

Bu makale aşağıda atfı bilgisi verilen makalenin Türkçe çevirisidir.
Atfı bilgisi: Şenkul Ç., Gürboğa, Ş., Doğan T., Doğan, M., Ünlü, Y., Bozkurt Y. 2024. Problems in dating results on lake sediments: Türkiye. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 175, 125-148. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.1440145>



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



Göl sedimanlarında tarihlendirme sonuçlarıyla ilgili sorunlar: Türkiye

Problems in dating results on lake sediments: Türkiye

Çetin ŞENKUL^{a*}, Şule GÜRBOĞA^b, Turhan DOĞAN^c, Mustafa DOĞAN^a, Yasemin ÜNLÜ^a ve Yunus BOZKURT^a

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

^b İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34467 İstanbul, Türkiye

^c TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 41470, Kocaeli, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Tatlı Su Rezervuarı Etkisi,
Karasal Malzeme, Su
Bitkileri, Subakuatik
Çalışmalar, Yaş-Derinlik
Modelleri.

ÖZ

Yer bilimleri çalışmalarında tarihlendirme sürecinde temel varsayımlardan biri karasal örnekler ile atmosfer arasındaki karbon miktarındaki dengedir. Çoğu radyokarbon tarihlendirme sonucu bu varsayıma dayalı olarak hazırlanmaktadır. Bu yöntem sıkça kullanılmasına rağmen, subakuatik çalışmalarda bazı geçersiz durumlarla karşılaşılabilir. Güncel su örnekleri, su bitkileri ve hayvan kalıntıları, gerçek yaşlarından farklı tarihler sunabilmektedir. Yaş-derinlik modeli oluşturulurken karşılaşılan bir diğer sorun ise modelin yüksek doğruluğunu sağlamak için kaç adet tarihlendirme sonucunun kullanılması gerektiğidir. Bu çalışma, tarihlendirme noktalarının sayısı ile ilgili saha çalışması sonuçlarımızı da sunmaktadır. Çalışmanın amacı, kısa ve uzun dönemlerde tatlı su rezervuar etkisinin tarihlendirilmesi sorununu nasıl çözebileceğimizi açıklamaktır. Tatlı su rezervuar etkisini ortadan kaldırmak için karasal materyalin tarihlendirilmesi gerekmektedir. Böylece organik materyaldeki karbon, su içerisindeki çözünmüş karbondan etkilenmez. Bu koşullar, yaş-derinlik modelinin doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır.

Geliş Tarihi: 26.01.2024

Kabul Tarihi: 20.02.2024

Keywords:

Freshwater Reservoir
Effect, Terrestrial
Material, Aquatic Plants,
Subaquatic Studies, Age-
Depth Models.

ABSTRACT

In the dating process on the study of earth sciences, one of the basic assumptions is the equilibrium in the amount of carbon between terrestrial samples and the atmosphere. Most radiocarbon dating results are prepared regarding to this assumption. Although it is frequently used, some invalid situations can be encountered during the subaquatic studies. Recent water samples, aquatic plants, and remnant of animals may present different ages than the actual age. Another problem using the age-depth model is how many dating results should be used to ensure high accuracy of the model. We also present our field study results about the number of dating points. The aim of this study is to explain how we could solve the problem in dating the freshwater reservoir effect over for short and longtime durations. In order to eliminate the freshwater reservoir effect, the terrestrial material must be dated. Thus, the carbon in the organic material is not affected by the dissolved carbon in the water. The circumstances significantly improve the age-depth models accuracy.

*Başvurulacak yazar: Çetin ŞENKUL, cetinsenkul@gmail.com

1. Giriş

Atmosferdeki ve karasal örneklerdeki dengeli karbon miktarı esas alınarak oluşturulan tarihlleme yöntemi, rezervuar etkileri adı verilen bazı karmaşıklıkların varlığı nedeniyle tarihlendirme verilerinin ya daha eski ya da daha genç olmasına neden olmaktadır. Göl-nehir ve denizel tortullardaki rezervuar etkileri 60 yıldan uzun süredir bilinmesine rağmen, deniz rezervuar etkisi arkeologlar ve yer bilimciler arasında daha yaygın olarak bilinmektedir (Lowe ve Walker, 2015; Mahaney, 1984; Roberts, 2014; Walker, 2005). Bu tür sistemlerde, ¹⁴C tarihlleme sonuçları, ortamdaki elde edilen bilinen parametrelerle düzenlenip düzeltilir. Ancak göl tortularının tarihlleme süreci, karasal bölgelerde kapalı bir sistem olmaları nedeniyle ciddi şekilde bozulabilmektedir (Godwin, 1951; Philippsen, 2012; Philippsen vd., 2010). Bu bağlamda, tatlı su ve sert su rezervuar etkisi, örneklerin olağan dışı bir şekilde daha yaşlı (çözünmüş C) ya da daha genç (derin kök sistemine sahip sulak bitki kökleri) radyokarbon yaşlarına sahip olmasına neden olabilir. Bu çalışmanın temel konusu, tatlı su rezervuar etkisinin kısa ve uzun sürelerdeki miktarını ve değişkenliğini incelemektir. Karbon izotoplarının suda çözünürlüğünün azalması nedeniyle, belirlenen yaş değeri gerçek yaştan daha eski olacaktır. Yaş verileri düzeltilmediği takdirde, bu durum hatalı bir yaş-derinlik modelinin oluşturulmasına yol açacaktır. Bu tür hatalı yaş verilerinin önüne geçmek için göl sedimanlarından karasal materyallerin seçilmesi ve bu materyaller tarihlendirilmelidir. Ancak, karasal materyaller her zaman bulunamayabilir ve bu durumda, tarihllemeye yönelik gölsel (bulk) sediman ya da kavkılar tercih edilmektedir (Turney, 1999; Zhou vd., 2015). Bu nedenle, doğru yaş-derinlik modeli elde etmek için materyalin tarihlendirilmesine yönelik bir yaklaşım önerilmektedir.

Bu çalışmanın odak noktası, bulguların yorumlanması sırasında farklı bilim dallarının tarihlendirme yönteminde yaşadığı zorlukları tartışmak ve özellikle gölsel sediman örneklerinde yapılan tarihlleme stratejisi uygulamaları için bir öneri sunmaktır. Bu durumda karasal polenler, karasal ortamdaki gölsel ortama taşınan tek kalıntılardır. Türkiye, mevsimsel ve çevresel koşullar nedeniyle

oldukça zengin bir polen içeriğine sahiptir. Bu nedenle, Türkiye'deki göllerin birçoğunda, fosil polen diyagramlarında çeşitli taksonlar tespit edilmiştir. Karasal polenler, göl sedimanlarında da görülmekte olup, ¹⁴C tarihllemesi için ana materyalini oluşturmaktadır.

Göl sedimanlarından elde edilen fosil polen kalıntılarının kullanımında dikkat edilmesi gereken kritik bir nokta bulunmaktadır. Türkiye'de çok sayıda sulak fosil polen bulunmaktadır (*Butomus* sp., Cyperaceae, *Equisetum* sp., *Juncus* sp., *Lythrum* sp., *Myriophyllum* sp., *Nymphaea*, *Phragmites* sp., *Potamogeton* sp., *Sparganium* sp., *Typha* sp. ve bu taksonlara ait cins ve türler). Bu türlerden bazıları çok yıllık (örneğin *Typha*; kamış), bazıları ise tek yıllık ömre sahiptir (örneğin Cyperaceae ve *Juncus* sp.'nin alt türleri). Bu bitkiler sulak alanlara bağlı olarak değişiklik gösterse de, sulak alan içerisinde veya yakınında (Sultansazlığı Bataklığı, Engir Gölü, Karakuyu Bataklığı) çok yıllık türler yoğun bitki örtüsü oluşturabilmektedir. Kök sistemleri canlı kaldığı sürece her yıl bu bitkiler, ölü kısımlarını yaşadıkları ortama bırakırlar. Ayrıca, güçlü kök sistemine sahip bitkiler, örneğin *Phragmites* sp. (kamış), sedimana karışarak sedimanın orijinal özelliklerinde değişimlere neden olabilirler. Sulak bitkilerin doğal veya insan kaynaklı sebeplerden değişen koşulları sonucu bitkilerin sedimantasyona geçiş sürecinde stratigrafik bozulmalar meydana gelebilmektedir. Bu bitkilerin kalıntıları, yağmur, sel, akarsular gibi sulak alan çevresindeki bitkilerin doğal taşınımı yoluyla tortulaşmayı etkileyebilir. Doğal ya da insan kaynaklı, sulak alan ya da sulak olmayan kökenli bitkilerin tortulaşmaya geçişi sırasında karşılaşılan stratigrafik tutarsızlıklar, yaşın olduğundan daha genç ya da yaşlı olmasına yol açabilir. Bu durumlar, yaş-derinlik modeli oluşturulurken sorunlara neden olmaktadır.

Bu çalışmanın bir diğer önemli boyutu ise sediman karotü boyunca doğru bir yaş-derinlik modeli oluşturmak için dahil edilmesi gereken yaş sayısıdır. Günümüzde, paleoekoloji çalışmalarının bir parçası olarak gölsel alanlardan çoklu veri yaklaşımı kullanımı yapan araştırmacılar, genellikle geçerli bir yaş-derinlik modeli sağlamak amacıyla radyokarbon tarihlleme yöntemini kullanmaktadır. Bu durum, güvenilir ve

karşılaştırılabilir bir olay kronolojisi oluşturulmasını sağlamanın yanı sıra, benzer zaman varsayımına dayalı olarak çeşitli veri setlerinin karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Yaş-derinlik modeli sonuçlarını etkileyen faktörler, önceki çalışmalarımız kullanılarak tartışılmaktadır (Şenkul vd., 2022).

2. Anadolu'da Fosil Polen Çalışmalarının Tarihsel Arka Planı

Anadolu'da fosil polen analizlerinin uygulandığı çalışmalarda tarihlendirme açısından genelleme yapmak, sıralamak ve sınıflandırmak zordur. Ancak çalışma ve tarihleme sayısının nispeten arttığı, tarihlemede karşılaşılan sorunların çözüldüğü söylenebilir. Anadolu'da sediman karotlarına dayalı olarak yapılan ~111 fosil polen çalışmasından ~90 karot örneği tarihlendirilmiş (radyokarbon, U-Th ve varv tarihlendirmesi), geri kalan örnekler ise tarihlendirilmemiş ya da tarihlendirilememiştir (Van Gölü için, Landmann vd., 1996; Litt vd., 2009; Van Zeist ve Woldring, 1978; Wick vd., 2003) (Ek Çizelge 1).

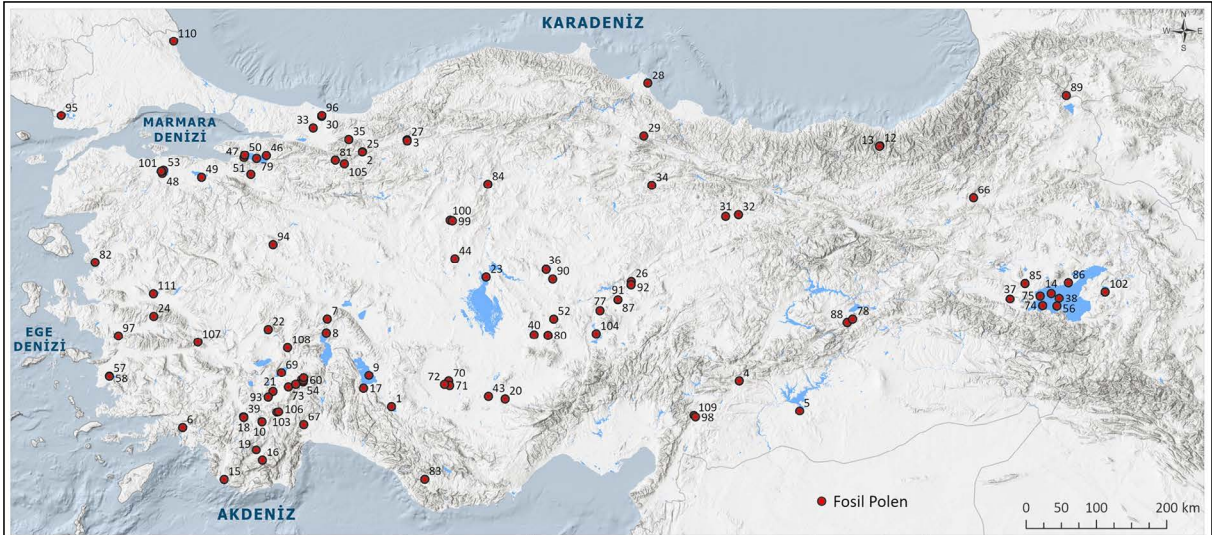
İlk fosil polen çalışmasının yapıldığı 1967 yılı ile 2024 yılları arasında geçen 57 yıllık süre zarfında gerçekleştirilen ~111 karot örneğinin tarihlendirilmesine ilişkin şu değerlendirme yapılabilir (Ek Çizelge 1 ve Şekil 1). Bazı araştırmacılar elde ettikleri karotları tarihlendirmenin önemli olduğuna inanırken, diğer araştırmacılar aynı görüşte değildir. Görsel süreçler, düşük ya da hiç polen yoğunluğunun bulunmaması, bazı göllerden uzun sediman karotlarının alınamaması, bazı çalışmaların mali kısıtlamaları ve diğer faktörler nedeniyle tarihlendirme yapılamamaktadır. Fosil polen çalışmalarındaki gelişmelerin olumlu katkısı, bilimsel uygulamalarda değişen tarihlendirme süreçlerini şekillendirmiştir.

Günümüzde, paleoekoloji araştırmaları bağlamında göl/sulak alan çalışmalarında inceleme için farklı veri setleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda gerçekleştirilen çalışmaları incelemek için başta radyokarbon yöntemi olmak üzere birçok tarihleme tekniği kullanılmaktadır. Birden fazla veri seti kullanılması sayesinde, güvenilir ve karşılaştırılabilir bir olay kronolojisi elde edilebilmektedir. Ayrıca, tarihlendirmenin ortak ve daha güvenilir bir varsayımı ortaya çıkmaktadır.

Radyokarbon tarihlendirme analizi, Akdeniz bölgesindeki paleoekolojik araştırmalarda önemli bir rol oynamakta olup, bu teknik, paleoekolojik çalışmalarda yaygın olan kronoloji ve tarihlendirme sorunlarını çözebilmektedir. Örneğin, Orta Anadolu'daki Sultansazlığı Bataklığı'nda yapılan araştırmada, fosil polenler radyokarbon tarihlendirme analizinde kullanılarak daha güvenilir bir yaş-derinlik modeli elde edilmiştir (Şenkul vd., 2022).

