). Bu kesimde yalıtışları kütlelerin 100 metre kadar doğusundan itibaren küçük çakıl ve çok iri kumlu bir plajın doğusundan itibaren başlar. Kıyı boyunca tabaka kalınlıkları 40–60 cm gibi gözükmeyle birlikte yola (güneye) doğru 1 metreyi aşmaktadır. Doğu kesiminde yüzeyi konglomeratik bileşim nedeniyle daha pürüzlüdür. Kıyı yakınındaki konglomeratik bloklu yapı plaj gerisinde 1 metre kalınlık ölçülen kesitlerde küçük çakıl ve iri kum boyutuna kadar incelir. Tabaka ölçümlerinde eğimlerin göle doğru 5-10 arasında değiştiği gözlenmiştir.

Toplam CaCO_3 , pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre (Tablo 6) bu lokalitedeki yalıtışları ortalama % 26.43 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik ortalaması 98.23 μs , pH ise 8.55 ile alkalidir. Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar oluşturur. Ayrıca boşluk dolguları, akiküler aragonit rimleri ve köprü çimentolar da oldukça yaygındır. Yalıtış çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması $\text{O} > \text{Ca} > \text{C} > \text{Si} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Na} > \text{K}$ şeklindedir (Tablo 7). 12.2 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında grafit, dolomit, kuvars, berlinit ve koesit tanımlanmıştır.



Şekil 23. İznik Gölü'nün güneydoğu kesiminde, Karacakaya volkanik kütesinin doğu kesiminde doğusunda yer alan 3 nolu lokalitede yalıtışları.

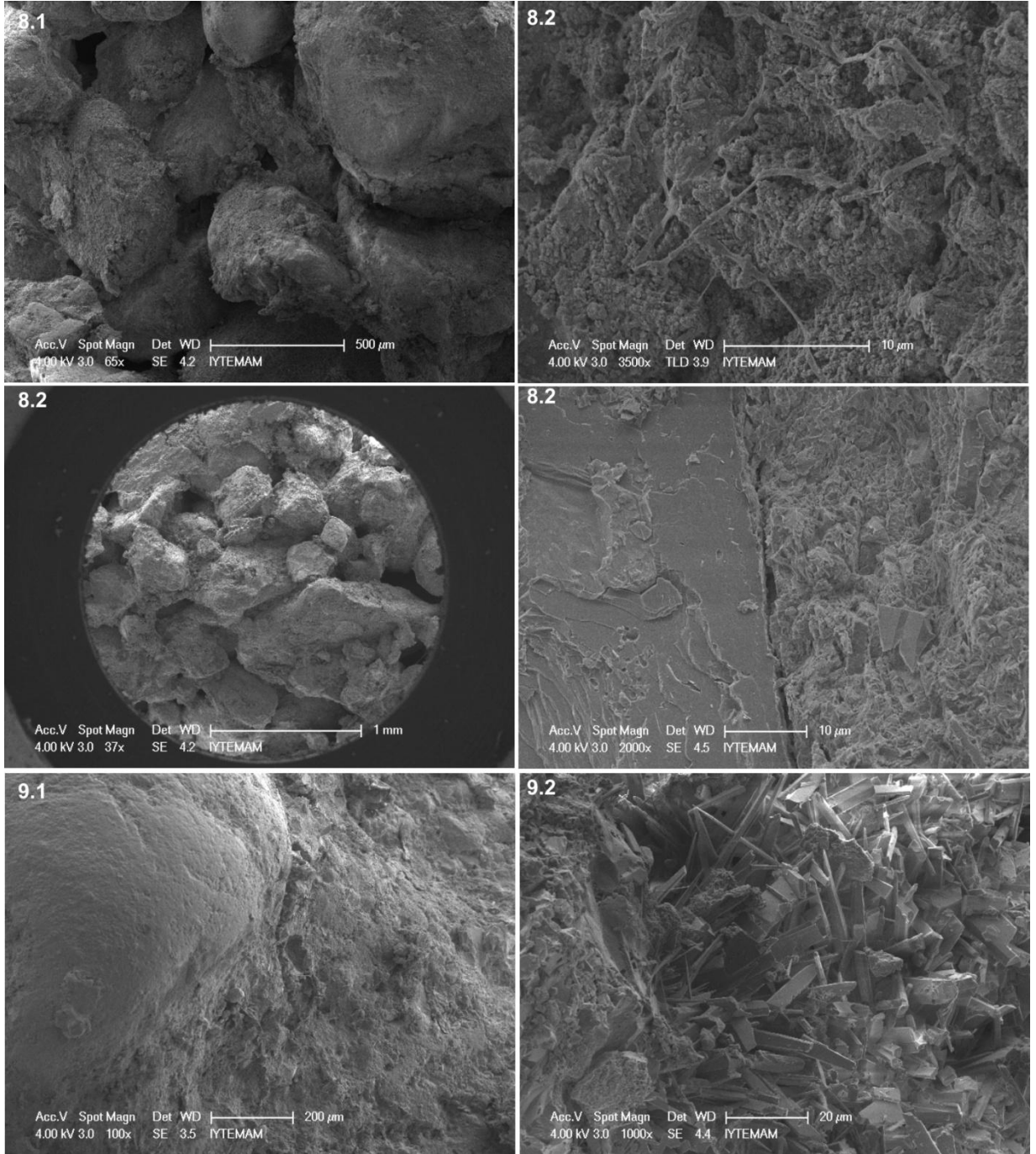
Tablo 6. 3 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.

	Örnek No	Dara (gr)	Su içeriği			Toplam CaCO ₃ (%)	CaCO ₃ derecesi	EC (µs)	PH	
			1.Ölçüm (%)	2.Ölçüm (%)	3.Ölçüm (%)					
Lokalite 3	8.1	52.97	149.12	168.65	146.65	22.49	Fazla	91	8.66	
	8.2	53.01	146.55	161.38	141.06	21.57	Fazla	83.8	8.76	
	9.1	53.40	117.81	130.73	116.36	25.16	Çok fazla	94.9	8.68	
	10.1	55.47	88.20	96.20	86.05	23.29	Fazla	96.1	8.78	
	10.2	51.67	125.80	141.09	120.37	23.88	Fazla	117.4	7.61	
	10.3	53.97	92.53	100.51	88.10	49.66	Çok fazla	100.2	8.51	
	11.1	52.11	104.25	116.24	101.95	29.55	Çok fazla	133.9	8.51	
	11.2	53.16	87.90	96.47	86.65	27.68	Çok fazla	89.6	8.78	
	11.3	53.19	118.78	130.64	115.00	27.74	Çok fazla	97.7	8.62	
	12.1	53.10	170.89	194.60	168.18	19.23	Fazla	90.6	8.41	
	12.2	51.58	179.82	207.63	174.53	22.49	Fazla	93.3	8.54	
	13.1	55.11	118.74	130.40	113.90	24.43	Fazla	90.3	8.85	
	Ort.						26.43		98.23	8.55

Tablo 7. 3 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

Örnek No	Analiz Yüzeği	Elementler								
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
8.1-1	Mikritik zarf	18.22	33.97	1.26	5.24	4.54	16.13	1.02	13.95	5.69
8.1-2	Mikritik zarf	13.19	41.57	0.79	3.57	5.94	13.95	1.39	13.20	6.40
8.2-1	Mikritik zarf	21.65	43.82	1.29	2.14	2.91	24.18	0.44	1.22	2.35
8.2-2	Mikritik zarf	16.31	47.45	0.83	7.12	5.30	8.87	1.16	9.42	3.54
9.1-1	Mikritik zarf	4.49	46.81	0.82	2.91	3.51	36.14	1.37	0.39	3.57
9.1-2	Mikritik zarf	4.44	48.21	0.95	9.36	9.91	15.63	1.32	0.49	9.78
9.1-3	Akikular Aragonit	19.22	39.79	0.49	0.74	0.26	0.41	0.31	36.60	2.19
9.1-4	Mikritik zarf	13.27	47.17	2.90	4.93	7.96	13.94	1.43	7.06	1.34
9.2	Mikritik zarf	26.88	44.42	1.07	7.05	0.67	0.82	0.59	16.72	1.79
10.1	Mikritik zarf	19.03	31.01	0.89	1.58	3.17	16.16	0.91	20.38	6.88
10.2	Mikritik zarf	16.35	41.53	2.64	6.69	6.19	12.74	0.72	9.63	3.51
10.3-1	Mikritik zarf	24.85	23.93	0.38	0.65	1.40	20.18	0.96	24.92	2.74
10.3-2	Mikritik zarf	6.60	39.50	0.87	0.66	1.46	46.86	0.73	2.48	0.85
10.3-3	Alg yüzeyi	37.76	34.30	1.68	1.07	1.09	7.04	0.68	14.36	2.01
10.3-4	Alg yüzeyi	9.17	22.52	0.30	0.82	0.82	1.08	0.84	61.97	2.47
11.1-1	(organik katkılı) Mikritik zarf	15.42	40.16	0.81	5.39	2.40	3.39	0.51	28.91	2.99
11.1-2	(organik katkılı)	14.27	33.71	0.74	4.92	4.73	9.64	1.79	25.63	4.55
11.2	Mikritik zarf	19.24	39.89	1.02	1.76	2.15	14.28	1.24	14.37	6.05
11.3	Mikritik zarf	12.36	30.99	0.97	4.26	1.98	3.96	1.23	34.36	9.89
12.1	Mikritik zarf	20.86	43.48	0.77	11.05	0.58	0.35	0.26	19.99	2.66
12.2	Menisküs köprü çimento	22.77	41.10	0.69	7.66	1.29	2.30	0.46	20.78	2.95
13.1	Mikritik zarf	25.06	41.67	0.29	1.09	1.17	2.09	-	28.63	-
Ort.		17.33	38.95	1.02	4.12	3.15	12.27	0.88	18.43	3.82

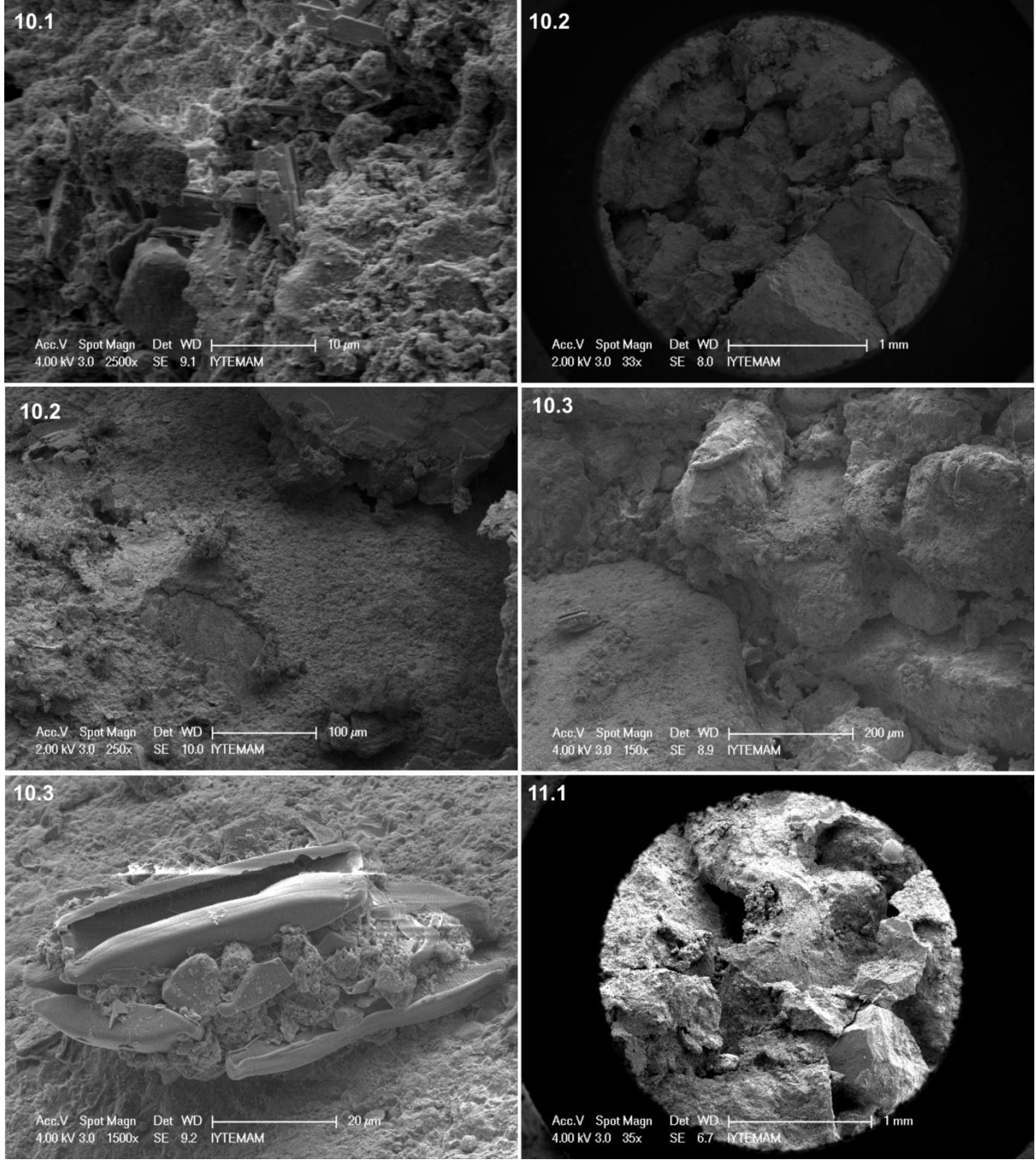
Laboratuar çalışmasında 85 elektron mikroskop görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 24, 25 ve 26'da elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır.



Şekil 24. Lokalite 3'den alınan yalitaşı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

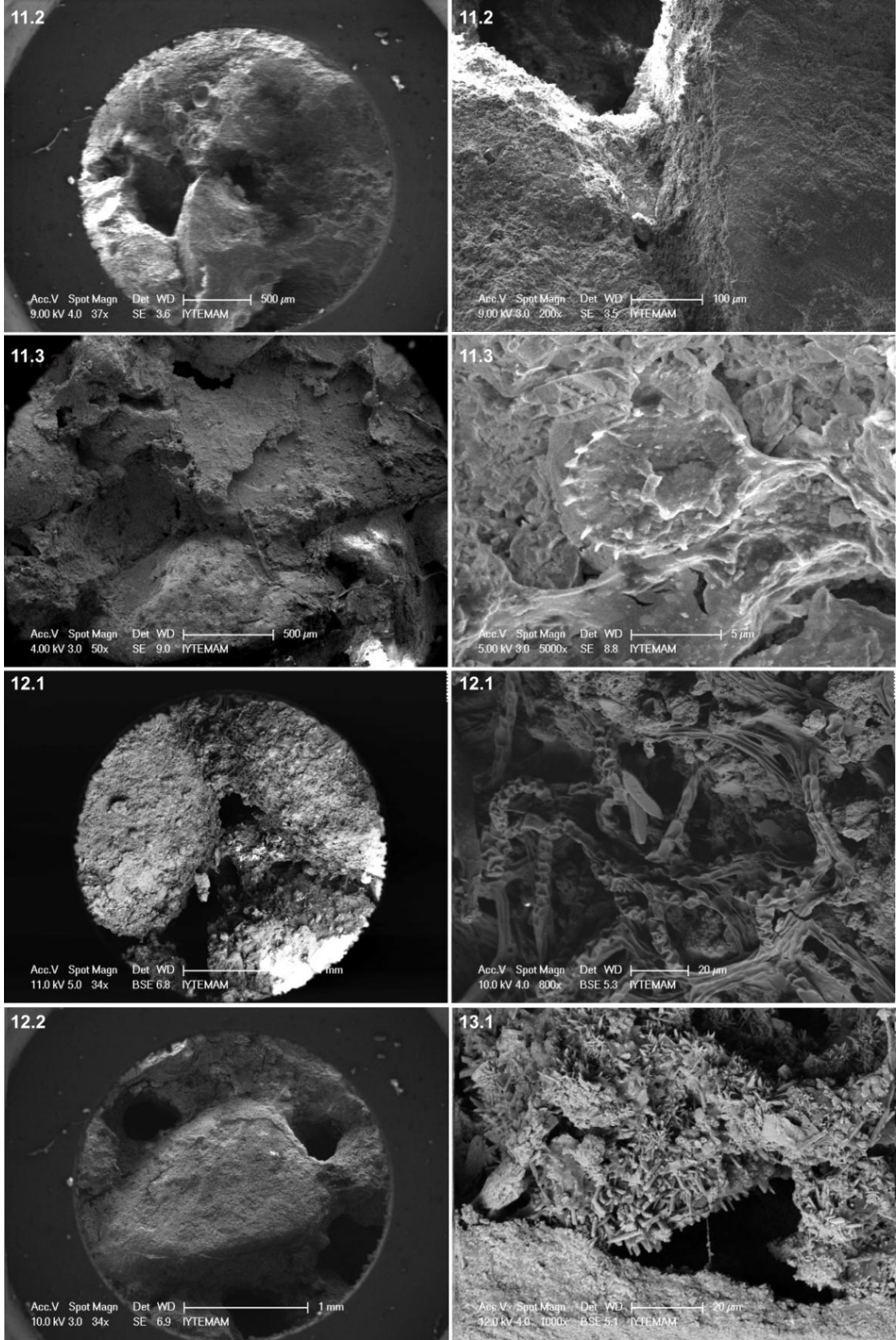
Analiz sonuçlarına göre 8.1 nolu örnekte iyi yuvarlanmış ve ovoid şekilli 500 μ m-1 mm arası boyuttaki tanelerin yoğun bir karbonat çimento ile kaplandığı, bu nedenle boşluk boyutlarının azaldığı görülmekte, 8.2 nolu örnekte ise taneleri kaplayan karbonat çimento üzerinde yoğun alg filamentleri ve organik birikimler göze çarpmaktadır. 9 ve 10 nolu

örneklerdeki egemen çimento yapısı yoğun boşluk dolgusu çimentodur. 9.2 nolu örnekte ayrıca çok tipik iğnemi aragonit kristallerinin karmaşık yapısı gözlenmektedir.



Şekil 25. Lokalite 3'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

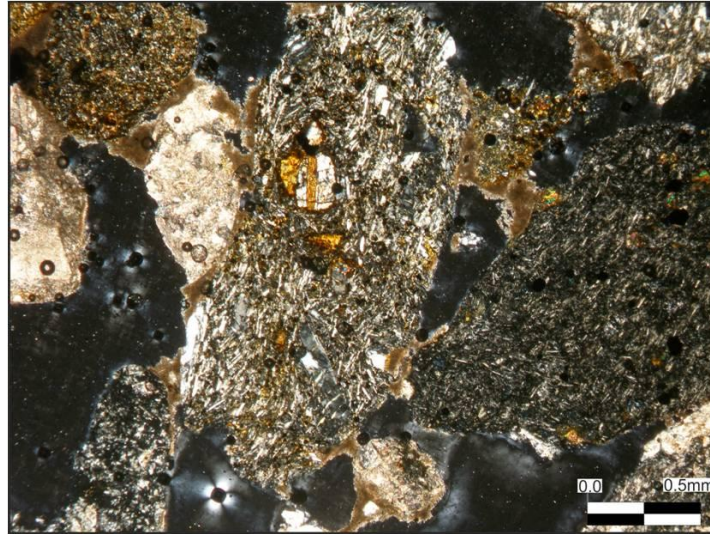
10.2 ve 10.3 nolu örneklerde mikritik zarflar üzerine yoğun boşluk dolgusu karbonatlar gelmekte, ayrıca karbonat yığılımlarının diatom fistüllerinin içini doldurduğu da görülmektedir (Şekil 25).



Şekil 26. Lokalite 3'den alınan yalitaşı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

Oldukça köşeli ve kırık silisiklastlardan oluşan 11 nolu örnekte boşluk oranları yüksek olup, keskin kırıntı kenarlarında köprü çimento durulmuştur ve yine iskelet yapıları silisten oluşan diatom kalıntıları tane yüzeylerine bağlanmıştır. Güncel mikroorganizmalara ait zincir şeklinde gelişmiş organik katkılar içeren 12.1 nolu örnekte ise alg filamentleri taneler arasındaki köprü çimentoların oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Şekil 26). Nitekim sargı şeklinde karmaşık bir doku oluşturan filamentlerin içinde bol karbonat çökelişi olmuştur ve hatta bunların da aralarında diatomlar görülür. 12.2 numaralı örnek ise bu lokalitede menisküs tipi çimento gelişiminin en tipik örneğidir ve köprü kalınlıkları 250 µm'yi bulmaktadır. 13.3 numaralı örnekte ise bu tür köprülerin bir çekirdekten çevreye filizlenmiş radyal aragonit agregatları ile örtüldüğü görülmektedir.

İnce kesitlerde ise 12.1 numaralı örneğin ince kesitlerinde konglomeratik kumtaşı yapısı tanımlanmıştır (Şekil 27). Kayada sedimanter ve magmatik kökenden türeme kırıntıları var. Magmatik kökenden türeme olanlar genellikle bazalt ve andezit bileşimli tanelerdir. Sedimanter kökenli olanlar kireçtaşı, kuvars arenit, litik arenit türündeki kırıntılardır. Kayada çok yaygın bir karbonatlaşma ve opasitleşme gözlenir. Zayıf bir çimento vardır ve boşluk oranı yüksektir.



Şekil 27. 12.1 nolu örneğin ince kesit görüntüsü. Andezit-bazalt kırıntısı egemen kumtaşı. Bazalt tanesinde plajoklas fenokristalleri ve yarı camsı hamur maddesi. Hamur maddesi mikrolitler ile vitrifiye camdan oluşmaktadır (4x10x).

5.4. Lokalite 4. Göllüce Köyü'nün doğu kıyısında yalıtışı oluşumu gözlenen plaj tamamen üzeri sazlık ve moloz ile kaplı, büyük kısmı mermerden oluşan iri çakıl ve bloklu materyallerden oluşur. 500 metre uzunlukta bir zon boyunca gözlenen yalıtışları göl içinde 2 metre açığa kadar takip edilmekte, kıyı çizgisi gerisinde ise maksimum 4 m genişlik sunmaktadır (Şekil 28).

Tabaka kalınlığı ortalama 40 santimetredir. Yalıtaşı mostraları devamlı değil, parçalı ve deforme halde olup, konglomera yapısındadır. Kıyının doğu ucunda yalıtaşları boyutu birkaç metreyi bulan bloklar halindeyken, köye (batıya) doğru tabakalı yapının daha belirgin olduğu göle doğru 5° eğimli yalıtaşı tabakaları görülür. 1 nolu lokalitedeki gibi taşlaşmış kurtçuk kolonileri ile kaplı olan kayanın yüzey kısmı sert ve dayanımlı olmasına karşın iç kısmı daha yumuşak ve dağılgandır. Krem renkli tabaka yüzeylerinde ayrışma nedeniyle çapı 50 santimetreyi geçen düzensiz şekilli ayrışma çukurları oluşmuştur.

Toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre (Tablo 8) bu lokalitedeki yalıtaşları ortalama % 27.86 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik ortalaması 106.2 μs , pH ise 8.72 ile alkalidir. Yalıtaşlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar ve boşluk tabanlarında tane yüzeylerinde gelişmiş radyal agregatlar oluşturur. Yalıtaşı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması $\text{O}>\text{C}>\text{Ca}>\text{Si}>\text{Mg}>\text{Na}$ şeklindedir (Tablo 9). Diğer örneklerde tanımlanan K ve Fe elementleri bu örneklerde tanımlanmamıştır. 14.1 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında kuvars ve analsit tanımlanmıştır.



Şekil 28. İznik Gölü'nün güneydoğu kesiminde, Göllüce Köyü doğu kıyılarında yer alan 4 nolu lokalitede yalıtaşları.

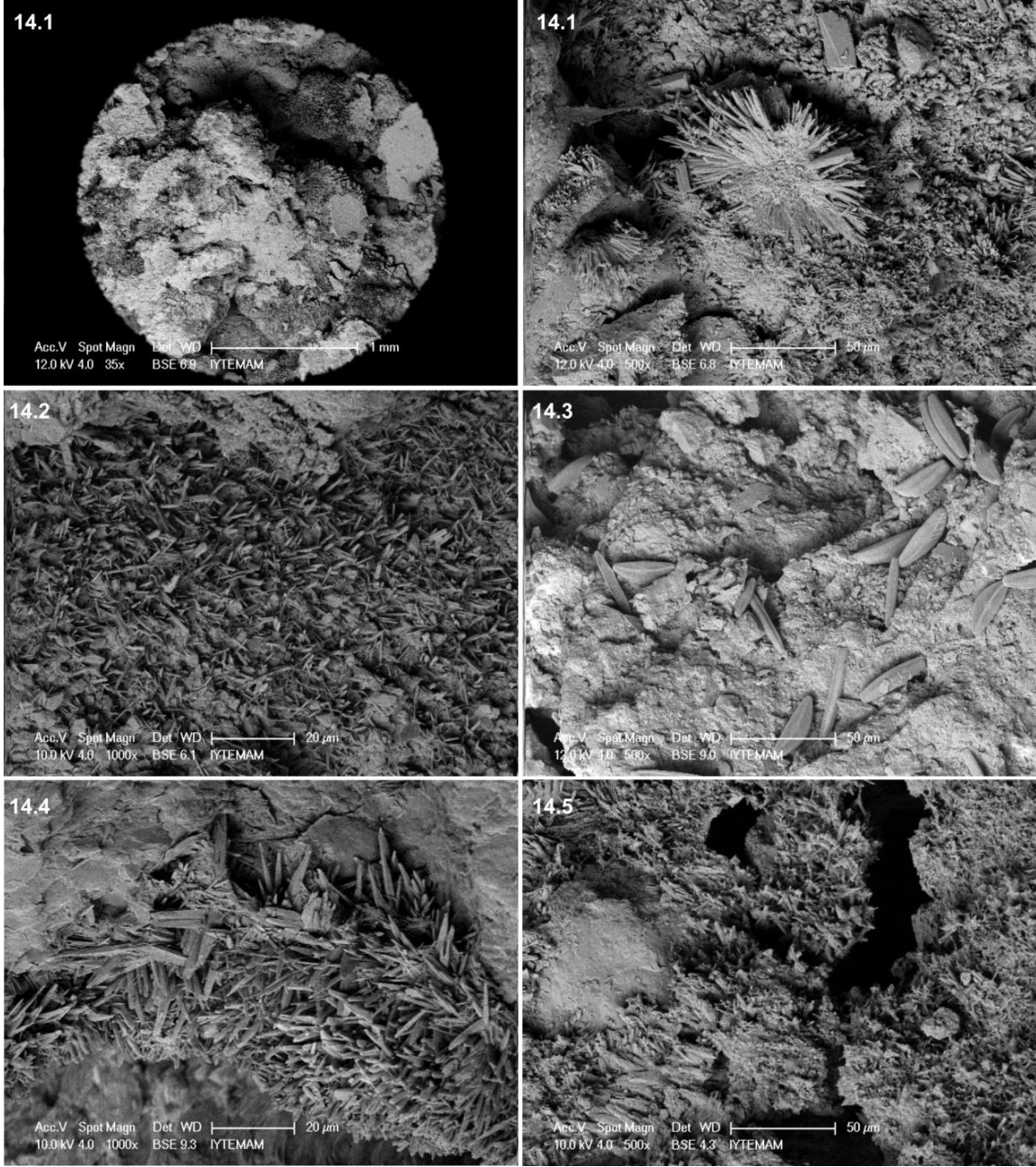
Tablo 8. 4 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH, EC ve su içeriği analiz sonuçları.

	Örnek No	Dara (gr)	Su içeriği			Toplam CaCO ₃ (%)	CaCO ₃ derecesi	EC (µs)	PH
			1.Ölçüm (%)	2.Ölçüm (%)	3.Ölçüm (%)				
Lokalite 4	14.1	53.38	119.59	129.62	113.49	26.07	Çok fazla	109.7	8.66
	14.2	54.92	144.83	164.68	139.80	22.66	Fazla	102.1	8.67
	14.3	53.34	140.72	152.31	130.54	27.47	Çok fazla	103.9	8.75
	14.4	55.28	180.60	202.91	174.87	31.15	Çok fazla	109.1	8.74
	14.5	52.45	138.69	155.92	134.60	31.99	Çok fazla	106.3	8.81
	Ort.					27.86		106.2	8.72

Laboratuar çalışmasında 4 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 29 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 29'de elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır. 14.1 numaralı örnekte yoğun boşluk dolgusu çimento nedeniyle tane morfolojilerini tanımlamak güçtür. Ancak gerek kırık tanelerin kenarlarında, gerekse boşluk tabanlarında gölgede kalan tane yüzeylerinde çok tipik radyal aragonit büyümeleri görülmektedir. Bu ışınal saçakların çapları birkaç µm'den 1 mm'ye kadar değişir. 14.2 numaralı görüntüde ise mikritik zarfların yüzeylerinde radyal olmayan, karmaşık aragonit çökelimleri görülmektedir. 14.3 numaralı örnekte *Cymbella* sp. başta olmak üzere değişik diatom türleri çimento yüzeyinde dağınık vaziyettedir. 14.5 ve 14.5 numaralı örneklerde ise yine iğne yapılı ve sivri uçlu aragonit rimlerinin köşeli tane kenarlarına eklendiği görülmektedir.

Tablo 9. 4 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

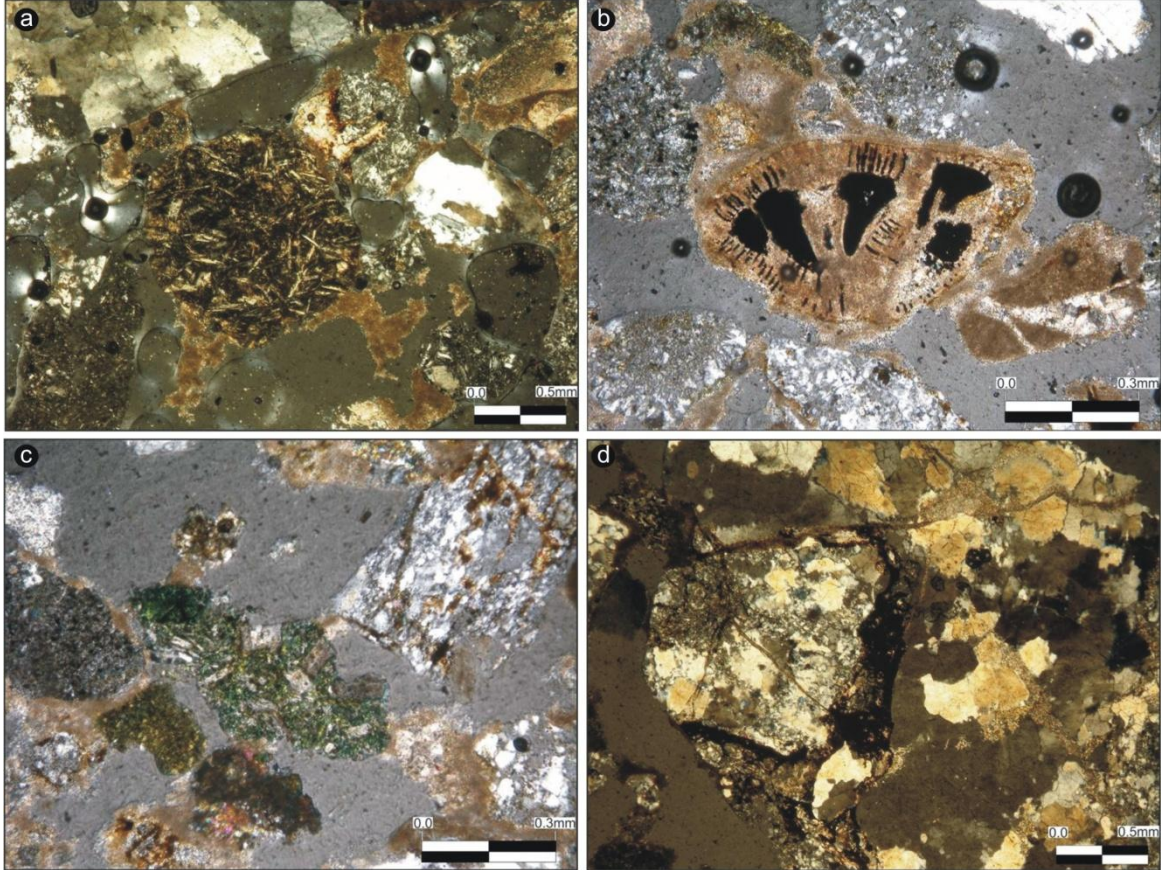
	Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler								
			C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Lpkalite 4	14.1	Mikritik zarf	19.06	41.86	0.59	1.09	1.88	3.53	-	31.98	-
	14.2	Mikritik zarf	21.44	46.99	0.75	3.12	1.78	4.44	-	21.48	-
	14.3	Mikritik zarf	31.99	48.32	0.73	0.76	0.92	0.57	-	17.31	-
	14.4	Mikritik zarf	24.82	47.24	0.83	1.63	2.23	2.41	-	20.84	-
	14.5	Mikritik zarf	26.55	47.84	0.64	2.28	2.04	3.50	-	17.16	-
	Ort.			24.77	46.45	0.7	1.77	1.77	2.89	-	21.75



Şekil 29. Lokalite 4'ten alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

14.4 numaralı örneğin ince kesitlerinde kötü boylanmalı, yuvarlağımsı kısmen iyi gelişmiş polijenik tanelerden oluşan kumtaşı yapısı tespit edilmiştir (Şekil 30). Polijenik taneler bazalt, granit, kuvarsit, kuvars mikaşist, epidot şist, mermer ve çörtlerden türemiştir. Mikrogranit ve pegmatit türünde asitik kayalardan türeme kırıntıları da bulunmaktadır. Kayacın dokusal olgunluğu iyi gelişmemiş olup, özellikle çört, bazalt, kuvarsitten türeyen taneler çok köşelidir. Metamorfik kırıntıların çok olması yakın alanda mermer, kuvarsit ve şist benzeri kayaların bulunduğunu gösterir. Ayrıca kayada yoğun bir opasite gözlenmektedir.

