



Göl Çökellerinde Polen Analizine Dayalı Paleoklim Rökonstrüksiyonu İçin Yerbilimci Bir Yaklaşım; Sorunlar ve Çözümler

A Geoscientist Approach to Palaeoclimate Reconstruction Based on Pollen Analysis of Lake Deposits: Problems and Solutions

Güldem Kamar

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Tuşba/Van/Türkiye

• Geliş/Received: 03.02.2022 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 22.03.2022 • Kabul/Accepted: 23.03.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 30.03.2022 • Baskı/Printed: 15.04.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Göller, polen analizlerinin ve paleoklim araştırmalarının ideal olarak yapılabilirdiği, organik malzeme bakımından zengin çökeller içermektedir. Birçok organizmaya yaşam alanı sunan göller, polenlerin en iyi korunabildiği ortamlardır ve göl çökelleri, iklimsel ve ortamsal değişimlerin korunduğu bir arşiv özelliği sunmaktadır. Polen analizlerine dayalı palaeoklim rökonstrüksiyonu yapmak için, çalışma alanının jeolojik, biyolojik ve arkeolojik açıdan detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, polen analizi üzerinden paleoklim rökonstrüksiyonu yapmak isteyen araştırmacılara metodolojik bir perspektif sunmaktır. Çalışma kapsamında önerilen yöntem ile paleoklim çalışmalarında, bölgenin jeolojik yapısı, volkanik aktivitesi, arkeolojik geçmişi ve göl tabanının yapısal unsurlarının polen diyagramlarındaki değişimlere olan etkileri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, bugüne kadar, birbirine yakın mesafeli göllerde (Doğu Anadolu platosu yüksek rakım gölleri) ve Van Gölü'nün taraçalarında yapılan çalışmalardan elde edilen veriler bu farklılığın ortaya konması açısından volkanik aktivite, insan etkisi, çökel hızı ve göl tabanının yapısal özellikleri başlıkları altında irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, paleoklim rökonstrüksiyonu yapmadan önce, öncelikli olarak; istif paketlerinin tanımlanması, yerel bitkisel değişimler ve güncel flora, göl tabanının yapısal unsurları, insan etkisi ve volkanizma ayrı başlıklar halinde araştırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, İnsan etkisi, Paleoklim rökonstrüksiyonu, Polen analizi, Van Gölü.

Abstract: Lakes contain sediments rich in organic material where pollen analysis and palaeoclimate studies can ideally be carried out. Lakes provide a habitat for many organisms, where the pollen grains are best preserved, and lake sediments also offer an archive where climatic and environmental changes are preserved. In order to make a palaeoclimatic reconstruction based on pollen analysis, the study area needs to be investigated in detail from a geological, biological, and archaeological point of view. This study aims to present a methodological perspective to researchers who want to conduct paleoclimate reconstruction through pollen analysis. The geological structure of the region, its volcanic activity, archaeological history and the effects of the structural elements of the lake floor on the changes in the pollen diagrams are described in detail by the proposed method of this study.

For this purpose, the data from studies carried out in the lakes at a close distance to each other (Eastern Anatolian plateau high altitude lakes) and the terrace deposits of Lake Van were examined under the headings of volcanic activity, human impact, sedimentation ratio and structural characteristics of the lake floor to reveal the differences. According to the results, before performing a paleoclimate reconstruction, identification of the deposit packages, local vegetative changes and current flora, the structural elements of the lake floor, human impact and volcanism should be investigated first of all under separate headings.

Keywords: Eastern Anatolia, Human impact, Lake Van, Palaeoclimate reconstruction, Pollen analysis.