3. Metodoloji

Willard Libby'nin "Kozmik Radyasyondan Radyokarbon" başlıklı makalesiyle tarihlendirme alanında önemli bir gelişme yaşanmıştır (Anderson vd., 1947). Bu yeni yaklaşım, organik maddede bulunan karbon-14 (^{14}C) izotopunun yarı ömrünü hesaba katarak yaş tahmini fikrine dayanmaktadır. Araştırmaların etkinliği, 1960 yılında çığır açan keşif için Nobel Kimya Ödülü'nün verilmesine yol açmıştır. Radyoaktivitesi nedeniyle, 5730 yıllık bir yarı ömre sahip olan ^{14}C izotopu "radyokarbon" olarak adlandırılmıştır. Azot, atmosferin üst katmanlarındaki kozmik nötronlarla etkileşime girdiğinde gerçekleşen nükleer işlem sonucunda bir proton kaybederek ^{14}C 'ye dönüşmektedir. Karbon atomları atmosferdeki oksijenle etkileşime girdiğinde karbondioksit oluşmaktadır. Fotosentez yoluyla atmosferik karbondioksit bitkilere geçmektedir. Bu aşamalar, atmosferdeki ^{14}C miktarı ile biyosfer arasında bir dengeye yol açmaktadır. Canlıların vücutlarına aldıkları karbon girişi (^{14}C) öldüklerinde sona erdiğinden, canlılardaki ^{14}C miktarı radyoaktif bozunma yoluyla kademeli olarak azalacaktır. Radyokarbon yöntemi, canlının yaşının ^{14}C 'nin yarı ömrü kullanılarak belirlenebileceği fikrine dayanmaktadır. Bu tarihleme göre, 50.000 yıla kadar bir zaman aralığı doğru bir şekilde belirlenebilmektedir. Radyokarbon tarihleme noktasında her 5730 yılda bir 30 yıllık, daha kesin okumalarda ise 10 yıllık bir belirsizlik vardır. Radyokarbon yaşı için teorik başlangıç noktası olarak 1950 kullanılmaktadır ve bu geçerli yıl veya ortak çağ (CE) olarak alınır. Doğadaki ^{14}C seviyeleri sabit kalmışsa, takvim yaşı radyokarbon yaşının 1950'den çıkarılmasıyla belirlenebilir. Ancak, ^{14}C seviyelerindeki değişiklikleri hesaba katmak için teorik eğrinin kalibre edilmesi (CalDate) gerekmektedir. Doğadaki ^{14}C seviyelerindeki



KODU 1	Çalışma Alanı ve Core 1	KODU 2	Çalışma Alanı ve Core 2	KODU 3	Çalışma Alanı ve Core 3
1	Konya-Süberde	41	Başköy MV 1A	81	Çubuk Gölü
2	Abant Gölü I	42	Başköy MV 1B	82	Elaiia Limanı
3	Yeniçağa Gölü I	43	Paleo-Konya Gölü	83	Dağlık Kilikya
4	Gölbaşı Gölü	44	Çöl Gölü	84	Süleymanlı Kesiti
5	Bozova	45	Gravgaz Bataklığı 1999	85	Nazik Gölü
6	Köyceğiz Gölü	46	Çakırca	86	Arin Gölü
7	Karamık Gölü	47	Gölyaka	87	Engir Gölü
8	Hoyran Gölü	48	Kuşçenneti II	88	Hazar Gölü Hz11-P03
9	Beyşehir Gölü I	49	Apolyont	89	Aktaş Gölü
10	Söğüt Gölü	50	Ilıpınar	90	Mucur Obruk Gölü
11	Ağaçbaşı I	51	Yenişehir	91	Engir Gölü II
12	Ağaçbaşı II	52	Eski Acıgöl	92	Tuzla Gölü II
13	Ağaçbaşı III	53	Manyas Gölü	93	Karataş Gölü
14	Van I	54	Çanaklı	94	Kureyşler
15	Ova Gölü	55	Gravgaz Bataklığı 1996	95	Enez (Ain50)
16	Avlan Gölü	56	Van III	96	Akgöl Gölü
17	Beyşehir Gölü II	57	Bafa S 1	97	Belevi Gölü
18	Göhlisar Gölü I	58	Bafa S 6	98	Sağlık II
19	Elmalı	59	Gravgaz Bataklığı 1998	99	Mogan Gölü Core MD
20	Akgöl Adabağ	60	Ağlasun Core 9	100	Mogan Gölü Core MS
21	Pınarbaşı	61	Ağlasun Core 13	101	Manyas Gölü II
22	Işıkli Gölü I	62	Ağlasun Core 6	102	Erçek Gölü
23	Tuz Gölü	63	Ağlasun Core 12	103	Yelten Sazlığı I
24	Gölcük Gölü	64	Core PQ01	104	Sultansazlığı
25	Abant Gölü II	65	Core PQ99	105	Sünnet Gölü
26	Tuzla Gölü I	66	Pasinler	106	Yelten Sazlığı II
27	Yeniçağa Gölü II	67	Öküzini	107	Buldan Yayla Gölü
28	Tatlı Gölü	68	Nar Gölü I	108	Karakuyu Bataklığı
29	Ladik Gölü	69	Burdur Gölü	109	Gavur Gölü
30	Adatepe	70	Çatalhöyük	110	Mert Gölü
31	Büyükgöl	71	Avrat Hanıhöyük	111	Marmara Gölü
32	Demiryurt Gölü	72	Kızılhöyük		
33	Küçük Akgöl	73	Bereket		
34	Kaz Gölü	74	Van IV		
35	Melen	75	Van V		
36	Seyfe	76	Gravgaz SA06EP1		
37	Söğütlü	77	Çora Maarı		
38	Van II	78	Hazar Gölü Hz11-P02		
39	Göhlisar Gölü II	79	İzник Gölü		
40	Aşıkli Höyük	80	Nar Gölü II		

Şekil 1- Anadolu'da gerçekleştirilen fosil polen çalışmalarının mekânsal dağılımı (tabloya ait kaynaklar Ek Çizelge 1'de verilmiştir).

dalgalanmalar, kalibrasyon veri tabanlarında belgelenmiştir. Doğal (güneş aktivitesi, volkanik patlamalar) veya insan eylemleri sonucunda atmosferdeki veya biyosferdeki ^{14}C miktarı değişebilmektedir (fosil yakıt kullanımı, nükleer silah denemeleri). Kalibrasyona duyulan ihtiyaç, tüm bu değişikliklerin ^{14}C seviyesi üzerinde bir etkiye sahip olması gerçeğiyle de gösterilmiştir. ^{14}C miktarının atmosfer dışındaki ortamlarda (deniz, göl ve yeraltı suyu) dengede olduğu bilinmektedir, ancak bu denge atmosferdeki dengeyle aynı değildir. Deniz alanlarının biyosferindeki farklılıklar “Deniz Etkisi” olarak adlandırılan olguyu doğurmaktadır. Tatlı su etkisi nedeniyle daha eski ya da daha genç tarihleme sonuçları elde edilebilmektedir. Bu durumda yaşları kullanmak doğru olmayacaktır ve bu sorun yanlış yaş-derinlik modelinin oluşturulmasına neden olacaktır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için tamamen karasal kökenli kalıntıların tarihlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye’de ilk kez kullanılacak olan karasal polenlerin tarihlendirme süreçleri, belirlenen bir protokol izlenerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda oluşturulan yaş-derinlik modellerinin oldukça tutarlı olduğu ve yeterli karbon (C) miktarı sayesinde hata payının çok düşük olduğu belirlenmiştir.

3.1. Fosil Polen Tarihlendirmesi

3.1.1. Arazi ve Numune Hazırlama

μXRF analizinden elde edilen sonuçlara göre radyokarbon tarihleme noktaları belirlenir. Yaş-derinlik modeli radyokarbon sonuçlarına göre yapılandırılır. Arazi çalışmalarıyla elde edilen sediman karotlarının tarihlemesi birkaç aşamada tamamlanmaktadır. Bu aşamalar sediman karotunun toplam uzunluğu, ulaşılan zaman dilimi ve olay kronolojisi tarafından belirlenmektedir. İlk olarak, bu işlemde elde edilen toplam sediman karotunun en taban (en derin) noktasında radyokarbon tarihleme yapılmaktadır. Diğer aşamalar radyokarbon sonuçlarına göre yeniden planlanmaktadır. Günümüzde, radyokarbon tarihlemesi için yeni analizler (bu sayı, toplam bütçeye bağlı olarak değişebilir), μXRF analiziyle keşfedilen olay kronolojisine göre yürütülmekte olup, paleoekolojide en kaliteli ve en hızlı veriyi sağlamaktadır. Elde

edilen son tarihleme sonuçlarına dayanarak geliştirilen yaş-derinlik modeli, yeni tarihleme noktalarının potansiyel yerlerini, sedimantasyon hızındaki değişiklikler, olayların zamanlaması ve litolojik değişiklikler gibi değişkenleri dikkate alarak belirlemektedir. Radyokarbon tarihlemesi, araştırma boyunca keşfedilen yeni bilgiler, çalışma sırasında karşılaşılan sorunlar ve yukarıda belirtilen diğer faktörler doğrultusunda adım adım yapılmaktadır.

3.1.2. Fosil Polenlerin Radyokarbon/AMS ^{14}C

Tarihlendirmesi: Laboratuvar Aşamaları

Fosil polenlerin radyokarbon/AMS ^{14}C tarihlendirmesi yapılırken her aşamada, örnekler dış etkenlerden korunmakta ve kirletici maddelere maruz kalmaktan en yüksek seviyede uzak tutulmaktadır. Öncelikle, radyokarbonun elde edildiği sediman karotlarının korunması gerekmektedir. Fosil polen kullanılarak radyokarbon tarihlendirmesi için laboratuvar ön işlemleri, uygun saklama koşullarında (+4 °C) muhafaza edilen sediman örneklerinin dikkatlice ve yeterli miktarda toplanmasından sonra şu şekilde sıralanmaktadır: Sodyum Hidroksit (NaOH), Hidroklorik Asit (HCl), filtrasyon, Hidroflorik Asit (HF), Hidroklorik Asit, Sodyum Hipoklorit (NaOCl), yıkama ve kurutma işlemleri. Bu prosedürler, radyokarbon tarihlemesi için fosil polenleri diğer organik ve inorganik maddelerden ayırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

1) Sediman karotlarından temin edilen örnek, ilk aşamada bir falcon tüpüne (50 ml hacim) aktarılır. Sediman örneği içeren falcon tüpü, 3M sodyum hidroksit ile tamamen doldurulur ve ardından 70-80 °C arasındaki sıcaklıktaki su banyosuna yerleştirilir. Falcon tüplerindeki örnekler her üç dakikada bir karıştırılır ve sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilir. İşlem tamamlandığında, falcon tüpleri sıcak su banyosundan çıkarılır ve santrifüj cihazına yerleştirilir. Santrifüjleme işlemi sonrasında tüpün içerisinde bulunan kimyasal madde dökülür. Bu işlem, tüpteki sedimanın sodyum hidroksitle tepkimeye girmesi nedeniyle reaktivitesi sona erene kadar 2 ila 5 kez uygulanır. Önceki her aşamadan sonra falcon tüpü tekrar santrifüje yerleştirilir ve tüpteki fosil polenler çökeltilir. Tüpün içerisinde bulunan kimyasal madde döküldükten sonra temizleme işlemi gerçekleştirilir.

2) İkinci aşamada hidroklorik asit prosedürü uygulanır. Falcon tüpüne, 1M konsantrasyonda üretilen HCL numunenin hacmine göre eklenir. Karıştırıldıktan sonra tüpün içerisinde bulunan sediman bir kez daha santrifüj edilir. Santrifüjleme sonrasında tüpteki HCL dökülerek uzaklaştırılır.

3) Üçüncü aşamada, HCL işlemini takiben, tüpün içerisinde bulunan sediman, distile su kullanılarak 180 ve 10 mikron elekten süzülür. Filtrasyon işleminin ardından, 10 mikron elekte kalan örnekler uygun boyuttaki beherlere distile su kullanılarak aktarılır. Örnekler behere aktarıldıktan sonra, örnekler tek bir falcon tüpte birleşebilecek duruma gelene kadar santrifüjleme yapılır. Santrifüjleme sonrasında tüpteki sıvı boşaltılır ve örnek tüpünün içerisinde sadece sediman bırakılır.

4) Dördüncü adımda, tüp 29M/48% konsantrasyonda hazırlanmış hidroflorik asit ile tamamen doldurulur. Tüp, 70-80 °C arasındaki sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika boyunca bekletilir ve karıştırılır. Daha sonra, diğer sıvılar gibi hidroflorik asit bulunan örnekler santrifüj edilir ve çıkarılarak kimyasal dökülür.

5) Beşinci adımda, tüpler 1M konsantrasyonda hazırlanmış HCL ile doldurulur. Örnekler, 70-80 °C arasındaki sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika tutulur. Otuz dakika sıcak su banyosunda bekledikten sonra, örnekler santrifüj işleminde sediman diğer sıvılarda olduğu gibi hidroklorik asitten uzaklaştırılır. Özellikle hidroflorik asidin örneklerden tamamen uzaklaştırılması için bu işlem üç ila beş kez tekrarlanır.

6) Altıncı aşamada, tüplerdeki örneklere %2-3 konsantrasyonunda sodyum hipoklorit çözeltisi eklenir. Falcon tüpleri sodyum hipoklorit ile doldurulduktan sonra beş dakika bekletilir ve ardından santrifüj işlemi yapılarak sodyum hipoklorit dökülür.

7) Yedinci aşamada, birkaç kimyasal ile temas etmiş örneklerin kimyasallardan arındırılması amacıyla saf su ile yıkama işlemi yapılır. Örnekler, pH seviyesi 5-7 arasında olana kadar (en az beş yıkama önerilir) saf su ile üç ila yedi kez yıkanır. Her yıkama için, tüp hacminde distile su falcon tüpüne eklenir, karıştırılır ve üç dakika santrifüj işlemine tabi tutulduktan sonra; santrifüjden çıkan tüpteki su

tekrar dökülür. Son temizlikten sonra, falcon tüpüne konulmuş örneğin sıvısının pH'ını belirlemek için turnusol kâğıdı kullanılır. Ölçüm uygun bir pH değeri verirse, kurutma işlemi başlatılır.

8) Sekizinci ve son aşamada, distile su kullanılarak örnekler falcon tüplerinden uygun beherlere aktarılır. Beher içerisindeki örnek ve distile su tamamen kuruyana kadar etüv fırında tutulur. Kuruyan örnekler alüminyum folyodan yapılmış kaplara konular ve kapatılır. Böylece laboratuvar ön işleme süreci tamamlanmış olur.