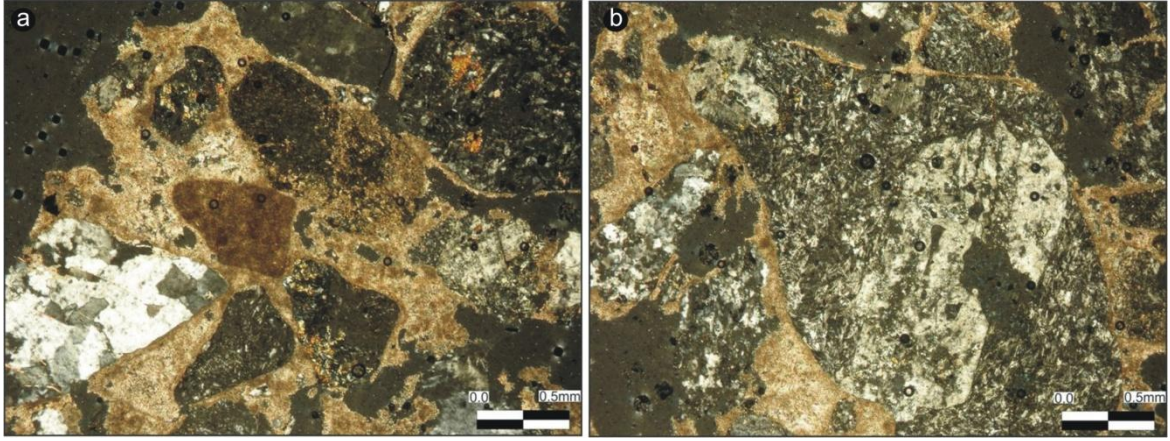
Bu opasite hem bazı minerallerin çeperlerinde hem de kaya kırıntılarının oluşturduğu taneler arası boşluklarda görülmektedir. Ayrıca kayaçta tek tek tane ve kristal halde mineraller de bulunmaktadır. Bunlar yuvarlağımsı kuvars ile plajyoklas ve mika mineralleridir. Kuvarslar dalgalı sönümlü olup, düşük röliyefli minerallerdir. Polikristalin kuvarslarda kristal kenarları ondülasyonlu tipik süturlu doku izlenmektedir. Kayanın dokusu havan dokusu (grezö doku)dur. Çimento zayıf olup taneler arasında geniş boşluklar bulunmaktadır.



Şekil 30. 14.4 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Kumtaşında iyi yuvarlaklaşmış spilitik bazalt tanesinin görünüşü. Plajyoklas kristalleri camsı hamur içinde gelişi güzel dağılmışlardır(4x10x); (b) Taşınmış bir fosilin locaları diyajenetik pirit (?) ile doldurulmuş (10x10); (c) Kötü boylanmalı kumtaşında volkanik bir kırıntıdaki kloritleşme ve killeşmeler sonucu oluşmuş glokoni minerallerinin görünüşü (10x10x); (d) Tanelerin çeperlerinde ve boşluklarda dolaşan demirli sıvılardan arta kalan demiroksit çökelimleri opak bir çember oluşturmaktadır (4x10).

Alınan bir diğer örnekte (örnek no: 14.5) de kumtaşı yapısı gözlenmiştir (Şekil 31). Kayaçta kaya kırıntıları egemen bileşenleri oluşturmaktadır. Genel olarak taneler iyi yuvarlaklaşmış ancak boylanma kötüdür. Dolayısıyla dokusal olgunluk çok iyi değildir.

Bileşenler açısından polijenik kökenli bir kumtaşıdır. İyi yuvarlaklaşmış tanelerin çoğunluğunu andezit, bazalt bileşimli volkanik kayalar oluşturmaktadır. Bu iki bileşenin yanında mineral yönlenmesi çok belirgin olan gnays ve şist kırıntıları bulunmaktadır. Yuvarlağımsı tanelerin arasında menisküs tipi kalsitik çimento vardır. Kayaçta önemli ölçüde boşluk bulunmakta olup, kalsitik çimentonun gelişmediği boşluklar da vardır. Kayacın dokusu kumlu dokudur. Oluşum ortamı çalkantılı kıyı ortamı ya da akarsu ağızı göl ortamı olabilir. Çünkü tanelerin yuvarlaklığının iyi gelişmiş olması uzunca bir dönem, ya da uzunca bir mesafe taşınmayı göstermektedir.



Şekil 31. 14.5 numaralı örneğin, (a) Yarı yuvarlaklaşmış taneler arasında ağsal ve menisküs tip kalsitik çimentonun görünüşü (4x10x); (b) Altere andezit kırıntısı içerisinde fenokristal ve mikrolit halindeki plajyoklasların görünüşü (4x10x).

5.5. Lokalite 5. İznik Gölü güney kıyısında, Ambarlı Deresi'nin oluşturduğu birikinti yelpazesinin doğu kıyısında yer alan yalıtışı yaklaşık 200 m uzunluğunda ve 8–10 m genişliğinde olup konglomeratik bir yapıda, sert ve kirli sarı renktedir (Şekil 32). Göle doğru genellikle 10 derece kuzeydoğuya doğru eğimli, N80W-10NE doğrultulu yalıtışı tabakalarının kalınlığı maksimum 70 santimetredir. Eğim değerleri bazı kesimlerde 6 dereceye kadar düşerken bazen suyunda aşındırmasının kazandığı eğim 12-14 dereceye kadar çıkar. Su içinde ise 1 metre devamı gözlenir. Gerideki plaj kumları altında yalıtışı 6 metre genişliğe sahiptir. Ancak yalıtışı zonunun doğu kesiminde genişlik 10 metreyi bulur. Tavandan tabana materyal boyutları heterometrikdir. Tane boyutları 1-2 mm ile 10-15 cm arasında değişmektedir. Tabaka kalınlıkları ortalama 1-2 santimetredir. Bazı kesimlerde yersel derecelenme (normal düşey) gösteren tabaka yapısı görülür. İri çakılların yuvarlaklığı ok iyi gelişmemiştir. Kum boyutu kesimler tabakalanmasında daha belirgin olduğu kesimler anlaşılmaktadır. Aynı mostrada iki farklı düzey seçilebilmektedir. Bunlardan birinci düzey düzgün tabaka yüzeyi sunan dereceli tabakalı konglomeratik kum taşı; ikinci düzey ise dalga

aşındırmasıyla yüzeyi parçalanmış ve yosunla kaplı konglomeratik yüzeydir ki, bu yüzey dalga etkisiyle göl içerisinde gözükmektedir.



Şekil 32. İznik Gölü güney kıyısında, Ambarlı Deresi'nin oluşturduğu birikinti yelpazesinin doğu kıyısında yer alan yalıtışı.

Toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre bu lokalitedeki yalıtışları ortalama % 44.48 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik ortalaması 159.2 μs , pH ise 8.74 ile alkalidir (Tablo 10). Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar ve boşluk tabanlarında tane yüzeylerinde gelişmiş radyal agregatlar oluşturur. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması $\text{O}>\text{C}>\text{Ca}>\text{Si}>\text{Fe}>\text{Mg}>\text{Al}>\text{K}>\text{Na}$ şeklindedir (Tablo 11). 16.2 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında kuvars, koesit, rutil ve kutnohorit tanımlanmıştır.

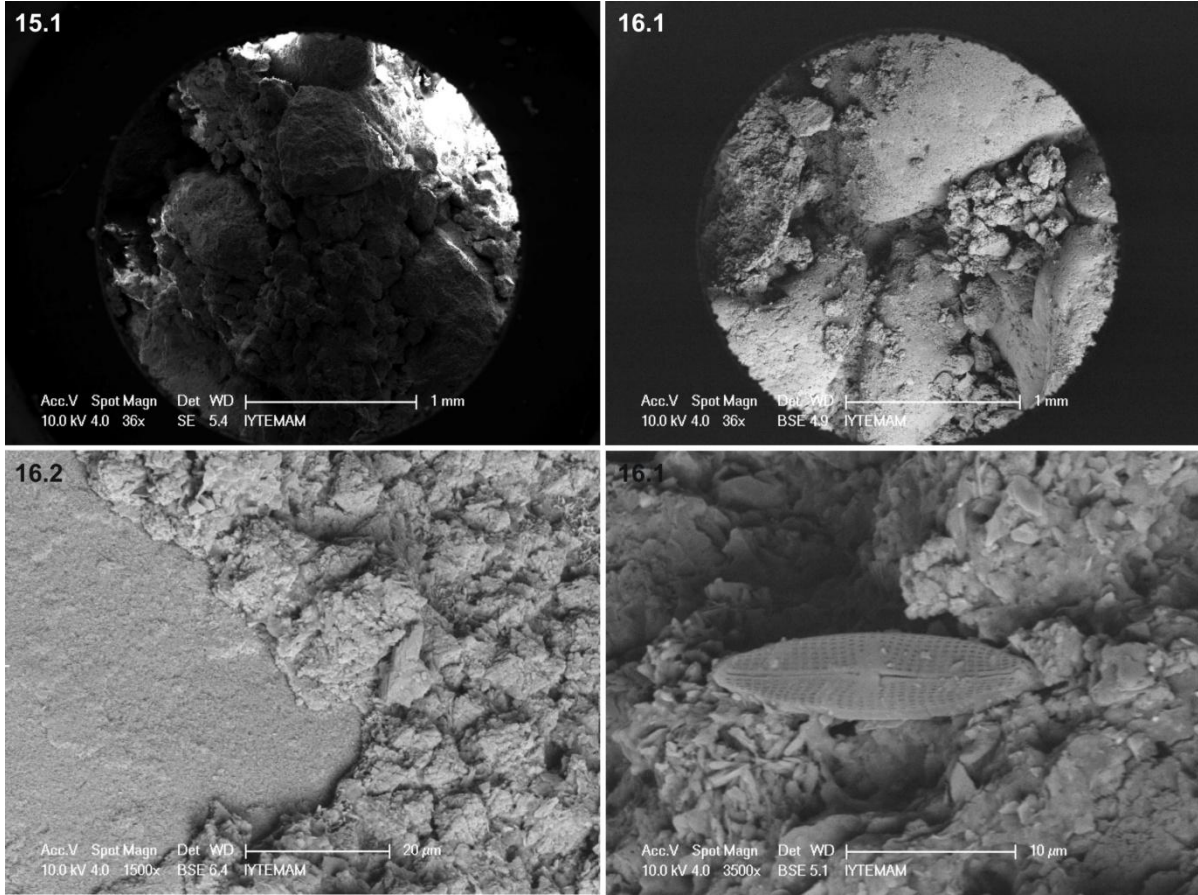
Laboratuar çalışmasında 5 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 15 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 33'de elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır. Analizler bu lokalitedeki yalıtışlarının egemen çimento türünün 10-20 μm kalınlıkta mikrit zarflar ile özellikle boşluk dolgusu çimento olduğunu göstermiştir. Taneler genelde köşeli veya ovoid türündedir. Tane yüzeyleri mat olup kısmen düzensiz şekilli karbonat örtülerle kaplıdır. Aragonit kristalleri tanımlanmamıştır.

Tablo 10. 5 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH ve EC analiz sonuçları.

	Örnek No	Toplam CaCO ₃	EC	PH
		(%)	(µs)	
Lokalite 5	15.1	20.44	187.7	8.7
	16.1	18.35	137.4	8.77
	16.2	17.09	152.6	8.75

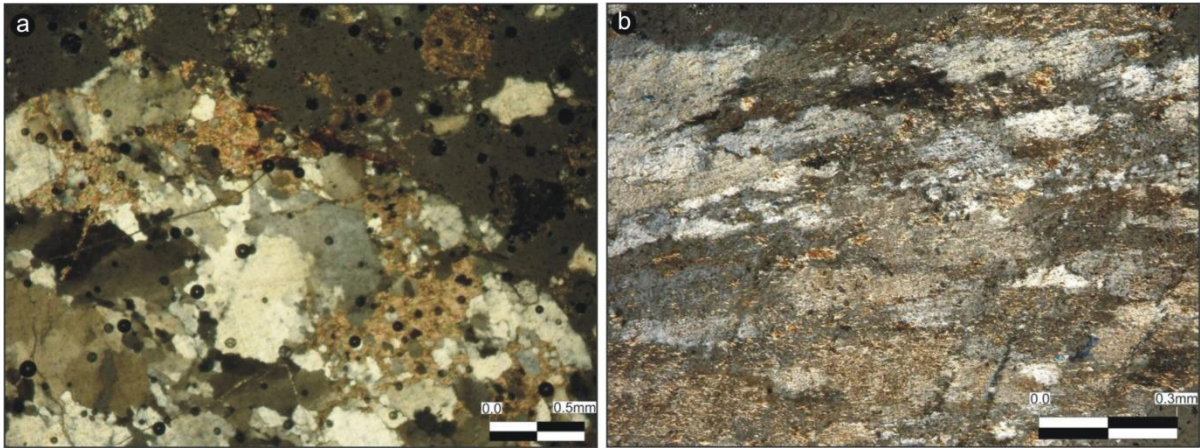
Tablo 11. 5 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

Örnek No	Analiz Yüzeği	Elementler									
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
Lokalite 5	15.1	Köprü çimento	21.21	31.38	0.15	6.09	1.41	3.81	1.57	21.99	12.39
	16.1	Mikritik zarf	19.15	42.31	0.64	2.24	0.72	1.04	0.26	31.38	2.34
	16.1	Mikritik zarf	11.66	36.99	0.88	10.96	0.97	2.32	1.05	34.23	0.94
	16.2	Alg yüzeyi	60.44	22.50	0.82	1.99	3.29	6.26	0.40	2.35	1.95
	16.2	Boşluk dolgusu çim.	8.82	19	0.30	0.71	3.40	38.29	2.76	9.32	17.41
	16.2	Mikritik zarf	24.05	42.36	0.76	1.47	1.15	1.74	0.34	26.36	1.77
	Ort.		24.22	32.42	0.59	3.91	1.82	8.91	1.06	20.93	6.13



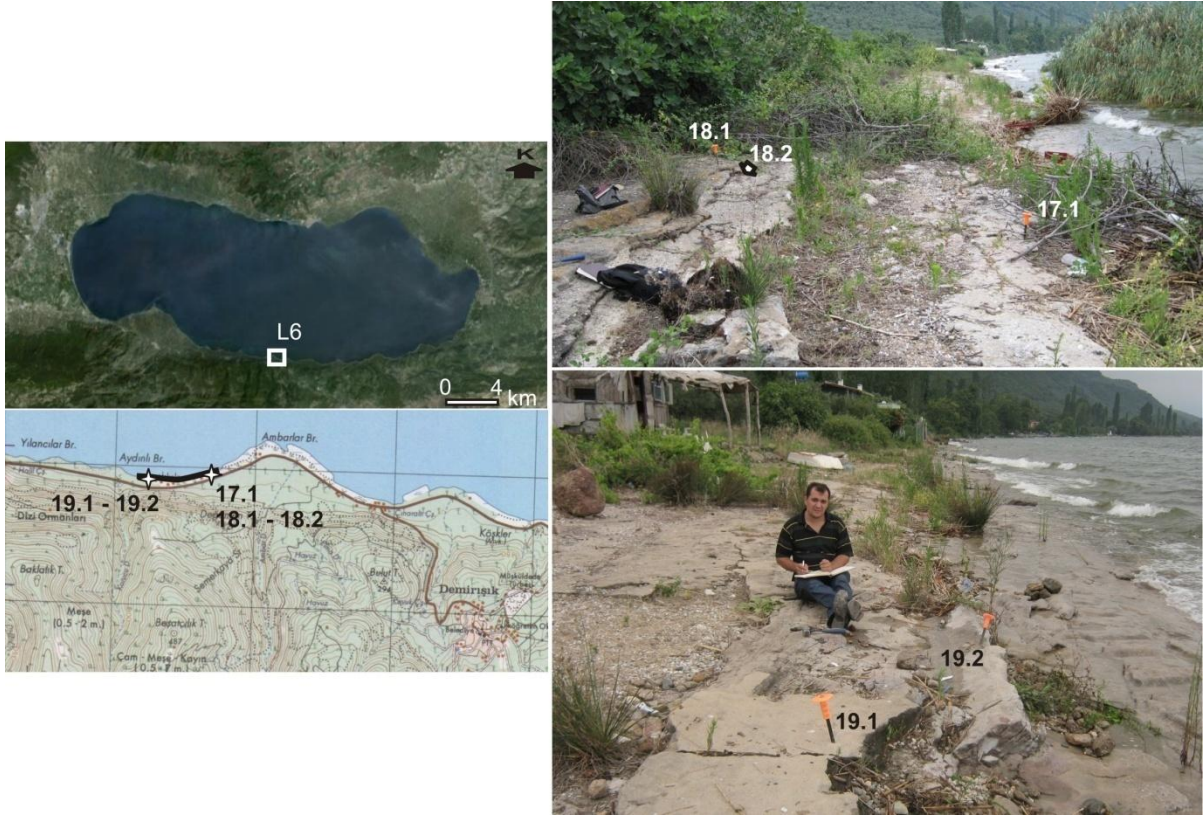
Şekil 33. Lokalite 5'ten alınan yalıtış örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

16.1 numaralı örneğin ince kesitlerinde kötü boyanmalı ve kaya kırıntısı egemen bir tür kumtaşı tanımlanmıştır (Şekil 34). Kayacın bileşiminde metamorfik ve magmatik kayalardan türeme taneler çoğunluktadır. Ayrıca çört, kuvarsit ve muskovit kuvars şist gibi dalgalı sönme gösteren kuvarların fazla olduğu kayaç kırıntıları bulunmaktadır. Demirli eriyiklerin etkisiyle boşluklarda ve tane sınırlarında opaklaşma ve demir oksit çökelimleri gelişmiştir. Çimentolanma zayıf olup etken çimento maddesini demiroksit oluşturmaktadır. Kayaçta dokusal olgunluk ve mineralojik olgunluk gelişmemiştir. Tane yuvarlaklığı bazı tanelerde çok iyi olmasına rağmen bazı taneler çok köşelidir. Çok iyi yuvarlaklık gösteren taneler ikincil sedimantasyonu işaret etmektedir. Kayaçta kuvars mineralinin çokluğu ve kuvars egemen kaya kırıntılarının çok olması, çökelme havzasına malzeme (kırıntı) veren kaynak alanda kuvarşça zengin magmatik (granit, granodiyorit v.b. gibi) kayaçların bulunduğu işaret eder. Kayacın içerisinde herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Çökelme ortamı olarak karasal ya da su etkisinin çok az olduğu kıyı ortamı denilebilir.



Şekil 34. 16.1 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Kumtaşı: Kayada polikristalin kuvars taneleri ve metamorfik kaya kırıntıları egemen. Polikristalin kuvars ve kalsitik çimentonun görüntüsü (4x10x); (b) Serisitleşmiş muskovit-kuvars şist tanesinde kuvarlardaki yönlenmenin görünüşü (10x10x).

5.6. Lokalite 6. Ambarlar Dere deltasının doğu kıyısında olduğu gibi, batı kıyısında da yalıtışı oluşumu gözlenmiştir (Şekil 35).



Şekil 35. İznik Gölü güney kıyısında, Ambarlı Deresi'nin oluşturduğu birikinti yelpazesinin batı kıyısında yer alan yalıtışı.

Yalıtışı zonu İskele Mevkii olarak bilinen kesimde yer alır. Yüzey tabakaları konglomeratik olmakla birlikte genelde sıkı çimentolu konglomeratik kumtaşı özelliğindeki yalıtışı tabakaları oldukça ince olup, toplam kalınlık 20-40cm arasında değişir. Yalıtışının tabaka konumu N60E-5NW şeklindedir. Geniş bir alanda gözlenen yalıtışının kıyıdağı genişliği 10 m civarındadır. Su altındaki kısmın genişliği ise 4 metre kadardır. Yer yer 10 m'nin üzerine çıkan genişlikler de vardır. Kırıntılar genel olarak çört, kireçtaşı, mermer ve koyu renkli metalavlardan oluşmaktadır. İri çakıllarda yuvarlaklık küçük çakıllara göre daha kötüdür. Boylanma çok iyi değildir ve ayrıca tane derecelenmesi şeklinde tabakalanım gözlenir. Bu tabakaların yanıl yönde devamlılıkları ise izlenememiştir. Çakıllı ve kumlu seviyelerin yanıl yöndeki değişimleri kısa mesafece oluşabilmekte dolayısıyla çakıl ve kum tabakalarında merceklenme ve kamalanmalar izlenmektedir. Bu lokalitede oldukça ilginç bir tabaka yapısı tespit edilmiştir. Göle doğru 5° kadar eğimli yalıtışı tabakaları üzerine sıkıca kaynamış şekilde ters eğimlenmiş bir yalıtışı tabakası görülmüştür.

Toplam CaCO₃ pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre bu lokalitedeki yalıtışları ortalama %18.72 oranında CaCO₃ içermekte olup, iletkenlik ortalaması 131.48µs, pH ise 8.51 ile alkalidir (Tablo 12). Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar, radyal agregatlar ve menisküs köprüler oluşturur. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması Ca>O>C>Fe>Mg>Si>K>Na>Al şeklindedir (Tablo 13). 18.2 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında kuvars, rutil, yüksek mg-kalsit, berlinit, natrit, hematit ve gifrit tanımlanmıştır.

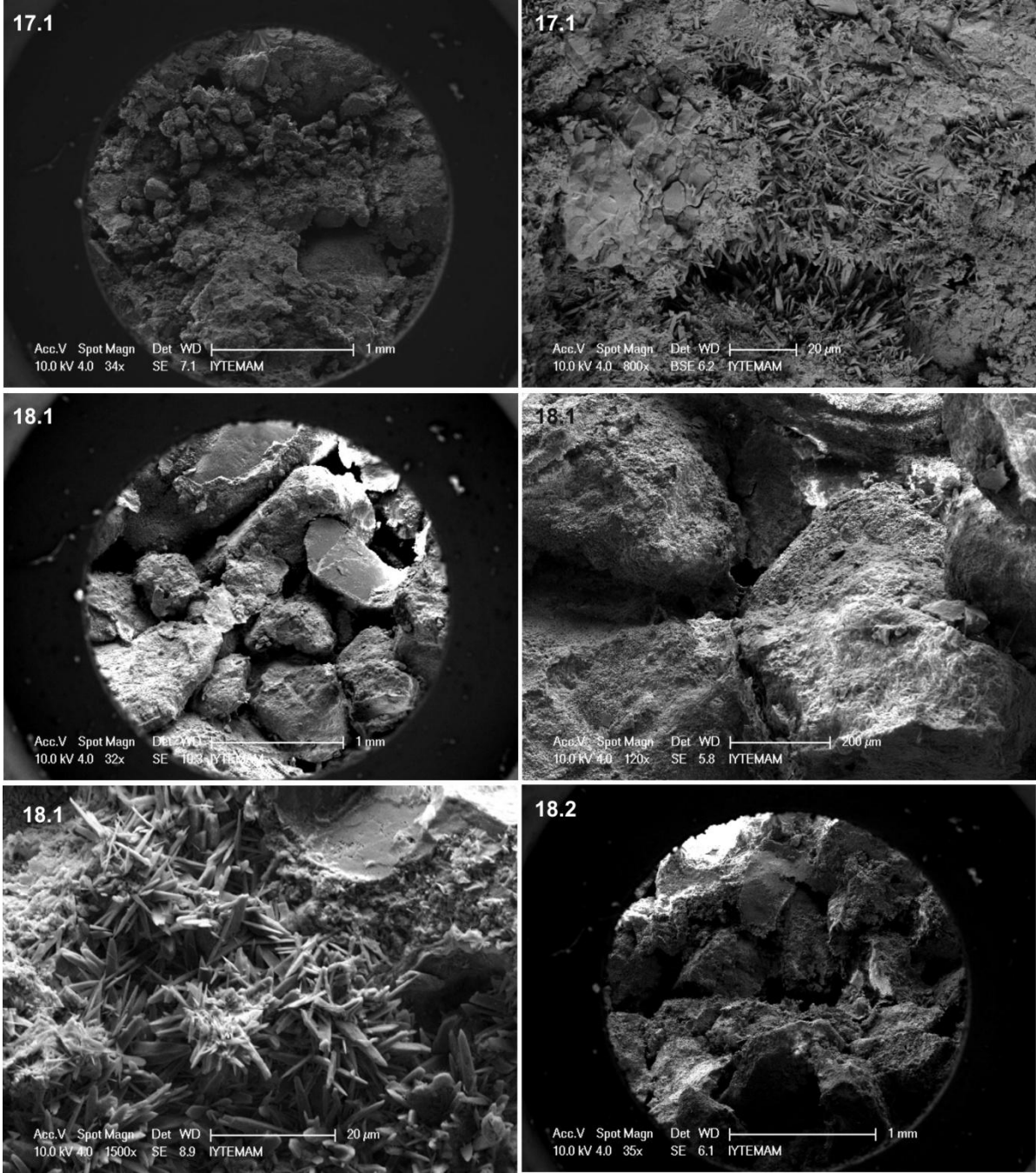
Tablo 12. 6 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH ve EC analiz sonuçları.

	Örnek No	Toplam CaCO ₃ (%)	EC (µs)	PH
Lokalite 6	17.1	26.87	187.6	8.43
	18.1	19.51	114.4	8.36
	18.2	16.42	96.2	8.53
	19.1	12.73	120.2	8.58
	19.2	18.09	139	8.65

Laboratuar çalışmasında 6 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 37 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 36 ve 37'de elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır.

Tablo 13. 6 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

	Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler								
			C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Lokalite 6	17.1										
	18.1	Mikritik zarf	23.85	37.46	0.79	0.94	0.57	0.93	0.40	33.31	1.75
	18.2	Aragonit	26.08	36.62	0.66	1.24	0.66	1.73	0.46	30.34	2.22
	19.1	Mikritik zarf	13.60	24.98	0.18	0.94	0.26	0.89	0.93	54.15	4.08
	19.1	Mikritik zarf	14.79	37.71	1	4.19	0.98	2.01	1.30	34.37	3.65
	Ort.		19.58	34.19	0.65	1.82	0.61	1.39	0.77	38.04	2.92

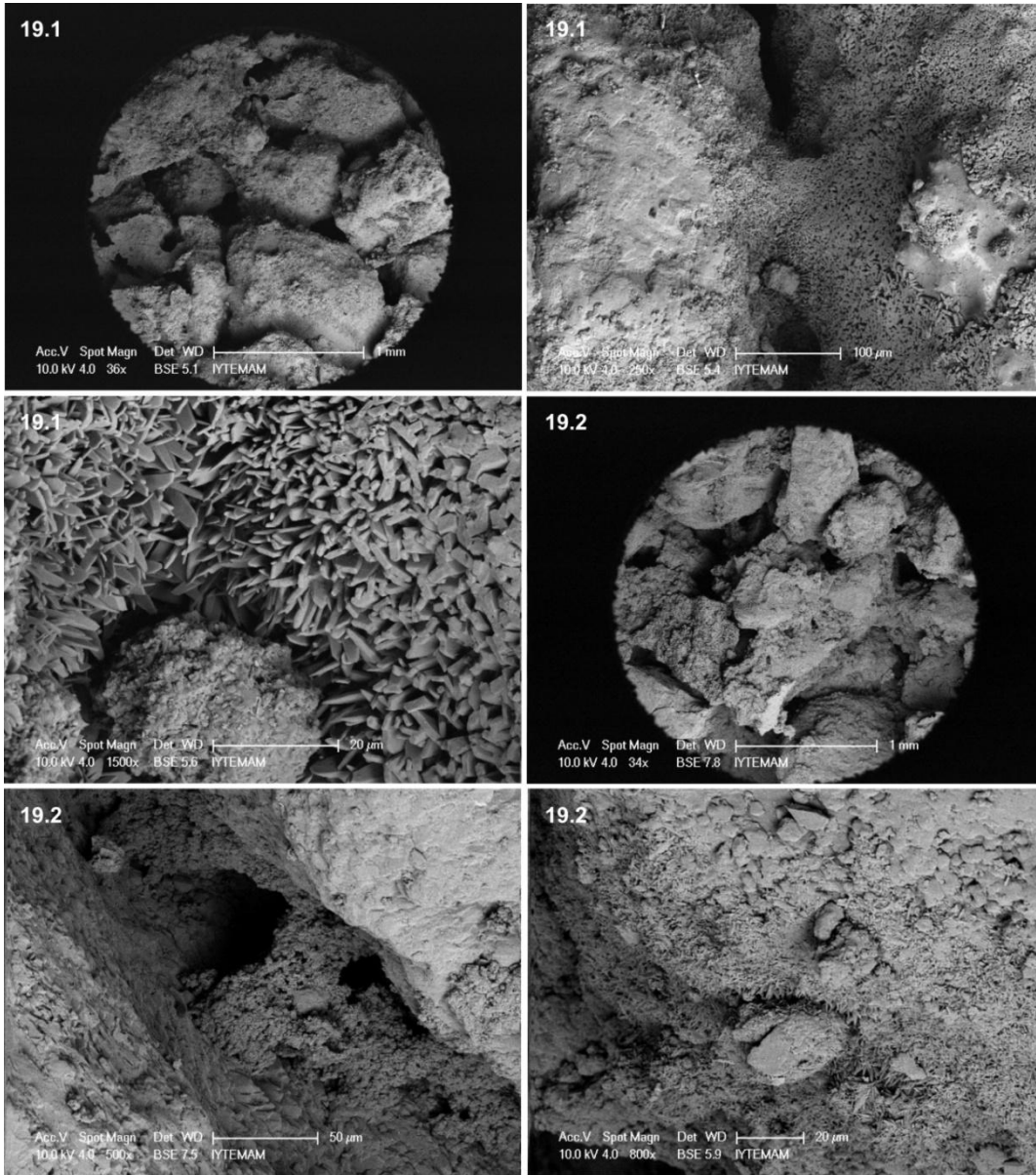


Şekil 36. Lokalite 6'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

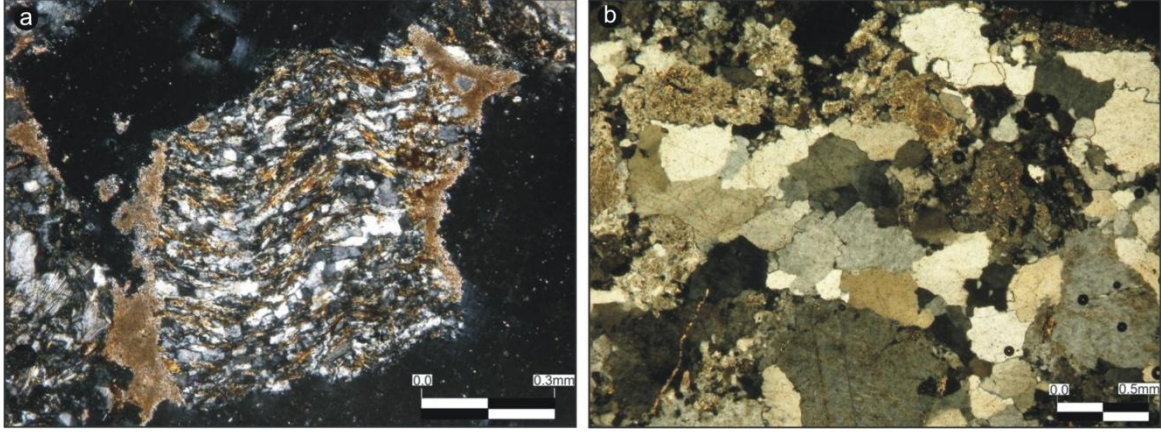
17.1 numaralı örneğin elektron mikroskobu görüntülerinde iri tane aralarının daha küçük tane ve karbonat topakları ile doldurulduğu, daha detayda ise tane kenarlarında çok tipik olarak 15-20µm uzunlukta sivri aragonit kristallerinin karşılıklı geliştikleri görülmektedir. Tanelerin genelde 500µm-1 mm arasında büyüklükte köşeli, orta-iyi derecede boylanmış oldukları 18 numaralı örneklerde gözlenir. Yüksek boşluk oranına sahip bu örneklerde tane yüzeyleri hemen tamamen mikrit zarflarla örülmüş, tane aralarındaki köprü çimentoları

doğrudan aküikilar ve radyal agregatlar şeklindeki aragonit kristalleri sağlamıştır. Aynı dokusal özellikler 19 numaralı örnekler için de söz konusu olmakla birlikte, bu örneklerde 50-100µm arasında kalınlıktaki köprü çimentolar çok daha belirgin, ayrıca bu çimentoyu yapan aragonitler 5-10µm arası boyutta ve çok daha sıktır. Bu 19.1 numaralı örnekte oldukça tipiktir.

Son olarak 17.1 numaralı örneğin ince kesit analizlerinde kuvars ve mikaşist kaya kırıntılarının çok yoğun olduğu kumtaşı bileşimindeki kayada taneler kötü yuvarlandığı görülmektedir (Şekil 38). Polikristalin kuvars egemen minerali oluşturur. Tane aralarında kalın menisküs köprü çimento gelişmiştir. Boşluk oranı yüksektir.



Şekil 37. Lokalite 6'dan alınan yalitaşı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).



Şekil 38. 17.1 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Kenarlarında kalsit gelişimli kuvars-mikaşist tanesi (10x10x); (b) Polikristalin kuvars mineralleri (4x10x).

5.7. Lokalite 7. 6 nolu lokalitenin, yani İskele Mevkii'nin 500 metre kadar batısında, Narlıca Köyü doğusunda çok dar alanlı bir yalıtışı zonu tespit edilmiştir (Şekil 39). 2 metresi su altında ve 2 metresi su üstünde olmak üzere toplam 4 m genişlikte uzanan yalıtışı zonu sadece 20 metrelik bir uzunluğa sahiptir. Maksimum tabaka kalınlığı 30 santimetredir. Yalıtışını oluşturan çakıl ve kumlar polijenik olup içerisinde büyük bloklar da bulunmaktadır.



Şekil 39. İznik Gölü güney kıyısında, Narlıca Köyü doğu kıyısında yer alan yalıtışı.

Çok dar alanlı bir yalıtışı olması nedeniyle tek örnek alınan bu lokalitede toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre yalıtışı %25 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik değeri $176.3\mu\text{s}$, pH ise 8.83 ile alkalidir (Tablo 14). Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar ve bunlar üzerinde ardıl gelişmiş sivri uçlu aragonit rimler çok tipiktir. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması $\text{O}>\text{Ca}>\text{C}>\text{Mg}>\text{Fe}=\text{Si}>\text{Al}>\text{Na}>\text{K}$ şeklindedir. 18.2 nolu örneğin XRD

analizinde ise aragonit çimento dışında dolomit, koesit, rutil, vustit ve mikrokin tanımlanmıştır.

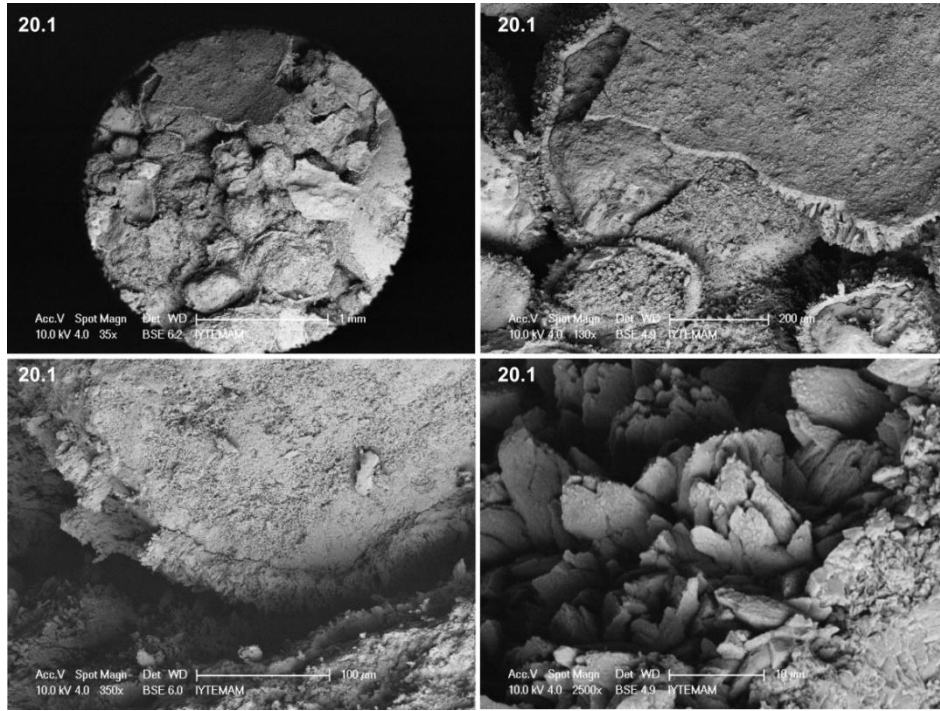
Tablo 14. 7 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH ve EC analiz sonuçları.

Örnek No	Toplam CaCO ₃ (%)	EC (µs)	PH
20.1	25	176.3	8.83

Tablo 15. Narlıca Köyü doğu kıyısındaki 7 nolu lokalitede yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler								
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
20.1	Mikritik zarf	18.91	40.83	0.61	3.97	0.98	2.72	0.47	28.80	2.72

Laboratuar çalışmasında 7 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 8 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır (Şekil 40).



Şekil 40. Lokalite 7'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

Alınan görüntülerde tanımlanan en yaygın çimentolaşma türünü tane kenarlarını saran ve hemen hemen eş uzunlukta, sivri uçlu skalehedral aragonit rimler oluşturmaktadır.

Uzunluğu ortalama 10µm olan bu kristaller ince mikrit zarflar üzerinde ikinci gelişmiş çimento grubunu oluşturur. Bu kenar çimentoların kalınlıkları ise 40µm'ye yaklaşıır.

5.8. Lokalite 8. İznik gölünün batı-güneybatı kıyısında Sandık Mevkii olarak bilinen, regülatörün 250 metre kadar ilerisinde yer alan yalıtışı zonu yaklaşık 800 metre uzunluktadır (Şekil 41). Genel olarak konumu N-S/5E veya NE şeklindedir. Bu Göl kıyısında devamlılığı gözlenen en uzun yalıtışı zonedur. Yalıtışları kumlu-çakıllı plaj boyunca sadece 2-3 metre genişlikteki bir alanda yüzeyler ve batıda İznik-Orhangazi güney kara yoluna 20 metre kadar bir mesafededir. Yüzeyi çoğu yerde dalgalı, kirli beyaz renkte olan yalıtışında kuvars ve volkanik kaya parçaları egemen olup, tane destekli iri kum-küçük çakıl bileşimli çakılcıklı konglomera ve iri taneli kumtaşı niteliğindedir. Çakıllar polijenik olup ort-iyi yuvarlaklık göstermektedir. Boylanma çok iyi olmayıp, en üst kesimlerinde normal derecelenme gözlenir. Üst kesimdeki kum egemen kesimleri alt kesimlerine göre daha sıkı çimentolanmıştır. Yalıtışının kalınlığı ortalama 50 santimetre kadardır. Su içerisindeki kesimi çok az olup, genişliği 4-5 metreyi geçmez. Bazı kesimlerde ise tamamı su yüzeyindedir.



Şekil 41. İznik Gölü batı kıyısında yer alan yalıtışı.

Toplam CaCO₃ pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre bu lokalitede yalıtışı %41,84 oranında CaCO₃ içermekte olup, iletkenlik değeri 177.3µs, pH ise 8.83 ile alkalidir (Tablo 16). Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar ve boşluk

dolgu çimento oluşturur. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması O> C>Ca>Fe>Mg>Na>Al>Si>K şeklindedir (Tablo 17). 22.1 nolu örneğin XRD analizinde ise aragonit çimento dışında kuvars, ankerit, rutil ve kalsit tanımlanmıştır.

Tablo 16. 8 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH ve EC analiz sonuçları.

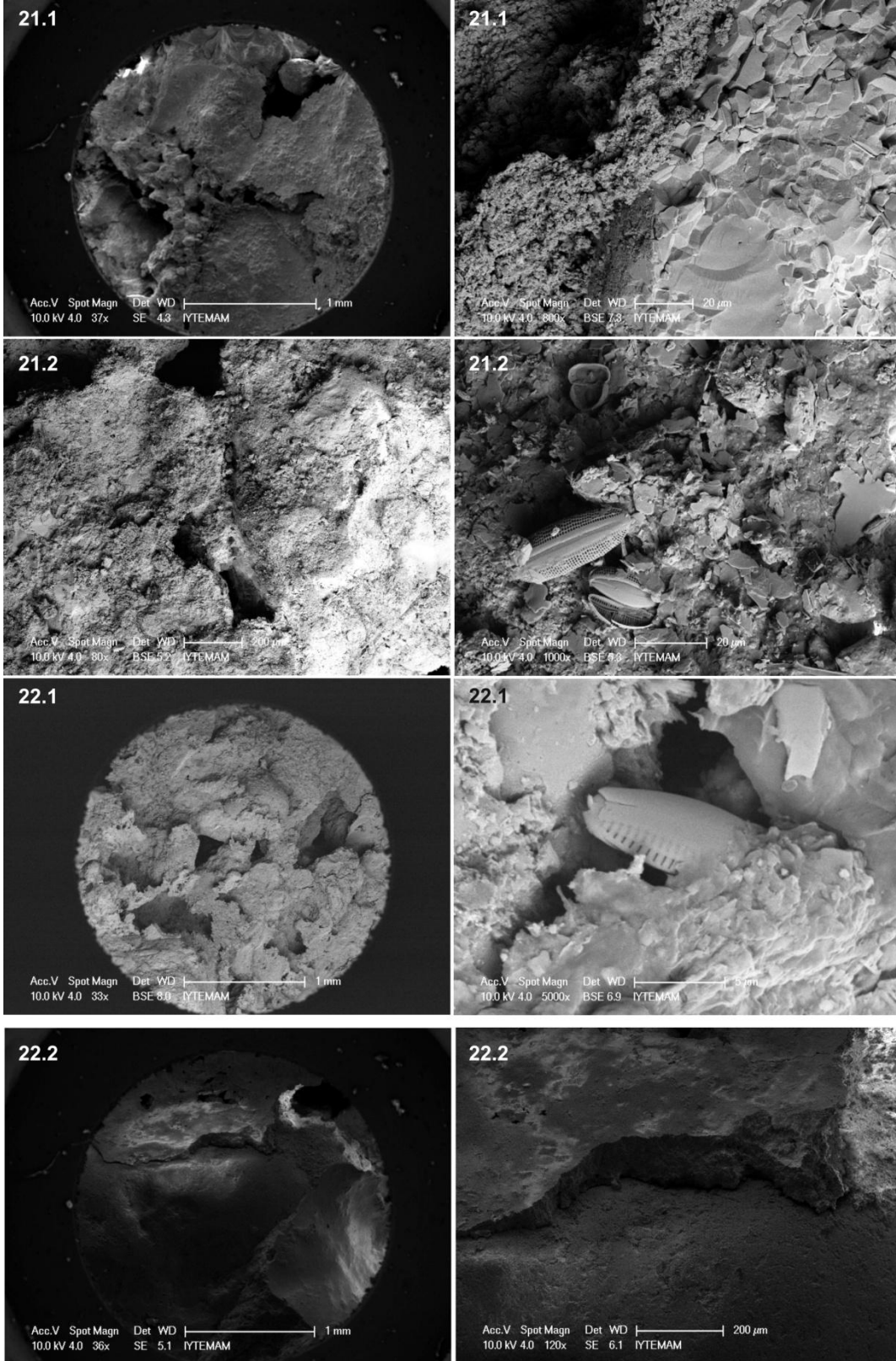
	Örnek No	Toplam CaCO ₃ (%)	EC (µs)	PH
Lalite 8	21.1	36.2	186	8.96
	21.2	47.21	174.4	8.86
	22.1	31.09	168.9	8.89
	22.2	52.88	180	8.62

Tablo 17. 8 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

	Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler								
			C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Lokalite 8	21.1	Aragonit	16.57	29.18	1.37	0.89	2.26	5.52	4.37	34.48	5.35
	21.2	Mikritik zarf	8.70	43.91	1.13	1.09	1.67	39.48	0.36	0.72	2.93
	21.2	Mikritik zarf	21.68	40.51	1.12	3.15	1.56	3	0.25	25.66	3.08
	22.1	Mikritik zarf	8.86	47.85	1.71	0.89	2.34	34.97	1.01	0.47	1.90
	22.1	Mikritik zarf	16.05	39.86	0.48	4.31	0.80	1.68	0.61	32.32	3.88
	22.2	Mikritik zarf	21.63	37.62	0.92	0.71	0.79	0.94	0.32	34.38	2.68
	22.2	Mikritik zarf	26.49	36.89	0.43	7.76	0.25	0.30	0.20	27.69	-
	22.2	Aragonit	26.72	42.75	0.69	2.24	0.52	0.38	0.30	24.11	2.29

Laboratuar çalışmasında 8 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 27 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 42'de elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır. Bu görüntülere göre bu lokalitede yalıtışı oldukça iri tanelidir ve köşeli tanelerin yüzeyinde 1 µm boyutunda mikritler oldukça yoğun olup kalınlığı 10 µm'yi bulan ve yüzeyi pürüzsüz zarflar oluşturmuşlardır (22.2 nolu görüntü). Oldukça boşluklu olan yalıtışında tane araları karbonatla doldurulmuştur. 21.1 ve 22.1 numaralı görüntülerde görüldüğü gibi değişik diatom türleri çimento maddesinin yüzeyinde ve bir kısmı gömülü olarak bulunur.

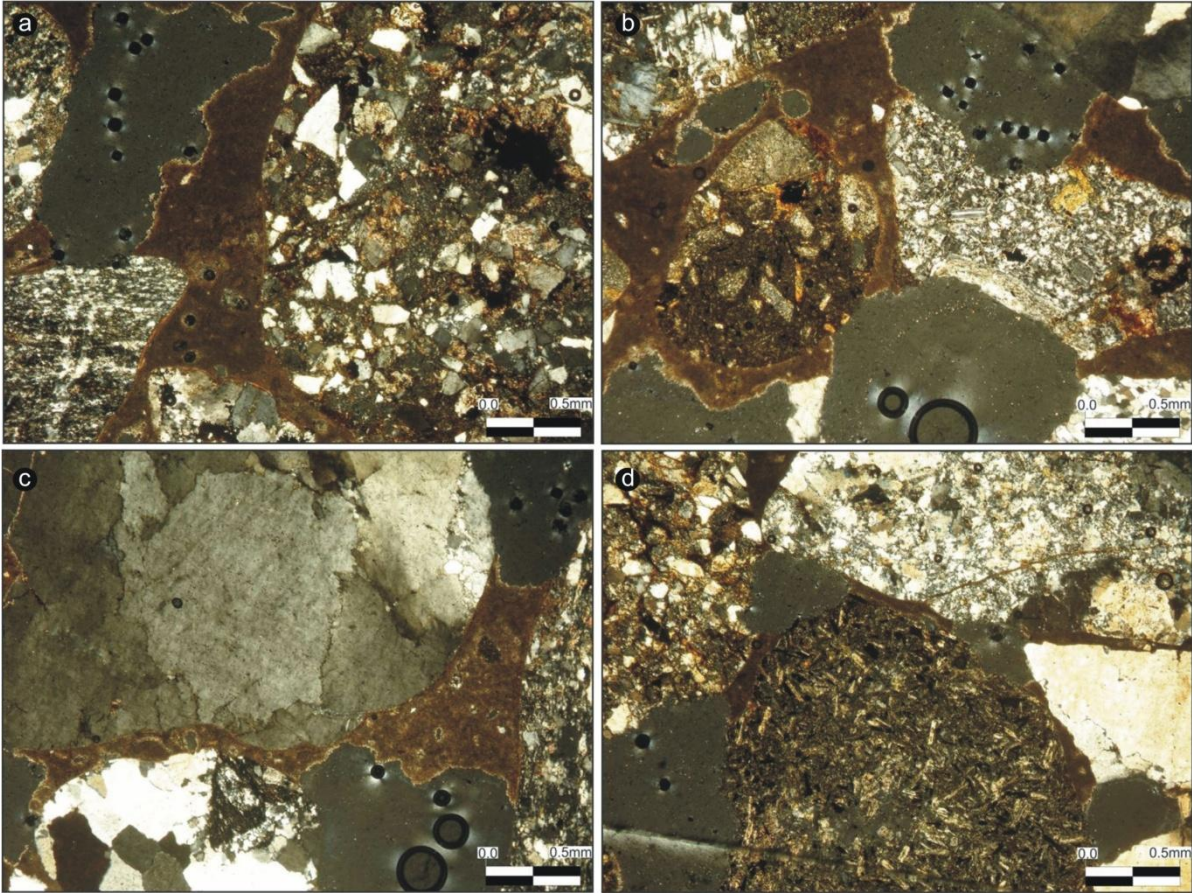
21.1 numaralı örneğin ince kesitlerinde konglomeratik kumtaşı türündeki yalıtışında terrijen olarak bulunan çok sayıda farklı kayalardan türeme taneler tanımlanmıştır (Şekil 43). Bu tanelerin çoğunluğunu iyi yuvarlaklaşmış metagranitler oluşturmaktadır. Genellikle kuvarsları dalgalı sönmeli, plajyoklaslarda ise serisitleşme ve epidotlaşma görülmektedir. Bazaltdan türeme tanelerde çok az yönelme gösteren plajyoklas ve ojit fenokristalleri tanınabilmektedir. Mikrolitlerde de belirgin bir yönelme görülmektedir. Kristalize kireçtaşı (mermer) kırıntıları çok iyi yuvarlaklaşmalar göstermektedir. Çok iyi tanınmamakla birlikte taşınmış ve kenarı kırılmış, hyalin kavkılı nummulites fosili bulunmaktadır.



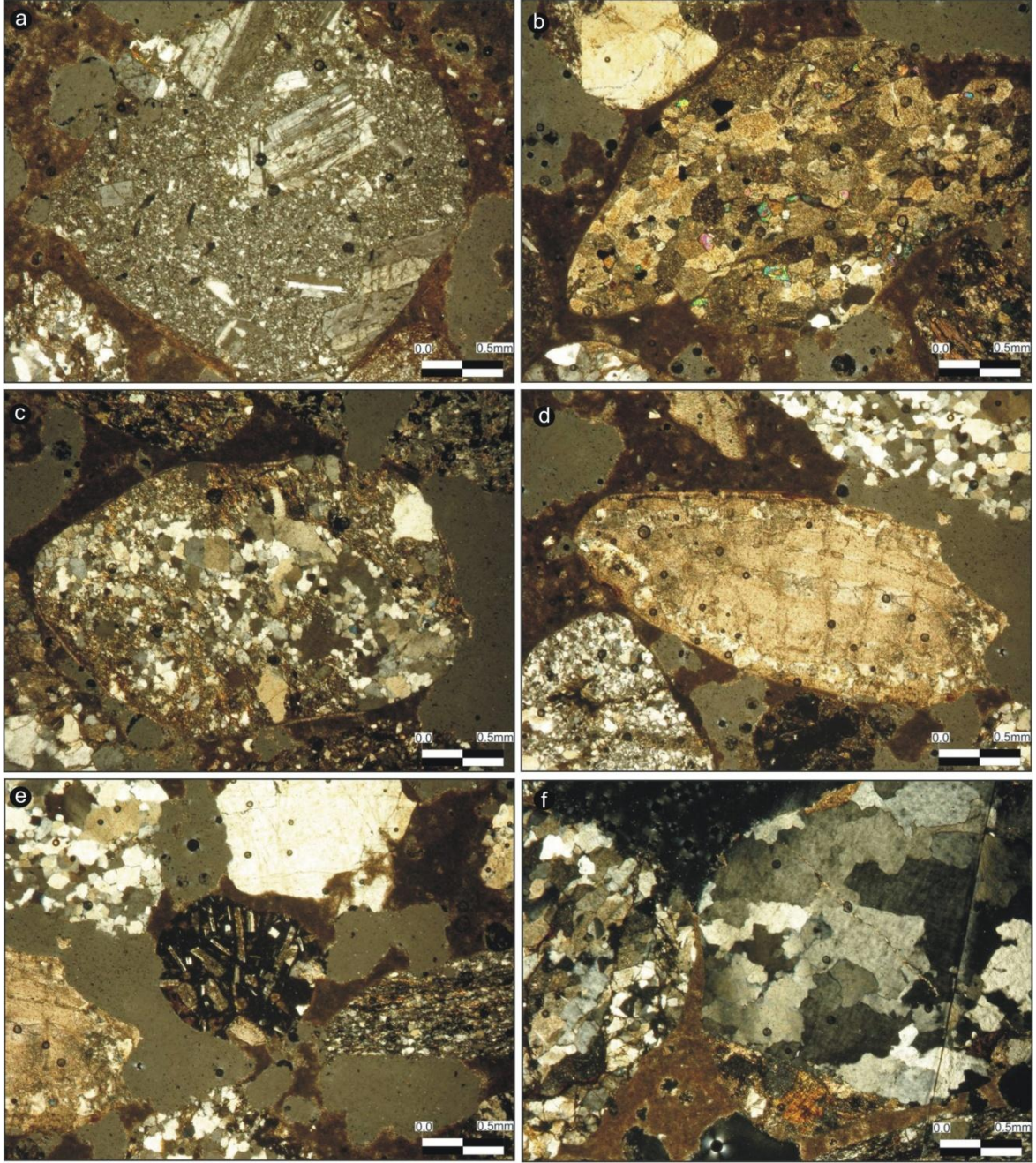
Şekil 42. Lokalite 8'den alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

Çevre kayalar hakkında şu şekilde yorum yapılabilir. Kayacın çökeltme alanına yakın bölgede granit, granodiyorit, bazalt, mermer kuvarsit, gnays türündeki kayaların yanı sıra

Eosen yaşlı kireçtaşları da bulunmaktadır. Bazı tanelerin çok iyi yuvarlaklaşmış olması çökelme alanına uzak bir alandan taşınmayı gösterirken, kötü boylanma enerjinin yüksek olduğunu işaret etmektedir. Alınan diğer bir konglomeratik kumtaşı türündeki örnekte (örnek no: 22.2) kayada çok farklı kökenden türeme, orta-iyi yuvarlaklaşmış taneler gözlenmiştir (Şekil 44). Tanelerin çoğunluğunu magmatik (granit, bazalt, andezit) ve metamorfik (mermer, gnays, kuvarsit, amfibol şist) kayalar oluşturmaktadır. Ayrıca kırılmış kavkı kalıntıları ile nummulites fosil parçaları da gözlenmektedir. Andezitlerden türeme tanelerde pilotaksitik doku çok karakteristiktir. Ayrıca fenokristal halde bulunan hornblend minerallerinde baklava dilinimlenme çok belirgindir. Plajyoklas mineralleri öz şekilli fenokristalleri oluşturmaktadır. Kayacın dokusu konglomeratik dokudur.



Şekil 43. 21.1 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Kireçtaşları iyi yuvarlaklaşmış kuvars arenit çakıllı ve gnays çakıllı arasındaki menisküs tipi kalsitik çimento (4x10x); (b) Bazaltik andezit ve andezit kırıntısında plajyoklas minerallerinin (fenokristallerinin) görünüşü (4x10x); (c) Dalgalı sönmeli polikristalin kuvarslı kuvarsit kırıntısı ile kuvars mika şist arasındaki alanda FeO ve kalsitik çimentonun görünüşü. Kayada boşluklar henüz doldurulmamış (4x10x); (d) Camsı hamuru kısmen devitrifiye olmuş andezit kırıntısında plajyoklas fenokristalleri ve mikrolitlerinin görünüşü (4x10x).



Şekil 44. 22.2 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Konglomeratik kumtaşı (Litik kumtaşı). Andezitikplajjoklas fenokrist alleri (4x10x). Taneler genellikle iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalıdır. Yüksek enerjili bir ortamı işaret etmektedir; (b) Epidot kristalli mermer tanesi (4x10x); (c) Kuvarsit tanesi (4x10x); (d) Kırılmış bir Nummulites fosili (4x10x); (e) İyi yuvarlaklaşmış bir bazalt (porfirik dokulu) tanesi ve etrafında metamorfik tanelerin görünüşü (4x10x); (f) Polikristalin ve süturlu kuvars kristallerinin görünüşü. Taneler arası çimento menisküs tipi kalsit çimentodur (4x10x).

5.9. Lokalite 9. İznik Gölü'nün kuzeydoğu kesiminde, Çakırca Köyü'nün batısında yaklaşık 40-50 metre uzunluğunda bir yalıtışı düzeyi gözlenmiştir (Şekil 45). Yalıtışının konumu K60D/5GD şeklindedir. Yalıtışının bulunduğu alan 2 sazlık arasında, kumlu ve küçük çakıllı bir plaj ortamıdır. Doğu yönünde ilerlendiğinde polijenik konglomera yapısı belirginleşir. Yalıtışının yer yer genişliği 10 metreye kadar ulaşmakta ve göle içerisine doğru da 3-4 m kadar uzamaktadır. Göl suları içinde kalan kısmı 1 metre kadar genişliktedir. Diğer lokalitelerden farklı olarak özellikle kumlu seviyelerde yoğun kavkı içeriği gözlenir. Tabakalanma çok belirgin değildir. Göle (güneydoğuya) doğru tabaka eğimleri 4-7° arasında değişir. Kıydan göl içerisine doğru tane incilmesi şeklinde derecelenme gözlenmektedir. Çakılcık boyutları 2 ile 5 mm arasında değişir. Çakılcık boyutlarındaki gereçlerde taneler çört ve kuvarsit ya da kuvars tanelerinden oluşmaktadır. İçerisindeki kavkı parçaları veya bütün halde kavkılardan oluşmaları ise 0,5mm-1,5 cm'ye ulaşır.



Şekil 45. Çakırca deltasının batı kıyısında yer alan yalıtışı.

Toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre bu lokalitede yalıtışı %18,7 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik değeri 137.1 μs , pH ise 8.6 ile alkalidir (Tablo 18). Yalıtışlarında çimento morfolojisinin egemen türünü mikrit zarflar ve boşluk dolgusu çimento oluşturur. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelerine göre sıralanması $\text{O} > \text{C} > \text{Si} > \text{Ca} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{K} > \text{Na}$ şeklindedir (Tablo 19). 23.1 nolu örneğin

XRD analizinde aragonit çimento dışında kuvars, dolomit, koesit ve albit, 24.1 nolu örneğin analizinde ise aragonit çimento dışında kuvars, kalsit ve dolomit tanımlanmıştır.

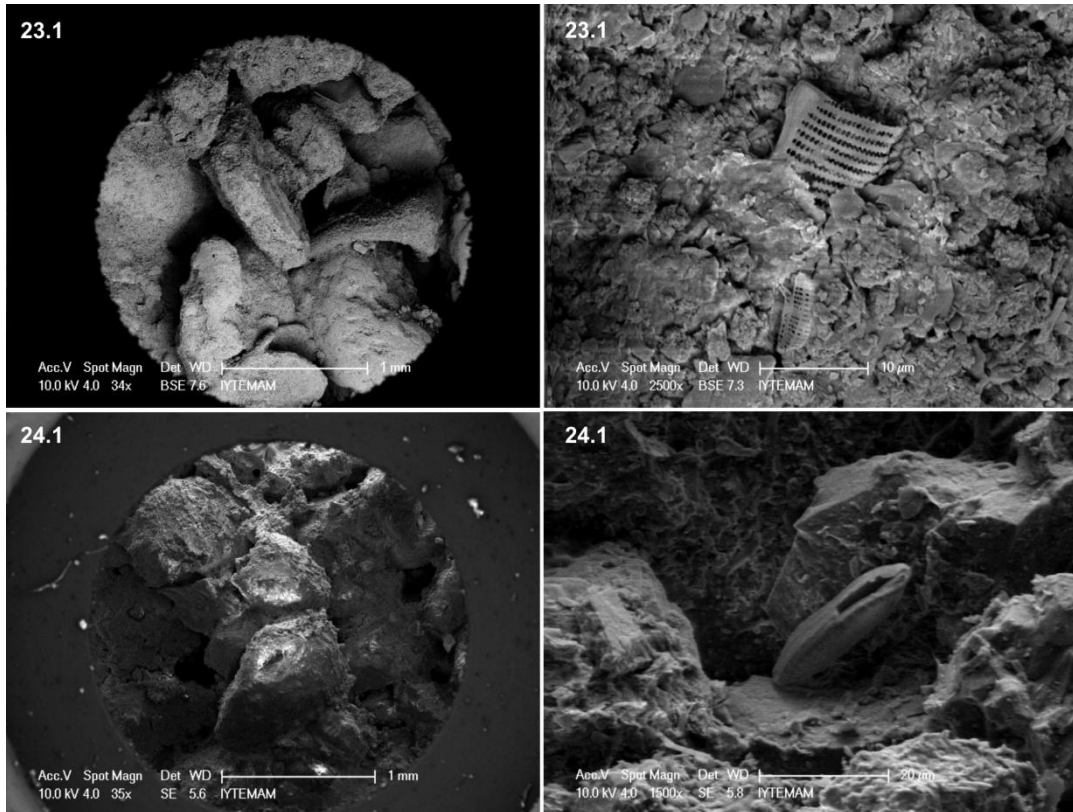
Tablo 18. 9 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH ve EC analiz sonuçları.

	Örnek No	Toplam CaCO ₃ (%)	EC (µs)	PH
9	23.1	20.31	158	8.7
	24.1	17.63	116.3	8.51

Tablo 19. 9 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

Örnek No	Analiz Yüzeği	Elementler									
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
9	23.1	Mikritik zarf	29.58	42.52	1.53	3.24	1.17	0.93	0.44	17.86	2.73
	24.1	Mikritik zarf	20.79	39.52	0.79	3.51	7.38	12.78	1.80	10.23	3.20

Laboratuar çalışmasında 9 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 10 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 46'da elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır.



Şekil 46. Lokalite 9'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).

Analiz sonuçlarına göre yalıtışında 1-2 mm arasında boyutta köşeli ve yassı taneler fazladır. 23.1 nolu görüntüde de görüleceği üzere yoğun karbonat zarfları nedeniyle tane yüzeyleri gözlenememekte, ancak tane duruşlarının açılı olması nedeniyle boşluk oranı da fazladır. Bu durum karbonat çimentosu dolgusunun azlığını gösteren kalsimetrik analiz sonuçlarıyla da tutarlıdır. 24 numaralı görüntülerde açıkça görüldüğü gibi 10-20 µm uzunlukta aragonit kristalleri düzensiz şekilli karbonat topakları üzerinde gelişmiş ve böylece mikritik zarflar üzerinde durulmuştur. Genel olarak diğer örneklerde gözlenen aragonit rimleri ve agregatları mevcut değildir. Genel olarak çimentolaşma düzensiz şekilli karbonat mikritleri üzerinde gelişmiş boşluk dolguları ile karakterize edilir.

Son olarak 23.1 numaralı örneğin ince kesitlerinde kötü boylanmalı ve iyi yuvarlaklaşmamış litik kumtaşı yapısı söz konusudur (Şekil 47). Bileşiminde kaya kırıntısı olarak kuvarsit, mermer ve bazalt, andezit taneleri çoğunluğunu oluşturuyor. Ayrıca tek tek biyotit lamelleri, kuvars taneleri ve plajjoklaslar var. Biyotit minerallerinde bükülmeler ve kenar kesimlerinde opasitleşmeler gözlenmektedir. Biyotitlerde tek yönlü dilinim, kahverengi pleokroizma ve yüksek relief çok belirgindir. Kuvarslar dalgalı sönmeli, polikristalin taneler şeklindedir. Ojitli andezit ve bazaltlardan türemiş tanelerde kuşak ikizlenmeli ojitler ile öz şekilli zonlu sönmeli plajjoklas fenokristalleri belirgindir.



Şekil 47. 9 nolu lokalitede alınan örneklerden ince kesit görüntüsü.

5.10. Lokalite 10. 9 numaralı yalıtış lokalitesinin 250-300 metre batısında Derebent deltasının doğu kıyısında yaklaşık 700 m uzunluğunda genel olarak iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı çakıllardan oluşan kirli beyaz renkte konglomera özelliğinde yalıtış gözlenmiştir (Şekil 48). En kalın olduğu kesimlerde 1.2 metre kalınlığa ulaşan yalıtışın 20 santimetrelük kısmı su altında, 1 metrelik kısmı su üzerindedir. Su içinde 4 metrelik bir genişlikte tabakalar

gözlenir. Batıya gittikçe babaka kalınlıklarında ve tane boylarında artış görülür. Çakılların çoğunluğu çört, kuvars, bazalt, kuvarsit ve mermerden oluşmaktadır. Yalıtışının batı kenarında beyazımsı kirli sarı (bal sarısı) orta-kalın tabakalı tabakaları 35-40 GD eğimli olan bir mermer mostrası yer almaktadır. Mermer mostrasının devamlılığı yaklaşık 500 metre kadar batıya doğru Derbent Deresi deltasının ucuna kadar uzanmaktadır.



Şekil 48. Derebent deltasının doğu kıyısında yer alan yalıtışı.

Toplam CaCO_3 pH, EC ve su içeriği analizleri sonuçlarına göre bu lokalitede yalıtışı %65,09 oranında CaCO_3 içermekte olup, iletkenlik değeri 147.8 μs , pH ise 8.7 ile alkalidir (Tablo 20). Çimento bileşiminde mikrit zarflar ve boşluk dolgusu çimento ile radyal agregatlar

egemendir. Yalıtışı çimentosu içinde yer alan elementlerin ağırlık yüzdelere göre sıralanması O>Ca>C>Fe>Mg>Si>Al>K>Na şeklindedir (Tablo 21). 25.1 nolu örneğin XRD analizinde aragonit çimento dışında kuvars, kutnohorit ve koesit, 25.3 nolu örneğin analizinde ise aragonit çimento dışında kalsit, kuvars, kristobalit, ve kanoit tanımlanmıştır.

Laboratuar çalışmasında 10 no'lu lokaliteden alınan örneklerden toplam 18 elektron mikroskobu görüntülemesi yapılmıştır. Şekil 49'da elde edilen görüntülerden bazıları sunulmaktadır.

Tablo 20. 10 nolu lokaliteden alınan yalıtışlarının CaCO₃ pH ve EC analiz sonuçları.

	Örnek No	Toplam CaCO ₃ (%)	EC (µs)	PH
L10	25.1	26.12	140.6	8.87
	25.2	29.68	157.5	8.62
	25.3	27.87	145.3	8.66

Tablo 21. Derebent deltasının doğu kıyısındaki 10 nolu lokalitede yalıtışlarının EDX analiz sonuçları.