3.1.3. ¹⁴C Tarihlleme Laboratuvar Süreci

Göl karotları laboratuvarında radyokarbon analizi için incelenirken dikkate alınması gereken çok önemli faktörler vardır. Radyokarbon analizi için bir karot düşünüldüğünde, öncelikle karotun bir bütün olarak incelenerek ne tür organik kalıntıların mevcut olduğunun belirlenmesi önemlidir. Radyokarbon analizi için, göl sediman karotunun herhangi bir seviyesinden yedi farklı malzemeden alt numune almak mümkün olabilir. Göl karotlarında bulunabilecek örnek türleri olarak, tek parça makrofosiller, karbonlaşmış malzemeler (odun kömürü), bitki ve diğer hayvan kalıntıları, karbonat içeren organik tür kabukları, toplam mikrofosiller, toplam makrofosiller, toplam asitte çözünmeyen organik kalıntılar (bulk) ve polen türleri olarak kategorize edilebilir. Belirli bir derecede kategorize edilen her malzeme veya sadece analiz edilebilen belirli bir malzeme türü olabilir. Malzemenin, söz konusu karot seviyesinin gelişimine kadar uzanan bir kalıntı olma durumu en önemli faktör olacaktır.

Belirlenen yedi materyal türünün her birinin, seviyenin yaşını doğru bir şekilde karakterize etme ve radyokarbon örnekleme açısından avantajları ve dezavantajları olacaktır. Bu yedi farklı materyal türünden seviyenin yaşını belirlerken, göllerdeki kabuk ve su bitkisi kalıntılarının rezervuar etkisi de metodoloji açısından dikkate alınması gereken önemli bir sorun olacaktır. Karbonat içeren fosil kabukları kullanarak bir seviyeyi temsil etmek, rezervuar etkisi gösteren daha eski bir sonuç elde edilebilir. Bu, çekirdeğin tüm seviyelerinde belirtilen yedi farklı materyal türünün bulunacağı anlamına gelmez. Çeşitli

materyaller kullanılarak seviyelerin yaşlandırılması için gölün rezervuar etkisinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Önerimiz, aynı seviyede kabuklar ve su bitkisi kalıntıları için rezervuar etkisi ile karşılaştırmak üzere karasal olduğu kesin olan materyal türünü kullanmaktır.

Rezervuar etkisinin zaman içinde değişebileceği unutulmamalıdır çünkü gölü besleyen çevresel unsurlar zamanla değişebilir. Ancak, yüksek radyokarbon analiz maliyetleri, sürecin uzunluğu ve karottaki organik materyalin azlığı nedeniyle her seviyede rezervuar etkisini bulmak mümkün olmayabilir. Rezervuar etkisinin çeşitli potansiyel zaman seviyeleri arasında en az bir veya iki kez belirlenmesi yeterli olabilir. Bu bilgilerin elde edilmesi durumunda, μ XRF gibi başlangıç analizlerinin sonuçlarını dikkate alarak ve karottaki polenleri paleoekoloji çalışmaları için analiz edilecekse radyokarbon tarihlleme yapmak faydalı olacaktır.

Böylece, karot boyunca yeterince yüksek konsantrasyonda polen bulunursa, karotun yalnızca polen materyali kullanılarak tarihlenmesi mümkündür. Karasal polenlerle tarihlenmenin iki en önemli avantajı, rezervuar etkisinin olmaması ve göl sediman seviyelerinde polenin diğer materyal türlerine kıyasla

sınırlı geçişidir. Bu, göl sedimanlarında ki polen radyokarbonu için önerdiğimiz örnek hazırlama yaklaşımına dayalı olarak modifiye edilmiş bir yöntemdir (Brown vd., 1989). Çizelge 1, bu protokolün aşamalarının özetini sunmaktadır.

Rezervuar etkisi, karot boyunca düşük seviyede karasal kömür veya polen yoğunluğunun tarihlenmesi gerekiyorsa, polen ve diğer malzeme türlerine uygulanabilir. Yaş-derinlik modelini oluştururken, rezervuar etkisinden kaynaklanan sapma dikkate alınmalıdır. Çizelge 2’de radyokarbon analizine tabi tutulacak materyal türüne göre önerilen örnek hazırlama prosedürünü sunulmaktadır.

4. Örnek Alan

Sultansazlığı Bataklığı, fosil polen verilerinden yararlanılarak radyokarbon tarihlenmesinin yapıldığı seçilmiş bir alandır. Orta Anadolu’da, kapalı bir havza olan Develi Ovası’nda yer almakta olup, 1070 m rakıma, yaklaşık 1000 km²’lik bir sulak alana ve 3082 km²’lik bir drenaj alanına sahiptir. Sultansazlığı, yüksek dağlarla çevrilidir; batıda Hodul Dağı (1919 m), güneyde Aladağlar (3756 m), doğuda Develi Dağları (2074 m) ve kuzeyde Erciyes Dağı (3917 m) ile çevrilidir (Şekil 2).

Çizelge 1- ¹⁴C tarihlendirme analizi için polen protokolü [protokol şu kaynaktan uyarlanmıştır (Brown vd., 1992; Doğan vd., 2021)].

Prosedür Sıra Numarası	Konsantrasyon	Kimyasal	Ortam	İşlem Süresi
1	3M	NaOH	Sıcak su banyosu veya 70-80 °C’ye ayarlanmış bir ısıtma bloğu, fırın vb.	Renk gözlenmeye kadar her biri 30 dakika boyunca 2-5 kez tekrarlayın.
2	1M	HCl		-
3	10 μ -180 μ	Sieve	* Elek aralığı daraltılabilir.	-
4	29M/ 48%	HF	Sıcak su banyosu veya 70-80 °C ısıtma bloğu, fırın vb. **48 HF mevcut değilse, yerine %30’un üzerinde bir konsantrasyon kullanılabilir.	30 dakika
5	1M	HCl	Sıcak su banyosu veya 70-80 °C’ye ayarlanmış bir ısıtma bloğu, fırın vb.	30 dakika x florür kalmayana kadar 3-5 kez tekrarlayın.
6	2-3%	NaOCl	-	5 dakika
7	-	Distile Su	pH 5 ila 7 arasına ulaşana kadar distile su ile yıkayın.	Florür kalmayana kadar 3-5 kez tekrarlayın x 3-7 kez tekrarlayın
8	-	-	70-80 °C’de etüv fırında kurutulmalı.	-

* Örnekleri filtrelemek için elek boyutu aralığı daraltılabilir ancak polen kaybını önlemek için örnek içindeki fosilleşmiş polen boyutlarına dikkat edilmelidir.

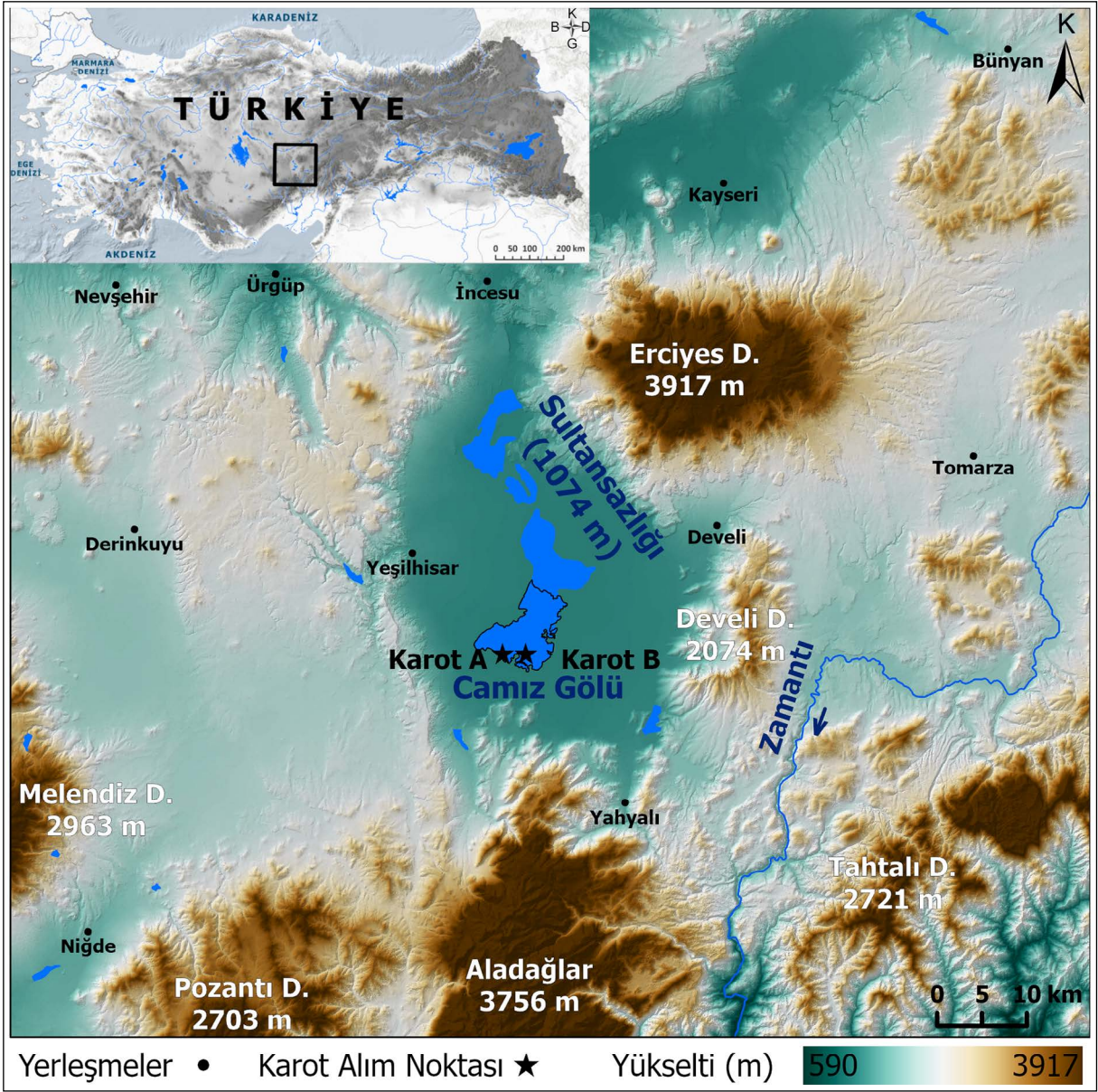
** Analizde kullanılan kimyasalların konsantrasyonlarının numune üzerinde etkisi olabileceğinden, burada sunulan oranların dikkate alınması tavsiye edilir.

Çizelge 2- ¹⁴C Tarihleme örnekleri için önerilen örnek hazırlama prosedürü.

No	Materyal Türü	Materyal Miktarı	İşlem	Avantaj	Dezavantaj
1	Kömürleşmiş Malzeme	Çıplak gözle görülebilen, 2-3 mg veya daha fazla ağırlığa sahip ve ayırt edici niteliklere sahip tek bir parçanın kalıntısı.	Asit ile yıkama veya yeterli numune varsa asit-baz-asit ile yıkama.	Tek bir malzemeyi temsil eden kapalı bir sistemdeki bir kalıntıyı temsil eden bir sonuç sağlar.	Malzeme taşınmış veya seviyeler arasında karışmış olabilir. Yüzeğe yakın seviyeler, penetrasyon sonucu karışmış canlı organizma kalıntıları içerebilir.
2	Bitki Kalıntısı	Çıplak gözle görülebilen, 2-3 mg veya daha fazla ağırlığa sahip ve bitki kalıntıları gibi ayırt edici niteliklere sahip tek bir parçanın kalıntısı.	Asit ile yıkama veya yeterli numune varsa asit-baz-asit ile yıkama.	Tek bir malzemeyi temsil eden kapalı bir sistemdeki bir kalıntıyı temsil eden bir sonuç sağlar.	
3	Toplam Asitte Çözünmeyen Organik Kalıntılar (Bulk)	Örnekleme 1-2 gram tortudan yapılmalıdır.	Asit ile yıkama.	Makrofosil içermeyen ve organik açıdan zengin olmayan sedimanlarda yaş tayini için kullanılabilir.	Muhtemelen farklı organik türlerden oluşan kalıntıların birden fazla parçada bulunması nedeniyle, yaş tayini için homojen bir dağılım göstermeyebilir.
4	Toplam Mikrofosil	1-2 gram sedimandan numune alınmalı ve 180 µ< elek ile eleme yapılmalıdır.	Asit ile yıkama.		
5	Toplam Makrofosil	Sediman 1-2 gram olarak örneklenebilir ve eleme 180 µ> elek ile yapılmalıdır.			
6	Polen		(Brown vd., 1989)	Malzemenin karasal kökenli olması ve rezervuar etkisinin bulunmaması nedeniyle göl sedimanlarında katmanlar arasında taşınma seviyeleri nadirdir.	Numune hazırlama prosedürünün uzun olması ve HF asit içermesi, yeterli miktarda malzeme elde edilmesini zorlaştırabilir.
7	Ostrakodlar Gibi Karbonat İçeren Organik Türler Toplam Mikrofosil Kategorisine Dahil Edilmiştir.	Kavkılar.	Ultrapür su ile ultrasonik banyo yıkaması ve zayıf baz ile sızıntı (leaching) yıkaması.	Göl sedimanlarında yaygın olarak karşılaşılan bir malzemedir.	Rezervuar etkisinin hesaplanması gerekmektedir.

Sultansazlığı, Orta Anadolu'nun sol yanal atımlı fay zonu boyunca uzanan büyük bir Erciyes çek-ayır havzasında yer almaktadır (Erol, 1999; Koçyiğit ve Beyhan, 1998; Koçyiğit ve Doğan, 2016). Bataklık alanı, güneyden kuzeye doğru Camız, Yay, Düzlük ve Çöl Gölleri gibi sulak alanları ve diğer bataklıkları içermektedir. Sulak alan, mevsimsel akarsular ve çevresindeki kaynaklar tarafından beslenmektedir. Bu çalışma için, Sultansazlığı Bataklığı'nın güneyinde yer alan, 1-1,5 m su derinliğine ve 30-35 km² yüzey alanına sahip olan Camız Gölü'nden sediman karotları alınmıştır (Şenkul vd., 2022).

AMS ¹⁴C tarihleme işlemleri, Sultansazlığı Bataklığı'ndan elde edilen 441 cm uzunluğundaki sediman karotları üzerinde, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü (TÜBİTAK-MAM) Hızlandırılmış Kütle Spektrometresi Laboratuvarı ve BETA Analitik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Yaş-derinlik modelinin oluşturulmasında 13 farklı seviyeden 6 farklı materyal (makrofosil, mikrofosil, kavkı, sediman (bulk), toplam karasal organik, polen) kullanılarak yapılan 19 radyokarbon yaş sonucu değerlendirilmiştir.