Örnek No	Analiz Yüzeyi	Elementler									
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
L10	25.1	Mikritik zarf	14.98	35.89	0.45	2.72	2.13	3.73	0.77	33.17	6.14
	25.2	Mikritik zarf	22.83	34.93	0.53	2.38	3.45	6.84	1.51	22.17	5.35
	25.3	Mikritik zarf	23.58	38.65	0.86	6.86	0.32	0.22	0.31	27.02	2.18

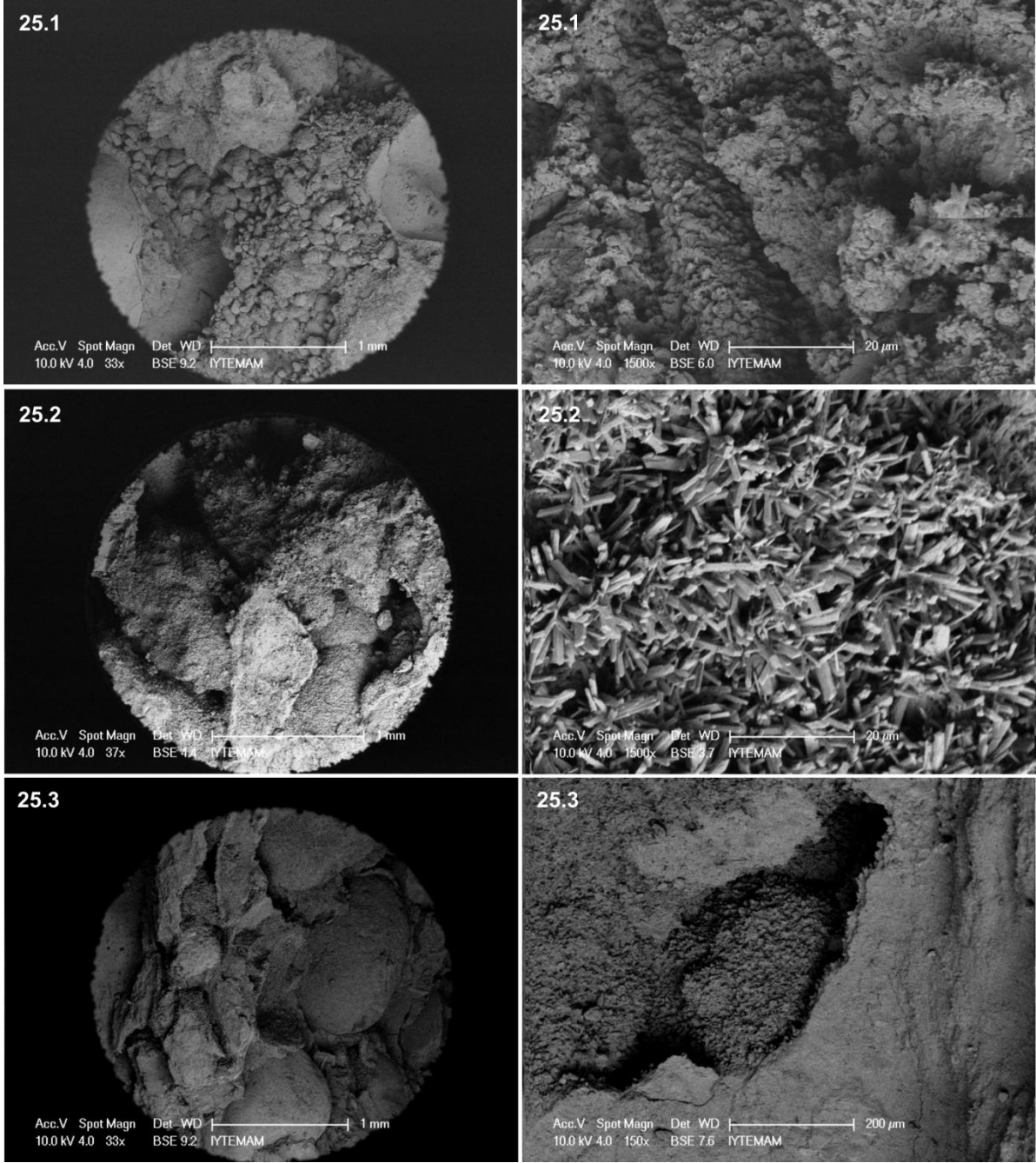
Görüntülere göre bu yalıtışında iri taneler arasındaki boşlukları dolduran boşluk dolguları çok tipik olup, egemen diğer bir çimento yapısını da tane yüzeylerinde ardışık katmanlar oluşturan zarflar oluşturur. Bu iki çimento şekli 25.1 nolu mikrofotografılarda tipiktir. 25.2 nolu örnek ise tane kenarlarında gelişmiş aragonit rimler ile birlikte çok karakteristik radyal aragonit agregatlarını göstermektedir. 1 mm büyüklükte çok iyi yuvarlanmış taneler üzerinde ve kenarlarında çok yoğun aragonit kristalizasyonu 25.3 nolu örneklerde de görülmektedir.

25.1 nolu örnekte yalıtışının yine orta-iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, kaya kırıntısı egemen, polijenik kumtaşı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 50). Kaya kırıntısı olarak bazalt, andezit, kuvarsit gnays ve çört parçaları bulunmaktadır. Ayrıca mineral olarak kuvars, plajjoklas, mika (biyotit, muskovit), epidot, kalsit bulunmaktadır.

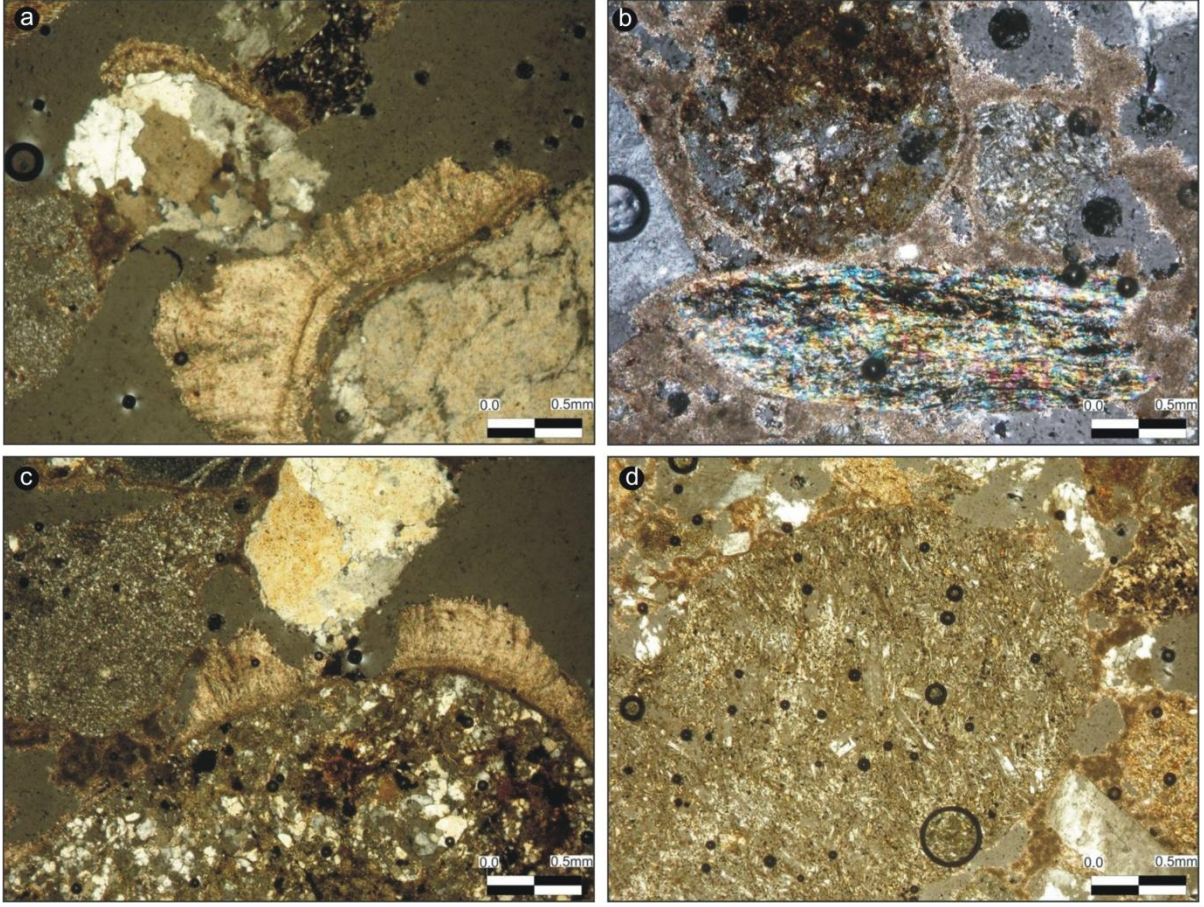
Kuvars kayada iki şekilde bulunmaktadır. Bunlardan bir bölümü dalgalı sönmeli polikristalin taneler halinde yer alırken bir bölümü de yuvarlağımsı tek tane halindedir. Gnays ya da metagranit şeklindeki kaya kırıntılardaki kuvarslarda basınç yönüne dik şekilde uzamalar gelişmiş ve kristal kenarları ondülasyonlu olup, süturlu doku göstermektedir. Bu tip kaya kırıntılardaki biyotitler kuvars mineralleri arasında çubuklar şeklindedir ve yüksek

rölüyefi ile kahve pleokroizma karakteristiktir. Bazı kaya kırıntılarında yoğun epidotlaşma gözlenmektedir. Kayacın çimentosu kalsitik çimento olup, taneler arasında menisküs tipi çimentolanma mevcuttur. Oluşum ortamı yüksek enerjili sığ su ortamıdır.

25.2 numaralı örneğin ince kesitlerine göre kayaç, kaya kırıntısı egemen zayıf çimentolu ve kötü boylanması tanelerden oluşan bir tür kumtaşıdır. Taneler genel olarak granit, gnays, bazik ve ultrabazik kayalardan türemiştir. Tane kenarlarında saçak şekilli kalsitik kristalleşmeler zayıf bir çimentolanma oluşturmuşlardır. İyi yuvarlaklık kazanmış tanelerin çeperlerini ve tane arası boşlukları kalsit çimento doldurmuştur. Kayada küçük taneler halinde epidot şist kırıntıları ile amfibol şist, gnays gibi orta – yüksek dereceli metamorfik kayaç kırıntılarının bulunması çökeltme ortamına kırıntı veren kaynak alanda metamorfik kayaların bulunduğuna işaret eder. Dalgalı sönmeli iri kuvars taneleri genel olarak metamorfik kökeni göstermektedir. Tanelerin iyi yuvarlaklık kazanmış olması ya uzak bir mesafeden taşındığını ya da uzunca bir süre yüksek enerjili bir ortamda hareket ettiğini gösterir. Bu örnekte, tane kenarlarında sparitik kalsit gelişimi orta-yüksek enerjili bir su ortamını yansıtmaktadır.



Şekil 49. Lokalite 10'dan alınan yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri (sayılar örnek numarasını göstermektedir).



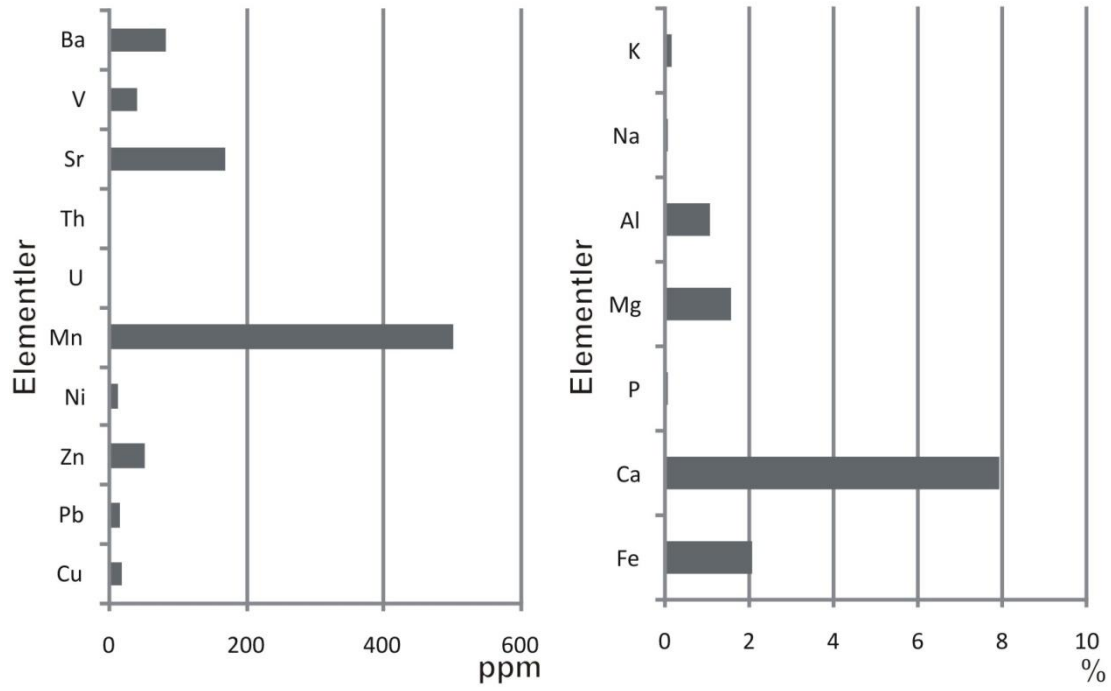
Şekil 50. 25.2 nolu örneğin ince kesit görüntüleri. (a) Konglomeratik kumtaşı orta – iyi yuvarlaklaşmış tanelerin kenarlarında ve tane arası boşluklarda lifli yapılı kalsitik ve aragonitik çimento gelişmiş. Ancak kayaç çok boşluklu olması nedeniyle tüm boşluğu dolduracak düzeyde çimentolanma yok; (b) Epidot şist tanesinin görünüşü (4x10x); (c) Polikristalin kuvars, silttaşı ve kuvars arenit taneleri arasındaki kalsitik çimento (4x10); (d) Kısmen akma dokusu altere andezitte plajiolklas fenokristallerinin ve mikrolitlerin görünüşü (4x10x).

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

6.1. Tarihlendirme Verileri ve Göl Seviye Değişimleri-Yalıtışı Oluşumu İlişkisi

OSL tarihlendirme çalışmalarında veri güvenirliliği açısından önce örneklerde toplam karbonat ve su içeriği analizleri yapılmış, ardından 180'er gramlık her bir yalıtışı örneği öğütülerek ACME Analytical (Kanada) tarafından ICP-MS analizleri gerçekleştirilmiştir. OSL tarihlendirme çalışmalarındaki önemi nedeniyle U, Th ve K elementlerinin bulunma oranlarının tespiti için yapılan bu analizlerde paket program tercih edildiğinden 37 ayrı element ICP ve ICP-MS ile kontrollü olarak analiz edilmiştir. Tarihlendirme çalışmalarında kullanılan U, Th ve K verilerini de içeren multielement analiz sonuçları Tablo 22'de gösterilmiştir. Bu sonuçlar aynı zamanda % ve ppm düzeyinde oranlarına göre ayrılarak Şekil 50'de grafik olarak gösterilmiştir.

Bu sonuçlara göre örneklerdeki U, Th ve K miktarları tarihlendirmede 0.42 ppm, 1.53ppm ve %0.13 oranlarında bulunmuştur. Önemsiz gibi gözükse de bu parametreler göz önüne alındıktan sonra yaş verilerinde hata payı oldukça azalmış ve hemen her analizde $\pm\%5$ - $\%10$ düzeyinde kalmıştır. ICP-MS analiz sonuçlarına göre tarihlendirilen yalıtışlarında ppm düzeyinde Mn>Sr>Ba>Zn>V>Cu>Pb>Ni şeklinde bir oran söz konusudur. % düzeyinde ise Ca>Fe>Mg>Al>K şeklinde bir sıralanış mevcuttur (Şekil 51). Bu sonuçlar yalıtışlarında ana sediman taşınımının sahanın güneyindeki volkanik sahadan olduğunu, ayrıca göl sularından çökelen Ca oranının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 51. ICP-MS sonuçlarına göre örneklerde ppm ve % olarak element dağılımları.

Toplam karbonat, su içeriği ve ICP-MS multi-element analiz sonuçları değerlendirildikten sonra hesaplanan OSL tarihlendirmesinde kullanılan tüm parametreler ve elde edilen yaş değerleri sırasıyla Tablo 23 ve 24'de sunulmuştur.

Tablo 23 ve Şekil 52 ve 53'de sunulan OSL yaş verilerine göre tarihlendirmesi yapılan 53 örnekten 34 adedi 0-5000, 12 adedi 5-10000 ve 5 adedi ise 10000'den yüksek yaşlar vermiştir (Şekil 53'teki sıralamada örnekler numarasına göre değil, yaş olarak büyükten küçüğe sıralanmıştır). Şekilde görüldüğü gibi yalıtışlarının geliştiği ana dönem günümüzden önceki 5000 yıllık döneme aittir (~%64'den fazlası). Tarih aralığı olarak Holosen'e dahil olan örnekler ise toplam içinde ~%87 oranındadır.

Tablo 23. OSL tarihlendirmesinde kullanılan parametreler.

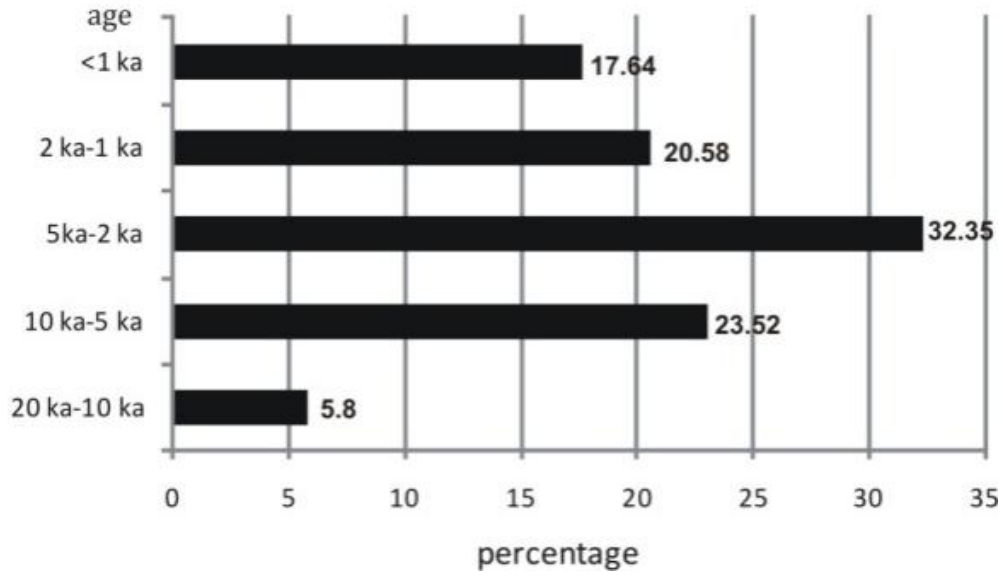
Lab Kod	Der. (cm)	Doz hızı Hata (\pm) (Gy/bin yıl)	Kosmik (Gy/ bin yıl)	U ppm	Th ppm	K %	Gamma Gy/ bin yıl	Beta Gy/ bin yıl
L1-1.1	20	0.55 \pm 0.03	0.25	0.6	1.7	0.16	0.187	0.2573
L1-1.2	40	0.8 \pm 0.03	0.22	0.5	4.1	0.37	0.3411	0.4728
L1-2.1	20	0.64 \pm 0.03	0.25	0.6	2	0.22	0.2159	0.3124
L1-2.2	40	0.67 \pm 0.03	0.22	0.6	2.7	0.25	0.2565	0.355
L1-3.1	5	1.36 \pm 0.04	0.3	0.7	2.1	0.16	0.2172	0.2826
L1-3.2	30	0.61 \pm 0.03	0.23	0.8	2.2	0.2	0.2429	0.3309
L2-4.1	5	1.21 \pm 0.03	0.3	0.5	1	0.13	0.1352	0.2005
L2-4.2	5	1.22 \pm 0.04	0.3	0.5	1.2	0.11	0.1399	0.1903
L2-4.3	5	1.14 \pm 0.03	0.3	0.5	0.9	0.11	0.1256	0.1821
L2-4.4	20	0.51 \pm 0.03	0.25	0.5	1.2	0.13	0.1447	0.2059
L2-5.1	5	1.2 \pm 0.03	0.3	0.6	1.1	0.12	0.1487	0.2097
L2-5.2	80	0.44 \pm 0.03	0.2	0.5	1.2	0.13	0.1447	0.2059
L2-5.3	120	0.44 \pm 0.03	0.18	0.5	1.2	0.14	0.1471	0.2137
L2-6.1	5	1.21 \pm 0	0.3	0.5	1.1	0.14	0.1424	0.211
L2-6.2	40	0.57 \pm 0.03	0.22	0.7	1.6	0.18	0.1983	0.2845
L2-6.3	5	1.35 \pm 0.05	0.31	0.5	1.4	0.18	0.1664	0.2505
L2-7.1	5	1.2 \pm 0.05	0.28	0.5	1	0.13	0.1352	0.2005
L2-7.2	30	0.57 \pm 0.05	0.21	0.6	1.7	0.2	0.1967	0.2886
L3-8.1	5	1.52 \pm 0.03	0.3	0.7	1.4	0.16	0.1839	0.2634
L3-8.2	15	1.24 \pm 0.03	0.26	0.5	1.7	0.13	0.1685	0.2196
L3-9.1	5	1.21 \pm 0.03	0.3	0.7	0.8	0.1	0.1408	0.2001
L3-10.1	5	1.29 \pm 0.03	0.3	0.8	1.3	0.16	0.1904	0.275
L3-10.2	20	1.25 \pm 0.03	0.25	1	1.2	0.11	0.1959	0.2618
L3-11.1	40	0.52 \pm 0.03	0.22	0.9	1.1	0.14	0.1872	0.2682
L3-11.2	5	1.37 \pm 0.03	0.3	1.5	1.5	0.16	0.2783	0.3806
L3-11.3	50	0.54 \pm 0	0.21	1.1	1.1	0.13	0.2072	0.289
L3-12.1	10	1.23 \pm 0.03	0.27	0.7	1.1	0.17	0.1721	0.2631
L3-12.2	80	0.52 \pm 0.04	0.21	0.8	0.9	0.17	0.1738	0.2719
L3-13.1	5	1.31 \pm 0.04	0.28	1.3	0.9	0.13	0.22	0.3121
L4-14.1	30	0.42 \pm 0.03	0.23	0.5	0.6	0.1	0.1089	0.1661
L4-14.2	5	1.39 \pm 0	0.3	0.5	0.6	0.14	0.1186	0.1974
L4-14.3	30	0.44 \pm 0.03	0.23	0.7	0.7	0.1	0.136	0.1974
L4-14.4	5	1.15 \pm 0.04	0.31	0.6	0.8	0.1	0.1296	0.1858
L4-14.5	5	1.1 \pm 0.04	0.28	0.5	0.8	0.12	0.1232	0.1872
L5-15.1	5	1.32 \pm 0.03	0.3	0.5	2	0.11	0.1779	0.2121
L5-16.1	5	1.35 \pm 0.04	0.3	0.5	2.1	0.11	0.1827	0.2149
L5-16.2	30	0.51 \pm 0.04	0.24	0.5	1.7	0.09	0.1588	0.1883
L6-17.1	5	1.26 \pm 0.03	0.3	0.5	2.2	0.11	0.1875	0.2176
L6-18.1	5	1.3 \pm 0.04	0.3	0.5	1.3	0.09	0.1398	0.1774
L6-18.2	10	1.23 \pm 0.04	0.28	0.5	1.5	0.08	0.1468	0.175
L6-19.1	5	1.3 \pm 0.04	0.3	0.5	1.2	0.11	0.1399	0.1903
L6-19.2	5	1.27 \pm 0	0.3	0.5	1.4	0.1	0.1469	0.1879
L7-20.1	5	1.2 \pm 0.03	0.29	0.5	1.6	0.11	0.1589	0.2012
L8-21.1	5	1.2 \pm 0.03	0.3	0.7	1.6	0.11	0.1813	0.2298
L8-21.2	20	1.09 \pm 0.03	0.25	0.7	2	0.11	0.2003	0.2407
L8-22.1	5	1.27 \pm 0.03	0.3	0.8	2	0.1	0.2091	0.2472
L8-22.2	5	1.12 \pm 0.03	0.3	0.7	1.9	0.13	0.2004	0.2536
L9-23.1	5	1.37 \pm 0.04	0.3	0.5	2.6	0.13	0.2114	0.2441
L9-24.1	5	1.37 \pm 0.04	0.3	0.5	2.7	0.13	0.2161	0.2469
L10-25.1	5	1.26 \pm 0.03	0.3	0.5	2.6	0.11	0.2065	0.2285
L10-25.2	5	1.23 \pm 0	0.3	0.5	2.3	0.12	0.1946	0.2281
L10-25.3	5	1.2 \pm 0.03	0.29	0.5	2.1	0.09	0.1778	0.1992

Kuzey kıyıda 2, güney kıyıda ise 3 örnekte tespit edilen ve $20285 \pm 2067 - 10733 \pm 1262$ yıllar arasına tarihlenen örneklerin tamamı yalıtışlarının taban birimini meydana getiren polijenik konglomera yapısındaki seviyelerden oluşur. Saha çalışmalarında en fazla tahrip olmuş ve olasılıkla üst seviyeleri ortadan kalmış olarak görülen bu birimler genellikle tane destekli ama tarihlendirmede kullanılabilir kadar yoğun kuvars içermektedirler. Ancak görüldüğü üzere bu dönem son buzul çağına (OIS 2) denk gelmekte, bu durumda küresel deniz seviyeleri ile İznik Gölü su seviyesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesini gerektirmektedir.

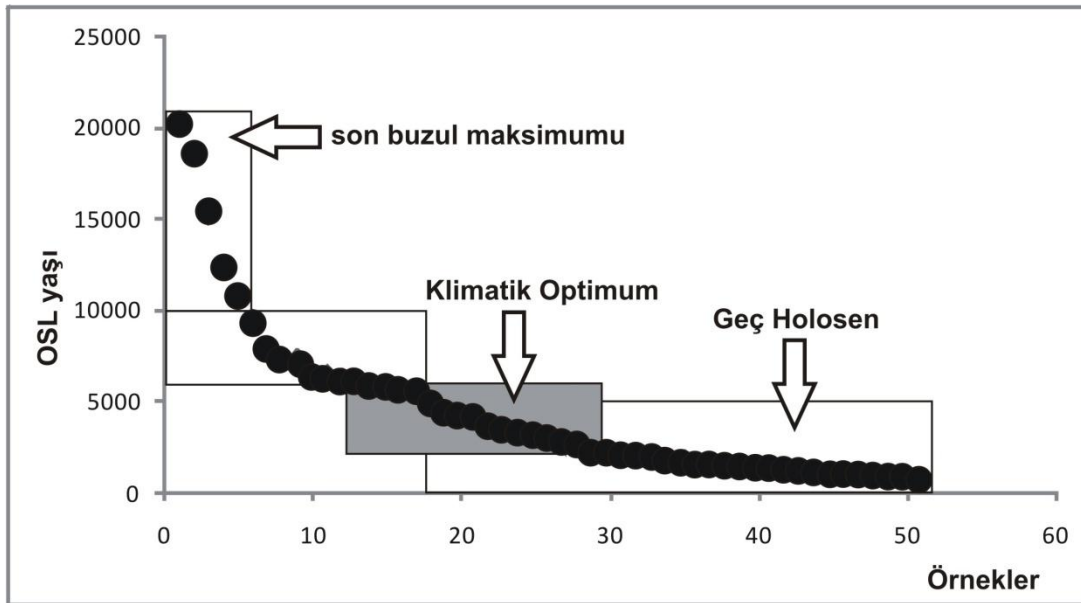
İznik Gölü'nün son buzul çağındaki seviyesi hakkındaki bilgiler oldukça sınırlıdır. Bu konuda Ardel (1953) göl taraçalarını göstererek bu dönemde (plüvyal dönem göl seviyesi olarak) gölün günümüzden 60 metre kadar yüksekte bulunduğunu belirtmiş, ancak güncel bir çalışmada ise (ÖZTÜRK vd., 2009) gölün kuzey kıyısındaki Karadere'nin -40 metredeki delta çökellerinin varlığı delil gösterilerek göl seviyesinin 40 metre daha alçakta olduğu ortaya koymuşlardır. İznik Gölü kuzeybatı kesiminde Yeniköy çevresinde, güneybatı kesiminde Sölöz deltasının güneyinde ve kuzey-kuzeydoğusunda da Keramet ve Elbeyli çevrelerinde göl taraçalarının varlığı bilinmektedir. İslamoğlu (2009) Orta Pleistosen bivalvlerinin varlığına bağlı olarak gölün kuzeybatısındaki taraçaların paleobiocoğrafi önemine değinmiş ve bu taraçalarda pontokaspik formların varlığını ve böylece bir deniz bağlantısının olduğunu açıklamıştır. Ancak çalışmada paleontolojik bulgular haricinde bir yaş verisi olmadığından çökelme dönemi Orta Pleistosen olarak tanımlanmıştır.

Tablo 24. Yalıtışlarından elde edilen OSL tarihlendirme sonuçları.

Lab Kodu	Yüzeiden Derinlik (cm)	Yaş (bin yıl)	± Hata	Paleodoz (Gy)	± Hata	(n)	Doz hızı (Gy/bin yıl)	± Hata
L1-1.1	20	2.456	± 0.566	2.92	± 0.27	11	1.19	± 0.03
L1-1.2	40	18.479	± 1.925	14.72	± 1.4	10	0.8	± 0.03
L1-2.1	20	4.414	± 1.194	5.89	± 0.69	9	1.34	± 0.03
L1-2.2	40	5.658	± 0.825	3.8	± 0.52	11	0.67	± 0.03
L1-3.1	5	5.418	± 0.384	7.38	± 0.48	12	1.36	± 0.04
L1-3.2	30	20.285	± 2.067	12.35	± 1.09	13	0.61	± 0.03
L2-4.1	5	0.954	± 0.097	1.15	± 0.11	13	1.21	± 0.03
L2-4.2	5	0.908	± 0.091	1.11	± 0.11	12	1.22	± 0.04
L2-4.3	5	0.706	± 0.081	0.81	± 0.09	14	1.14	± 0.03
L2-4.4	20	1.038	± 0.202	0.53	± 0.1	12	0.51	± 0.03
L2-5.1	5	0.82	± 0.062	0.98	± 0.07	12	1.2	± 0.03
L2-5.2	80	2.165	± 0.393	0.95	± 0.16	14	0.44	± 0.03
L2-5.3	120	4.226	± 0.569	1.84	± 0.21	12	0.44	± 0.03
L2-6.1	5	0.946	± 0.06	1.14	± 0.07	13	1.21	± 0
L2-6.2	40	3.123	± 0.385	1.78	± 0.19	9	0.57	± 0.03
L2-6.3	5	1.35	± 0.099	1.82	± 0.12	8	1.35	± 0.05
L2-7.1	5	1	± 0.084	1.2	± 0.09	12	1.2	± 0.05
L2-7.2	30	2.162	± 0.578	1.22	± 0.31	10	0.57	± 0.05
L3-8.1	5	2.632	± 0.25	4	± 0.37	8	1.52	± 0.03
L3-8.2	15	7.235	± 0.444	8.94	± 0.49	11	1.24	± 0.03
L3-9.1	5	1.982	± 0.257	2.4	± 0.3	13	1.21	± 0.03
L3-10.1	5	5.579	± 0.55	7.2	± 0.68	11	1.29	± 0.03
L3-10.2	20	7.406	± 0.952	9.29	± 1.17	13	1.25	± 0.03
L3-11.1	40	5.86	± 0.885	3.07	± 0.42	10	0.52	± 0.03
L3-11.2	5	1.47	± 0.201	2.01	± 0.27	18	1.37	± 0.03
L3-11.3	50	4.908	± 1.338	2.65	± 0.71	7	0.54	± 0
L3-12.1	10	1.541	± 0.212	1.9	± 0.26	8	1.23	± 0.03
L3-12.2	80	6.093	± 1.028	3.17	± 0.46	8	0.52	± 0.04
L3-13.1	5	1.65	± 0.466	2.16	± 0.61	8	1.31	± 0.04
L4-14.1	30	10.733	± 1.262	4.47	± 0.4	12	0.42	± 0.03
L4-14.2	5	4.201	± 0.354	5.83	± 0.46	12	1.39	± 0
L4-14.3	30	3.329	± 0.37	1.48	± 0.13	10	0.44	± 0.03
L4-14.4	5	3.779	± 0.613	4.34	± 0.68	7	1.15	± 0.04
L4-14.5	5	1.882	± 0.265	2.08	± 0.28	10	1.1	± 0.04
L5-15.1	5	1.281	± 0.192	1.69	± 0.25	13	1.32	± 0.03
L5-16.1	5	6.213	± 0.355	8.37	± 0.42	14	1.35	± 0.04
L5-16.2	30	7.875	± 0.895	4	± 0.35	13	0.51	± 0.04
L6-17.1	5	3.409	± 0.564	4.31	± 0.7	14	1.26	± 0.03
L6-18.1	5	1.719	± 0.151	2.23	± 0.18	13	1.3	± 0.04
L6-18.2	10	3.012	± 0.407	3.72	± 0.49	11	1.23	± 0.04
L6-19.1	5	1.188	± 0.096	1.54	± 0.12	12	1.3	± 0.04
L6-19.2	5	1.332	± 0.145	1.69	± 0.18	12	1.27	± 0
L7-20.1	5	9.442	± 0.53	11.38	± 0.55	13	1.2	± 0.03
L8-21.1	5	1.52	± 0.254	1.83	± 0.3	12	1.2	± 0.03
L8-21.2	20	1.418	± 0.193	1.55	± 0.21	9	1.09	± 0.03
L8-22.1	5	0.886	± 0.099	1.13	± 0.12	11	1.27	± 0.03
L8-22.2	5	2.005	± 0.322	2.24	± 0.35	10	1.12	± 0.03
L9-23.1	5	15.181	± 1.134	20.74	± 1.44	13	1.37	± 0.04
L9-24.1	5	12.235	± 1.145	16.71	± 1.5	11	1.37	± 0.04
L10-25.1	5	6.447	± 0.569	8.11	± 0.68	10	1.26	± 0.03
L10-25.2	5	6.378	± 0.501	7.87	± 0.58	12	1.23	± 0
L10-25.3	5	3.664	± 0.372	4.38	± 0.43	11	1.2	± 0.03



Şekil 52. İznik Gölü Yalıtışlarından elde edilen OSL yaşlarının oransal dağılışı grafiği.



Şekil 53. İznik Gölü Yalıtışlarından elde edilen OSL yaşları.

Proje çalışması kapsamında gölün kuzeydoğu kıyısında yalıtışlarının gerisinde göl seviyesinden 5-10 metre arasındaki yükseklikte tespit edilen ve zayıf tutturulmuş polijenik konglomeralardan oluşan göl taraçasından (Şekil 54) *Cerastoderma glaucum* kavkuları toplanmış ve yaptırılan AMS radyokarbon tarihlendirmelerinde günümüzden önce 39790 ± 360 ve 39940 ± 410 yıla ulaşılmıştır. Bu fosil kabuklardan 7 adet duraylı izotop analizlerinde ise $d^{13}C$ değerleri $+1.81 \pm 0.20$ ‰ (‰), $d^{18}O$ değerleri ise -2.81 ± 1.73 ‰ (‰) arasında değişmektedir. Sırasıyla her iki izotop için elde edilen ortalama değerler ise denizel (Karadeniz'e uyumlu) ortamı yansıtabilecek şekilde $+1.37$ ve -2.43 şeklindedir. Bu taraça

günümüz +85 m göl seviyesinin 60 metre kadar üzerine çıkan olası geç Pleistosen göl taraçalarına göre daha geç bir deniz bağlantısına ait olabilir.



Şekil 54. 9 numaralı lokalitenin kuzeyindeki göl taraçasından bir görünüm.

Öztürk ve diğ. (2009)'un son buzul maksimumundaki alçak göl seviyesi verisine karşın, Anadolu göllerinin bu dönemde yüksek seviyede olduğuna ait çok sayıda kanıt vardır. Örneğin Erol (1978), Roberts (1983), Naruse ve diğ. (1997) ve Kashima (2002) Tuz Gölü çevresinde yaptıkları araştırmalarda, Kempe vd. (2002) ve Reimer vd. (2009) Van Gölü çevresinde yaptıkları araştırmalarda yüksek göl seviyelerini göstermişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen buzul çağı dönemine ait verilerin makul olduğu varsayıldığında bu yalıtışlarının göl çevresinde $\pm 1-2$ metrelik bir seviyede göl seviyesini gösterdikleri düşünülebilir. Ancak bu alt düzeylerin önemli ölçüde aşındıkları da bir gerçektir. Nitekim bunlar üzerine gelen yalıtışları Holosen ve özellikle iklimik optimum dönemi (G.Ö. 6-3 binler arası) ile tarihsel döneme (en genç günümüzden önce 700 yıl) ait bir oluşum periyodunu gösterir. Bu durumda kalınlıkları genelde 40 cm-1m arasında değişen yalıtış tabakalarının son buzul çağından günümüze değişmeyen bir göl seviyesini işaret ettiklerini öne sürmek kuşku olabilir. Bu durumda Holosen'de oluşan yalıtışları konusunda aşağıdaki yorumlar yapılabilir;

Son iklimik optimum dönemine karşılık gelen yalıtışları bu dönemde artan buharlaşma koşullarına ve günümüze göre birkaç metre alçak bir göl seviyesine işaret etmektedir. Kayan (1996)'nın gölün batısındaki Ilıpınar Höyüğü ve çevresinde yaptığı jeoarkeolojik çalışmasında bunu vurgulayarak yalıtışlarının da bu alçak su seviyesi koşullarında daha sıcak ve kurak iklim koşulları denetiminde oluştuklarını belirtmiştir. Bu durumda Akdeniz'de Orta Holosen'deki iklimsel geçiş dönemini inceleyen Roberts ve diğ. (2001a) G.Ö. yaklaşık 6000'lerden itibaren kış yağışlarındaki salınımsal azalışa dikkat çekmiş, ardından G.Ö. 5.3 - 2.8 bin yıllar arasındaki bu geçişin her birisi daha kurak dönemlerle sonlanan 3 farklı evrede gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır (ROBERTS vd., 2001b). Gerçekten örneğin İç Anadolu'daki Tecer Gölü'nde yapılan çalışmalardan elde edilen

sedimentolojik veriler de G.Ö. 6, 5 ve 4. binlerde artan kuraklıklara işaret etmektedir (KUZUCUOĞLU vd., 2001).

İznik Gölü de iklimatik optimumdaki kurak ve artan buharlaşma koşullarından etkilenmiş olmalıdır. Buna dair morfolojik bir veri Ikeda ve diğ. (1991) tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada mutlak yaş verileri olmamakla birlikte gölün batı kıyı kesiminde kıyı çizgisine yarıparalel uzanan kumul 1-2 metre yükseklikteki sırtlarının varlığı buna delil gösterilmiştir. Ikeda ve diğ. (1991)'e göre bu sırtlar alçak göl seviyesinin korunduğu kısa süreli durağan koşullarda oluşmuş, ardından göl seviyesi yükselmiş olmalıdır. Yalıtışlarından elde edilen verilerin önemli bir kısmı bu döneme aittir. Tarihlendirme verilerinden görüleceği üzere Holosen dönemine ait olan yalıtışları Holosen öncesinden kalan kalıntı (üzeri aşınmış) konglomeratik seviyeler üzerine superimpoze olmuş, yani çökerek çimentolanmıştır.

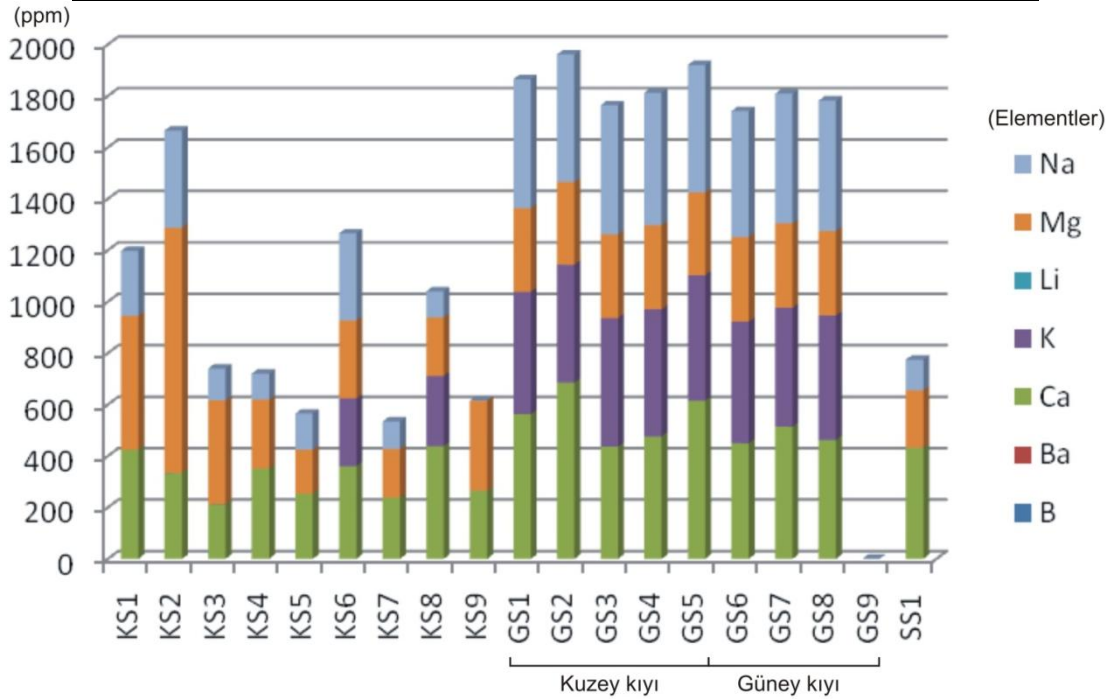
İstisnai de olsa 6 numaralı lokalitede 10 metre kadar uzunlukta 50 cm kalınlıkta bir yalıtış bloğunun güneye doğru 40° kadar eğimlendiği, bunun da yine 20-30 cm kalınlıkta bir yalıtış tabakası ile örtüldüğü görülmektedir. Bunun gerekçesi göl dalgalarına bağlanabileceği gibi depremsellik de ilgili olabilir. Güneye eğimlenmiş blok (Şekil 35, örnek 19.2), ve üzerindeki yalıtışından (Şekil 35, örnek 19.1) elde edilen sonuçlara göre eğimlenen yalıtış günümüzde önce 1332±0.145 yıl, üzerleyen tabaka ise 1.188±0.096 yıl önce oluşmuştur. Birbirine yakın hata payları göz ardı edilirse aralarındaki 144 yıllık zaman diliminde, günümüzde 678-822 yıllar önceki dönemde bir depreme ait olabilir. İznik Gölü ve çevresinin tarihsel deprem katalogları incelendiğinde yörede etkin olan en önemli deprem M.S. 740 yılındaki depremdir.

6.2. Göl Sularının Bileşimi ve Yalıtış Oluşumuna Uygunluğu

Bu projenin en önemli araştırma problemlerinden birisi İznik Gölü'nün tatlı su ortamında yalıtış oluşumunun gerekçelerinin sorgulanmasıdır. Yalıtış karbonatlarının günümüzdeki göl suları ile karşılaştırılması amacıyla göl kıyısı boyunca 9 adet göl suyu, 9 adet kaynak suyu ve 1 adet kaplıca suyu örneği (Şekil 9) alınarak bu örneklerin ICP-AES yöntemiyle element analizleri yapılmıştır. Dedeksiyon limitinin üzerinde kalan 7 elementin bulunış oranları Tablo 25'de sunulmaktadır. Buna göre ICP-MS sonuçları ile de tutarlı olacak şekilde göl sularında genel olarak Ca ve Mg en önemli paya sahip olup bunları Na elementi izlemektedir (Şekil 55).

Tablo 25. Göl çevresindeki kaynaklardan ve göl suyundan alınan su örneklerinin ICP-AES analiz sonuçları.

Örnek	B	Ba	Ca	K	Li	Mg	Na
KS1	0.02	0.05	424.26	0.36	0.34	519.96	252.63
KS2	0.01	0.08	333.42	0.29	0.03	953.65	378.06
KS3	0.01	0.003	212.26	0.11	0.03	404.2	123.24
KS4	0.05	0.02	350.69	0.61	0.03	267.58	101.71
KS5	0.12	0.02	253.52	0.4	0.04	170.85	140.12
KS6	0.16	0.12	360.42	263.4	0.05	303.06	338.47
KS7	0.1	0.08	238.45	0.54	0.03	187.95	106.88
KS8	0.04	0.16	438.47	272.37	0.03	227.43	101.74
KS9	0.01	0.008	265.58	0.1	0.03	349.56	0.86
GS1	0.17	0.009	562.06	476.32	0.03	324.65	501.81
GS2	0.16	0.008	685.11	458.47	0.03	321.63	495.97
GS3	0.16	0.007	436.05	500.04	0.03	325.83	501.47
GS4	0.16	0.007	475.79	494.35	0.03	326.67	515.3
GS5	0.15	0.01	614.69	488.11	0.03	322.11	495.58
GS6	0.16	0.007	449.15	472.98	0.03	328.04	490.6
GS7	0.16	0.008	513.68	462.39	0.03	328.25	504.03
GS8	0.15	0.007	462.5	483.52	0.03	329.28	506.49
GS9	0.002	0.0001	0.01	0.007	0.03	0.001	0.006
SS1	0.08	0.02	431.43	0.72	0.058	223.59	118.58



Şekil 55. Tablo 25'deki ICP-AES analiz sonuçlarının toplu gösterildiği dağılım grafiği.

Soğuksu kaynak suları (KS) oransal azalış sırasına göre ortalama 376 ppm Mg, 319.6 ppm Ca ve 171.5 ppm Na elementi içermektedir. Diğer elementlerin bulunma yüzdeleri oldukça düşük olmakta birlikte K elementi 6 ve 8 numaralı kaynak sularında sırasıyla 263.4 ve 272.37 ppm düzeyinde değerler vermiş, diğer örneklerde 1 ppm'in altında kalmıştır.

Göl suyu örneklerinde ise ortalama değerler Ca için 466.5, K için 426.2 ppm, Mg için 289.6 ppm ve Na için 445.6 ppm şeklindedir. Bu veriler göl suyunun kimyasal özelliklerinin soğuksu kaynaklarından özellikle Ca, K ve Na fazlalığı açısından önemli ölçüde farklı

olduğunu göstermektedir. Bu elementlerin fazlalığı gölün güneyindeki volkanik sahadan kalkosodik feldspatların ayrışması ile eriyik halde taşındıkları şeklinde yorumlanabilir.

Son olarak gölün kuzeyindeki Keramet sıcaksu kaynağından alınan 3 adet örneğin ortalaması olarak Ca (431.4 ppm), Mg (223.5 ppm) ve Na (118.5 ppm) en önemli bileşenleri oluşturur. Gerisindeki mermerleri yapısal olarak sınırlayan bir fay düzleminden çıkan sıcak suların mermerden eriyik halde bu elementleri yüzeye taşıdığı anlaşılmaktadır.

Kaynak ve göl sularının kimyasal bileşimi incelendikten sonra yalıtışı çimentolarından elde edilen EDX analiz sonuçları ICP-AES verileri ile karşılaştırılmak amacıyla ele alınmıştır. Bilindiği gibi EDX analizleri katı materyallerde kantitatif element analizlerinin yapılmasında kullanılmaktadır. Bu amaçla elektron mikroskobunda yaklaşılan yüzey, alan ya da kristal yüzeylerinde istenilen noktalardan EDX spektrası alınarak element bileşimleri tespit edilmektedir. Yalıtışı karbonatları içinde Mg değerinin %mol cinsinden değeri klasik *staining* metotları ile birlikte EDX sonuçlarından da hesaplanabilmektedir. Böylece deniz suyundan çökelen otijenik karbonatta 4 molun altına inmeyen $MgCO_3$ değerinin İznik Gölü yalıtışlarında ulaştığı değer araştırılmış ve yalıtışlarından elde edilen EDX element analizi sonuçları mol değerine dönüştürülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 26'da gösterilmektedir.

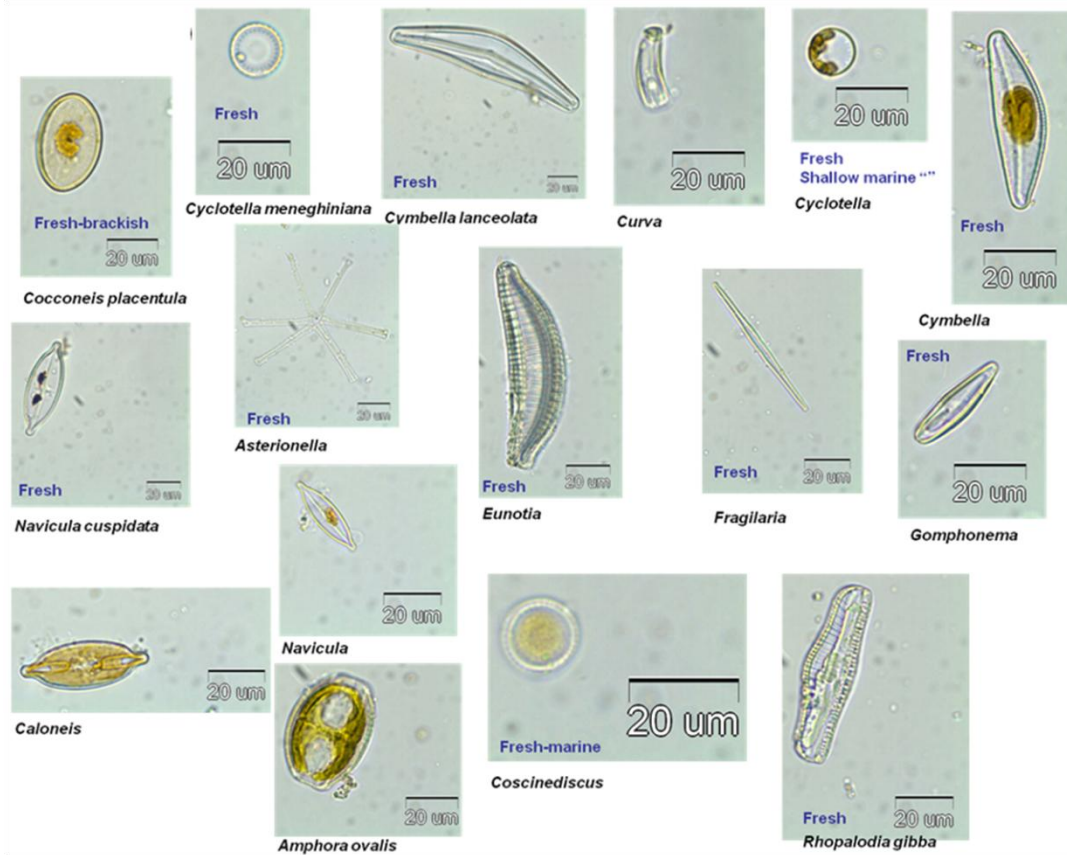
Tablo 26. Yalıtışlarının karbonat çimentosunun EDX analiz sonuçlarından elde edilen elementlerin Mol (%) değerleri. (L: lokalite)

Elementler	Mol (%)									
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
C	21.84	10.24	19.20	27.40	19.82	22.89	21.65	20.87	28.03	23.58
O	34.07	23.03	43.36	48.68	38.06	37.88	44.31	42.95	43.25	39.85
Na	0.95	0.63	1.03	0.67	0.55	0.66	0.60	0.96	1.12	0.61
Mg	1.90	2.03	4.22	1.67	4.28	1.82	3.88	2.55	3.20	3.92
Al	2.58	2.25	3.15	1.62	1.47	0.59	0.92	1.20	3.93	1.87
Si	6.18	4.29	12.82	2.61	9.01	1.32	2.54	10.03	6.23	3.38
K	1.17	2.11	0.75	0	1.01	0.65	0.39	0.76	0.90	0.72
Ca	29.61	53.81	12.44	17.31	20.71	32.01	23.73	18.41	11.24	22.76
Fe	1.67	1.55	2.99	0	5.05	2.12	1.93	2.23	2.05	3.26

Elde edilen değerlerin ortalaması yalıtışlarının %2.94 mol $MgCO_3$ içerdiğini göstermektedir. Ayrıca iki örnekte bu değer %4'ün üzerinde (L3 ve L5), iki örnekte de %4'e oldukça yakındır (L7 ve L10). Magnezyumun hesaplanan molar konsantrasyon değerleri deniz kıyılarında gel-git arası zonda oluşan yalıtışlarındakinin biraz altında olmakla birlikte tatlısu karbonatları için oldukça yüksektir. Burada Mg oranlarını etkileyecek olması bakımından göl çevresindeki dolomitik kireçtaşlarından Mg taşınımı ihtimali de söz konusudur. Ancak tüm kaya (yalıtışı) örneklerinden alınan ICP-MS analizi sonuçlarında Mg ortalamaları %1.55 düzeyinde olup çok yüksek değildir. Magnezyumun deniz suyunda kalsiyum elementinden 5 kat yüksek değerde olduğu uzun yıllardır bilinmektedir (Irwing,

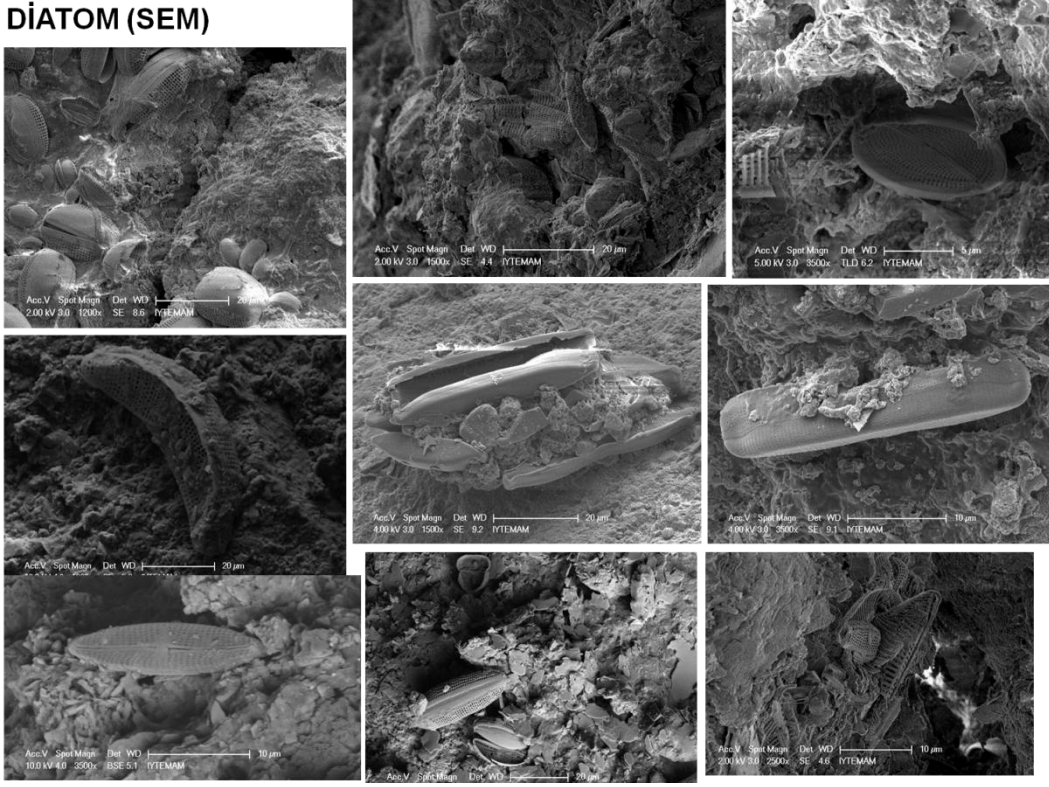
1926). İznik Gölü sularında ise yukarıda belirtildiği gibi Mg ortalaması 289.6 ppm ile 466.5 ppm oranındaki Ca oranına göre düşüktür. Bu durum tüm lokalitelerdeki EDX değerleri ile karşılaştırıldığında da açık olarak görülür. İznik Gölü sularında Mg'nin ortalama 1300 ppm olan deniz suyuna oranla yaklaşık 5 kat daha düşük oranda olduğu görülmektedir.

İznik Gölü yalıtışlarında tespit edilen hususlardan birisi de diatomlar açısından zengin oluşlarıdır. Yalıtışlarındaki diatom zenginliği göze çarptığından hem yalıtışları hem de günümüzde gölün yalıtışı zonlarına yakın sığlık çökellerinde var olan diatom türleri araştırılmıştır. Şekil 56'da 2 metreye kadarki zonda göl çökellerinden alınan örneklerdeki diatom türleri gösterilmiştir. Buna göre tespit edilen diatomlar *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella lanceolata*, *Navicula cuspidata*, *Asterionella*, *Caloneis*, *Gomphonema*, *Amphora ovalis*, *Coscinediscus*, *Curva*, *Eunotia*, *Fragilaria ulna* ve *Rhopalodia gibba* şeklindedir. Optik mikroskopta tanımlanan bu diatomlar (Şekil 56) ile yalıtışlarında SEM analizleri ile saptanan (Şekil 57) diatomlar karşılaştırıldığında *Amphora ovalis* başta olmak üzere *Cocconeis placentula*, *Cymbella lanceolata*, *Fragilaria ulna* ve *Navicula cuspidata* gibi türlerin ortak olduğu görülmektedir. Bu nedenle diatomların yalıtışlarında tane aralarında ve boşluklardaki mevcut gözenekleri sonradan doldurdukları, paleoortamsal açıdan bir anlam taşımadıkları anlaşılmıştır.



Şekil 56. İznik Gölü sığlıklarından alınan kumlu-çamurlu sedimanlarda gözlenen diatomlar.

DİATOM (SEM)



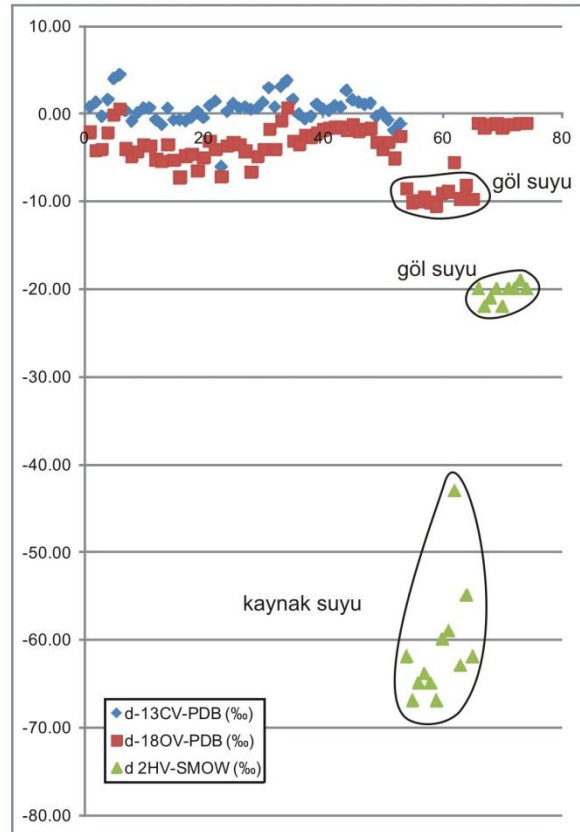
Şekil 57. Yalıtışlarında gözlenen diatomlar (SEM).

Yalıtışı oluşumuna yol açan bağlayıcı çimentonun ve özellikle aragonitlerin göl sularından çökme suretiyle oluşmaları nedeniyle çimento materyali duraylı izotop analizleri ($\delta^{13}\text{O}$, $\delta^{18}\text{O}$) açısından ele alınmış, ayrıca karbonat çimento ile karşılaştırma yapmak amacıyla göl suları ve gölü besleyen kaynak sularının $\delta^{13}\text{O}$ ve δD analizleri gerçekleştirilmiştir. Yalıtışı karbonatlarından elde edilen sonuçlar Tablo 27’de sunulmuştur.

Tablo 27. Yalıtışları ve göl ve kaynak sularından elde edilen duraylı izotop analizi sonuçları.

	Örnek No	$d^{13}C_{V-PDB}$ (‰)	$d^{18}O_{V-PDB}$ (‰)
Lokalite 1	1.1	0.77	-2.11
	1.2	1.33	-4.25
	2.1	-0.23	-4.13
	2.2	1.66	-2.18
	3.1	4	-0.13
	3.2	4.5	0.52
Lokalite 2	4.1	0.32	-4.02
	4.2	-0.86	-4.87
	4.3	0.11	-4.38
	4.4	0.66	-3.54
	5.1	0.68	-3.66
	5.2	-0.66	-5.23
	5.3	-1.24	-5.4
	6.1	0.64	-3.55
	6.2	-0.71	-5.31
	6.3	-0.65	-7.28
Lokalite 3	7.1	-0.78	-4.81
	7.2	-0.4	-4.63
	8.1	0.29	-6.55
	8.2	-0.49	-5.01
	9.1	0.92	-3.09
	10.1	1.44	-4.06
	10.2	-6.06	-7.21
	10.3	0.31	-3.7
	11.1	1.15	-3.29
	11.2	0.64	-3.59
Lokalite 4	11.3	0.81	-4.28
	12.1	0.49	-6.7
	12.2	0.63	-4.91
	13.1	1.31	-4.04
	14.1	3	-1.82
	14.2	0.8	-4.07
L 5	14.3	3.1	-0.81
	14.4	3.84	0.65
	14.5	1.67	-3.15
Lokalite 6	15.1	-0.08	-3.5
	16.1	-0.52	-2.47
	16.2	-0.24	-2.72
	17.1	1.12	-2.17
	18.1	0.58	-1.83
Lokalite 8	18.2	0.39	-1.68
	19.1	0.89	-1.59
	19.2	0.74	-1.5
	20.1	2.66	-1.86
Lokalite 8	21.1	1.54	-1.22
	21.2	1.33	-1.98
	22.1	1.12	-1.79
L9	22.2	1.26	-1.71
	23.1	-0.29	-3.29
	24.1	0.06	-4.06
Lokalite 10	25.1	-0.72	-3.29
	25.2	-1.91	-5.09
	25.3	-1.15	-2.58

Örnek Türü	$d^{18}O_{V-SMOW}$ (‰)	d^2H_{V-SMOW} (‰)
Sıcak Su_1	-8.6	-62
Sıcak Su_2	-10.1	-67
Sıcak Su_3	-10	-65
Soğuk Su_1	-9.5	-64
Soğuk Su_2	-10.1	-65
Soğuk Su_3	-10.6	-67
Soğuk Su_4	-9.1	-60
Soğuk Su_5	-8.9	-59
Soğuk Su_6	-5.6	-43
Soğuk Su_7	-9.7	-63
Soğuk Su_8	-8.2	-55
Soğuk Su_9	-9.8	-62
Göl suyu_1	-1.1	-20
Göl suyu_2	-1.6	-22
Göl suyu_3	-1.2	-21
Göl suyu_4	-1.1	-20
Göl suyu_5	-1.6	-22
Göl suyu_6	-1.2	-20
Göl suyu_7	-1.2	-20
Göl suyu_8	-1.1	-19
Göl suyu_9	-1.1	-20



Buna göre toplam 53 örnekte $d^{13}C_{V-PDB} (‰)$ değerleri için ortalama +0.56, $d^{13}C_{V-PDB} (‰)$ değerleri için ise -3.37'dir. Bununla birlikte $d^{13}C_{V-PDB} (‰)$ ve $d^{13}C_{V-PDB} (‰)$ için tespit edilen maksimum ve minimum değerler sırasıyla +4.5/-6.06 ve +0.65/-7.28 şeklindedir. Elde edilen sonuçlar yalıtışı karbonatlarının karbon 13 izotopu bakımından pozitif, oksijen 18 açısından ise negatif değerlerde olduğunu göstermektedir.

Gölü besleyen soğuk su kaynaklarından toplam 9 örnek alınmış (Şekil 10) olup bu örneklerden elde edilen $\delta^{13}O$ değerleri -5.6 ila -10.6 arasında, δD değerleri ise -43 ila -64 arasında değişmektedir. Gölün güney ve kuzeyindeki volkanik ve metamorfik kütlelerden çıkan bu kaynak suları fay dikliklerine yakın konumlardan çıkmakta, ancak litolojik yapı farkına karşın benzer negatif değerler vermektedir. Benzer değerler gölün kuzeyinde Keramet ılcasını oluşturan fay kaynağı için de söz konusudur ve elde edilen değerler $\delta^{13}O$ için ortalama -9.5, δD için ise -65 şeklindedir. Ayrıca soğuk ve sıcak kaynak suları, göl sularından alınan 9 örnekte tespit edilen ve -1.1 ila -1.6 arasında değişen $\delta^{13}O$ değerleri ile -19 ila -20 arasında değişen δD değerlerine göre oldukça negatif değerler gösterirler. Bu veriler günümüzde göl suyunun izotop bileşimi ile gölü besleyen kaynak sularının izotop bileşimlerinin oldukça farklı olduğunu gösterir. Bu durumda göl sularının karbon 18 ve hidrojen 2 değerlerdeki düşüşün gölün yaz mevsiminde maruz kaldığı yüksek buharlaşma koşullarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Çalışmanın iklim (bölüm 2.1) bölümünde de belirtildiği gibi İznik ve Orhangazi meteoroloji istasyonlarında en yüksek ortalama sıcaklıklar Temmuz ayında sırasıyla 23.1°C ve 23.6°C olmakla birlikte su bilançosu analizleri (Tornthwaite iklim tipine göre) yaz mevsiminde çok kuvvetli su noksanına işaret etmektedir. Buna göre gölün Haziran-Ekim ayları arasında kuvvetli buharlaşmaya maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu durum ağır izotop değerlerindeki artışı kısmen açıklar niteliktedir. Bu nedenle yalıtışı oluşumunun geliştiği zaman aralığında da çimento çökelinin iklim ile önemli ölçüde denetlendiği belirtilebilir.

KAYNAKLAR

- AKARTUNA, M., Armutlu Yarımadası'nın Jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, 20, 105, (1968).
- AKBULAK, C., *İzmit Depresyonu'nun Beşeri ve İktisadi Coğrafya Açısından İncelenmesi*, (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, (2006), İstanbul.
- ALEXANDERSSON, T., Mediterranean beachrock cementation: Marine precipitation of Mg-calcite. *The Mediterranean Sea*, ed: Stanley, D.J., Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, (1972) pp: 203-223.
- ARDEL, A., İzmit Depresyonu ve Gölü, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 2, 5/6, 225-229, (1954), İstanbul.
- ARDEL, A., İzmit Körfezinden İzmit Gölüne (Morfolojik Müşahedeler), *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 5, 10, 145-151, (1959) İstanbul.
- AVŞARCAN, B., Yalıtışı Oluşumları ile ilgili Kuramlar ve Türkiye Kıyılarındaki Yalıtışlarının Bazı Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 5, 259–282, (1997), İstanbul.
- BARGU, S., *İzmit-Yenişehir (Bursa)-Osmaneli (Bilecik) Civarının Jeolojisi*, (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, (1978), İstanbul.
- BARKA, A., The North Anatolian Fault Zone. *Anales Tectonicae*, 6, 174-195, (1992).
- BARKA, A., Kuşçu, İ., Extents of the NAF in the İzmit, Gemlik and Bandırma Bays. *Turkish Journal of Marine Sciences*, 2, 93-106 (1996).
- BEIER, J.A., Diagenesis of Quaternary Bahamian beachrock: petrographic and isotopic evidence, *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 755–761 (1985).
- BENER, M., *Antalya-Gazipaşa Kıyı Kesiminde Yalıtışı Oluşumu*, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını, Yayın No: 75, (1974), İstanbul.
- BENSON, L., Carbonate deposition, Pyramid Lake subbasin, Nevada: 1. Sequence of formation and elevational distribution of carbonate deposits (Tufas). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109 (1), 55–87 (1994).
- BERNIER, P. ve Dalongeville, R., Incidence de l'activité biologique sur la cimentation des sédiments littoraux actuels. L'exemple des îles de Délos et de Rhénée (Cyclades, Greece). *C.R. Acad. Sci.* 307, 1901–1907 (1988).
- BEZERRA, F.H.R., Lima-Filho, F.P., Amaral, R.F., Caldas, L.H.O. ve Costa-Neto, L.X. Holocene coastal tectonics, *Coastal Tectonics*, ed: Stewart, I.S. ve Vitafinzi, C. pp: 279-293, (1998), London.
- BEZERRA, F.H.R., Amaral, R.F., Lima-Filho, F.P., Ferreira, A.V., Sena, E.S., Diniz, R.F., Beachrock fracturing in Brazil, *Journal of Coastal Research*, 42, 169–182, (2004).
- BİLGİN, T., On The Geomorphic Evolution of The İzmit Lake Depression and The Origin of The Garsak Gorge, *Review of the Geographical Institute of University of İstanbul*, 7, 75-86, (1961), İstanbul.
- BİLGİN, T., *Samanlı Dağları -Coğrafi Etüd-*, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1294, (1967), İstanbul.
- BINKLEY, K.L.,Wilkinson, B.H., Owen, R.M., Vadose beachrock cementation along a Southeastern Michigan marl lake. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50, 953–962 (1980).