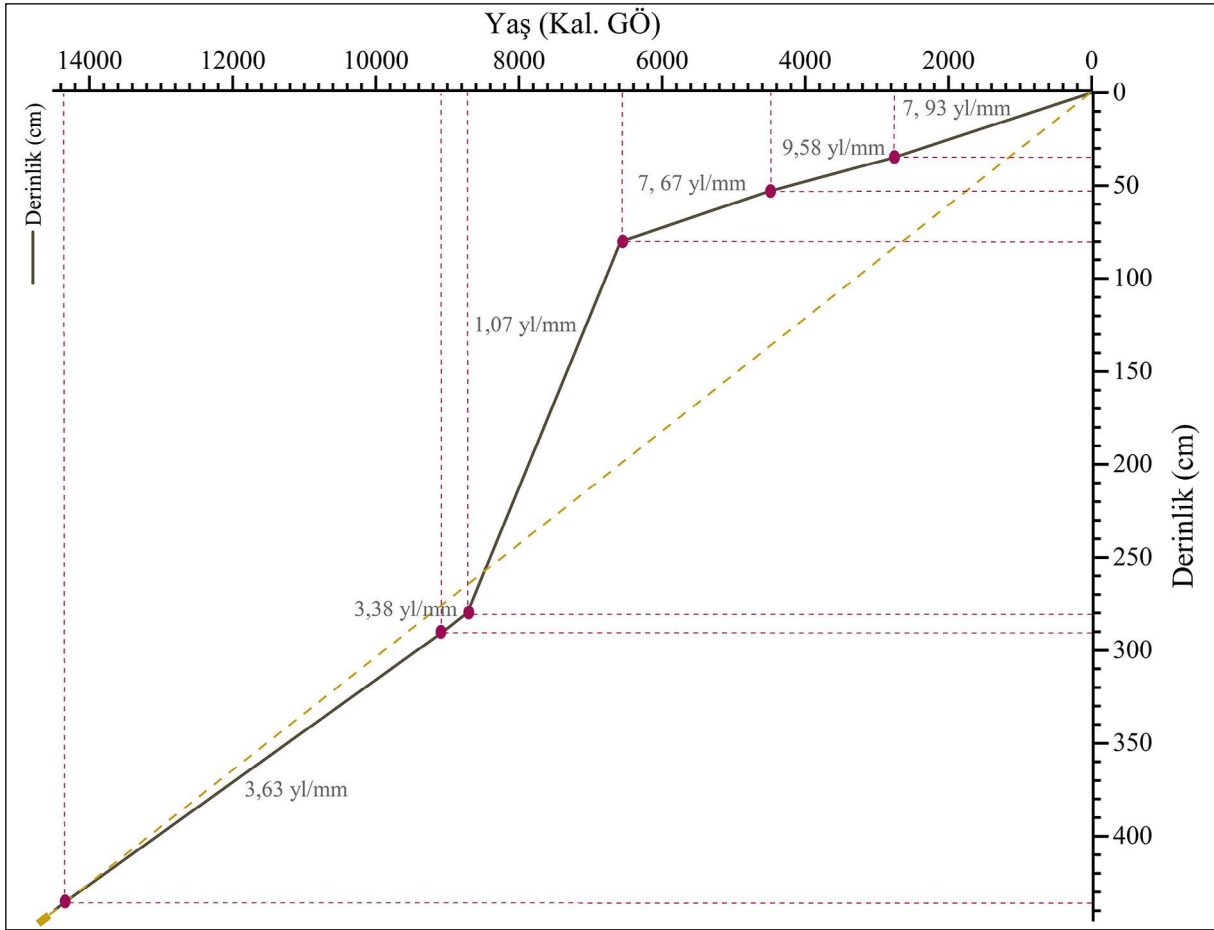
Şekil 2- Sultansazlığı Bataklığı lokasyon haritası (ASTER ve GDEM V2'den üretilmiştir).

Sultansazlığı Bataklığı'nın yaş-derinlik modeli ve radyokarbon tarihlendirme sonuçları Şenkul vd., 2022b'de verilmiştir (Çizelge 1). Yukarıda verilen sediman örnek tiplerinin ölçümleri, bu yaş-derinlik modellerinin hazırlanmasında kullanılmıştır (Şekil 3, 4, 5). Bu tür karşılaştırmalar Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3'de verilen sonuçlara göre, rezervuar etkisi, 290 cm seviyesindeki polen, tortul ve kavkı örnekleriyle yapılan radyokarbon ölçümleriyle tahmin edilebilir. Polen örneklerinin karasal organik fosiller olduğu göz önüne alındığında, toplam sedimanın

0,5 bin yıl, kavkı örneğinin ise 0,6 bin yıl daha yaşlı radyokarbon tarihlerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum, tatlı su ortamlarında çözünmüş karbon etkisi sapmasının 0.25-0.7 bin yıl arasında olduğu ve genellikle 0.4 bin yıl olarak kabul edildiği görüşüyle uyumludur (Philippsen, 2013). Bu da rezervuara önemli miktarda ölü karbon (dead carbon) girişinin olmadığını, başka bir deyişle, ihmal edilebilir bir sert su etkisinin bulunduğunu göstermektedir.

Göl sedimanlarında radyokarbon analizinin planlanmasında, malzemelerin seçimi ve analiz kalitesi kadar, sonuçların modellenmesi de kritik



Şekil 3- Sultansazlığı Bataklığı yaş derinlik modeli (Lineer Model, (Şenkul vd., 2022)'den yeniden çizilmiştir).

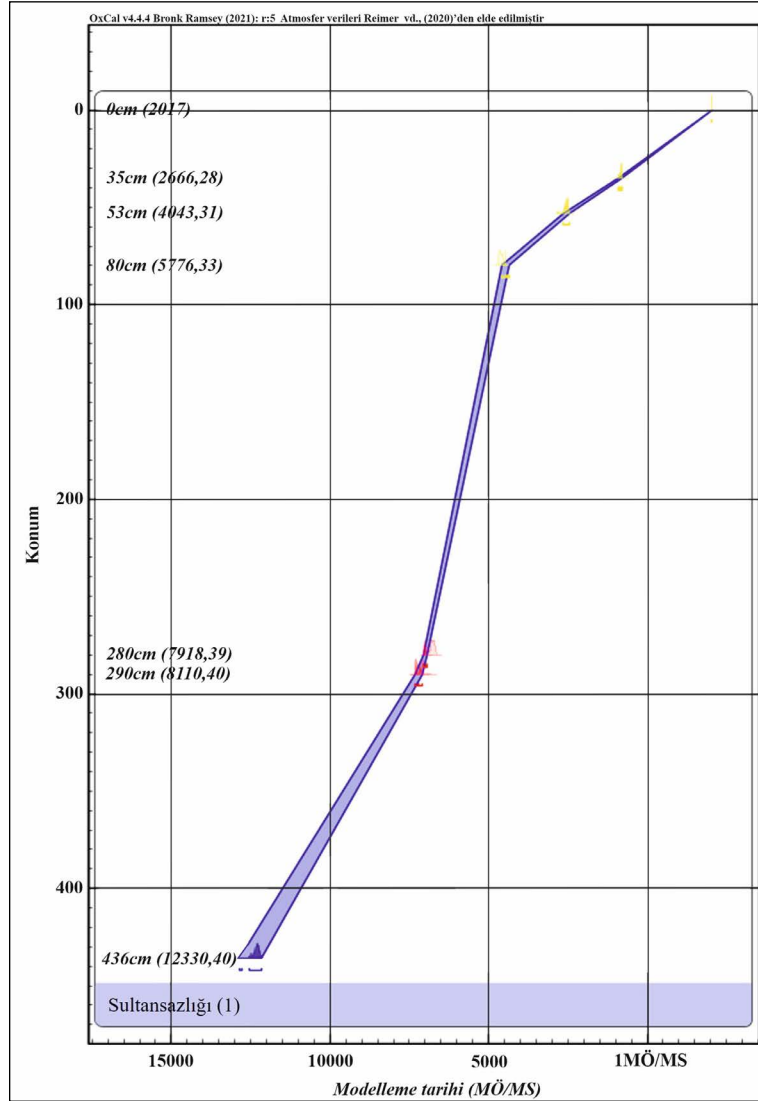
öneme sahiptir. Doğrusal enterpolasyon yöntemi, radyokarbon değerleri kullanılarak bir yaş-derinlik modeli oluşturmanın en basit yoludur. Enterpolasyon yönteminin temel varsayımlarında, radyokarbon yaşları ve sediman birikim hızı verildiği gibi kabul edilir. Literatürde tanımlanan en eski yaş-derinlik modelleri bu tekniği kullanmıştır. Son zamanlarda modellemeyi geliştirmek amacıyla OxCal, Bacon ve Bchron gibi programlar kullanılmaktadır. Bu programlardan birini kullanmanın avantajı, ^{14}C yaş kalibrasyon işleminin dinamik olarak çalışmasıdır.

5. Tartışma

Bitki örtüsündeki değişiklikler, arazi kullanımı ve dolaylı olarak iklim değişikliği hakkında doğrudan bilgi sağlayan fosil polen analizleri, geniş çapta kullanılmaktadır. Anadolu'da görsel alanlarda yapılan fosil polen çalışmaları ve fosil polen çalışmalarından alınan örneklerin tarihlendirilmesine

Konya-Süberde'de (Aytuğ, 1967) başlamıştır (Şekil 1 ve Ek Çizelge 1). Bu çalışmada yalnızca bir radyokarbon tarihlemesi, organik malzeme kullanılarak yapılmıştır. Aynı yıl, Abant Gölü I ve Yeniçağa Gölü I karotları incelenmiş ve Abant Gölü I karotu tarihlendirilmemiştir; bunun sebebi ise organik malzeme bulunamamasıdır (Beug, 1967). Bu nedenle, Yeniçağa Gölü I karotu 2 tarihleme sonucuna sahiptir (Beug, 1967). Radyokarbon tarihlemenin önemi araştırmacılar tarafından bilinmesine rağmen, sediman karotları sınırlı sayıda örnek ile tarihlendirilebilmiştir (Van Zeist vd., 1968, 1975). Türkiye'de 1960'larda başlatılan paleoekolojik çalışmalar, çevresel değişikliklerin kronolojik yapıları ve çeşitli analiz yöntemlerini kullanarak geçmiş çevre koşullarını yeniden yapılandırmayı amaçlamıştır (Ek Çizelge 1 ve ilgili kaynaklar).

Bu çalışma, Doğu Akdeniz'de yer alan Türkiye'de gerçekleştirilen paleoekolojik araştırmaları



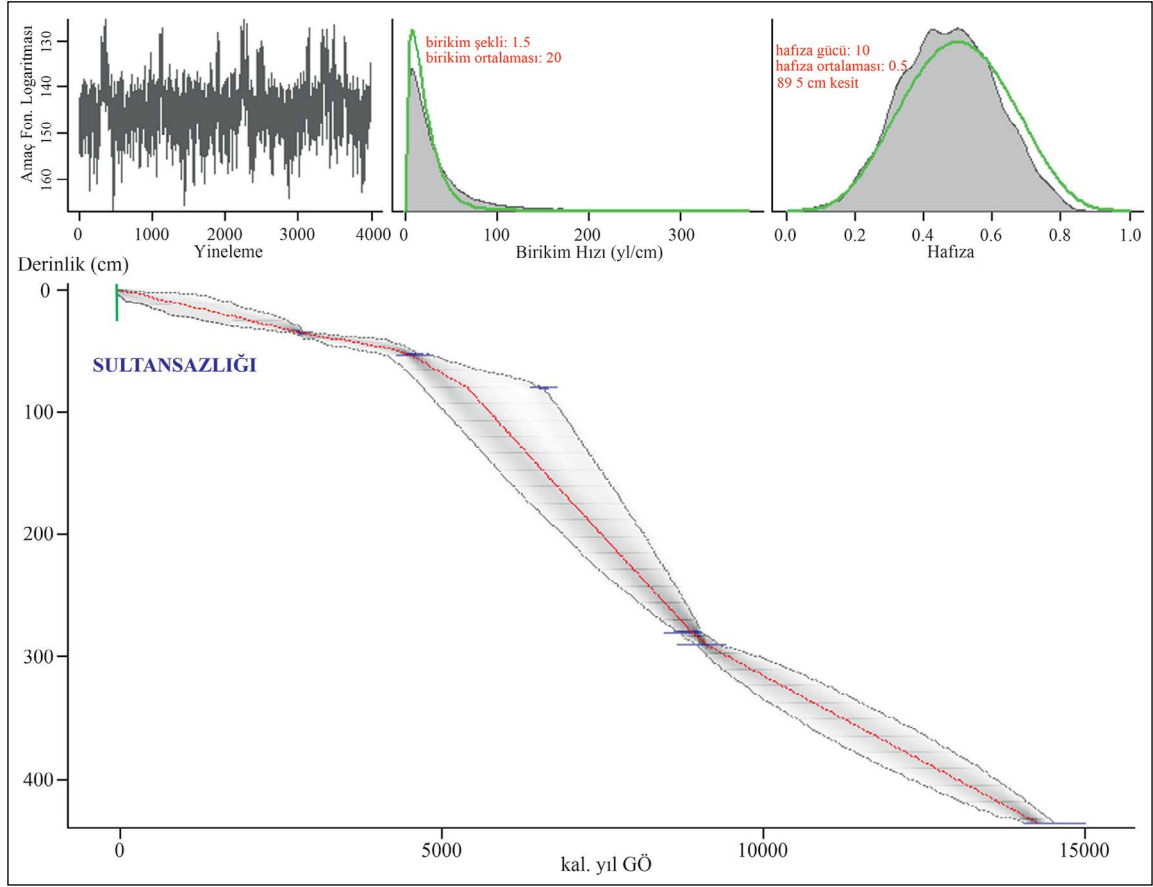
Şekil 4- Sultansazlığı Bataklığı OxCal yaş-derinlik modeli (yaş-derinlik modeli için, OxCal, sediman birikiminin rastgele olduğu varsayımıyla, derinliğe yaklaşık orantılı olarak gösterim yapmak amacıyla kullanılmıştır), (Ramsey, 2008).

kapsamakta ve özellikle göl tortulları ve fosil polen analizi ile ilgili çalışmalara odaklanmaktadır. Örneklem olarak Sultansazlığı verileri kapsamında tarihleme analizlerinde karşılaşılan zorluklar incelenmiştir. Sediman içerisindeki örnekler için doğru yaş-derinlik modelleri elde etmeye yönelik bir yaklaşım önermeden önce, tarihleme ve yaş-derinlik modellerini doğrudan etkileyen çeşitli sorunlar belirlenmiştir:

– Türkiye’de son ~60 yılda paleoekolojik çalışmalarda kullanılan analiz türleri/sayı ve çözünürlükleri: Bu çalışmalarda kullanılan farklı veri türlerinin genellikle düşük çözünürlüğü ve

analiz türleri, verilerin hem bölgesel hem de küresel araştırmalarla ilişkilendirilmesini zorlaştırmaktadır. Her ne kadar ilk çalışmalarda daha belirgin olsa da, bu erken dönem çalışmaların o dönemin koşulları altında Anadolu paleoekolojisine ışık tutmadaki başarısının göz ardı edilmemesi önemlidir. Sonuç olarak, tüm bu faktörler, Anadolu’nun paleoekolojik koşullarının zamansal ve mekânsal bağlamda yeniden yapılandırılmasını olumsuz yönde etkilemektedir.