- BØTTER-JENSEN, L., Luminescence techniques: instrumentation and methods, *Radiation Measurements*, 17, 749-768, (1997)
- BRICKER, O.P., Introduction: beachrock and intertidal cement, *Carbonate Cements*, ed, Bricker, O.P, (1971), John Hopkins Press, 1–3.
- CHAPUT, E., *Türkiye’de Jeolojik ve Jeomorfojenik Tetkik Seyahatları*, Çev.Tanoğlu, A., İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 324, (1976),İstanbul
- ÇİNER, A., Desruelles, S., Fouache, E., Koşun, E., Dalongeville, R. Türkiye’nin Akdeniz sahillerindeki yalıtışlarının Holosen deniz düzeyi oynamaları ve tektonizma açısından önemi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52, 257–296, (2009).
- DARKOT, B. ve Tuncel, M., *Marmara Bölgesi Coğrafyası*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 2510, (1981), İstanbul.
- DESRUELLES, S., Fouache, E., Çiner, A., Dalongeville, R., Pavlopoulos, K., Koşun, E., Coquinot, Y., ve Potdevin, J.L., Beachrocks and sea level changes since Mid-Holocene: comparison between the insular group of Mykonos-Delos-Rhenia (Cyclades, Greece) and southern coast of Turkey. *Global and Planetary Change Letters*, 66: 19-33, (2009).
- DOĞAN B. ve Güre, Ö.F., Kuzey Anadolu Fay Sistemi Marmara Bölgesi Orta Kolu, Mekece-İzmit Gölü arasının Pliyo-Kuvaterner Dönem, Morfotektonik ve Stratigrafik Özellikleri, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-V, (2005) s:17-19
- EMRE, E., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay, E., Doğu Marmara Bölgesi’nin Neojen Kuvaterner’deki evrimi. *MTA Dergisi*, 120, 289-314 (1998).
- ERGİNAL, A.E., Kıyak, N.G., Bozcu, M., Ertek, T.A., Güngüneş, H., Sungur, A., Türker, G., On the origin and age of Arıburnu beachrock, Gelibolu Peninsula, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17: 803-819, (2008).
- ERTEK, T.A., Erginal, A.E., Bozcu, M., Türker, G., The formation of beachrock on the North Cyprus Coast. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 14: 107-118, (2008)
- ERTEK, T.A., Erginal, A.E., Physical Properties of Beachrocks on the Coasts of Gelibolu Peninsula and Their Contribution to the Quaternary Sea Level Changes. *Turkish Journal of Marine Science*, 9, 31-49, (2003).
- ERTEK, T.A., Sahilköy-Şile Arasındaki Kıyılarda Genç Tektonik Hareketler ve Yalıtış Oluşumu, Türkiye Kuvaterneri Çalıştayı, (2001), 24-31, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- EROL, O., Gelibolu Yarımadasının batı kıyılarında yalıtış teşekkülleri, *Ankara Üniversitesi Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 3–4: 1–12, (1972).
- EROL, O., Historical changes on the coastline of Turkey. *Coastal Problems in the Mediterranean Sea*, ed: Bird, C.F.E. ve Fabbri, P., (1983), 95–108.
- FRANZ, S.O, Schwark, L., Bruchmann, C., Scharf, B., Klingel, R., Van Alstine, J.D., Çağatay, N., ve Ülgen, U.B., Results from a Multi-disciplinary Sedimentary Pilot Study of Tectonic Lake Izmit (NW Turkey)–Geochemistry and Paleolimnology of the Recent Past. *Journal of Paleolimnology*, 35: 715-736, (2006).
- FRIEDMAN, G.M. ve Gavish, E., Mediterranean and Red Sea (Gulf of Aqaba) beachrocks, *Carbonate Cements*, ed: Bricker, O.P., The Johns Hopkins Press, (1971), 13-16,
- GENÇ, Ş., *Uludağ-İzmit Gölü Arasının Jeolojisi*, MTA. Enstitüsü, Rapor No: 7853/1855, (1985).

- GINSBURG, R.N., Beach rock in South Florida, *Journal of Sedimentary Petrology*, 23, 85–92, (1953).
- GOUDIE, A., A note on Mediterranean beachrock: its history. *Atoll Research Bulletin*, 126 (19), 11–14, (1969).
- HANOR, J.S., Precipitation of beachrock cements: mixing of marine and meteoric waters vs. CO₂-degassing, *Journal of Sedimentary Petrology*, 48, 489–501, (1978).
- HOLAIL, H. ve Rashed, M., Stable isotopic composition of carbonate-cemented recent beachrock along the Mediterranean and the Red Sea coasts of Egypt, *Marine Geology*, 106, 141–148, (1992).
- IRWING, L., The precipitation of calcium and magnesium from sea water. *Journal of the Marine Biological Association*, 14(2), 441-446, (1926).
- İSLAMOĞLU, Y., Middle Pleistocene bivalves of the Iznik lake basin (Eastern Marmara, NW Turkey) and a new paleobiogeographical approach. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 98: 1981–1990, (2009).
- JONES, B., Rosen, M.R. ve Renaut, R.W., Silica-cemented beachrock from Lake Taupo, north island, New Zealand. *Journal of Sedimentary Research*, 67: 805–814, (1997).
- KAYAN, İ., Arkeolojik jeomorfoloji açısından Yenişehir ve Iznik havzalarının çevre özellikleri. T.C. Kültür ve Turizm bakanlığı Eski Eserler ve Müzeler Genel müdürlüğü V. Araştırma Sonuçları Toplantısı II., (1987), Ankara, p: 211-219.
- KAYAN, İ., Iznik Gölü batısındaki Ilıpınar Höyüğü çevresinde jeomorfolojik ve jeoarkeolojik araştırmalar. *Ege Coğrafya Dergisi*, 9, 43-70, (1996).
- KELLETTAT, D., Beachrock as a sea-level indicator? Remarks from a geomorphological point of view, *Journal of Coastal Research*, 22(6), 1555–1564, (2006).
- KNEALE, D. ve Viles, H.A., Beach cement: incipient CaCO₃-cemented beachrock development in the upper intertidal zone, North Uist, Scotland, *Sedimentary Geology*, 132, 165–170, (2000).
- KRUMBEIN, W.E., Photolithotropic and chemoorganotrophic activity of bacteria and algae as related to beachrock formation and degradation (Gulf of Aqaba, Sinai). *Geomicrobiology Journal*, 1, 156-202, (1979).
- MEYERS, J.H., Marine vadose beachrock cementation by cryptocrystalline magnesian calcite-Maui, Hawaii. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57, 755–761, (1987).
- MOORE, C.H., Intertidal carbonate cementation in Grand Cayman, West Indies. *Journal of Sedimentary Petrology*, 43, 591–602, (1973).
- MOORE, C. H., *Carbonate Genesis and Porosity*, Amsterdam, Elsevier, (1989).
- MOORE, C.H., Billings, G.K., 1971. Preliminary model of beachrock cementation, Grand Cayman island, B.W.I. In: Bricker, O.P. (Ed.), Johns Hopkins Press, Baltimore, MD, pp. 40–43.
- MTA 1/500.000 ölçekli Jeoloji Haritası (İstanbul Paftası). Web erişimi: http://www.mta.gov.tr/mta_web/500.000/500bin/istanbul_b.asp
- MURRAY, A.S., ve Wintle, A.G., Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, 32: 57-73, (2000).
- NAZİK, A., Meriç, E., Avşar, N., Ünlü, S., Esenli, V., Gökaşan, E., Possible waterways between the Marmara Sea and the Black Sea in the late Quaternary: evidence from ostracod and foraminifer assemblages in lakes Iznik and Sapanca, Turkey. *Geo-Marine Letters*, 31: 75-86, (2010).

- NEUMEIER, U., Le rôle de l'activité microbienne dans la cimentation précoce des beachrocks (sédiments intertidaux), *Terra Environ*, 12, 1-183, (1998).
- ÖZTÜRK, K., Alpar, B., Adatepe, F., Demirel, S., İznik Gölü Kuvaterner Stratigrafisinin Ön (Sığ Sismik) Değerlendirilmesi. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-V (2005), 118-120
- ÖZTÜRK, K., Yaltırak, C., Alpar, B., The relationship between the tectonic setting of the Lake Iznik basin and the middle strand of the North Anatolian Fault. *Turkish Journal of Earth Sciences* 18, 209-224, (2009).
- POLAT, Z., Aras, A., *Keramet Ilıcası (Orhangazi) Çevresinin Jeolojisi ve Jeotermal Olanakları*, MTA Proje No: 7004, Ankara, (1980).
- RAMSAY, P.J., Cooper, J.A.G., Late Quaternary sea level changes in South Africa. *Quaternary Research*, 57, 82–90, (2002)
- REY, D., Rubio, B., Bernabeu, A.M., Vilas, F., Formation, exposure, and evolution of a high-latitude beachrock in the intertidal zone of the Corrubedo complex (Ria de Arousa, Galicia, NW Spain), *Sedimentary Geology*, 169 (1–2), 93–105, (2004).
- RUSSELL, R.J., Caribbean beach rock observation. *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 3, 227–236, (1959).
- SCOFFIN, T.P., A conglomeratic beachrock in Bimini, Bahamas, *Journal of Sedimentary Petrology*, 40:756–758 (1970)
- SCOFFIN, T.P. ve STODDART, D.R., Beachrock and intertidal cement, *Chemical Sediments and Geomorphology: precipitates and residua in the near-surface environment*, ed: Goudie, A.S. ve Pye, K., Academic Press, London, (1983), 401-425.
- SCHMALZ, R.F., Formation of beachrock at Eniwetok Atoll, *Carbonate Cements*, ed: Bricker, O.P., Johns Hopkins Press, (1971), 17-24.
- SELLWOOD, B.W.. Principles of carbonate diagenesis, *Quantitative Diagenesis: Recent Developments and Applications to Reservoir Geology*, ed: Parker, A. Ve Sellwood, B.W., NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, 453, (1995).
- SPRATT, T.A.B. ve Forbes, E.. *Travels in Lycia, Milyas, and the Cibyratis*. II.-John Van Voorst, Paternoster Row, London. (1847)
- STODDART, D.R. ve Cann, J.R., Nature and origin of beachrock. *Journal of Sedimentary Petrology*, 35:243–247, 1965).
- TANOĞLU, A. ve Erinç, S., Garsak boğazı ve Eski Sakarya. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* 4: 17–31, (1956).
- TAYLOR, J.C.M. ve Illing, L.V., Holocene intertidal calcium carbonate cementation, Qatar, Persian Gulf. *Sedimentology* 12: 69-107, (1969).
- THOMAS, P.J., Luminescence Dating of Beachrock in the Southeast Coast of India-Potential for Holocene Shoreline Reconstruction. *Journal of Coastal Research* 26,1:1-7 (2009)
- TSUKADA, E., Herece, E., Kuşçu, İ., *Some geological evidences on activity of the western NAF-Geyve, İznik, Gemlik Area*. Research on Quaternary crustal movement and earthquake prediction, IRDC, ITIT Proj. No. 8513, 69-91, (1988).
- TUROĞLU, H. - Cürebal, İ., Karaburun (İstanbul) ve Uluabat (Bursa) Yalıtışları, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13: 57-66, (2005).
- VOUSDOUKAS, M. I., A. F. Velegrakis, ve T. A. Plomaritis., Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanism and impacts, *Earth-Science Reviews*, 85, 23–46, (2007).

- YILMAZ, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M, Yılmaz, K., Geological evolution of the Late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia. *Tectonophysics*, 243, 155-171, (1995)
- WEBB, G.E., Jell, J.S. ve Baker, J.C., Cryptic intertidal microbialites in beachrock, Heron Island, Great Barrier Reef: implications for the origin of microcrystalline beachrock cement, *Sedimentary Geology*, 126: 317-334, (1999).
- ZENKOVITCH, V.P., *Processes of Coastal development*. Oliver & Boyd, London. (1967), 738 pp.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 109Y143
Proje Başlığı: İznik Gölü Kıyılarındaki Yalıtışlarının Kökeni, Yaşı ve Geç Kuvaterner Göl Seviye Değişimleri İle Bağlantıları
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Doç.Dr. Ahmet Evren ERGİNAL (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Çanakkale) Prof.Dr. Nafiye Güneç KIYAK (Işık Üniversitesi - İstanbul) Prof. Dr. Erdinç Yiğitbaş (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Çanakkale) Doç. Dr. Mustafa BOZCU (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Çanakkale)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020, Çanakkale
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020, Çanakkale Işık Üniversitesi, Arkeometri Laboratuvarı, Maslak, İstanbul
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:
Öz (en çok 70 kelime) Tatlı su ortamında yalıtışı oluşumunun gözlemlendiği İznik Gölü kıyılarında yalıtışlarının yaşları son buzul maksimumuna kadar inmekte, geç çimentolanmanın yaşı ise 12. yy'a kadar gelmektedir. Soğuk kurak ve sıcak kurak devrelerde yoğunlaşan yalıtışı çimentolanması göl suyunun bileşimi yanında, son iklimik maksimum ve geç Holosen'deki artan buharlaşma koşullarının desteklediği aragonit çökeli ile ilişkilidir. Ayrıca gerek göl suyu ve gerekse çimento materyalinin duraylı izotop bileşimleri az tuzlu deniz suyu bileşimine benzer özellikleri yansıtmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yalıtışı, Yalıtışı çimentolanması, Mutlak yaşlandırma, Jeokronoloji, Tatlı su ortamı, İznik Gölü.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil X Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Ozturk, M.Z., Yigitbas E., Bozcu, M., Avcioglu, M., <u>baskıda</u> . First note on marine-like cementation of late Holocene beachrock, Iznik Lake (Turkey). Geochronometria . Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Ozturk, M.Z., Avcioglu, M., Bozcu, M., Yigitbas, E., <u>düzeltilmiş metin</u> <u>incelemede</u> . The origin and age of beachrock in a fresh-water environment, Lake Iznik,

NW Turkey. **Sedimentary Geology.**

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., 2011. Sea-water input to Lake Iznik (Turkey) during Late Pleistocene. **13th International conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating**, 10-14 July 2011, Torun, Poland, Book of Abstracts, p: 57.

Erginal, A.E., 2011. Sea-water input to Lake Iznik, NW Turkey at 40 ka BP based on AMS-radiocarbon record from fossil Cerastoderma glaucum shells. **IGCP 521 - INQUA 0501 Seventh Plenary Meeting and Field Trip, Odessa, Ukraine.** 21-28 August 2011, Extended Abstracts, pp. 75-76..

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Yigitbas, E., Bozcu, M., Curebal, I., Ozturk, M.Z., Sungur, A., Avcioglu, M., 2010. Beachrock formation on a freshwater lake environment, Lake Iznik coast, Turkey: a preliminary assessment of microanalytical data and optical uminescence ages. **IGCP 521 - INQUA 0501 Sixth Plenary Meeting and Field Trip. Rhodes Island, Greece.** 27 September- 5 October, Ext. Abst. pp: 69-71.

Kiyak, N.G., Erginal, A.E., Yigitbas, E., Bozcu, M., Ozturk, M.Z., Avcioglu, M., Oztura, E., 2010. Level of Lake Iznik from late Neolithic to the last two millenia inferred from beachrock ages. **2th Symposium ARCH_RNT Archaeological Research and New Technologies. University of Peloponnese, Kalamata, Greece,** Abstracts, p. 26.

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Öztürk, M.Z., Avcioglu, M., Yigitbas, E., Bozcu, M., Cürebal, İ. 2011. Duraylı izotoplar, çimento türleri ve optik lüminesans yaşlarına göre İznik Gölü yalıtışlarının paleo-ortamsal göstergeleri. **Uluslararası Katılımlı Coğrafya Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı.** s.88. 1-10 Eylül 2011, İstanbul Üniversitesi. İstanbul.

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Yiğitbaş, B., Bozcu, M., Öztürk, M.Z., Avcioglu, M., Cürebal, İ., 2010. İznik Gölü kıyılarında yalıtışı oluşumu: ortam ve tarihleme sonuçlarının ön değerlendirmesi. **Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu-2010 (Prof. Dr. Oğuz Erol Onuruna)**, 11-13 Ekim 2010, Afyonkarahisar, Bildiriler, s: 9-12.

Erginal, A.E., 2011. Yalıtışı araştırmalarında SEM/EDX ve XRD analizlerinin katkısı hakkında bir not. **Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları**, No:5, 305-312, İstanbul 2011.

Ekte Bulunan “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”, “Kazanımlar” Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarının Başarı Öyküsü Niteliği Taşıdığını Düşünüyorsanız “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”nu doldurunuz.

REVISED MANUSCRIPT
(Sedimentary Geology)

**Cementation characteristics and age of beachrocks in a fresh-water environment, Lake
İzник, NW Turkey**

Ahmet Evren Erginal ^{a*}, Nafiye Güneç Kıyak ^b, Muhammed Zeynel Öztürk ^a,
Mustafa Avcıoğlu ^c, Mustafa Bozcu ^c, Erdiñ Yiğitbaş ^c

^a*Department of Geography, Çanakkale Onsekiz Mart University, TR-17020, Çanakkale, Turkey*

^b*Department of Physics, Işık University, TR-34980, Istanbul, Turkey*

^c*Department of Geology Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, TR-17020, Çanakkale, Turkey*

Abstract

This paper focuses on the cement characteristics and optical luminescence age of late Pleistocene–Holocene beachrock, exposed on the southeast shore of freshwater Lake İznik in northwest Turkey, based on field observations, various spectroscopic analyses and optical dating results. The studied beachrock is a poorly-sorted coastal conglomerate composed mostly of gravels derived from surrounding volcanic rocks and marbles as well as quartz and carbonate grains. We identified different types of cements; dominated by micritic envelopes, bladed isopachous aragonite rims, void fills, radial aggregates and meniscus bridges, implying no single origin. Cementation characteristics indicate that marine-like cement micro-fabrics may occur in freshwater lake environments where the lake-water chemistry favors carbonate precipitation. OSL data revealed the existence of older beachrock dating back to 20.2 ka, together with younger Holocene-age beachrock of between 5.6 and 2.4 ka. This suggests that younger beachrocks have been superimposed on older cemented carbonates through the removal of carbonates by wave motion (splash and spray) during lower lake level conditions.

Keywords: Beachrock, fresh-water cementation, Late Pleistocene, Lake İznik, Turkey.

* Corresponding author: A.E. ERGINAL (aerginal@comu.edu.tr)

ACCEPTED MANUSCRIPT

(Geochronometria)

**FIRST NOTE ON MARINE-LIKE CEMENTATION OF LATE
HOLOCENE BEACHROCK, IZNIK LAKE (TURKEY)**

**AHMET EVREN ERGINAL^{1*}, NAFIYE GUNEC KIYAK²,
MUHAMMED ZEYNEL OZTURK¹, ERDINC YIGITBAS³, MUSTAFA BOZCU³,
MUSTAFA AVCIOGLU³ and BEYHAN OZTURK¹**

¹ *Department of Geography, Canakkale Onsekiz Mart University, TR-17100, Canakkale, Turkey*

² *Department of Physics, Işık University, TR-34980, Şile, Istanbul, Turkey*

³ *Department of Geology Engineering, Canakkale Onsekiz Mart University, TR-17020 Canakkale, Turkey*

RUNNING HEAD

MARINE-LIKE CEMENTATION OF THE IZNIK LAKE BEACHROCK, TURKEY

Abstract

Micro-fabric characteristics and optically stimulated luminescence (OSL) dating results are presented to discuss the controlling agents and timing of beachrock cementation on the fresh-water Iznik Lake shoreline. The beachrocks are made up of grain-supported polygenic conglomerate containing 20.42% carbonate with encrusted grains, basically as micrite coatings, isopachous aragonite rims, cryptocrystalline void fills and meniscus bridges. The optical ages of twelve samples yielded ages that range from 4.226 ± 0.569 ka on the lowermost beds to 0.706 ± 0.081 on the uppermost. This is the first report of precipitation of marine-like cements in Iznik Lake. The abundant aragonite-dominated cement is likely indicative of precipitation-prone dry evaporative conditions from the climatic optimum to the last millennia.

Key Words: Beachrock cementation, Carbonate precipitation, Late Holocene, Iznik Lake, Turkey.

Corresponding author: A. E. Erginal
e-mail: aerginal@comu.edu.tr

YALITAŞI ARAŞTIRMALARINDA
SEM/EDX VE XRD ANALİZLERİNİN
KATKISI HAKKINDA
BİR NOT

Ahmet Evren ERGİNAL

YALITAŞI ARAŞTIRMALARINDA SEM/EDX VE XRD ANALİZLERİNİN KATKISI HAKKINDA BİR NOT

Ahmet Evren ERGİNAL

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü
aerginal@comu.edu.tr*

Öz

Yalıtaşı denilen karbonat çimentolu çökel kayalar, çoğunlukla tropikal ve subtropikal kıyıların gel-git için ortamlarına özgü, bununla birlikte buharlaşma ve göl suyu kimyasının bağlayıcı karbonat çimentonun çökelimine uygun koşullar sağladığı göl ortamlarında da gelişebilen tabakalı çökel kayalardır. Süperimpoze konglomera ve kumtaşı katmanlardan oluşan istifin bağlayıcı çimento materyali çoğunlukla aragonit ve yüksek magnezyum kalsitten oluşur. Ancak oluşumlarının aydınlatılmasında, gözlemsel jeomorfolojik ve sedimentolojik veriler yeterli olmayıp, detaylı mikroanalitik, jeokimyasal verilere gereksinim vardır. Bu kısa yazıda yalıtaşlarının çimento materyali ve oluşum ortamının kayıtlarını tutan mikrodokusal özelliklerinin incelenmesinde XRD, EDX ve SEM yöntemlerinin katkısı hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Abstract

The so called carbonate-cemented beach materials, i.e. beachrock in the strict sense, are sedimentary rocks, mostly peculiar to intertidal parts of tropical and subtropical coasts as well as to lake shorelines where evaporation and lake water chemistry favor the precipitation of connective carbonate cement. Consisting of superimposed conglomerate and sandstone layers, the cement material of beachrocks comprises mostly of aragonite and high-magnesium calcite. However, geomorphological and sedimentological observations carried out to elucidate the origin of beachrocks remain incapable in the lack of microanalytical and geochemical data. For proper understanding of the precipitated cement and micro-fabric characteristics of beachrocks that keep records of its diagenetic history, contribution of XRD, EDX and SEM analyses were discussed in this short paper.

Yalıtışı oluşumu veya çimentolanması tropikal ve subtropikal kıyıların gel-git ii zonunda yer alan gevsek kum ve çakılların kalsiyum karbonat çimento ile tutturulması yoluyla gelişir (Ginsburg, 1953). Yalıtışı oluşum ortamının doğru tanımlanması çimentolanma ortamının da doğru tanımlanmasına bağlıdır. Eolinit (eolianite), kokunit (coquinite) ve cayrock gibi çimentolanma koşulları, dolayısıyla element/mineral bileşimleri ve çimento mikromorfolojileri farklı olan kıyı çökelleri ile karıştırılması nedeniyle yalıtışının tanımlanması doğrudan saha gözlemleri ile mümkün değildir. Morfolojik ve stratigrafik açıdan yalıtışı gibi görünen taşlaşmış kıyı çökelleri bu yanılığya yol açmakta olup, çimentolanma ortamının doğru tanımlanması için çimento çökelinin hangi fiziko-kimyasal reaksiyonlar sonucu gerçekleştiğinin ortaya konması büyük önem taşır. Bu konuda bilinen en temel teoriler karbonat çökelinin deniz suyunun buharlaşmasından (Stoddart ve Cann, 1965;), deniz suyu ve meteorik suların karışımından (Schmalz, 1971), sığ yeraltı sularından (Hanor, 1978) ve mikroorganizma faaliyetlerinden (Krumbein, 1979) olduğu şeklinde oldukça çeşitlidir. Bu durumda çimento materyalinin tabiatının bilinmesi yalıtışlarının kökeninin açıklanması açısından çok önemlidir.

Özellikle yalıtışlarının deniz seviyesi değişimlerinin anlaşılmasında oynadığı anahtar rol düşünöldöğünde, değişen deniz seviyesi koşullarında karbonat çökelinin kontrol eden faktörlerin de değişeceği bir gerçektir. Üstelik Akdeniz gibi mikrogelgit ortamlarında yalıtışlarının kalınlığı gel-git genliğini çoğu yerde aşmaktadır. Örneğin 4 metre kalınlıkta yalıtışı tabakalarının bulunduğu Alanya (Kelletat, 2006) ve 3.5 m kalınlık tespit edilen Bozcaada kıyıları (Erginal ve diğ., 2010) buna bir örnektir. Buna dikkat çeken Kelletat (2006) atlayan dalgalarla gelgit üstü (supratidal) kuşağa spray şeklinde taşınan deniz suyunun bıraktığı bağlayıcı çimento maddesinin yalıtışı oluşumuna katkı sağladığını belirtmiştir.

Yazar böylece çimentolanmada sadece gelgit arası zonun etkili olamayacağını, bu nedenle yalıtışlarının deniz seviyesi değişiminde gösterge olabileceğinin kuşkulu olacağına dikkat çekmiştir. Bu çelişki sıcak bilimsel tartışmalara da yol açmıştır (Kelletat, 2006; Knight, 2007).

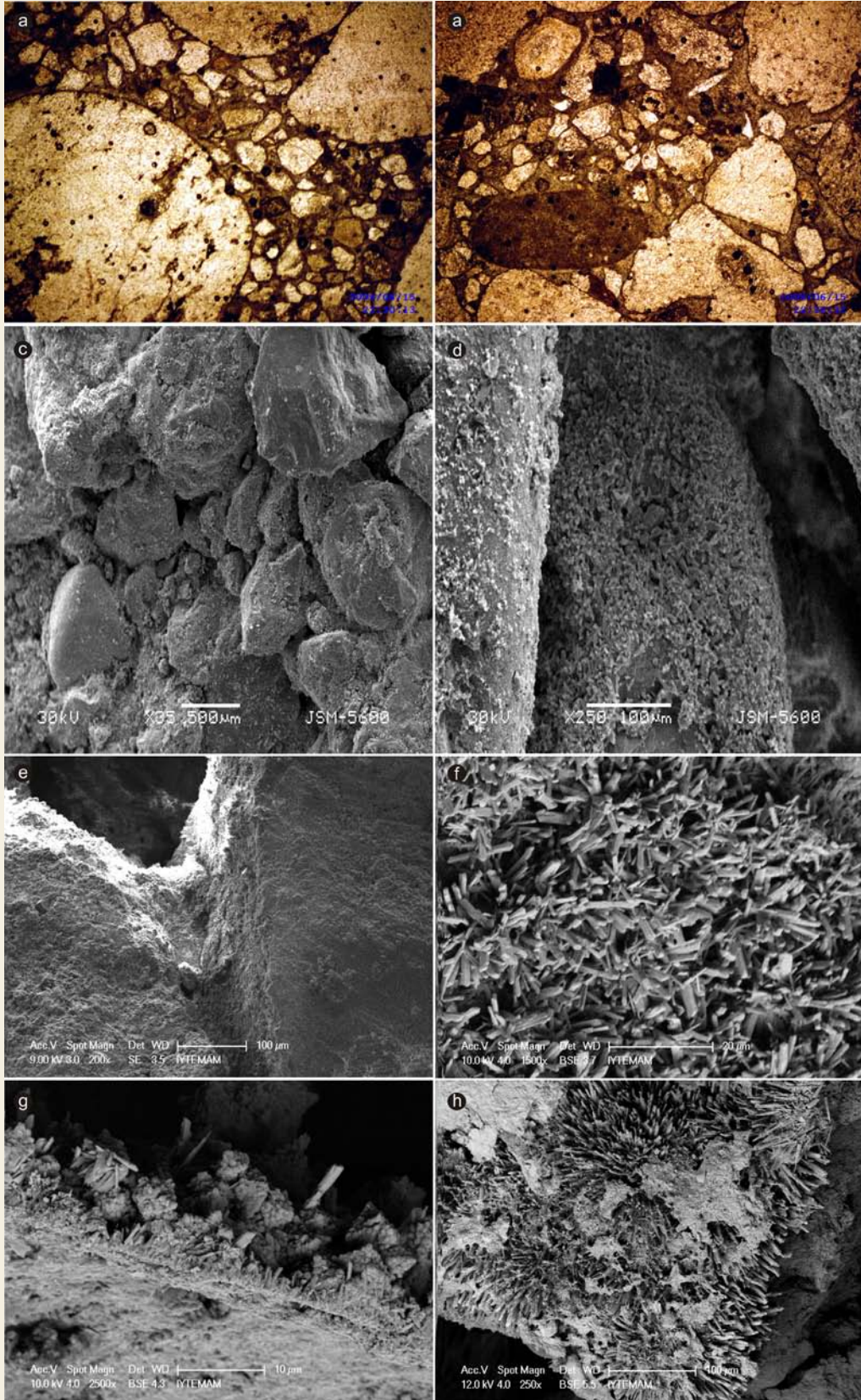
Bu durumda yalıtışının geliştiği zonun tanımlanması büyük ölçüde çimento maddesinin bileşiminin doğru tanımlanmasına bağlı olmaktadır.

Yalıtışı araştırmacılarının bu açıdan başvurdukları yöntemlerin başında mineral tayini açısından X ışınları kırınımı (XRD), element analizleri açısından ise Enerji Dağılımlı X ışınları Spektroskopisi (EDX) gelmektedir. Yine tane yüzeyleri ve arasında bağlayıcı çimentonun kristal yapısı taramalı elektron mikroskobu (SEM), standart ince kesitlerin incelendiği optik mikroskop kullanımına oranla üç boyutlu ve yüksek çözünürlüklü büyütme avantajı sağlamaktadır.

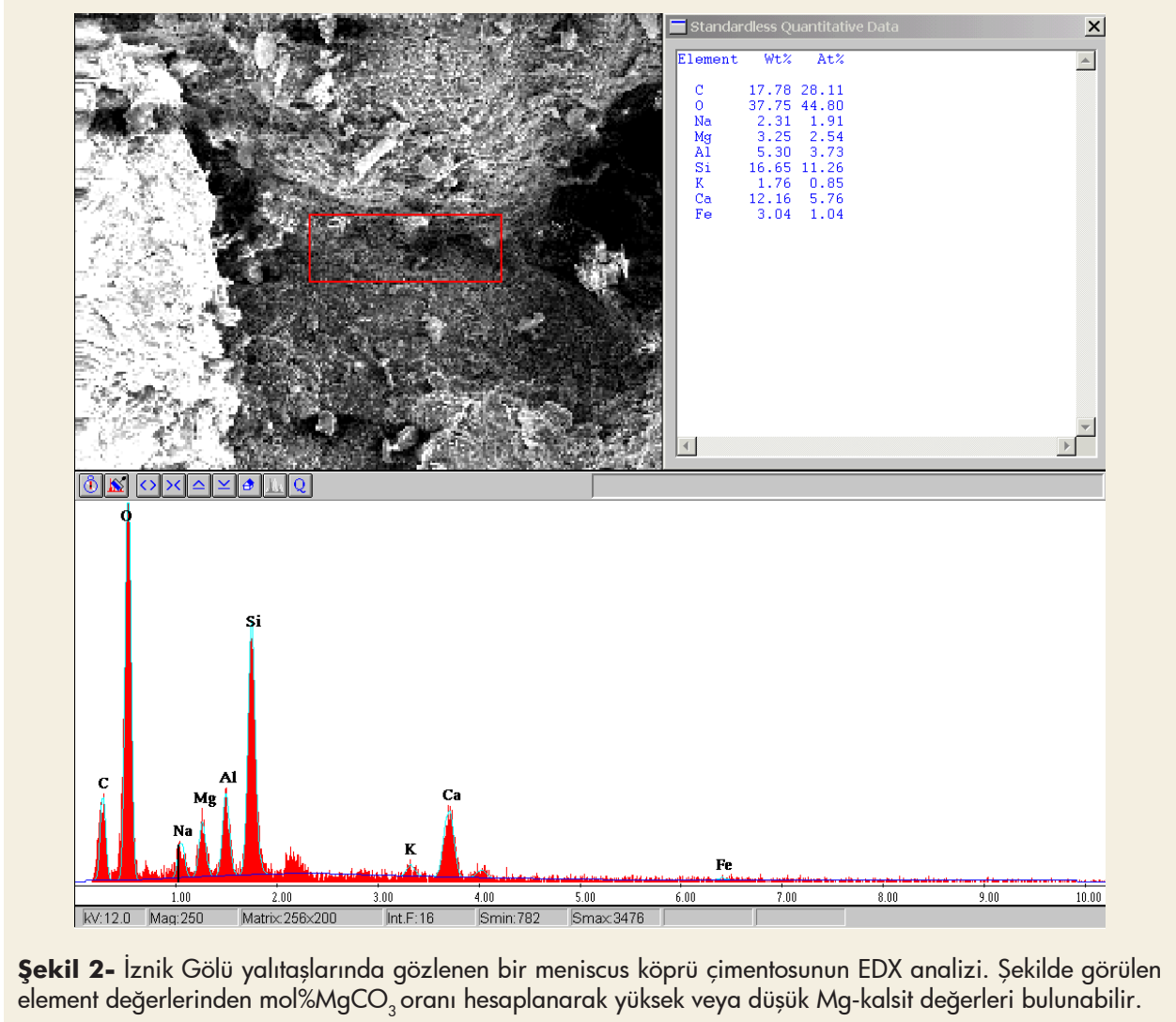
SEM analizleri mikro doku analizlerinde büyük olanak sağlar. Klasik optik araştırma mikroskobunda taneler üzerinde birikmiş çimento genellikle ince zarflar veya sivri rimler şeklinde gözlenebilirken (şekil 1a,b), taramalı elektron mikroskobunda bu kristal yapılarına yaklaşmak, hatta yüzeylerini dahi analiz edebilmek mümkündür. Aslında SEM bu açıdan daha araştırmanın başlangıcında analiz yüzeylerinin belirlenmesi açısından büyük ipucu sağlamakta, araştırmacıyı yönlendirmektedir. Yalıtışlarında en çok rastlanan boşluk dolguları (şekil 1c) mikrit zarfları (şekil 1d), menisküs köprüler (şekil 1e), iğnemsî ve akikölar aragonitler (şekil 1f), sivri uçlu aragonit veya yüksek Mg kalsit rimleri (şekil 1g) ve radyal büyümüş aragonit agregatları gibi (şekil 1h) farklı çimentolaşma yapıları bu analizlerle ortaya konabilmektedir.

Mikroanaliz yöntemlerinden EDX (EDS veya EDX-RS) elektron mikroskobu analizleri ile eşzamanlı olarak yapılır ve multi-element tayininde kullanılır.

EDX verileri özellikle yalıtışı taneleri arasında veya üzerinde/çevresinde ökelmüş bağlayıcı çimento maddesinin (şekil 2) ve hatta bu çimento içindeki bir fosil veya organojen oluşun (şekil 2b) bileşimini hassas değerlerle (%wt) vermektedir. Çimento içinde Ca, C ve O oranlarından hareketle karbonat bileşimi hakkında bilgi elde etmek mümkün olduğu gibi major oksit oranlarını ortaya koyan XRF (X-ray fluorescence spectroscopy) yöntemi kullanılarak CaO oranı bulunabilir veya basit kalsiyum karbonat miktarı tayini yapılır.



Şekil 1- Gelibolu Yarımadası batı kıyısında Kumlımanı yalıtasının ince kesit görüntülerinde çimento dokusunun genel görünüşü (a-b) ve Arıburnu yalıtışı (c-d) ile İznik Gölü yalıtışlarında (e-g) SEM/EDX analizi örnekleri.