– Sediman karotu alma ekipmanlarının mevcut durumu ve erişilebilirliği: Yaklaşık ~60 yıllık süre boyunca yapılan çalışmalarda kullanılan ekipmanlar, özellikle erken dönemlerde, sediman kalitesini



Şekil 5- Sultansazlığı Bataklığı R Bacon yaş-derinlik modeli [Sultansazlığı için yaş-derinlik modellemesi, sediman depoları için birikim tarihlerini yeniden oluşturmak için Bayesian istatistiklerini kullanan R Bacon yazılımı ile oluşturulmuştur. R Bacon, radyokarbon tarihlerini ve sondaj örneği alma tarihi 2017'yi birikim oranları ve bunların değişkenliği hakkındaki önceki bilgilerle birleştirir (Blaauw ve Christeny, 2011; Reimer, 2020)].

Çizelge 3- Sultansazlığı Bataklığı AMS ¹⁴C tarihlendirme sonuçları (*yaş-derinlik modelinin oluşturulmasında kullanılan sonuçlar).

Radyokarbon Yaş Sonuçları (¹⁴ C yıl GÖ)						
Derinlik (cm)	Makro Fosil	Mikro Fosil	Kavkılar	Sediman (Bulk)	Toplam Karasal Organik	Polen
35				2666*		
53				4043*		
80			6691	5776*		
185			8261	8319		
214 (Beta)			9720			
280				7918*		
290 (289-291)						8110*
292					8185	
295			8712	8634		
371					462	7223
383				13586		
436			12330*			
438	8783 (Bitki)		~13000	13119		

etkilemiştir. Teknolojideki gelişmeler sayesinde, derin su alanlarında uzun sediman karotlarının güvenilir bir şekilde alınması artık yüksek teknoloji ekipmanlar ve karot alma sistemleri (ör. Livingstone pistonlu karot alıcı, Gravity corer, Vibracorer, SPT) ile mümkün olmaktadır. Buna karşın, başlangıçta sığ sularda Russian Core ve Dachnowski gibi ekipmanlarla manuel güç kullanılmıştır.

– *Sediman temin etme sorunları:* Alınan sediman karotlarının sürekli stratigrafisi bulunmaması, kronolojik olarak yeniden yapılandırmayı doğrudan etkilemektedir.

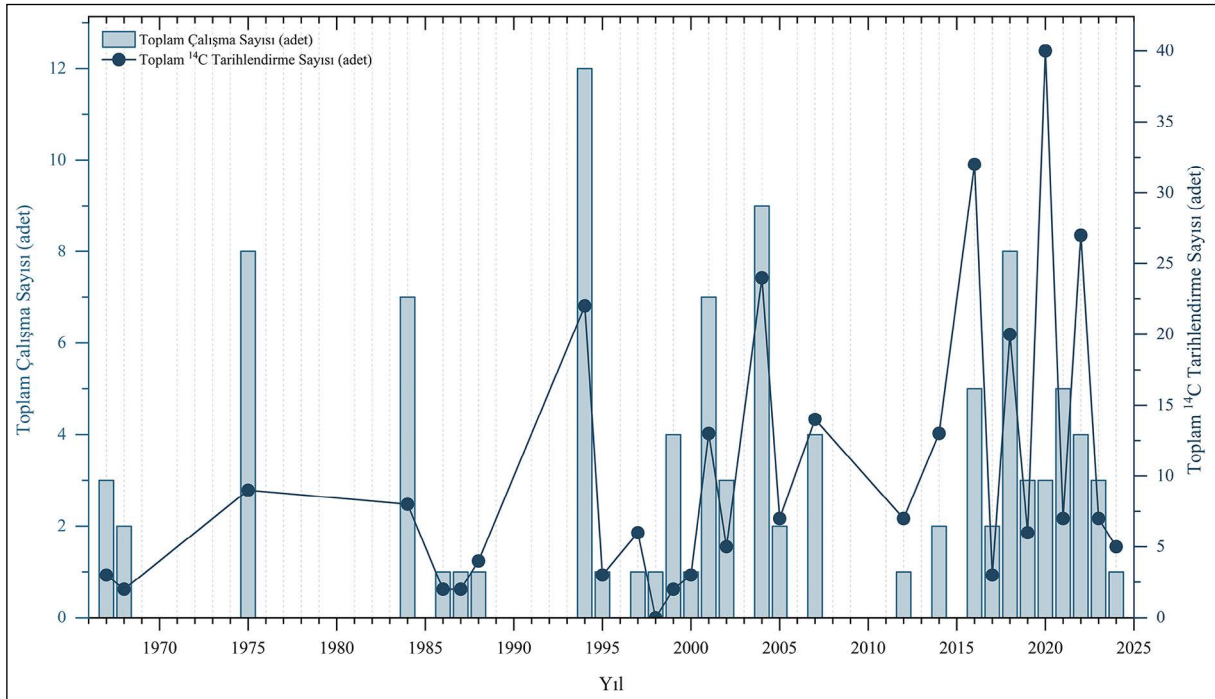
– *Sulak alan ekolojisi:* Kuraklık, buharlaşma ve insan etkisi gibi faktörler nedeniyle su seviyelerindeki değişiklikler, sediman yapısını ve doğru tarihlme için gerekli olan organik ve biyolojik unsurların varlığını etkileyerek sulak alan özelliklerinin kaybına neden olabilir.

– *Göl/bataklık alanlarında hiyatus oluşumu:* Özellikle kurak dönemlerde meydana gelen hiyatus oluşumları, sediman birikim süreçlerinin tamamen durduğu veya önemli ölçüde yavaşladığı durumlarda tarihlme analizlerinde yüksek hata oranlarına yol açabilir.

– *Tarihleme belirleme için örnek türlerindeki çeşitlilik ve doğrudan etkisi:* Odun, bulk sediman, makrofosil veya mikrofosil kullanılarak yapılan radyokarbon (^{14}C) tarihlme analizleri arasındaki seçim sonuçları etkileyebilir.

– *Türkiye’deki göl/bataklık alanlarının farklı oluşum süreçleri:* Bir göl/bataklık alanının oluşumunu etkileyen kimyasal özellikler ve yapısal karakteristikler, tarihlme analizi sonuçlarını, örnek seçimini, sapma oranı ve hata payını etkileyebilir.

Teknolojik ilerlemelere ve analizlerdeki gelişmelere rağmen, Türkiye’deki göl/bataklık alanlarının özellikleri nedeniyle sediman kronolojisindeki kaotik koşullar tamamen aşılmamıştır. Son ~60 yıl içinde, yaklaşık 70 göl/bataklık ortamında (bazı göl/bataklık alanlarında bir veya birden fazla çalışma mevcuttur) yaklaşık 111 çalışma gerçekleştirilmiş olup, analiz çözünürlükleri artmış ve çoklu analizlerin kullanımı yaygınlaşmıştır (Şekil 1, 6 ve Ek Çizelge 1). Paleoekolojik analizlerin ve sonuçların gelişimine ek olarak, bulguların kronolojik olarak değerlendirilmesi, mekânsal ilişkilerin kurulması ve küresel araştırma sonuçlarıyla bağlantıların sağlanması açısından tarihlme analizleri de önem kazanmıştır.



Şekil 6- Anadolu’da yıllara göre yapılan toplam fosil polen analiz çalışmaları ve toplam tarihlme analizi sayıları (Grafik oluşturmak için kullanılan veriler Ek Çizelge 1’de sunulmakta olup, ayrıntılar için lütfen bu çizelgeye bakınız).

Türkiye'deki paleoekolojik çalışmalarda, özellikle göl/bataklık, arkeolojik yerleşim, buzul alanları gibi alanlarda çeşitli tarihlendirme analiz yöntemleri tercih edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan tarihlendirme analizleri arasında Varv Tarihlendirmesi, Radyokarbon (^{14}C) Tarihlendirme Analizi, U–Th Tarihlendirmesi, ^{210}Pb (Kurşun Tarihlendirmesi) ve K–Ar (Potasyum-Argon) Tarihlendirmesi bulunmaktadır (Lowe ve Walker, 2015; Roberts, 2014). Bu bölümde açıklanan durumlara örnek olarak, Nar Gölü'nde (England vd., 2008) yürütülen çalışmalarda elde edilen kronolojiye dayalı bir tarihlendirme verilebilir. Paleo Konya Gölü (Kuzucuoğlu vd., 1999) ve Nar Gölü (Roberts vd., 2016a) çalışmalarında ise sediman karotları U–Th yöntemi ile tarihlendirilmiştir.

Her tarihlendirme analizinin kendine özgü amacı, hata payları ve uygulanabilir zaman dilimleri vardır, bu da belirli alanlarda kullanım farklılıklarına yol açar. Örneğin, derin deniz karotları için ^{14}C tarihlerinin şu anda küresel okyanuslar için yaklaşık 400 yıl olduğu tahmin edilmekte, ancak bu tarihler, deniz rezervuar etkisindeki mekânsal ve zamansal değişikliklerden etkilenmektedir (Ascough vd., 2005; Stuiver vd., 1986). Buzul koşullarının neden olduğu artan rezervuar etkisi nedeniyle, özellikle Genç (Younger) Dryas ve Erken Holosen dönemlerinde rezervuar etkisinin sebep olduğu düşünülen zamansal sapmalar, kronolojik tutarsızlıklara da yol açabilir (Stuiver vd., 1986).

Türkiye'deki paleoekolojik araştırmalar kapsamında radyokarbon (^{14}C) tarihlendirme, yaygın kullanımı nedeniyle önem arz etmekte ve araştırma gereksinimlerine göre farklı tarihlendirme yöntemleri sunmaktadır. Ancak, radyokarbon kullanımının çalışmalarındaki özellikler incelendiğinde, birçok eski dönem polen çalışmasının (Van Zeist vd., 1975) sınırlı sayıda ^{14}C tarihlendirmesine (ya da hiç tarihlendirme olmaksızın) sahip olduğu ve tarihlendirme işleminin bu örnekler arasında interpolasyon yöntemi ile yapıldığı gözlemlenmektedir. Ayrıca, öncü çalışmalarda tarihlendirme analizlerinin azlığı da verilerin değerlendirilmesini etkilemektedir. Bazı göllerden alınan karotlarda radyokarbon yönteminin uygulanabilir olmaması nedeniyle alternatif yöntemler tercih edilmiştir. Örneğin, Seyfe Gölü

karotunda organik materyal bulunmadığı için ve Tuzla ve Büyüköl karotlarında tarihlendirilebilecek bir materyal olmadığı için tarihlendirme analizi gerçekleştirilememiştir (Bottema vd., 1994). Gölhisar Gölü I, Elmalı, Avlan Gölü (Bottema ve Woltring, 1984), Gölyaka ve Kuşçenneti II (Bottema vd., 2001), Çanaklı (Vermoere vd., 2002), Arin Gölü (Kamar, 2018b), Manyas Gölü II (Kartum, 2021) karotları çeşitli sebeplerle tarihlendirilememiştir. Ayrıca, yüksek çözünürlüklü yaş derinlik modellerinin oluşturulduğu son dönem çalışmalar da mevcuttur: Bereket (Kaniewski vd., 2007); İznik Gölü (Miebach vd., 2016); Elaia Limanı (Shumilovskikh vd., 2016); Belevi Gölü (Stock vd., 2020). Modern paleoekoloji çalışmalarında, sediman uzunluğuna ve odaklanılan zaman dilimine bağlı olarak güvenilir bir kronolojinin ~500 yıllık aralıklarla oluşturulabileceği göz önüne alındığında, Anadolu'daki öncü çalışmaların kronolojik olarak güncel araştırmalardan farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Nitekim, günümüze doğru tarihlendirme analizlerinin sayısı küresel çapta yapılan çalışmalarla paralel olarak artış göstermiştir (Şekil 1 ve 6).

Sediman uzunluğu, araştırmacılara gerekli tarihlendirme analizlerinin sayısı hakkında bir fikir verebilir. Ancak, bir çalışmada tarihlendirme analizlerinin sıklığını belirlerken sadece sediman uzunluğuna dikkat edilmemelidir. Sedimentasyon hızı, karot uzunluğu ve antropojenik etkiler gibi faktörler, karot boyunca ^{14}C noktalarının sayısını tanımlamada kritik öneme sahiptir. ^{14}C noktalarının sayısını yalnızca karot uzunluğuna göre tanımlamak bilimsel olarak doğru değildir. Anadolu'daki birçok göl alanında sedimentasyon hızı oldukça düşük olabilir ve bu durum, bir metre sedimanın birkaç bin yıla karşılık gelebileceği anlamına gelir [örneğin, Yelten Sazlığı I, (Bozkurt, 2021)]. Dolayısıyla, bir çalışmada tarihlendirme analizi çözünürlüğünü etkileyen faktörler çeşitlidir ve sedimanın alındığı bölgenin çevresel koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

Bir çalışmada kaç tarihlendirme analizinin yapılması gerektiği sorusu, sonuçların güvenilirliğini sağlamak ve en doğru tarihlendirme sonuçlarına ulaşmak kadar önemlidir. Türkiye'deki bilimsel ve teknolojik ilerlemelere rağmen, göl sediman kronolojisinin oluşturulması, göl/bataklık alanlarının farklı oluşum

süreçleri ve özellikleri nedeniyle kaotik bir yapı sergilemektedir. Bu durumu yapılan çalışmalarla somutlaştırmak gerekirse, bazı bölgelerde volkanik gaz emisyonlarına bağlı olarak sert su (rezervuar) etkileri nedeniyle ortaya çıkan eski karbon birikimleri, radyokarbon tarihlemenin değerini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Örneğin, İç Anadolu'daki Nar Gölü'nde yapılan bir çalışmada, alınan sediman karotlarında yetersiz karasal karbon içeriği, eski karbon birikimleri (jeotermal aktiviteyle ilişkili 15.000 yıllık bir karbon etkisi tespit edilmiştir) ve volkanik gaz (kükürt gazı) emisyonları nedeniyle tarihleme sorunlarıyla karşılaşmıştır. Bu durumda, ¹⁴C tarihleme analizleri kullanılamamıştır. Kronolojiyi oluşturmak için, gölden alınan farklı sediman karotlarında Varv tarihleme, U-Th tarihleme, ²¹⁰Pb ve ¹³⁷Cs tarihleme, Ra-Th tarihleme gibi çeşitli analiz yöntemleri uygulanmıştır (Allcock, 2013; England vd., 2008; Roberts vd., 2016b). Benzer sorunlar, İç Anadolu'daki Paleo-Konya Gölü'nde yürütülen bir paleoekolojik çalışmada da rapor edilmiştir (Roberts vd., 1999). Elde edilen sedimanda zengin karbonat, ancak yetersiz organik materyal bulunması, ¹⁴C tarihleme analizinde zorluklara neden olmuştur. Bu tarihleme sorunlarını gidermek amacıyla, tarihleme analizine tabi tutulan materyallerde çeşitlilik ve birden fazla tarihleme analizi tercih edilmiştir. Özellikle, tarihleme analizine tabi tutulan materyaller arasında yer alan yumuşak kabuklu yumuşakça fosilleri, eski karbon içerme ve ikincil kalsit kristalleşmesi ya da birikimi nedeniyle örneğin yaşını çok daha genç gösterebilme olasılığı nedeniyle belirsizliklere yol açmıştır (Roberts vd., 1999).

Paleo-Kuleönü Gölü'nde (Göller Yöresi) yapılan bir başka çalışmada, sedimanda özellikle günümüze yakın seviyelerde düşük organik madde ve karbon oranı nedeniyle ¹⁴C tarihleme analizinde belirsizlikler ve yüksek hata oranlarıyla karşılaşmıştır. Bu sorunun üstesinden gelmek için, seviyeyi temsil eden üç farklı örnek alınmış (polen, bulk sediman) ve en yüksek karbon içeriğine sahip örneğin sonucu kabul edilmiştir (Ünlü, 2021). Benzer tarihleme sorunları, Türkiye'nin çevre bölgelerinde yapılan çalışmalarda da benzer nedenlerle karşılaşmıştır. Örneğin, Ghap Vadisi ve Hula Gölü'nde yapılan çalışmalarda (Baruch ve Bottema 1991; Niclewski ve Bottema

1970; Yasuda vd., 2000), Ghap Vadisi'nde yumuşak kabuklu örnekler üzerinde ¹⁴C tarihleme analizi yapılmıştır. Bu çalışmada, daha önce sahada yapılan çalışmalarda geliştirilen bir metodoloji kullanılarak, sert su etkisinin tespit edildiği sahada herhangi bir etkinin bulunma olasılığı göz önünde bulundurularak sonuçlar değerlendirilmiştir. Tarihleme sonuçları, polen diyagramları ve kronolojik bulgularla (*Artemisia* ve *Chenopodiaceae*) karşılaştırılarak, bu bulgular küresel iklim kronolojilerinde tespit edilen kuraklık olayları kronolojilerine karşı test edilmiştir (Rossignol-Strick, 1995). Hula Gölü'ndeki çalışmada, tarihleme sonuçlarında sert su etkisi tespit edilmiş ve Ghap Vadisi sonuçlarına göre yaklaşık 700 yıllık bir kayma belirlenmiştir. Ghap Vadisi çalışmasında kullanılan aynı metodoloji, Yasuda vd. (2000) tarafından yürütülen bir çalışmada da uygulanmış ve Ghap Vadisi sediman karotlarının radyometrik tarihlerine sert suyun etkisinin nispeten küçük veya hatta ihmal edilebilir düzeyde olduğu gösterilmiştir.

Anadolu'daki sulak alanlarda son 40 yılda, 1984'ten 2024'e kadar meydana gelen önemli değişiklikler endişe vericidir (Google Earth görüntülerine göre). Nitekim, 1967'den itibaren sediman karotu alma işlemlerinin yapıldığı birçok göl alanının günümüzde kuruduğu veya mevsimsel sulak alanlara dönüştüğü gözlemlenmektedir. Kuraklık ve yoğun buharlaşmaya eğilimli bölgelerde, sığ göllerin/bataklıkların su tutma kapasiteleri süreksizlik gösterebilir (Harmancıoğlu ve Altınbilek, 2020). Bu süreksizlik doğrudan sediman yapısını etkiler ve dolayısıyla tarihleme analizlerinin sonuçlarını etkileyebilir. İklim değişiklikleri nedeniyle sürekli anoksik koşulların ortadan kalkması, yaygın olarak kullanılan bulk sediman yapısının korunmasını olumsuz etkileyebilir. Bu durum, sedimanda korunmuş tarihleme materyallerinin kaybına yol açabileceği gibi analiz sonuçlarındaki sapma değerlerinde artışa da neden olabilir. Ayrıca, sediman karotlarının göl yüzeyinin en derin noktasından alınmaması sonucu oluştuğu düşünülen hiyatus gelişimlerinin sıkça tespit edilmesi endişe uyandırmaktadır. Hiyatus oluşumunun, sulak alanların karasal ortama dönüşmesi, besleyen kaynakların durması gibi olaylar nedeniyle meydana geldiği düşünülmekte ve Anadolu'daki birçok göl/bataklık alanında tespit edilmiştir (Bulkan vd., 2018;

Eriş vd., 2018; Şenkul vd., 2022). Oluşum nedenleri dikkate alındığında, sığ derinliğe sahip alanların iklimsel kuraklıklar karşısında kuruma ve hızlı seviye değişiklikleri yaşayabileceği varsayılabilir. Ayrıca, göl/bataklık alanında hızlı değişen bir seviyeden, özellikle kıyı veya kıyıya yakın bir noktadan alınan karotlardan, sediman karotlarında hiyatus tespitine ve yüksek hata oranlı tarihlendirme sonuçlarına yol açabilir. Burada kastedilen yalnızca seviye değişikliği ve karasallaşma değil, aynı zamanda flora ve fauna etkileriyle sediman bütünlüğünün potansiyel bozulmasıdır (örneğin, bitki köklerinin göl tabanındaki sediman gelişimini olumsuz etkilemesi, sediman yapısında stratigrafik tutarsızlıklara yol açabilir). Faunal aktivitenin sığ ve kıyı alanlarda yoğun olduğu varsayıldığında, sediman bütünlüğünü etkileyebilme olasılığı ortaya çıkmaktadır.

Geçmiş hakkında yapılan bu tahminler ve olasılıklar belirsizdir; ancak, geçmiş çevresel koşulların mevcut ekolojik dinamikler dikkate alınarak incelendiği paleoekolojik çalışmalarda bu tahminler önem kazanmaktadır. Bu belirsizlikler karşısında, tarihlendirme analizlerinde güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, bulk sediman yerine farklı materyaller kullanılabilir veya aynı seviyeden alınan birden fazla materyal üzerinde tarihlendirme analizi yapılabilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir. Bu şekilde analizlerin sınırlılıkları ve örneklem tipinden kaynaklanabilecek sorunlar aşılabilecek ve güvenilir kronolojiler oluşturulabilecektir.

6. Sonuç

Bu çalışmada, gölsel veya bataklık alanlarda yapılan paleoekolojik çalışmaların “tarihlendirme” perspektifinden değerlendirilmesi sonucunda, Anadolu’nun gölsel veya bataklık alanları açısından önemli bir sorun olarak ortaya çıkan tarihlendirme eksikliği, tarihlendirme sınırlılığı ve kronolojik uyumsuzluk gibi temel sorunlar belirlenmiştir. Bu ortamlarda yapılan paleoekolojik çalışmaların tarihlendirme perspektifinden değerlendirilmesiyle, bu sorunların ampirik olarak belirlenmesi ve çözüm önerileri ortaya konulmuştur. Ayrıca, Sultansazlığı Bataklığı’ndan alınan sediman karotlarının tarihlendirme analizleri bağlamında, doğru bir yaş-derinliği modeli elde etmek amacıyla 2022 yılında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ile işbirliği içinde geliştirilen bir

yaklaşım sunulmuştur. Anadolu’daki paleoekolojik çalışmalarda tarihlendirme metodolojilerindeki teknolojik ilerlemeler ve bilimsel gelişmeler, göl ve bataklık ortamlarından alınan sediman karotlarının tarihlendirilmesinde önemli ilerlemeler sağlamıştır. Ancak bu gelişmelere rağmen, bu ortamlardaki sediman stratigrafisinin karmaşık yapısı nedeniyle güvenilir kronolojik rekonstrüksiyonun oluşturulması hususunda zorluklar devam etmektedir.

Bu çalışma, güvenilir bir yaş-derinlik modelinin elde edilmesini etkileyen faktörleri kapsamlı bir şekilde tartışmayı amaçlamaktadır. Bu faktörler arasında göllerin veya bataklıkların fiziksel ve kimyasal özellikleri, sediman alımı için kullanılan ekipman, örnek alım noktalarının konumu, sediman çökelişini etkileyen göl süreçleri, sediman karotlarının uzunluğu ve sürekliliği, ¹⁴C tarihlendirme analizi için seçilen numune türleri, numune alımı ve saklama sırasında gösterilen özen, sediman uzunluğu, paleoiklim, su bitkilerinin yoğunluğu, kök sistemlerinin karmaşıklığı ve paleoçevresel koşullarla tutarlı güvenilir tarihlendirme analiz sayısı yer almaktadır. Bu faktörlerin her biri kronolojik yeniden yapılandırmaların güvenilirliğinde önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışma, göl veya bataklık ortamlarında sediman karotları ile yürütülen paleoekolojik araştırmalarda güvenilir bir yaş-derinlik modelinin elde edilmesini etkileyen faktörler için prosedürel çözümler ve çıkarımlar sunmaktadır. Bu faktörler şunlardır:

- Göllerde/bataklıklarda sediman birikiminin süreklilik (stratigrafik birikim) gösterdiği noktanın belirlenmesi ve bu noktadan örnekleme yapılması veya birden fazla yerden farklı karot serilerinin alınması.

- Numune kaybını önlemek ve sürekli bir sediman karot serisi elde etmek için sistematik ve metrik olarak sediman alımını sağlayabilen ekipmanların kullanılması.

- Elde edilen sediman karot serilerinin sürekliliğini sağlamak veya olası kayıpları önlemek için A ve B karot serileri şeklinde sediman alımlarının yapılması.

- Paleoekolojik sonuçları etkileyebilecek kontaminasyon olaylarını önlemek için karotların dikkatli bir şekilde paketlenmesi.

– Sediman tarihlendirme analizi için örnekleme işlemlerinin steril ortamda, zaman kaybı olmadan ve hassas örnekleme ile gerçekleştirilmesi.

– Tarihlendirme analizi için tercih edilen numune türünü dikkate almak ve tarihlendirme analizi sonuçlarının güvenilirliğini test etmek için benzer veya yakın seviyelerden aynı veya farklı numune türlerini kullanarak yeni tarihlendirme analizleri yapmak.

– Tarihlendirme analizlerinin sayısını belirlerken ve tarihlendirme süreçlerini yürütürken sediman uzunluğunu ve sediman karotunun taban yaşını dikkate almak.

– Analiz sonuçlarına göre oluşturulan yaş-derinlik modelleri bağlamında sonuçların farklı modellerle kontrol edilmesi/ilişkilendirilmesi ve uygun modelin belirlenmesi. Oluşturulan yaş-derinlik modellerinde uyumsuzluklarla karşılaşılması durumunda, sonuçların küresel iklim kronolojisinde kaydedilen olaylarla karşılaştırılması ve bulguların biyostratigrafik kontrollerle değerlendirilmesi.

Sonuç olarak, bir paleoekoloji çalışmasının sonuçlarının güvenilirliği, yerel, bölgesel ve küresel korelasyonlara ve spesifik bulgulara ulaşma süreçlerini doğrudan etkileyen kronolojik rekonstrüksiyona bağlıdır. Bu çalışma kapsamında tarihlendirme sonuçlarını etkileyen faktörler ele alınmış olup, Sultansazlığı Bataklığı'ndan alınan sediman karotları tartışmaya açılarak polen tarihlendirmesinin sonuç elde etmede güvenilir bir yöntem olduğuna dair önerilerde bulunulmuştur.

Teşekkür

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) 119Y053 numaralı proje ile mümkün olan cömert finansmanları ve paha biçilmez lojistik destekleri için en içten şükranlarımızı sunarız. Bilimsel araştırmaları ilerletme hususundaki kararlılıkları, projemizin başarısında önemli bir rol oynamıştır.

Değınilen Kaynaklar

Allcock, S. L. 2013. Living with a changing landscape: Holocene climate variability and socio-evolutionary trajectories, central Turkey. School

of Geography, Earth and Environmental Sciences Ph.D., 375.

Anderson, E. C., Libby, W. F., Weinhouse, S., Reid, A. F., Kirshenbaum, A.D., Grosse, A. V. 1947. Radiocarbon from cosmic radiation. *Science* 105, 576.

Ascough, P., Cook, G., Dugmore, A. 2005. Methodological approaches to determining the marine radiocarbon reservoir effect. *Progress in Physical Geography* 29, 532–547.

Aytuğ, B. 1967. Konya-Süberde Dolaylarında Neolitik Çağ Florasının İncelenmesi. Ankara/Türkiye.

Aytuğ, B., Merev, N., Edis, G. 1975. Sürmene-Ağaçbaşı Dolayları Ladin Ormanının Tarihi ve Geleceği.

Bakker, J., Kaniewski, D., Verstraeten, G., Laet, V. de, Waelkens, M. 2012. Numerically derived evidence for late-Holocene climate change and its impact on human presence in the southwest Taurus Mountains, Turkey. *Holocene* 22, 425–438.

Baruch, U., Bottema, S. 1991. Palynological evidence for climatic changes in the Levant ca. 17,000-9,000 BP.

Beug, J. B. 1967. Contributions to the Postglacial Vegetational History of Northern Turkey. In: Cushing, E. J., Wrigth, E. (Eds.), *Quaternary Paleoecology*. New Haven and London, Yale University Press, Germany.

Biltekin, D., Eriş, K. K., Çağatay, M. N., Ön, S. A., Akkoca, Di.B. 2018. Late Pleistocene–Holocene environmental change in eastern Turkey: multi-proxy palaeoecological data of vegetation and lake-catchment changes. *Journal of Quaternary Science* 33, 575–585.