Ancak burada asıl önemli olan çimento içindeki kalsitlerdeki Mg oranının tespit edilmesidir. Çünkü karadan gelen yeraltı sularının veya meteorik su girdisinin işareti olan düşük Mg kalsitler ile doğrudan deniz suyunun buharlaşması ile çökelen yüksek Mg kalsit yalıtışının oluşum ortamının doğru tespit edilmesinde anahtar rolü oynar. EDX analizleri bu açıdan çok önemlidir ve elektron mikroskop görüntülemesi ile detayına inilen bir yüzey, alan veya nokta üzerinden binlerce kez büyütme yapılarak bir analiz yüzeyi seçilebilir. Örneğin boşluk dolgusu bir çimento içindeki tüm kırıntılar ve karbonat yığılması aynı analiz yüzeyi içinde bırakılarak element analizi yapılabildiği gibi tek bir mikritik kalsit veya aragonit kristaline yaklaşılarak analiz yapmak da mümkündür.

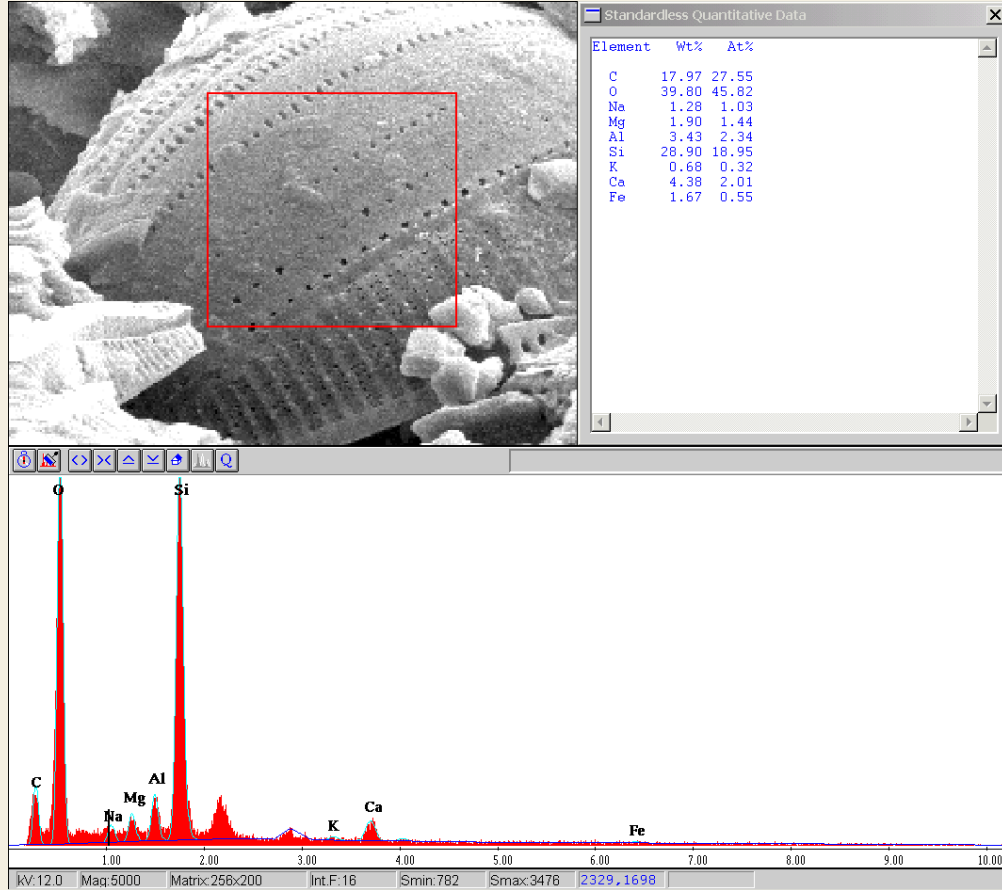
EDX analizlerinin tamamlayıcısı olan en önemli yöntemlerden birisi kuşkusuz XRD analizleridir (Şekil 3). Mineral tayininde kullanılan

bu analizde önce taneleri bağlayan çimentosunun kazınması, pudra haline getirilecek şekilde ufalanması ve kurutularak cihaza alınması gerekir. Bu analizlerle çimento maddesi içindeki tüm minerallerin tanımlanması mümkündür ve her bir tanımlanan mineral X-ray difraktogramında belli pikler vermektedir. Böylece çimento maddesini oluşturan minerallerinin nasıl bir ortamda çökeldiği anlaşılabilir. Şekil 4'de örnek birkaç çalışma sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler

XRD, EDX/SEM, Mikroanaliz, Yalıtışı Çimentolanması, Deniz Seviyesi Değişimi.

Katkı Belirtme: Analizlerin gerçekleştirilmesindeki emekleri için İYTE çalışanları Gökhan Erdoğan ve Evrim Yakut'a teşekkür ederim. Bu çalışmadaki verilerin bir kısmı TÜBİTAK tarafından desteklenen 109Y143 numaralı araştırma projesinin bulgularını içermektedir.



Şekil 3- İznik Gölü yalıtışlarında gözlenen bir diatomun EDX ile element analizi.

KAYNAKLAR

1. Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Öztürk, B., 2010. Investigation of Beachrock Using Microanalyses and OSL Dating: A Case Study from Bozcaada Island, Turkey. *J Coastal Res.*, 26(2): 350-358.

2. Ginsburg RN. 1953. Beachrock in South Florida. *J. Sed. Petrol.*, 23: 85-92.

3. Hanor JS. 1978. Precipitation of beachrock cements: mixing of marine and meteoric waters vs. CO₂ degassing. *J. Sed. Petrol.*, 48: 489-501.

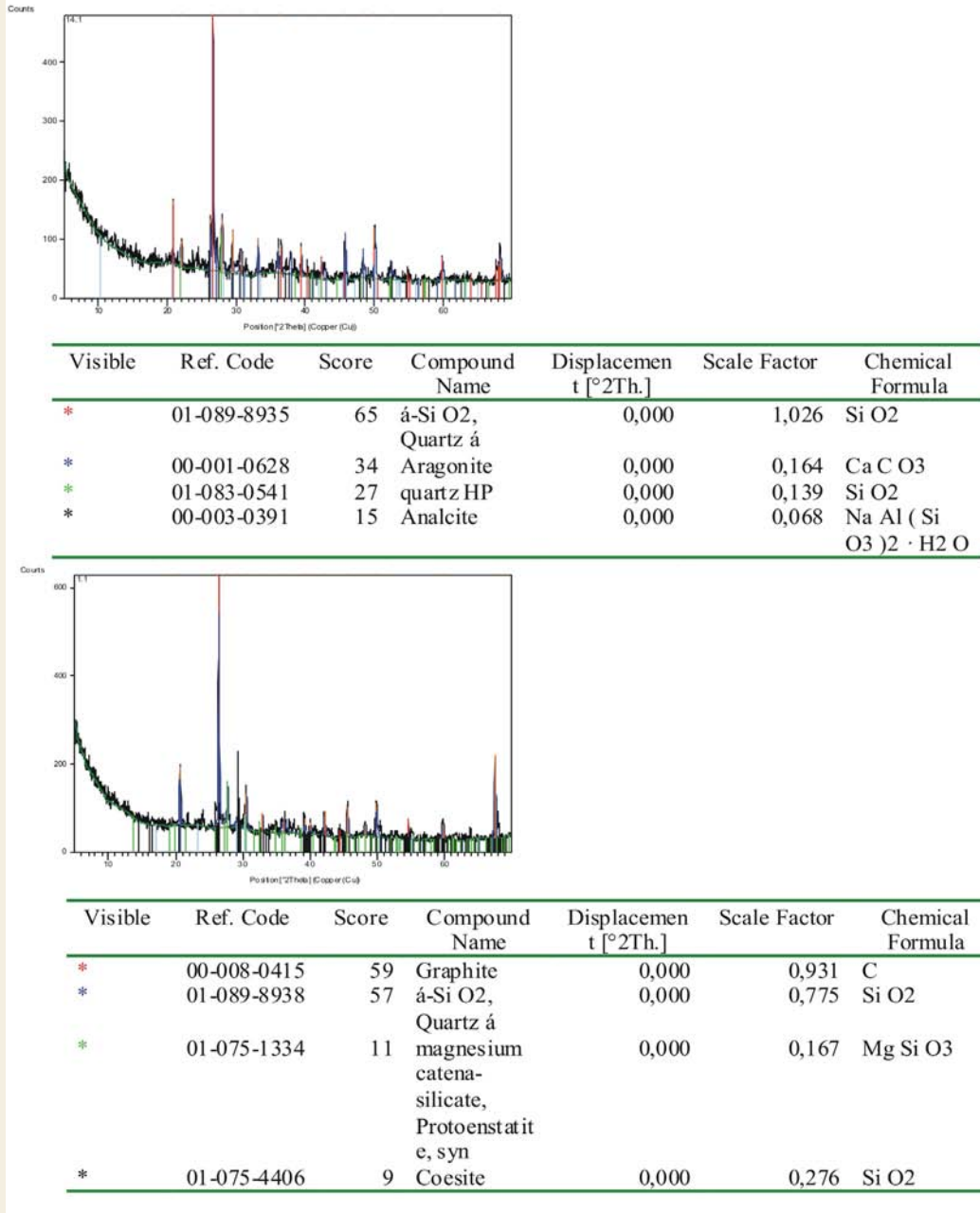
4. Kelletat D. 2006. Beachrock as a sea-level indicator? Remarks from a geomorphological point of view. *J Coastal Res.*, 22 (6): 1555-1564.

5. Knight j. 2007. Beachrock reconsidered. Discussion of: Kelletat, D., 2006. Beachrock as sea-level indicator? Remarks from a geomorphological point of view. *J Coastal Res.*, 23(4): 1074-1078.

6. Krumbein WE. 1979. Photolithotropic and chemoorganotrophic activity of bacteria and algae as related to beachrock formation and degradation (Gulf of Aqaba, Sinai). *Geomicrobiol J.*, 1: 156-202.

7. Schmalz RF. 1971. Formation of beachrock at Eniwetok Atoll. In: Bricker, O.P. (ed.), *Carbonate Cements*. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD, 17-24.

8. Stoddart DR and Cann JR. 1965. Nature and origin of beachrock. *J. Sed. Petrol.*, 35: 243-247.



Şekil 4- İznik Gölü yalıtaşlarından elde edilen bazı XRD analiz sonuçları. Difragtogramların altındaki tablolarda XRD mineral patern tayini sonuçları görülmektedir. Tablodaki yıldızların renklerinden tanımlanan mineraller difragtogramdan bulunabilir.



UJS-2010



**ULUSAL JEOMORFOLOJİ
SEMPOZYUMU – 2010
(PROF. DR. OĞUZ EROL ONURUNA)**



11-13 EKİM – AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ



ULUSAL JEOMORFOLOJİ SEMPOZYUMU-2010

Prof. Dr. Oğuz EROL Onuruna

*Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Atatürk Kongre ve Kültür Merkezi
11-12-Ekim-2010, Afyonkarahisar*

Editör

Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZDEMİR

Not:

Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu-2010 bildiriler kitabında yer alan bildiriler, yazım formatlarını düzenleme dışında yazarların gönderdiği haliyle basılmıştır. Yazıların içeriğinden, şekil ve fotoğraflardan yazarlar sorumludur.

Düzenleyen Kuruluş



Afyon Kocatepe Üniversitesi

Düzenleme Kurulu Başkanları

Düzenleme Kurulu Onursal Başkanı

Prof. Dr. Ali ALTUNTAŞ

(AKÜ Rektörü)

Düzenleme Kurulu Başkanı

Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZDEMİR

(AKÜ Coğrafya Bölümü Başkanı)

Yar. Doç. Dr. Ünal Yıldırım

(AKÜ Coğrafya Bölümü Öğretim Üyesi)

Düzenleme Kurulu Başkan Yardımcısı

Arş. Grv. Muhammet BAHADIR

(AKÜ Coğrafya Bölümü Öğretim Elemanı)

Düzenleme Kurulu Üyeleri

Doç. Dr. Özer YILMAZ

Doç. Dr. Tefik ERKAL

Yar. Doç. Dr. Fatma KAFALI YILMAZ

Yar. Doç. Dr. Barış TAŞ

Arş. Grv. Dr. Mustafa YAKAR

Arş. Grv. Dr. Okan BOZYURT

Arş. Grv. Çetin ŞENKUL

BİLİM KURULU

- Prof. Dr. Ahmet NİŞANCI (EMEKLİ)
Prof. Dr. Ali Fuat DOĞU (YYÜ)
Prof. Dr. Ali Selçuk BİRİCİK (MÜ)
Prof. Dr. Ali UZUN (OMÜ)
Prof. Dr. Asaf KOÇMAN (EÜ)
Prof. Dr. Barış MATER (İÜ)
Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN (EMEKLİ)
Prof. Dr. Ergun DAYAN (MÜ)
Prof. Dr. Ertuğ ÖNER (EÜ)
Prof. Dr. Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU (AÜ)
Prof. Dr. Hakkı YAZICI (AKÜ)
Prof. Dr. Hayati DOĞANAY (ATÜ)
Prof. Dr. h. c. İbrahim ATALAY (DEÜ)
Prof. Dr. İbrahim GÜNER (MÜ)
Prof. Dr. İlhan KAYAN (EÜ)
Prof. Dr. Lütfi ÖZAV (UÜ)
Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZDEMİR (AKÜ)
Prof. Dr. M. Yıldız HOŞGÖREN (EMEKLİ)
Prof. Dr. Meral AVCI (İÜ)
Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ (ÇOMÜ)
Prof. Dr. Nurten GÜNAL (MÜ)
Prof. Dr. Recep EFE (BAÜ)
Prof. Dr. Sadettin TONBUL (FÜ)
Prof. Dr. Sencer SAYHAN (AİBÜ)
Prof. Dr. Telat KOÇ (ÇOMÜ)
Prof. Dr. Yusuf DÖNMEZ (EMEKLİ)

İZNIK GÖLÜ KIYILARINDA YALITAŞI OLUŞUMU: ORTAM VE TARİHLEME SONUÇLARININ ÖN DEĞERLENDİRMESİ

A.Evren Erginal¹, Nafiye Güneç Kıyak², Erdinç Yigitbaş³, Mustafa Bozcu³

Muhammed Zeynel Öztürk¹, Mustafa Avcioğlu³ ve İsa CÜREBAL⁴

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale
(aerginal@comu.edu.tr , muhammed.zeynel@comu.edu.tr)

²Işık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, İstanbul (kiyak@isikun.edu.tr)

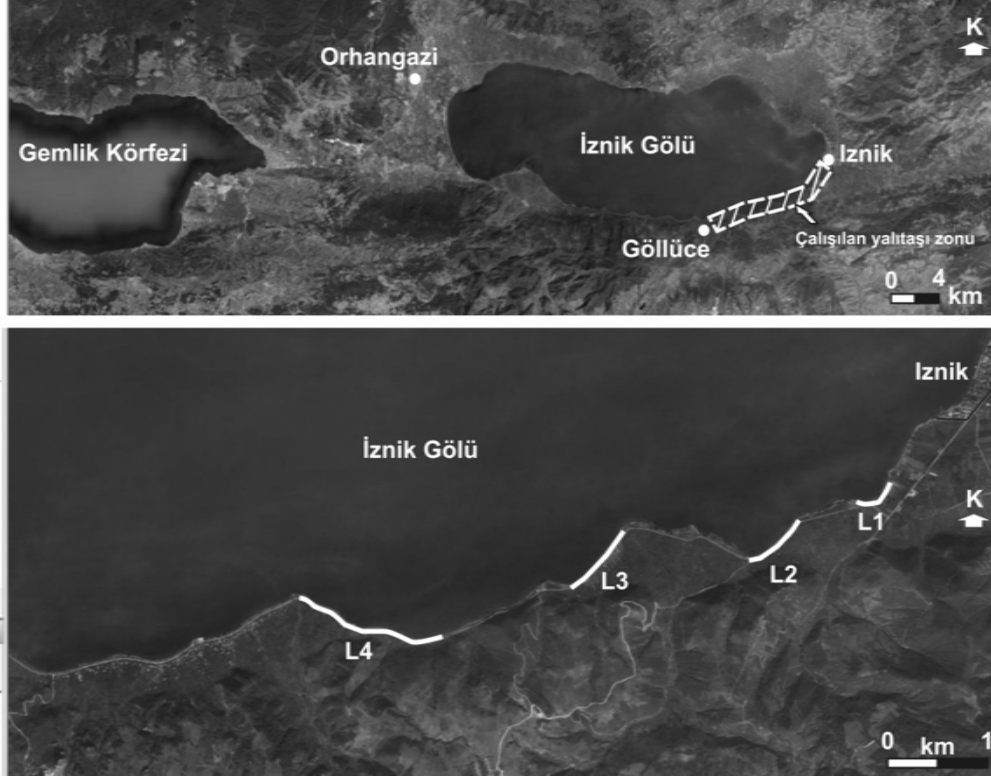
³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü Çanakkale (eyigitbas@comu.edu.tr , mbozcu@comu.edu.tr,
mavcioglu@comu.edu.tr)

⁴Balıkesir Üniversitesi, *Fen-Edebiyat Fakültesi*, Coğrafya Bölümü, Balıkesir
(icurebal@balikesir.edu.tr)

Genişletilmiş Özet

Yalıtışlarının yayılış sahası açısından en zengin ortamlardan birisini oluşturan Türkiye kıyılarında, özellikle güney ve batı Anadolu kıyılarında yalıtışları geniş yer kaplar. Sir Francis Beaufort'un (1818) Datça Yarımadası-Gazipaşa (Antalya) arasındaki kıyı kesimindeki ilk çalışması (Avşarcan, 1997) ardından kıyılarımızdaki yalıtış araştırmaları özellikle Akdeniz ve Ege Denizi kıyılarında yoğunluk kazanmış, ülke kıyılarındaki yalıtışlarının dağılımları konusunda detaylı bir çalışma ise Avşarcan (1997) tarafından yapılmıştır. Mevcut yalıtış araştırmaları Akdeniz kıyılarında Bener (1974), Erol (1983), Avşarcan (1997) ve Desruelles ve diğ. (2009); Ege Denizi kıyılarında ise Erol (1972), Ertek ve Erginal (2003) ve Erginal ve diğ. (2008, 2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Mutlak yaş tayinleri içeren çalışmalar ise çok az sayıdadır (Erginal ve diğ., 2008; Desruelles ve diğ., 2009; Erginal ve diğ., 2010).

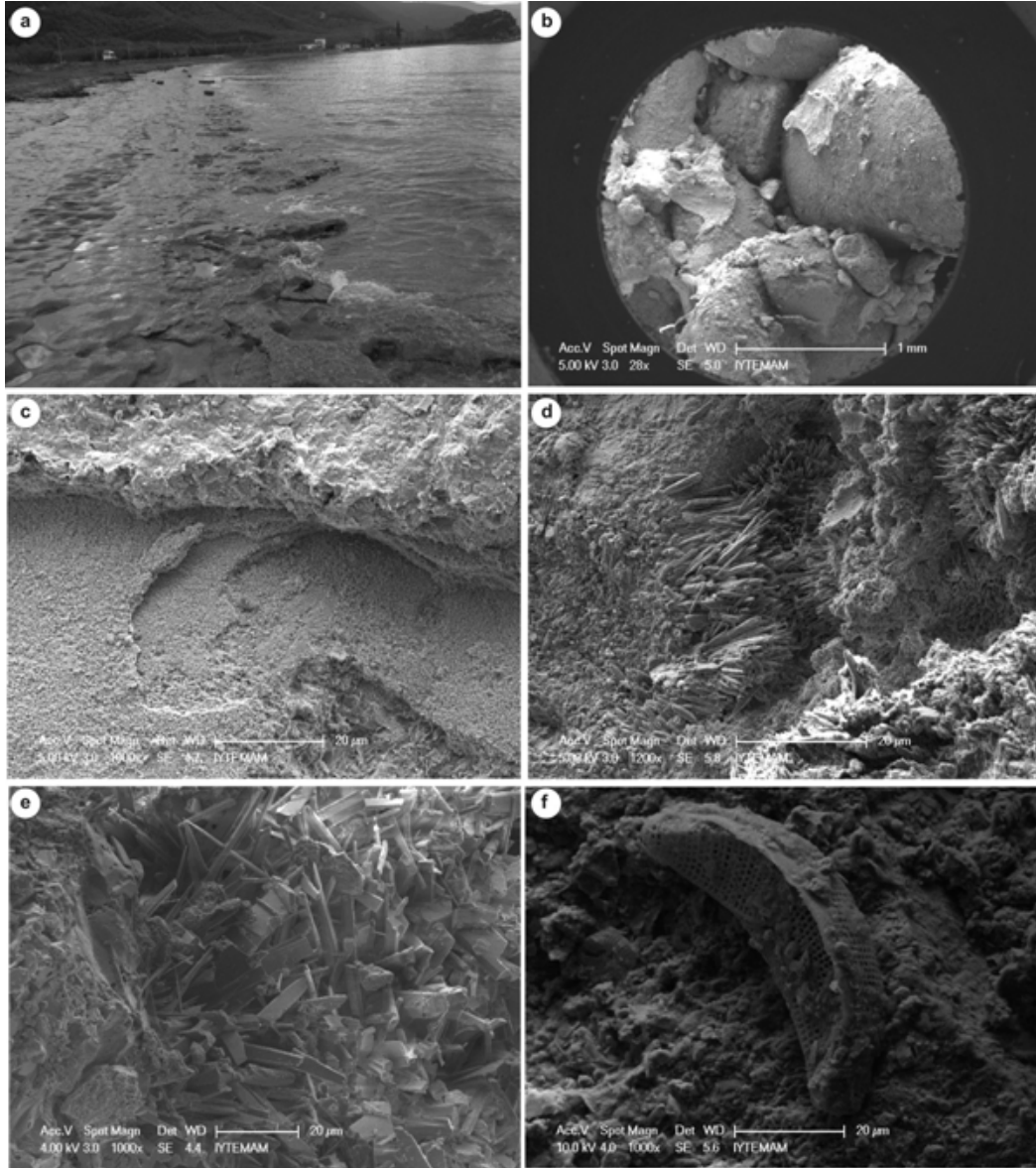
Sunulan çalışmanın konusunu İznik Gölü kıyılarında geniş yayılış sahasına sahip olan yalıtışları (Kayan, 1996) oluşturmaktadır. Dünyada göl ortamlarında yalıtış oluşumu sık rastlanan bir durum değildir ve bu konuda mevcut kayıtlar Michigan Gölü'nün güneydoğu kesiminden (Binkley ve diğ., 1980), Piramit Gölleri (ABD) bölgesinden (Benson, 1994) ve Taupo Gölü kıyılarında (Jones ve diğ., 1997) aktarılmıştır. Ancak bu göller İznik Gölü'nden tamamen farklı hidrolojik ve jeokimyasal özelliklere sahiptirler. Bu çalışmada İznik Gölü kıyılarının güneydoğu kesimindeki (Şekil 1) 4 farklı lokalitede çalışılan yalıtışlarının çimentolanma özellikleri jeomorfolojik ve stratigrafik gözlemler, mikroanaliz verileri ve enerji dağılımlı X ışınları spektroskopisi (EDX)-taramalı elektron mikroskopisi (SEM) yöntemleri kullanılarak ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, normal koşullarda deniz ve okyanus kıyılarında gel-git arası kuşakta oluşan yalıtışlarının böylesi bir tatlısu ortamında oluşabilmesinin gerekçelerini ortaya koymak ve yalıtışlarının mikrofasiyes çözümlenmeleri ve mutlak yaş verilerine dayanarak göl kıyılarının geç Holosen paleocoğrafyası konusuna bir tartışma açmaktır.



Şekil 1. Çalışma sahasının lokasyonu ve örnekleme yerleri.

Saha gözlemlerine göre yalıtışları 40-120 cm arasında tabaka kalınlığına sahiptir ve petrografik açıdan polijenik konglomera özelliğindedir (Şekil 2a). Tabaka doğrultuları kıyı çizgisi ile iyi uyum gösterir ve tabaka eğimleri göle doğru birkaç derece ile 25° arasında değişir. Tabakalar göl su seviyesi altında 5 metre açığa (50 cm derine kadar) izlenirken, plaj zonunda yer yer 30 metre genişliğe erişebilmektedir.

EDX verileri taneleri bağlayıcı çimento materyalinin yüksek magnezyum kalsit ve aragonit bileşiminde olduğunu göstermektedir. SEM görüntülerinde egemen çimento yapıları arasında, tane yüzeyleri ve kenarlarında gelişmiş mikritik zarflar, radyal agregatlar, boşluk dolgusu çimento, iğne yapıllı aragonitler, akikular aragonit rimleri ve köprü (menisküs) tanımlanmıştır (Şekil 2b-e). Bu yapıların büyük kısmı normalde denizel freatik zonda gelişmekle birlikte göl kıyısı yalıtışlarındaki varlıkları sorunsaldır. Ayrıca gözenek içlerinde serbest konumda çok sayıda diatom türü (*Amphora* sp., *Cocconeis* sp., *Cymbella* sp., *Fragilaria* sp., *Navicula* sp. vb) tespit edilmiştir (Şekil 2f). Elde edilen ilk OSL verileri ise yalıtışlarının yaşlarının 500 yıl - 4000 yıl arasında değiştiğini göstermektedir.



Şekil 2. Yalıtışı örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde tanımlanan başlıca çimentolaşma paternleri.

Anahtar kelimeler: Yalıtışı, mikroanaliz, ışık uyarımlı Lüminesans, İznik Gölü.

Katkı Belirtme: Bu çalışma 109Y143 nolu TÜBİTAK projesinin ilk bulgularından üretilmiştir.

Kaynaklar

- Avşarcan, B. 1997. Yalıtışı oluşumu üzerine teoriler ve Türkiye kıyılarındaki yalıtışlarının bazı özellikleri, *İ.Ü. Coğrafya Dergisi* 5: 259-282.
- Bener, M. 1974. Alanya-Gazipaşa arasındaki kıyı kesiminde yalıtışı oluşumu, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yay., No: 75, 95 sayfa.
- Benson, L., 1994. Carbonate deposition, Pyramid Lake Subbasin, Nevada: 1. Sequence of formation and elevational distribution of carbonate deposits (Tufas), *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology* 109 (1): 55-87.
- Binkley, K.L., Wilkinson, B.H., Owen, R.M., 1980. Vadose beachrock cementation along a southern Michigan marl lake, *Journal of Sedimentary Petrology* 50: 953-962.

- Desruelles, S., Fouache, E., Çiner, A., Dalongeville, R., Pavlopoulos, K., Kosun, E., Coquinot, Y., Potdevin, J-L., 2009. Beachrocks and sea-level changes since Middle Holocene: Comparison between the insular group of Mykonos-Delos-Rhenia (Cyclades, Greece) and the southern coast of Turkey. *Global and Planetary Change* 66 (1-2), Sp. Iss. SI: 19-33.
- Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Bozcu, M., Ertek, T.A., Güngüneş, H., Sungur, A., Türker, G., 2008. On the origin and age of Arıburnu beachrock, Gelibolu Peninsula, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 17: 803-819.
- Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Öztürk, B., 2010. Investigation of beachrock using microanalyses and OSL dating: A case study from the Bozcaada Island, Turkey. *Journal of Coastal Research* 26 (2): 350-358.
- Erol, O. 1972. Gelibolu Yarımadası kıyılarında yalıtışı oluşumları, *A.Ü. Coğrafya Dergisi* 3-4: 1-2.
- Erol, O. 1983. Historical changes on the coastline of Turkey. *In: Bird, C.F.E. & Fabbri, P. (eds), Coastal Problems in the Mediterranean Sea: 95-108.*
- Ertek, T.A. & Erginal, A.E. 2003. Physical properties of beachrocks on the coasts of Gelibolu Peninsula and their contribution to the Quaternary sea level changes, *Turkish Journal of Marine Science* 9: 31-49.
- Jones, B., Rosen, M.R., Renaut, R.W., 1997. Silica-cemented beachrock from Lake Taupo, North Island, New Zeland, *Journal of Sedimentart Petrology* 67: 805-814.
- Kayan, İ. 1996. İznik Gölü Batısındaki Ilıpınar Höyüğü Çevresinde Jeomorfolojik ve Jeoarkeolojik Araştırmalar, *Ege Coğrafya Derg* 9:43-70, İzmir.

Duraylı izotoplar, çimento türleri ve optik lüminesans yaşlarına göre İznik Gölü yalıtışlarının paleo-ortamsal göstergeleri

Ahmet Evren Erginal¹, Nafiye Güneç Kıyak², Muhammed Zeynel Öztürk¹,
Mustafa Avcıoğlu³, Erdiñç Yigitbaş³, Mustafa Bozcu³ ve İsa Cürebal⁴

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale
(aerginal@comu.edu.tr , muhammed.zeynel@comu.edu.tr)

²İşık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, İstanbul (kiyak@isikun.edu.tr)

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çanakkale (eyigitbas@comu.edu.tr , mbozcu@comu.edu.tr, m_avcioglu@comu.edu.tr)

⁴Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir (icurebal@balikesir.edu.tr)

Özet

Tropikal ve subtropikal kıyıların gel-git arası zonlarında biriken gevşek plaj kum ve çakılları kalsiyum karbonat polimorfları olan kalsit, aragonit veya her ikisi ile çimentolanmaktadır (Ginsburg 1953; Voudoukas ve diğ., 2007). Yalıtışı olarak bilinen kayaçların oluşumuna yol açan bu süreçte çökelen karbonat tane yüzeyleri veya çevrelerinde ince mikrit zarfları , menisküs köprüler, boşluk dolguları ve iğnemsiz aragonitler gibi değişik çimento morfolojileri oluşturur (Vieira ve De Ros, 2007). Bu bağlayıcı çimentolar çökeldikleri su kütlelerinin kimyasal bileşimi konusunda kayıtlar tutar. Bu nedenle çimentolanmış plajlarda geçmişteki kıyı süreçlerinin anlaşılmasında karbonatların tipi ve özellikle duraylı izotop ($\delta^{18}\text{O}$, δD ve $\delta^{13}\text{C}$) bileşimleri büyük öneme sahiptir (Holail ve Rashed, 1992). Bu çalışmada, İznik Gölü kıyılarındaki yalıtışlarının kökeni ve yaşı, çimento dokuları, duraylı izotop bileşimleri ve optik lüminesans tarihlendirmesine göre ele alınmıştır. Bu verilere dayanarak böylesi bir tatlısu ortamında yalıtışı oluşabilirliği konusu tartışılmaktadır.

İşık Üniversitesi lüminesans laboratuvarında 53 yalıtışı örneğinin yaşlandırılması sonucunda en eski yaşın 20.285 ± 2.06 bin yıla kadar indiği anlaşılmaktadır. İYTE-MAM laboratuvarlarında yalıtışı karbonatlarından yapılan X ışınları kırınımı analizlerinde kuvars, rutil, dolomit, aragonit, ankerit ve kalsit tanımlanmıştır. 53 yalıtışı örneğinin karbonatlarından yapılan duraylı izotop analizlerinde ise (ISO Analytical, UK) ise $d-^{13}\text{C}$ ve $d-^{18}\text{O}$ için ortalama değerler sırasıyla $+0.56 \text{ ‰ PDB}$ ve -3.37 ‰ PDB şeklindedir. Bu analizler ^{13}C izotop değerlerinin ^{18}O değerlerine oranla daha pozitif olduğunu gösterir. İzotop verileri, meteorik diyajenez çimentolarından ziyade iğnemsiz aragonit kristallerinin oluşturduğu denizel benzeri çimentoların egemen olduğunu gösteren elektron mikroskopu verileri ile uyumludur. Yalıtışı oluşumu sürecinde deniz suyu girişine ait bir veri olmadığından karbonat çimentonun göldeki artan buharlaşma koşullarında geliştiğini işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: Yalıtışı, duraylı izotop, çimentolanma, optik lüminesans, İznik Gölü.

Kısa Kaynakça

Ginsburg, R.N., 1953. Beachrock in South Florida. *J Sed Petrol* 23:85-92.

Holail, H. and Rashed, M., 1992. Stable isotopic composition of carbonate-cemented recent beachrock along the Mediterranean and Red Sea coasts of Egypt. *Marine Geology*, 106, 141–148.

Vieira, M.M. and De Ros, L.F., 2006. Cementation patterns and genetic implications of Holocene beachrocks from northeastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 192(3–4), 207–230.

Vousdoukas, M.I., Velegrakis, A.F., Plomaritis, T.A. 2007. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanism and impacts. *Earth Sci Rev* 85:23–46.

BOOK OF ABSTRACTS

13th International Conference on Luminescence
and Electron Spin Resonance Dating

10-14 July 2011, Toruń, Poland



Institute of Physics, Nicolaus Copernicus University
Institute of Physics - Centre for Science and Education, Silesian University of Technology

Sea-water input to Lake Iznik (Turkey) during Late Pleistocene

A. E. Erginal^{1,*}, N. G. Kiyak²

¹Canakkale Onsekiz Mart University, Department of Geography, Canakkale, TR-17020, Turkey
(E-mail: aerginal@comu.edu.tr)

²ISIK University, Department of Physics, Archeometry Laboratory, Istanbul, TR-34980, Turkey

* Corresponding author: aerginal@comu.edu.tr

In beachrock investigations, examining micro-fabric characteristics and stable isotope composition of interstitial carbonates together with absolute ages is of prime importance for deciphering the origin and paleoenvironmental inference of such cemented hardgrounds. When viewed from this aspect, the physico-chemical properties of cement composed mostly of low-mg calcite, high Mg-calcite, aragonite or their combination record paleo-hydrologic and climatic conditions when connective carbonate polymorphs were precipitated from water mass. As is known, such cemented beaches pertain mostly to intertidal zone of tropical and subtropical coasts, suggesting cementation of grains and gravels by intertidal precipitates. The marine-like cement types in a fresh-water Lake Iznik beachrock that also contains abundant amount of lagoon cooekle *Cerastoderma glaucum* is, however, unusual and is therefore of special geologic interest.