Blaauw, M., Christeny, J. A. 2011. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis* 6, 457–474.

Bottema, S. 1995. Holocene Vegetation of the Van area: Palynological and chronological evidence from Söğütlü, Turkey. *Vegetation History and Archaeobotany* 4, 187–193.

Bottema, S., Woldring, H. 1984. Late Quaternary Vegetation and Climate of Southwestern Turkey Part II. *Paleohistoria* 26, 12–15.

Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary Vegetation History of Northern Turkey. *Palaeohistoria* 13-72.

Bottema, S., Woldring, H., Kayan, İ. 2001. The Late Quaternary Vegetation History of Western Turkey. In: Roodenberg, J. J., Thissen, L. C. (Eds.), *The Ilipinar Excavations II*.

- Bozkurt, Y. 2021. Fossil Pollen Analizlerine Dayalı Yelten Sazlığı ve Çevresinin Paleovejetasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Brown, T. A., Nelson, D. E., Mathewes, R. W., Vogel, J. S., Southon, J. R. 1989. Radiocarbon dating of pollen by accelerator mass spectrometry. *Quaternary Research* 32, 205–212.
- Brown, T. A., Farwell, G. W., Grootes, P. M., Schmidt, F. H. 1992. Radiocarbon AMS dating of pollen extracted from peat samples. *Radiocarbon* 34, 550–556.
- Bulkan, Ö., Yalçın, M. N., Wilkes, H. 2018. Geochemistry of Marmara Lake sediments - Implications for Holocene environmental changes in Western Turkey. *Quaternary International* 486, 199–214.
- Collins, P. E. F., Rust, D. J., Bayraktutan, M. S., Turner, S. D. 2005. Fluvial stratigraphy and palaeoenvironments in the Pasinler Basin, eastern Turkey. *Quaternary International* 140–141, 121–134.
- Dan, A., Başaran, S., Brückner, H., Erkul, E., Pint, A., Rabbel, W., Shumilovskikh, L., Wilken, D., Wunderlich, T., 2019. Ainos in Thrace: Research Perspectives in Historical Geography and Geoarchaeology. *Anatolia Antiqua* 127–144.
- Doğan, M. 2022. Son Buzul Maksimumu'ndan Günümüze Yayla Gölü (Büyük Menderes-Denizli) ve Çevresinin Paleokolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Doğan, T., İlkmen, E., Kulak, F. 2021. A new national 1 MV AMS laboratory at TÜBİTAK MRC in Turkey. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 509, 48–54.
- Dönmez, E. O., Ocakoğlu, F., Akbulut, A., Tunoğlu, C., Gümüş, B.A., Tuncer, A., Görüm, T., Tün, M. 2021. Vegetation record of the last three millennia in central Anatolia: Archaeological and palaeoclimatic insights from Moagn Lake (Ankara, Turkey). *Quaternary Science Reviews* 262.
- Eastwood, W. J. 1997. The Palaeoecological Record of Holocene Environmental Change in Southwest Turkey. University of Wales.
- Eastwood, W. J., Roberts, N., Boyer, P. 2007. Pollen Analysis at Çatalhöyük. In: Hodder, I. (Ed.), *Excavating Çatalhöyük, South, North and KOPAL Area Reports from the 1995-1999 Seasons*. British Institute at Ankara, UK, 573–588.
- Emery-Barbier, A., Thiébault, S. 2005. Preliminary conclusions on the Late Glacial vegetation in south-west Anatolia (Turkey): The complementary nature of palynological and anthracological approaches. *Journal of Archaeological Science* 32, 1232–1251.
- England, A. 2006. Late Holocene Palaeoecology of Cappadocia (Central Turkey): An Investigation of Annually Laminated Sediments from Nar Gölü Crater Lake. The University of Birmingham.
- England, A., Eastwood, W. J., Roberts, C. N., Turner, R., Haldon, J. F. 2008. Historical landscape change in Cappadocia (central Turkey): A palaeoecological investigation of annually laminated sediments from Nar lake. *Holocene* 18, 1229–1245.
- Eriş, K. K., Gürocak, Z., Akkoca Bal, D., Okan, Ö. Ö., İnceöz, M., İmren, C., Akçer Ön, S., Sancar, Ü., Biltekin, D. 2014. Hazar Gölü'nde (Elazığ) Pleyistosen-Holosen Dönemi Yüksek Çözünürlü İklim ve Su Seviyesi Değişimleri. Ankara/Türkiye.
- Eriş, K. K., Ön, S. A., Çağatay, M. N., Ülgen, U. B., Ön, Z. B., Gürocak, Z., Nagihan Arslan, T., Akkoca, D. B., Damcı, E., İnceöz, M., Okan, Ö. Ö. 2018. Late Pleistocene to Holocene paleoenvironmental evolution of Lake Hazar, Eastern Anatolia, Turkey. *Quaternary International* 486, 4–16.
- Erol, O. 1999. A geomorphological study of the Sultansazlığı lake, central Anatolia. *Quaternary Science Reviews* 18, 647–657.
- Gauthier, A., Mouralis, D., Kuzucuoğlu, C., Fontugne, M., Atakay, E., Evcimen, Ö. 2014. Environmental Changes in Central Antolia since the LGM: The pollen record from Çora Maar (Erciyes, Türkiye). In: *Lakes and Human Interactions, QuicklakeH Workshop*. Ankara/Türkiye.
- Gemici, Y. 1986. Çivril (Denizli) Sandıklı ve Dinar (Afyon) ilçeleri arasındaki Akdağ ve çevresinin flora ve vejetasyonu. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Godwin, H. 1951. Comments on radiocarbon dating for samples from the British Isles. *American Journal of Science*.
- Harmancıoğlu, N., Altınbilek, D. 2020. Water Resources of Turkey, Water Resources of Turkey.
- İnceoğlu, Ö., Pehlivan, S. 1986. İç Anadolu Bölgesindeki Tuz Gölü Kuvaterner Tabakalarında Palinolojik Bir Araştırma. Ankara/Türkiye.
- Kamar, G. 2018a. Nazik Gölü (Bitlis, Türkiye) Güneybatısından Alınan N3 Karotunun Palinolojik İlk Bulguları Preliminary Palynological Findings of the N3 Core from Southwest of Lake Nazik (Bitlis, Turkey). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 23, 291–296.
- Kamar, G. 2018b. Palynology of Lake Arin (Eastern Anatolia, Turkey) deposits and its relation with water level change of Lake Van: Preliminary findings. *Quaternary International* 486, 83–88.

- Kamar, G. 2021. Holocene Palynology and Pollen-Based Palaeoclimate Reconstruction of Lake Erçek (Eastern Anatolia); Short-Term Climatic Fluctuations and their Relation with Global Palaeoclimatic Change; Results of Cores E1 and E10. *Türkiye Jeoloji Bülteni / Geological Bulletin of Turkey* 64, 253–266.
- Kaniewski, D., Laet, V. De, Paulissen, E., Waelkens, M. 2007. Long-term effects of human impact on mountainous ecosystems, western Taurus Mountains, Turkey. *Journal of Biogeography* 34, 1975–1997.
- Kaplan, G., Örçen, S. 2011. Van Gölü Kuzey Havzasının Geç Holosen Paleoflorası Late Holocene Paleoflora of Lake Van Northern Basin 32, 139–150.
- Karlioğlu, N., Caner, H., Rauh, N. K., Akkemik, Ü., Köse, N., Connor, E. M. 2016. Palynological evidence for human occupation in western Rough Cilicia (southwest Turkey). *Quaternary International* 401, 109–122.
- Karlioğlu, Kılıç, N., Caner, H., Erginal, A. E., Ersin, S., Selim, H. H., Kaya, H. 2018. Environmental changes based on multi-proxy analysis of core sediments in Lake Aktaş Turkey: Preliminary results. *Quaternary International* 486, 89–97.
- Karlioğlu Kılıç, N., Yılmaz Dağdeviren, R., Acar, D., Küçükdemirci, M., Makaroğlu, Ö., Karaöz, M. Ö., Şahin Altun, D., Tutar, A., Horuz, A., Gürel, A., İslam, Z., Çağatay, M. N. 2020. Akgöl'de (Sakarya) Fosil Polen Analizine Dayalı Paleovejetasyon Araştırmaları: İlk Bulgular. *Journal of Geography* 40.
- Kartum, Ş. 2021. Manyas (Kuş) Gölü Çökellerinin Paleoklimsel ve Paleokolojik Kayıtları. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Kılıç, N. K., Dağdeviren, R. Y., Fural, S., Kökrer, S., Makaroğlu, O. 2023. Vegetation history of lake marmara (w. Türkiye) and surrounding area during the last 700 years. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences* 76, 1028–1037.
- Koçyiğit, A., Beyhan, A. 1998. A new intracontinental transcurrent structure: The Central Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics* 284, 317–336.
- Koçyiğit, A., Doğan, U. 2016. Strike-slip neotectonic regime and related structures in the cappadocia region: A case study in the salanda basin, central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 25, 393–417.
- Kuzucuoğlu, C., Bertaux, J., Black, S., Deneffe, M., Fontugne, M., Karabiyikoğlu, M., Kashima, K., Limondin-Lozouet, N., Mouralis, D., Orth, P. 1999. Reconstruction of climatic changes during the Late Pleistocene, based on sediment records from the Konya Basin (Central Anatolia, Turkey). *Geological Journal* 34, 175–198.
- Landmann, G., Reimer, A. 1996. Climatically induced lake level changes at Lake Van, Turkey, during the Pleistocene/Holocene transition. *Global Biogeochemical Cycles*, 10, 797–808.
- Landmann, G., Reimer, A., Lemcke, G., Kempe, S. 1996. Dating Late Glacial abrupt climate changes in the 14,570 yr long continuous varve record of Lake Van, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 122, 107–118.
- Leroy, S., Kazancı, N., İleri, Ö., Kibar, M., Emre, O., McGee, E., Griffiths, H.I. 2002. Abrupt environmental changes within a late Holocene lacustrine sequence south of the Marmara Sea (Lake Manyas, N-W Turkey): Possible links with seismic events. *Marine Geology* 190, 531–552.
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S., Heumann, G., Franz, S. O., Ülgen, U. B., Niessen, F. 2009. 'PALEOVAN', International Continental Scientific Drilling Program (ICDP): site survey results and perspectives. *Quaternary Science Reviews* 28, 1555–1567.
- Lowe, J., Walker, M. 2015. *Reconstructing Quaternary Environments*, Third Edit. ed. Routledge, Taylor and Francis Group, London and Newyork.
- Mahaney, W. C. 1984. Correlation of quaternary chronologies : From a Symposium on Correlation of Quaternary Chronologies, May 26-29, 1983, Atkinson College, York University, Toronto, Canada. Norwich : Geo books.
- Miebach, A., Nienstrath, P., Roeser, P., Litt, T. 2016. Impacts of climate and humans on the vegetation in northwestern Turkey: Palynological insights from Lake Iznik since the Last Glacial. *Climate of the Past* 12, 575–593.
- Müllenhoff, M., Handl, M., Knipping, M., Brückner, H. 2004. The evolution of Lake Bafa (Western Turkey) - Sedimentological, microfaunal and palynological results. *Coastline Reports* 1, 55–66.
- Niclewski, J., Bottema, S. 1970. A late quaternary pollen diagram from Lake Urmia (Northwestern Iran). *Review of Palaeobotany and Palynology* 47.
- Ocakoğlu, F., Dönmez, E. O., Akbulut, A., Tunoğlu, C., Kır, O., Açıkalın, S., Erayık, C., Yılmaz, İ. Ö., Leroy, S. A. G. 2016. A 2800-year multi-proxy sedimentary record of climate change from Lake Çubuk (Göynük, Bolu, NW Anatolia). *Holocene* 26, 205–221.
- Ocakoğlu, F., Çilingiroğlu, Ç., Erkara, İ. P., Ünan, S., Dinçer, B., Akkiraz, M. S. 2019. Human-climate interactions since the neolithic period in Central Anatolia: Novel multi-proxy data from the