In this study, beachrocks collected from southeast and northeast shores of the Lake Iznik were studied on the basis of micro-fabric analyses, optical age (OSL) estimations and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) measurements. Scanning electron microscopy analyses demonstrated the presence of marine-like cements growth in both sites, such as micrite envelopes, bladed isopachous aragonite rims, void fills, radial aggregates and exceptionally meniscus bridges. The age of beachrocks go back to 20.285 ± 2.06 ka to the southeast and 15.180 ± 1.13 ka to the northeast. The fossil shells *Cerastoderma glaucum*, a lagoon cooekle living in euryhaline conditions, were found to the northeast seem to have cemented within beachrock beds. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ determinations of beachrocks (eight samples) revealed the mean values of $+1.45\text{‰}$ PDB and -2.45‰ PDB, respectively. Seven samples of fossil shells, however, yielded $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of $+1.41\text{‰}$ PDB and -2.43‰ PDB, respectively. These values represent insignificant heterogeneity and reveal that $\delta^{13}\text{C}$ values are relatively of heavier isotopic composition in proportion to that of $\delta^{18}\text{O}$ marked by relatively lighter values.

Based on the above data, beach grains and gravels on the shore of Lake Iznik cemented at late Pleistocene. Stable isotope values explain that amalgamating cements typical of marine-phreatic environment might have precipitated from marine or marine-like waters. A sound evidence for such different pale-hydrological conditions comes from the existence of lagoon mollusc *Cerastoderma glaucum*. Thus, a possible incursion to the fresh-water Lake Iznik took place between 15.180 ± 1.13 ka and 12.235 ± 1.145 ka.

Keywords: Beachrock, carbonate cementation, lake-level variation, cement micromorphology, Late Glacial Era, Lake Iznik, NW Turkey.



HELLENIC CENTRE FOR MARINE RESEARCH



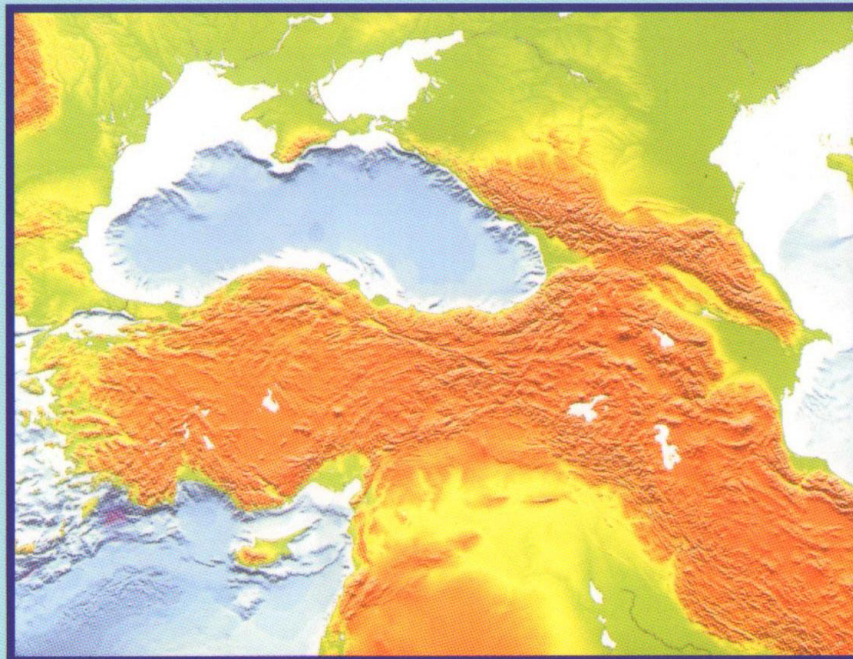
**Hellenic Centre for Marine
Research at the
Hydrobiological Station of
Rhodes, Greece**



27 September - 5 October, 2010



INTERNATIONAL GEOSCIENCE PROGRAMME



ABSTRACT VOLUME

IGCP 521 - INQUA 501 Sixth Plenary Meeting and Field Trip

**IGCP 521 "BLACK SEA-MEDITERRANEAN CORRIDOR DURING
THE LAST 30 KY: SEA LEVEL CHANGE AND HUMAN ADAPTATION
(2005 - 2010)**

**INQUA 501 "CASPIAN-BLACK SEA-MEDITERRANEAN CORRIDOR
DURING LAST 30 KY: SEA LEVEL CHANGE AND HUMAN
ADAPTIVE STRATEGIES" (2005-2011)**

**IGCP 521-INQUA 501 Sixth Plenary Meeting
and Field Trip, Island of Rhodes, Greece
27 September - 5 October 2010**

ORGANIZERS

Hellenic Centre for Marine
Research at the Hydrobiological
Station of Rhodes, Greece

Avalon Institute of Applied Science

SPONSORS

INQUA

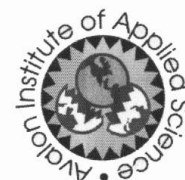
Avalon Institute of Applied Science,
Canada

Hellenic Centre for Marine Research

Editors

Allan S. Gilbert, U.S.A

Valentina Yanko-Hombach, Canada, Ukraine





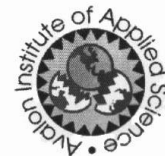
Hellenic Centre for Marine
Research at the
Hydrobiological Station of
Rhodes



Island of Rhodes, Greece



27 September - 5 October 2010



ABSTRACT VOLUME

IGCP 521 - INQUA 501 Sixth Plenary Meeting and Field Trip

**IGCP 521 "BLACK SEA-MEDITERRANEAN CORRIDOR DURING
THE LAST 30 KY: SEA LEVEL CHANGE AND HUMAN ADAPTATION
(2005 - 2010)**

**INQUA 501 "CASPIAN-BLACK SEA-MEDITERRANEAN CORRIDOR
DURING LAST 30 KY: SEA LEVEL CHANGE AND HUMAN
ADAPTIVE STRATEGIES" (2005 - 2011)**

<http://www.avalon-institute.org/IGCP>

<http://www.hcmr.gr>

Rhodes 2010

Beachrock formation in a freshwater lake environment, Lake Iznik coast, Turkey: a preliminary assessment of microanalytical data and optical luminescence ages

Erginal, A.E.¹, Kiyak, N.G.², Yigitbas, E.³, Bozcu, M.⁴, Curebal, I.⁵, Ozturk, M.Z.⁶, Sungur, A.⁷, Avcioglu, M.⁸

^{1,6} Canakkale Onsekiz Mart University, Department of Geography, Canakkale, TR-17020, Turkey, ¹ aerginal@comu.edu.tr, ⁶ muhammed.zeynel@gmail.com

² İşik University, Department of Physics, Istanbul, TR-34398 Turkey, kiyak@isikun.edu.tr

^{3,4,8} Canakkale Onsekiz Mart University, Department of Geology Engineering, Canakkale, TR-17020, Turkey, ³ eyigitbas@comu.edu.tr, ⁴ mbozcu@comu.edu.tr, ⁸ m_avcioglu@comu.edu.tr

⁵ Balıkesir University, Department of Geography, Balıkesir, TR-10145, Turkey, curebal@balikesir.edu.tr

⁷ Canakkale Onsekiz Mart University, Department of Soil Science, Canakkale, TR-17020, Turkey, sungur@comu.edu.tr

Keywords: *beachrock, cementation, freshwater lake environment, Lake Iznik, Turkey*

The amalgamation of loose beach sediments by connective carbonaceous material gives rise to the formation of beachrock in the strict sense in intertidal areas of tropical and subtropical environments (Ginsburg, 1953; Bricker, 1971; Voudoukas et al., 2007). With respect to their morphologic and stratigraphic appearance, beachrocks are composed mainly of seaward dipping cemented beds, however, proper understanding of their environment of formation cannot be elucidated without considering the physico-chemical characteristics of their connective cement in that the precipitated cement effloresces under certain physico-chemical conditions. The four main agents that lead to precipitation of calcium carbonate cement are well-known, i.e., mixing of marine and meteoric waters (Schmalz, 1971), CO₂ degassing of shallow groundwater (Hanor, 1978) evaporation of sea water (Stoddart and Cann, 1965; Taylor and Illing, 1969; Scoffin, 1970; Moore and Billings, 1971; Meyers, 1987), and micro organisms (Krumbein, 1979; Webb et al., 1999; Neumeier, 1999; Khadkikar and Rajshekhar, 2003).

Beachrocks are widely distributed along Turkey's long coastline of 8333 km (Avşarcan, 1997), and exposures have been reported from several coastal parts of the Mediterranean (Bener, 1974; Desruelles et al., 2009) and Aegean Seas (Erol, 1972; Ertek and Erginal, 2003; Erginal et al., 2008; Erginal et al., 2010). In this study, however, we discuss the origin of beachrock in the Lake Iznik area with the aim of contributing to the understanding of beachrock formation in freshwater lake environments. The cementation characteristics and age of the beachrocks are dealt with on the basis of geomorphological observations, microanalytical data (SEM/EDX), and optically stimulated luminescence (OSL) dating estimations. These beachrocks slope slightly toward the lake and outcrop throughout the coastal perimeter of Lake Iznik, located in the eastern Marmara Region of northwestern Turkey (Fig. 1). Beds range between 40 cm and 1.20 m in thickness, and their width can reach up to 30 m with locations a few meters offshore. Based on spectroscopic data, cement materials are composed of high magnesium calcite and, particularly, aragonite, suggesting that processes governing the cementation might have been different from those in present freshwater lake environments. Furthermore, SEM images have revealed that beachrock beds include various diatoms, such as *Amphora* sp. and *Cocconeis* sp., as well as thick micrite envelopes and copious needles of aragonite. OSL results indicate that the beachrocks have different age distributions ranging between 4000 and 500 BP. Based on beachrock composition, precipitation of their cement material from lake waters might have occurred under different geo-chemical and evaporation conditions that would have favored beachrock formation in the late Holocene.

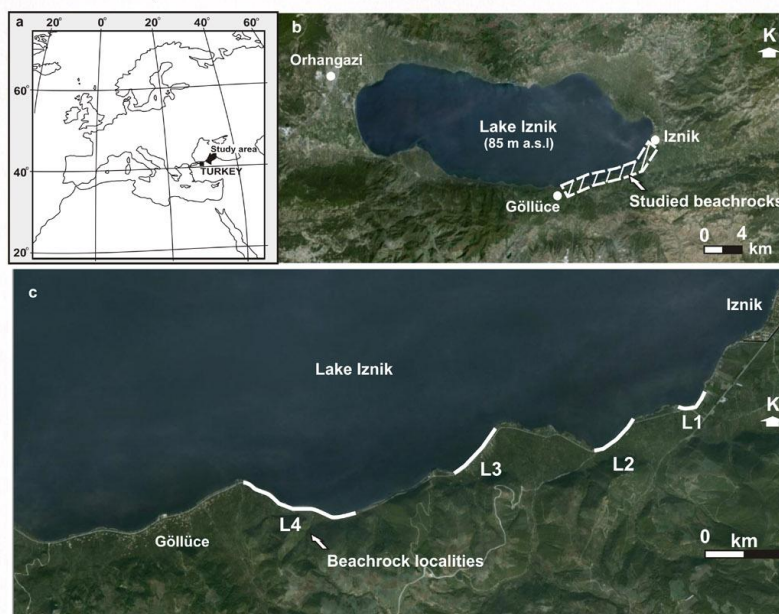


Figure 1. Location map of the study area.

Acknowledgments

This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK, Project Number: 109Y143.)

References

- Avşarcan, B. 1997. Theories on beachrock formation and some characteristics of beachrocks on Turkey's coasts. *Geographical Journal of Istanbul University* 5: 259–282.
- Bener, M. 1974. Beachrock formation on the coastal part of Antalya-Gazipaşa. Istanbul University Institute of Geography Publications 75, Istanbul. (In Turkish)
- Bricker, O.P. 1971. Introduction: beachrock and intertidal cement. In *Carbonate Cements*, Bricker O.P., ed, pp 1–3. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.
- Desruelles, S., Fouache, E., Çiner, A., Dalongeville, R., Pavlopoulos, K., Koşun, E., Coquinot, Y., and Potdevin, J.L. 2009. Beachrocks and sea level changes since Middle Holocene: comparison between the insular group of Mykonos-Delos-Rhenia (Cyclades, Greece) and southern coast of Turkey. *Global and Planetary Change* 66(1–2): 19–33.
- Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Bozcu, M., Ertek, T.A., Güngüneş, H., Sungur, A., and Türker, G. 2008. On the origin and age of the Ariburnu beachrock, Gelibolu Peninsula, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science* 17:803–819.
- Erginal, A.E., Kiyak, N.G., and Öztürk, B. 2010. Investigation of beachrock using microanalyses and OSL dating: A case study from the Bozcaada Island, Turkey. *Journal of Coastal Research* 26(2):350–358. doi: 10.2112/08-1151.1.
- Erol, O. 1972. Beachrock formations on the Gelibolu Peninsula coast. *Geographical Journal of Ankara University* 3–4: 1–2.
- Ertek, T.A., and Erginal, A.E. 2003. Physical properties of beachrocks on the coasts of Gelibolu Peninsula and their contribution to the Quaternary sea level changes. *Turkish Journal of Marine Science* 9: 31–49.
- Ginsburg, R.N. 1953. Beachrock in South Florida. *Journal of Sedimentary Research* 23(2):85–92.
- Hanor, J. S. 1978. Precipitation of beachrock cements; mixing of marine and meteoric waters vs. CO₂-degassing. *Journal of Sedimentary Research* 48(2):489–501.
- Khadkikar, A.S., and Rajshekhar, C. 2003. Microbial cements in Holocene beachrocks of South Andaman Islands, Bay of Bengal. *Current Science (India)* 84(7): 933–936.
- Krumbein, W.E. 1979. Photolithotropic and chemoorganotrophic activity of bacteria and algae as related to beachrock formation and degradation (Gulf of Aqaba, Sinai). *Geomicrobiology Journal* 1(2):139–203.

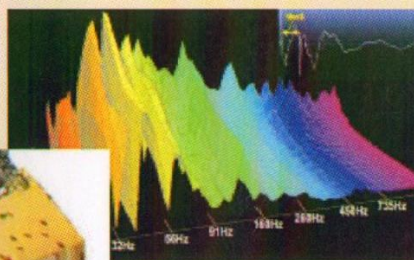
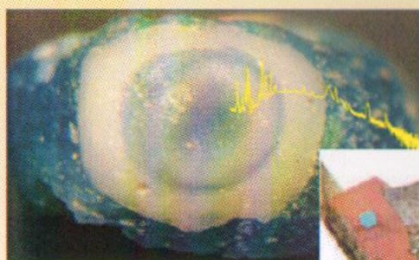
- Meyers, J.H. 1987. Marine vadose beachrock cementation by **cryptocrystalline magnesian calcite**, Maui, Hawaii. *Journal of Sedimentary Research* 57(3): 558–570.
- Moore, C.H. Jr., and Billings, G.K. 1971. Preliminary model of **beachrock cementation**, Grand Cayman Island, B.W.I. In *Carbonate Cements*, Bricker, O.P., ed., pp 40–43. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.
- Neumeier, U. 1999. Experimental modelling of beachrock **cementation under** microbial influence. *Sedimentary Geology* 126(1–4): 35–46.
- Schmalz, R.F. 1971. Formation of beachrock at Eniwetok Atoll. In *Carbonate Cements*, Bricker, O.P., ed., pp. 17–24. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.
- Scoffin, T.P. 1970. A conglomeratic beachrock in **Bimini, Bahamas**. *Journal of Sedimentary Research* 40(2):756–759.
- Stoddart, D.R., and Cann, J.R. 1965. Nature and origin of **beachrock**. *Journal of Sedimentary Research* 35(1): 243–247.
- Taylor, J.C.M., and Illing, L.V. 1969. Holocene intertidal calcium carbonate cementation, Qatar, Persian Gulf. *Sedimentology* 12(1–2):69–107.
- Vousdoukas, M.I., Velegrakis, A.F., and Plomaritis, T.A. 2007. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. *Earth-Science Reviews* 85(1–2):23–46.
- Webb, G.E., Jell, J.S., and Baker, J.C. 1999. Cryptic intertidal microbialites in beachrock, Heron Island, Great Barrier Reef: implications for the origin of microcrystalline beachrock cement. *Sedimentary Geology* 126(1–4):317–334.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
UNIVERSITY OF PELLOPONNESE

2^ο Διεθνές Συμπόσιο

Αρχαιολογική Έρευνα και Νέες Τεχνολογίες



21-23 Οκτωβρίου 2010, Καλαμάτα

Συνδιοργάνωση:
Δήμος Καλαμάτας



ΜΕ ΤΗΝ ΕΥΓΕΝΙΚΗ ΧΟΡΗΓΙΑ

ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ



MEDITERRANEAN ARCHAEOLOGY AND ARCHAOMETRY JOURNAL

<http://www.maajournal.com/>



Ν. ΑΣΤΕΡΙΑΔΗΣ Α.Ε.

ΕΤΑΙΡΙΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

<http://www.asteriadis.gr>



ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ Α.Ε.

Δρ. Κ. Ι. Βαμβακάς – Επιστημονικός Εξοπλισμός

<http://www.analytical.gr>

Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Μεσσηνίας

www.messiniaunion.gr

LEVEL OF LAKE İZNIK FROM LATE NEOLITHIC TO THE LAST TWO MILLENNIA INFERRED FROM BEACHROCK AGES (A/A 17)

N.G. KIYAK¹, A.E. ERGİNAL², E. YİĞİTBAS³, M. BOZCU³, M.Z. OZTURK², M. AVCIOGLU³ AND E. OZTURA⁴

¹Department of Physics, Işık University
kiyak@isikun.edu.tr

²Department of Geography, Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

³Department of Geology Engineering, Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

⁴Department of Geography Education, Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

Introduction: The carbonate-cemented beachrocks are of prime importance as they provide sound clues in interpretation of sea-level changes and paleoclimatical variations in coastal environments. Even though cementation of these coastal sandstones takes place through intertidal parts of tropical and subtropical coasts (Ginsburg 1953; Bricker 1971), an exceptional example of beachrock exists in many parts of the fresh-water Lake İznik coast in northwest Turkey. Thus, cementation appears to develop in such unusual environments in addition to the precipitation of connective carbonate cement from evaporation of marine waters (Stoddart and Cann 1965; Scoffin 1970), mixture of meteoric and marine waters (Schmalz 1971), shallow groundwaters and biological processes (Krumbein, 1979). The formation of beachrock on Lake İznik coast can also correspond to better understanding of the archaeological history of environs of the lake when considering the existence of Ilipinar mound 2 km west of the lake coast.

Content: In this study, water level oscillations of the Lake İznik in the period from late Neolithic to the last two millennia was investigated on the basis of geomorphologic observations, microanalytical data and optically stimulated luminescence (OSL) dating estimations. The Ilipinar mound is considered here as a reference point as its settlement history dates back to 8000 years before present (Kayan 1996). The existing archaeological data show that water level of the lake during that time was a few metres higher than that in present when swamps were of greater area and the Ilipinar mound was at closer situation to the lake coast (Kayan 1996). Kayan (1996) suggested based on his detailed drill data that drier conditions, however, prevailed during climatic optimum at 6ka and 3ka BC, which gave rise to the formation of beachrocks under hotter temperatures at declined lake-level conditions.

Considering the above explanations, previous data suggested that the lake experienced two significant changes represented by higher water levels during late Neolithic to lower levels at last two millennia. To contribute to understanding of changed environmental conditions, we collected 11 samples of beachrocks from the southeast coast of the lake for microanalyses of beachrock cements and optical dating of quartz components. Samples were collected from different

levels of seven different sites. The dating results show that age of beachrocks ranges between 7.406 ± 0.952 ka and 1.470 ± 0.201 ka. The older beachrocks typical of conglomerate in composition contain micrite envelopes and, particularly, void fills consisting of 23.88% of CaCO_3 . The younger ones have, on the other hand, higher content of CaCO_3 (29.55%) as well as lesser void ratios. The abundant carbonate content and cement fabrics of beachrocks is likely suggestive for rapid precipitation of connective material during effective evaporation. However, there is no data to suppose any significant decline in water level of the lake during the time interval of beachrock cementation. Furthermore, 1 m-thick beachrock beds show no change in microfabrics, chemical composition bedding and petrographical attributes, suggesting that water level of the lake as well as its water geochemistry that controlled the nature of precipitated carbonate was almost the same during cementation period.

Acknowledgements: This study was supported financially by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK, Project Number: 109Y143).

References:

- Bricker, O.P. (1971) Introduction: beachrock and intertidal cement. In Bricker O.P. (ed), *Carbonate Cements*. John Hopkins Press, Baltimore, MD, 1-3.
- Ginsburg, R.N. (1953) *Beachrock in South Florida*. J Sed Petrol, 23,85-92.
- Kayan, İ. (1996) *İznik Gölü batısındaki Ilipinar Höyüğü çevresinde jeomorfolojik ve jeoarkeolojik araştırmalar*. Ege Coğrafya Dergisi, 9, 43-70 (in Turkish with English abstract).
- Krumbein, W.E. (1979). *Photolithotropic and chemoorganotrophic activity of bacteria and algae as related to beachrock formation and degradation (Gulf of Aqaba, Sinai)*. Geomicrobiol J., 1,156-202.
- Schmalz, R.F. (1971) *Formation of beachrock at Eniwetok Atoll*. In Bricker OP (ed) *Carbonate Cements*. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD, 17-24.
- Scoffin, T.P. (1970) *A conglomeratic beachrock in Bimini, Bahamas*. J Sed Petrol., 40,756-758.
- Stoddart, D.R. Cann, J.R. (1965) *Nature and origin of beachrock*. J Sed Petrol., 35, 243-247.

Sea-water input to Lake Iznik, NW Turkey at 40 ka BP based on AMS-radiocarbon record from fossil *Cerastoderma glaucum* shells

Erginal, A.E.

Çanakkale Onsekiz Mart University, Department of Geography, Çanakkale, TR-17020, Turkey
aerginal@comu.edu.tr

Keywords: sea-water input, beachrock, *Cerastoderma glaucum*, Lake Iznik, Turkey

In this presentation, a sea-water incursion into freshwater Lake Iznik (Fig. 1) during the late Pleistocene is discussed. The lake occupies a tectonic depression controlled by the middle strand of the North Anatolian Fault in northwestern Turkey (Öztürk et al., 2009). Paleogeographically, the Lake Iznik depression has been the focus of intense interest due to its proximity to the Sea of Marmara in the west and the Sakarya River through the Pamukova basin in the east. At present, paleolimnological and geological studies of this water reservoir have considered it significant due to the belief that it has retained climatic and paleo-hydrologic records of both the recent past (Nazik et al., 2010) and the late Pleistocene (İslamoğlu, 2009).

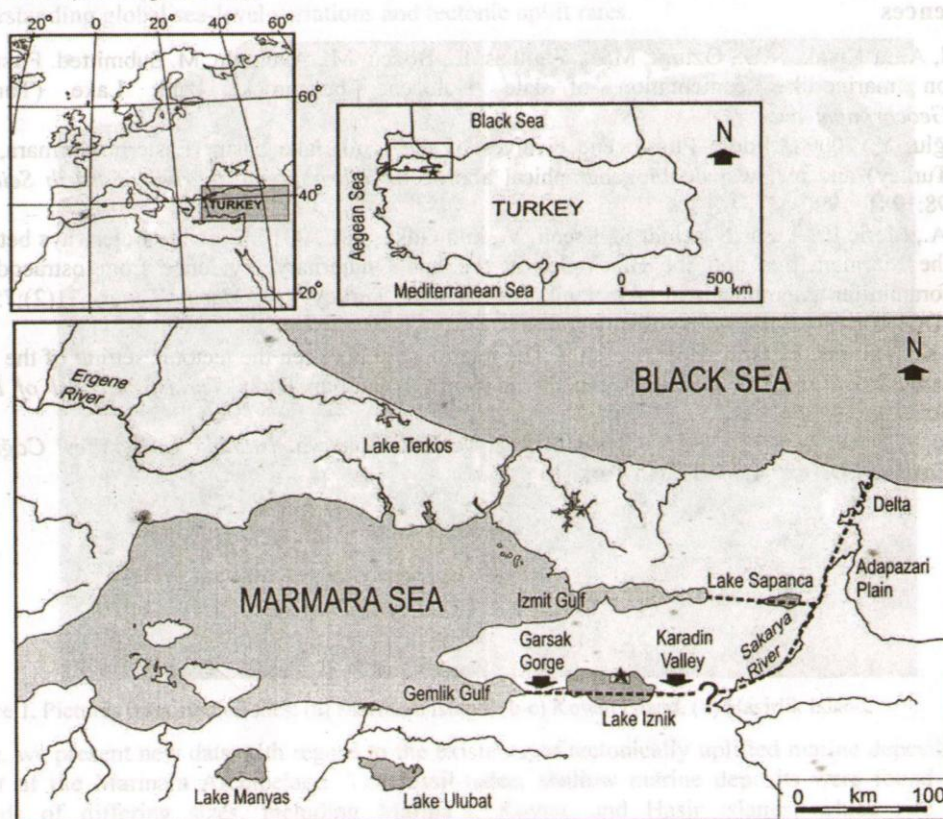


Figure 1 Location map of the study area. Star shows the sampling site.

The lake is a deep (max: 80 m) and large water reservoir with a total surface area of 313 km² (Öztürk et al., 2009). It is surrounded by highlands to the north and the south. By contrast, a tectonic corridor to the east and a deep valley called Garsak Gorge to the west are indicative that the lake area was previously crossed by a great river (Tanoğlu and Erinc, 1956). İslamoğlu (2009) was the first to show the existence of pontocaspian fossil shells such as *Didacna suppramidata* in lake terraces in the northwestern part of the lake. A more recent attempt made by Nazik et al. (2010) suggested an alternative water pathway from the Black Sea to the lake based on the presence of marine foraminifera and ostracods of Black Sea origin.

In this presentation, however, I present the first record of marine shells that are tightly cemented on beachrock ledges on the north shore of the lake. The beachrock beds extend in front of a 5 meter-thick lake terrace composed of the same fossil shells within a sequence of polygenic conglomerate. A sea-water input to the Lake Iznik depression during the late Pleistocene is discussed here based on AMS ^{14}C -dated *Cerastoderma glaucum* shells and their comparatively stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$) analyses. Fossil shells were found in great abundance, having been cemented onto the surface of beachrock beds dated at 15 ka using OSL (Erginal et al., submitted), implying that the shells were derived from lake terraces in the environs. Stable isotope analysis results obtained from the fossil shells demonstrated that their $\delta^{13}\text{C}$ values ranged between -0.23 and $+1.82\text{‰}$ PDB with an average value of 1.37‰ PDB. The $\delta^{18}\text{O}$ values, on the other hand, range from -2.77 to -1.99‰ PDB with an average value of -2.43‰ PDB. AMS age data reveal that a sea-water incursion into the lake area took place at $39,760 \pm 360$ yr BP.

Acknowledgments

This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Project Number: 109Y143.

References

- Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Ozturk, M.Z., Yigitbas, E., Bozcu, M., Avcioglu, M. Submitted. First note on marine-like cementation of late Holocene beachrock, Iznik Lake (Turkey). *Geochronometria*.
- İslamoğlu, Y. 2009. Middle Pleistocene bivalves of the Iznik lake basin (Eastern Marmara, NW Turkey) and a new paleobiogeographical approach. *International Journal of Earth Sciences* 98:1981–1990.
- Nazik A., Meriç E., Avşar N., Ünlü S., Esenli, V., and Gökaşan E. 2010. Possible waterways between the Marmara Sea and the Black Sea in the late Quaternary: evidence from ostracod and foraminifer assemblages in lakes Iznik and Sapanca, Turkey. *Geo-Marine Letters* 31(2):75–86. (DOI 10.1007/s00367-010-0216-9).
- Öztürk K., Yaltrak, C., and Alpar, B. 2009. The relationship between the tectonic setting of the Lake Iznik basin and the middle strand of the North Anatolian Fault. *Turkish Journal of Earth Sciences* 18:209–224.
- Tanoğlu, A., and Erinç, S. 1956. Garsak Boğazı ve Eski Sakarya. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* 4:17–31. (In Turkish)

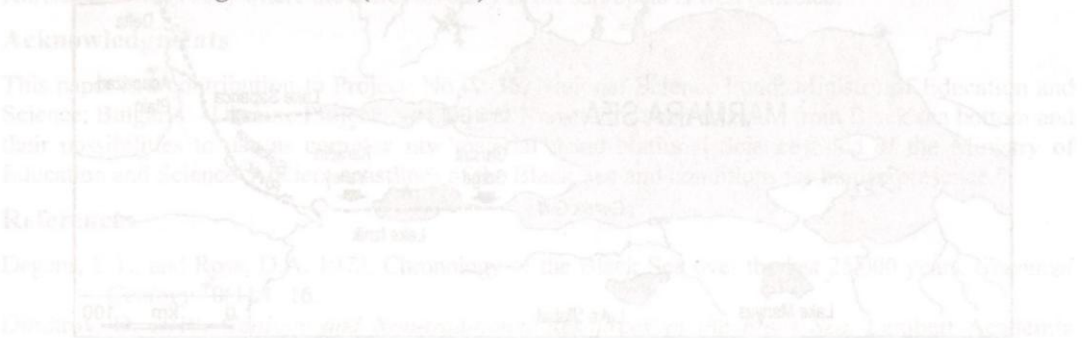


Figure 1. Location map of the study area. Star shows the sampling site. The lake is about 50 (myriad) kilometers away from the Marmara Sea (NW) and the Black Sea (NE). It is surrounded by highlands to the north and the south, by a volcanic terrain to the east and a deep valley called Çarşamba Plain to the west. The lake area was strongly affected by a recent (1999) earthquake. The lake terrace in the northwestern part of the lake. A more recent attempt made by Nazik et al. (2010) suggested an alternative water pathway from the Black Sea to the lake based on the presence of marine foraminifera and beachrock of Black Sea origin.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 109Y143
Proje Başlığı: İznic Gölü Kıyılarındaki Yalıtışlarının Kökeni, Yaşı ve Geç Kuvaterner Göl Seviye Değişimleri İle Bağlantıları
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Doç.Dr. Ahmet Evren ERGİNAL (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Çanakkale) Prof.Dr. Nafiye Güneç KIYAK (Işık Üniversitesi - İstanbul) Prof. Dr. Erdinç Yiğitbaş (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Çanakkale) Doç. Dr. Mustafa BOZCU (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Çanakkale)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020, Çanakkale
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020, Çanakkale Işık Üniversitesi, Arkeometri Laboratuvarı, Maslak, İstanbul
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:
Öz (en çok 70 kelime) Tatlı su ortamında yalıtışı oluşumunun gözlemlendiği İznic Gölü kıyılarında yalıtışlarının yaşları son buzul maksimumuna kadar inmekte, geç çimentolanmanın yaşı ise 12. yy'a kadar gelmektedir. Soğuk kurak ve sıcak kurak devrelerde yoğunlaşan yalıtışı çimentolanması göl suyunun bileşimi yanında, son iklimik maksimum ve geç Holosen'deki artan buharlaşma koşullarının desteklediği aragonit çökeli ile ilişkilidir. Ayrıca gerek göl suyu ve gerekse çimento materyalinin duraylı izotop bileşimleri az tuzlu deniz suyu bileşimine benzer özellikleri yansıtmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yalıtışı, Yalıtışı çimentolanması, Mutlak yaşlandırma, Jeokronoloji, Tatlı su ortamı, İznic Gölü.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> X Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Ozturk, M.Z., Yigitbas E., Bozcu, M., Avcioglu, M., <u>baskıda</u> . First note on marine-like cementation of late Holocene beachrock, Iznic Lake (Turkey). Geochronometria . Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Ozturk, M.Z., Avcioglu, M., Bozcu, M., Yigitbas, E., <u>düzeltilmiş metin</u> <u>incelemede</u> . The origin and age of beachrock in a fresh-water environment, Lake Iznic, NW Turkey. Sedimentary Geology . Erginal, A.E., Kiyak. N.G., 2011. Sea-water input to Lake Iznic (Turkey) during Late Pleistocene. 13th International conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating , 10-14 July 2011, Torun, Poland, Book of Abstracts, p: 57. Erginal, A.E., 2011. Sea-water input to Lake Iznic, NW Turkey at 40 ka BP based on AMS-

radiocarbon record from fossil Cerastoderma glaucum shells. **IGCP 521 - INQUA 0501 Seventh Plenary Meeting and Field Trip, Odessa, Ukraine.** 21-28 August 2011, Extended Abstracts, pp. 75-76..

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Yigitbas, E., Bozcu, M., Curebal, I., Ozturk, M.Z., Sungur, A., Avcioglu, M., 2010. Beachrock formation on a freshwater lake environment, Lake Iznik coast, Turkey: a preliminary assessment of microanalytical data and optical uminescence ages. **IGCP 521 - INQUA 0501 Sixth Plenary Meeting and Field Trip. Rhodes Island, Greece.** 27 September- 5 October, Ext. Abst. pp: 69-71.

Kiyak, N.G., Erginal, A.E., Yigitbas, E., Bozcu, M., Ozturk, M.Z., Avcioglu, M., Oztura, E., 2010. Level of Lake Iznik from late Neolithic to the last two millenia inferred from beachrock ages. **2th Symposium ARCH_RNT Archaeological Research and New Technologies. University of Peloponnese, Kalamata, Greece,** Abstracts, p. 26.

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Öztürk,M.Z., Avciöğlü, M., Yigitbaş, E., Bozcu, M.,Cürebal, İ. 2011. Duraylı izotoplar,çimento türleri ve optik lüminesans yaşlarına göre İznik Gölü yalıtışlarınınpaleo-ortamsal göstergeleri. **Uluslararası Katılımlı Coğrafya Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı.** s.88. 1-10 Eylül 2011, İstanbul Üniversitesi. İstanbul.

Erginal, A.E., Kiyak, N.G., Yiğitbaş, B., Bozcu, M., Öztürk, M.Z., Avciöğlü, M., Cürebal, İ., 2010. İznik Gölü kıyılarında yalıtışı oluşumu: ortam ve tarihleme sonuçlarının ön değerlendirmesi. **Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu-2010 (Prof. Dr. Oğuz Erol Onuruna),** 11-13 Ekim 2010, Afyonkarahisar, Bildiriler, s: 9-12.

Erginal, A.E., 2011. Yalıtışı araştırmalarında SEM/EDX ve XRD analizlerinin katkısı hakkında bir not. **Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları,** No:5, 305-312, İstanbul 2011.

Ekte Bulunan “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”, “Kazanımlar” Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarınızın Başarı Öyküsü Niteliği Taşındığını Düşünüyorsanız “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”nu doldurunuz.