- Kureyşler area, Kütahya, Turkey. *Quaternary Science Reviews* 213, 1–17.
- Ocakoğlu, F., Akbulut, A., Oybak Dönmez, E., Tuncer, A., Tunoğlu, C., Açıkalın, S., Erayık, C. 2022. Lowstand lake conditions in NW Anatolia during the Little Ice Age: Multi-proxy evidence from Lake Sünnet. *Holocene* 32, 935–949.
- Ören, A. 2018. Kültepe (Kayseri) Çevresinin Fosil Polen Analizleri Işığında Holosen Paleocoğrafyası. Ankara Üniversitesi.
- Philippsen, B. 2012. Variability of freshwater reservoir effects 189.
- Philippsen, B. 2013. The freshwater reservoir effect in radiocarbon dating. *Heritage Science* 1, 1–19.
- Philippsen, B., Kjeldsen, H., Hartz, S., Paulsen, H., Clausen, I., Heinemeier, J. 2010. The hardwater effect in AMS 14C dating of food crusts on pottery. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 268, 995–998.
- Ramsey, C. B. 2008. Deposition models for chronological records. *Quaternary Science Reviews* 27, 42–60.
- Reimer, P. J. 2020. Composition and consequences of the IntCal20 radiocarbon calibration curve. *Quaternary Research (United States)* 96, 22–27.
- Roberts, N. 2014. *The Holocene*, Third Edit. ed. Wiley Blackwell.
- Roberts, N., Black, S., Boyer, P., Eastwood, W. J., Griffiths, H. I., Lamb, H. F., Leng, M. J., Parish, R., Reed, J. M., Twigg, D., Yig\ Itbas ' Iog\ Lu, H. 1999. Chronology and stratigraphy of Late Quaternary sediments in the Konya Basin, Turkey: Results from the KOPAL Project, *Quaternary Science Reviews*.
- Roberts, N., Allcock, S. L., Arnaud, F., Dean, J. R., Eastwood, W. J., Jones, M. D., Leng, M. J., Metcalfe, S. E., Malet, E., Woodbridge, J., Yiğitbaşıoğlu, H. 2016a. A tale of two lakes: a multi-proxy comparison of Lateglacial and Holocene environmental change in Cappadocia, Turkey. *Journal of Quaternary Science* 31, 348–362.
- Roberts, N., Allcock, S. L., Arnaud, F., Dean, J. R., Eastwood, W. J., Jones, M. D., Leng, M. J., Metcalfe, S. E., Malet, E., Woodbridge, J., Yiğitbaşıoğlu, H. 2016b. A tale of two lakes: a multi-proxy comparison of Lateglacial and Holocene environmental change in Cappadocia, Turkey. *Journal of Quaternary Science* 31, 348–362.
- Rosignol-Strick, M. 1995. Sea-land correlation of pollen records in the Eastern Mediterranean for the glacial-interglacial transition: *Biostratigraphy versus radiometric time-scale. Quaternary Science Reviews* 14, 893–915.
- Shumilovskikh, L. S., Seeliger, M., Feuser, S., Novenko, E., Schlütz, F., Pint, A., Pirson, F., Brückner, H. 2016. The harbour of Elaia: A palynological archive for human environmental interactions during the last 7500 years. *Quaternary Science Reviews* 149, 167–187.
- Stock, F., Laermanns, H., Pint, A., Knipping, M., Wulf, S., Hassl, A. R., Heiss, A. G., Ladstätter, S., Opitz, S., Schwaiger, H., Brückner, H. 2020. Human-environment interaction in the hinterland of Ephesos – As deduced from an in-depth study of Lake Belevi, west Anatolia. *Quaternary Science Reviews* 244.
- Stuiver, M., Pearson, G., Braziunas, T. 1986. Radiocarbon Age Calibration of Marine Samples Back to 9000 Cal Yr BP. *Radiocarbon* 28, 980–1021.
- Sullivan, D.G. 1989. Human-induced vegetation change in western Turkey: Pollen evidence from central Lydia. University of California.
- Şekeryapan, C., Streurman, H. J., Plicht, J. van der, Woldring, H., Veen, Y. van der, Boomer, I. 2020. Late Glacial to mid Holocene lacustrine ostracods from southern Anatolia, Turkey: A palaeoenvironmental study with pollen and stable isotopes. *Catena* 188, 104437.7
- Şenkul, Ç., Doğan, M. 2018. Fosil ve güncel polen analizleri ışığında Mucur Obruk Gölü çevresinin paleovejetasyon değişimleri. *Turkish Geographical Review* 70, 19–28.
- Şenkul, Ç., Kalıpçı, E. 2019. Güneybatı Anadolu'dan Yeni Bir Paleoeolojik Değerlendirme: Karataş Gölü ve Çevresinin Geç Holosen Paleovejetasyon Değişimleri ve İklim ile İlişkileri. *Journal of Geography* 35–47.
- Şenkul, Ç., Ören, A., Doğan, U., Eastwood, W. J. 2018a. Late Holocene environmental changes in the vicinity of Kültepe (Kayseri), Central Anatolia, Turkey. *Quaternary International* 486, 107–115.
- Şenkul, Ç., Memiş, T., Eastwood, W. J., Doğan, U. 2018b. Mid-to late-Holocene paleovegetation change in vicinity of Lake Tuzla (Kayseri), Central Anatolia, Turkey. *Quaternary International* 486, 98–106.
- Şenkul, Ç., Bozkurt, Y., Ünlü, Y. 2022a. Fosil Polen ve Jeokimyasal (μ -XRF) Analizler Işığında Yelten Sazlığı (Antalya-Korkuteli) ve Çevresinin Son 2.100 Yıllık Paleovejetasyon ve Paleoklimi. *Türk Coğrafya Dergisi* 81, 141–156.
- Şenkul, Ç., Gürboğa, Ş., Doğan, M., Doğan, T. 2022b. High-resolution geochemical (μ XRF) and palynological analyses for climatic and environmental changes in lake sediments from Sultansazlığı Marsh

- (Central Anatolia) during the last 14.5 kyr. *Quaternary International* 613, 24–38.
- Şenkul, Ç., Bozkurt, Y., Doğan, M., Ünlü, Y. 2023. Goller Yöresinin Orta Holosenden Günümüze Paleovejetasyon Tarihi: Karakuyu Bataklığı ve Çevresi. *SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi* 58, 144–160.
- Topuz, M., Karlıoğlu Kılıç, N., Yılmaz Dağdeviren, R., Karabulut, M. 2023. The vegetation history of Lake Gâvur and surrounding areas during the last 4400 years (Kahramanmaraş, Türkiye). *Türk Coğrafya Dergisi* 84, 97–103.
- Turney, C. S. M. 1999. Lacustrine Bulk Organic $\delta^{13}C$ in the British Isles during the Last Glacial-Holocene Transition (14–9 ka 14 C BP). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 31, 71–81.
- Ünlü, Y. 2021. Mikro-XRF Verileri Işığında Paleo-Kuleönlü Gölü ve Çevresinin Paleoiklim Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Van Zeist, W., Woldring, H. 1978. A Postglacial Pollen Diagram from Lake Van in East Anatolia. *Review of Palaeobotany and Palynology* 26, 249–276.
- Van Zeist, W., Timmers, R. W., Bottema, S. 1968. Studies of Modern and Holocene Pollen Precipitation in Southeastern Turkey. *Paleohistoria* XIV, 19–39.
- Van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D. 1975. Late Quaternary Vegetation and Climate of Southwestern Turkey.
- Vermoere, M. 2004. Holocene Vegetation History in the Territory of Sagalassos (Southwest Turkey) A Palynological Approach.
- Vermoere, M., Degryse, P., Vanhecke, L., Muchez, P., Paulissen, E., Smets, E., Waelkens, M. 1999. Pollen analysis of two travertine sections in Baskoy (southwestern Turkey): Implications for environmental conditions during the early Holocene. *Review of Palaeobotany and Palynology* 105, 93–110.
- Vermoere, M., Smets, E., Waelkens, M., Vanhaverbeke, H., Librecht, I., Paulissen, E., Vanhecke, L. 2000. Late Holocene environmental change and the record of human impact at Gravgaz near Sagalassos, southwest Turkey. *Journal of Archaeological Science* 27, 571–595. 8
- Vermoere, M., Bottema, S., Vanhecke, L., Waelkens, M., Paulissen, E., Smets, E. 2002. Palynological evidence for late-Holocene human occupation recorded in two wetlands in SW Turkey. *Holocene* 12, 569–584.
- Walker, M. 2005. Quaternary dating methods., Quaternary dating methods. John Wiley & Sons, Ltd, UK.
- Wick, L., Lemcke, G., Sturm, M. 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: High-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *Holocene* 13, 665–675.
- Woldring, H. 1998. A pollen diagram from a river sediment in Central Anatolia. *Tuba-ar I* 105–111.
- Woldring, H. 2001. Climate change and the onset of sedentism in Cappadocia.
- Yasuda, Y., Kitagawa, H., Nakagawa, T. 2000. The earliest record of major anthropogenic deforestation in the Ghab Valley, northwest Syria: A palynological study. *Quaternary International* 73–74, 127–136.
- Yavuz, N., Culha, G., Demirer, Ş. S., Utescher, T., Aydın, A. 2017. Pollen, ostracod and stable isotope records of palaeoenvironment and climate: Upper Miocene and Pliocene of the Çankırı Basin (Central Anatolia, Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 467, 149–165.
- Yılmaz Dağdeviren, R., Karlıoğlu Kılıç, N., Yakupoğlu, C., Yakupoğlu, N., Eriş, K. K. 2024. The vegetation history of Lake Mert and its surroundings for the last 6600 years (Kırklareli, NW Türkiye). *Quaternary International* 679, 15–24.
- Zhou, A., He, Y., Wu, D., Zhang, X., Zhang, C., Liu, Z., Yu, J. 2015. Changes in the radiocarbon reservoir age in Lake Xingyun, Southwestern China during the holocene. *PLoS ONE* 10, 1–12.

Ek Çizelge

Ek 1- Anadolu'da yapılan fosil polen analiz çalışmalarında sediman uzunluğu, tarihleme sayısı ve analiz türüne ilişkin bilgiler.

Çalışma Yılı	Çalışma Alanı	Sediman Uzunluğu (cm)	Tarihlendirme Sayısı	Tarihlendirme Analiz Türü	Kaynakça
1967	Konya-Süberde	400	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Aytuğ, 1967)
	Abant Gölü I	600	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Beug, 1967)
	Yeniçağa Gölü I	1150	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Beug, 1967)
1968	Gölbashi Gölü	1345	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1968)
	Bozova	190	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1968)
1975	Köyceğiz Gölü	640	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1975)
	Karamık Gölü	605	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1975)
	Hoyran Gölü	435	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1975)
	Beyşehir Gölü I	545	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1975)
	Söğüt Gölü	535	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Van Zeist vd., 1975)
	Ağaçbaşı I	250	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Aytuğ vd., 1975)
	Ağaçbaşı II	260	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Aytuğ vd., 1975)
	Ağaçbaşı III	210	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Aytuğ vd., 1975)
1978	Van I	950	-	Varv Tarihlemesi	(Van Zeist ve Woldring, 1978)
1984	Ova Gölü	778	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
	Avlan Gölü	270	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
	Beyşehir Gölü II	1005	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
	Göhlisar Gölü I	235	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
	Elmalı	305	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
	Akgöl Adabağ	607	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
	Pınarbaşı	715	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema ve Woldring, 1984)
1986	Işıklı Gölü I	330	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Gemici, 1986)
1987	Tuz Gölü	560	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(İnceoğlu ve Pehlivan, 1986)
1989	Gölcük Gölü	1050	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Sullivan, 1989)
1993-1994	Abant Gölü II	1105	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Tuzla Gölü I	381	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Yeniçağa Gölü II	1740	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Tatlı Gölü	907	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Ladik Gölü	851	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Adatepe	470	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Büyükgöl	145	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Demiryurt Gölü	411	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Küçük Akgöl	410	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Kaz Gölü	1083	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Melen	1475	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
	Seyfe	464	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 1994)
1995	Söğütlü	1379	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema, 1995)

MTA Dergisi

1996	Van II	855	-	Varv Tarihlemesi	(Landmann ve Reimer, 1996)
1997	Göhlhisar Gölü II	810	6	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Eastwood, 1997)
1998	Aşıklı Höyük	115	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Woldring, 1998)
1999	Başköy MV 1A	150	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere vd., 1999)
	Başköy MV 1B	90	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere vd., 1999)
	Paleo-Konya Gölü	2500	-	U–Th Tarihlendirmesi	(Kuzucuoğlu vd., 1999)
	Çöl Gölü	300	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	Yayımlanmamış
2000	Gravgaz Bataklığı 1999	800	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere vd., 2000)
2001	Çakırca	95	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 2001)
	Gölyaka	281	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 2001)
	Kuşçenneti II	270	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 2001)
	Apolyont	720	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 2001)
	Ilıpınar	68	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 2001)
	Yenişehir	715	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bottema vd., 2001)
	Eski Acıgöl	1480	8	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Woldring, 2001)
2002	Manyas Gölü	1100	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Leroy vd., 2002)
	Çanaklı	400	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere vd., 2002)
	Gravgaz Bataklığı 1996	800	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere vd., 2002)
2003	Van III	850	-	Varv Tarihlemesi	(Wick vd., 2003)
2004	Bafa S 1	149	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Müllenhoff vd., 2004)
	Bafa S 6	971	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Müllenhoff vd., 2004)
	Gravgaz Bataklığı 1998	816	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
	Ağlasun Core 9	398	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
	Ağlasun Core 13	784	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
	Ağlasun Core 6	1000	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
	Ağlasun Core 12	800	6	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
	Core PQ01	519	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
	Core PQ99	450	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Verwoere, 2004)
2005	Pasinler	250	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Collins vd., 2005)
	Öküzini	542	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Emery-Barbier ve Thiébaud, 2005)
2006	Nar Gölü I	100	-	Varv Tarihlemesi	(England, 2006)
	Burdur Gölü	-	-	Veri Yok	(England, 2006)
2007	Çatalhöyük	570	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Eastwood vd., 2007)
	Avrat Hanlıhöyük	395	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Eastwood vd., 2007)
	Kızılhöyük	475	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Eastwood vd., 2007)
	Bereket	800	11	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Kaniewski vd., 2007)
2009	Van IV	900	-	Varv Tarihlemesi	(Litt vd., 2009)
2011	Van V	449	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Kaplan ve Örcen, 2011)
2012	Gravgaz SA06EP1	300	7	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bakker vd., 2012)
2014	Çora Maarı	1400	10	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Gauthier vd., 2014)
	Hazar Gölü Hz11-P02	400	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Eriş vd., 2014)

MTA Dergisi

2016	İznik Gölü	1800	17	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Miebach vd., 2016)
	Nar Gölü II	2100	-	U–Th Tarihlendirmesi	(Roberts vd., 2016a)
	Çubuk Gölü	300	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Ocakoglu vd., 2016)
	Elaia Limanı	800	11	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Shumilovskikh vd., 2016)
	Dağlık Kilikya (T1-T5-T8-T9)	210	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Karlıoğlu vd., 2016)
2017	Süleymanlı Kesiti	170	0	Veri Yok	(Yavuz vd., 2017)
2018	Nazik Gölü	50	0	Veri Yok	(Kamar, 2018a)
	Arin Gölü	70	0	Veri Yok	(Kamar, 2018b)
	Engir Gölü	393	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul vd., 2018)
	Hazar Gölü Hz11-P03	282	6	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Biltekin vd., 2018)
	Aktaş Gölü	60	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Karlıoğlu vd., 2018)
	Mucur Obruk Gölü	570	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul ve Doğan, 2018)
	Engir Gölü II	717	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Ören, 2018)
	Tuzla Gölü II	337	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul vd., 2018)
2019	Karataş Gölü	255	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul ve Kalıpçı, 2019)
	Kureyşler	852	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Ocakoglu vd., 2019)
	Enez (Ain50)	950	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Dan vd., 2019)
2020	Akgöl Gölü	100	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Karlıoğlu vd., 2020)
	Belevi Gölü	1175	33	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Stock vd., 2020)
	Sağlık II	1270	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şekeryapan vd., 2020)
2021	Mogan Gölü Core MD	120	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Dönmez vd., 2021)
	Mogan Gölü Core MS	400	3	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Dönmez vd., 2021)
	Manyas Gölü II	55	0	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Kartum, 2021)
	Erçek Gölü	111	0	Veri Yok	(Kamar, 2021)
	Yelten Sazlığı I	400	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Bozkurt, 2021)
2022	Sultansazlığı	444	6	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul vd., 2022)
	Sünnet Gölü	170	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Ocakoglu vd., 2022)
	Yelten Sazlığı II	48	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul vd., 2022)
	Buldan Yayla Gölü	1796	15	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Doğan, 2022)
2023	Karakuyu Bataklığı	730	4	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Şenkul vd., 2023)
	Gavur Gölü	500	2	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Topuz vd., 2023)
	Marmara Gölü	65	1	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Kılıç vd., 2023)
2024	Mert Gölü	334	5	¹⁴ C Radyokarbon Analizi	(Yılmaz Dağdeviren vd., 2024)