GİRİŞ

Polen analizine dayalı paleoiklim rökonstrüksiyonu, dünyada çok yaygın olarak yapılmakta, ülkemizde de özellikle son yıllarda artarak yoğunlaşmıştır (van Zeist ve Woldring, 1978; Wick vd., 2003; Litt vd., 2009, 2014; Kaplan, 2010; Ülgen vd., 2012; Karlıoğlu Kılıç vd., 2018; Kamar, 2018a; Kamar, 2018b; Biltekin, 2018; Biltekin vd., 2018; Karlıoğlu Kılıç vd., 2018; Karlıoğlu Kılıç ve Ersin, 2019; Ocakoğlu ve Akkiraz, 2019; Biltekin vd., 2021; Kamar, 2021; Akkiraz vd., 2022). Holosen’de oluşan çökeller üzerinde de araştırma imkanı sağlaması ile birlikte, göl çökelleri Kuvaterner iklim değişimlerinin belirlenebilmesi için önemli bir iklimsel arşiv niteliğindedir. İzotop analizlerine göre daha düşük maliyetli olması nedeniyle, paleoiklim çalışmalarında tercih edilen ilk parametre olması bakımından da önemlidir. Van Gölü’nün derin karot örnekleri (Litt vd., 2014; Pickarski vd., 2015) ve Urmia (İran) Gölü’nden (Djamali vd., 2008) elde edilen polen diyagramları sonuçlarına göre, bölge birçok buzul ve buzul-arası dönem kayıtlarını göl çökellerinde saklamaktadır. Kuvaterner buzul ve buzul-arası dönemleri, AP (arboreal (odunsu polen) ve NAP (non-arboreal (odunsu olmayan polen) polen yüzdelerinin çevrimsel olarak artış ve azalışları ile karakterize edilmektedir (Litt vd., 2014). Van Gölü polen diyagramı sonuçları, duraylı oksijen izotopları ile desteklenmiş ve belli AP/NAP değişimleri ile denizel izotop eğrileri değişimlerinin uyumlu olduğu belirtilmiştir (Litt vd., 2014).

Bu çalışmanın amacı, polen analizleri ile paleoiklim rökonstrüksiyonu yapmak için izlenecek yol haritasının çizilmesi, hem jeolog ve özellikle hem de jeolog olmayan ancak polen analizi üzerinden paleoiklim rökonstrüksiyonlarını yorumlamak isteyen araştırmacılara, yöntem bakımından metodolojik bir yaklaşım sunmaktır. Bu yaklaşımla, volkanizma, sedimantasyon ve stratigrafinin, polen diyagramlarını doğru yorumlayabilmek için önemine dikkat

çekmektir. Bu kapsamda, küresel ölçekli iklim değişikliklerinin kayıtlarını, göl çökellerinde ararken, bölgenin genel jeolojisi, volkanizma, bitki örtüsündeki yerel değişimler, insan etkisi ve göl tabanlarındaki yapısal unsurların (fay, bindirme vb. gibi) polen diyagramlarındaki değişimlerle beraber nasıl yorumlanacağı ve iklimsel yorum yapmadan önce belirlenmesi ve dikkat edilmesi gerekli konu başlıklarının ortaya konmasıdır.

ÇALIŞMA ALANI

Bu bölümde çalışma alanının jeolojik evrimi, bitki örtüsü ve iklim bilgisi verilmiştir. Yöntemde belirlenen konu başlıkları, volkanlarla çevrili bir arazide bulunan yüksek rakım göllerinden (Şekil 1A) bugüne kadar elde edilen veriler ışığında geliştirilmiştir. Bu nedenle bu çıkarımların yapılarak yöntemsal yaklaşımın geliştirildiği alan tüm özellikleriyle tanıtılmıştır.

Doğu Anadolu Platosu, Anadolu ve Arap kıtalarının Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışması ile orta Miyosen’de, Türkiye’de başlayan Neotektonik dönem sonrasında (Şengör ve Kidd 1979) yükselerek oluşmuştur. Yaklaşık 12-13 milyon yıl (Serravaliyen) önce Arabistan ve Avrasya levhalarının çarpışması sonucunda deniz seviyesinden 2 km yükseklikte, yaklaşık 150.000 km² genişlikte bir plato ortaya çıkmıştır (Şengör ve Kidd, 1979; Keskin, 2007; Şengör vd., 2008). Doğu Anadolu bu çarpışmanın sonucunda yükselmiştir ve bu yükselme halen devam etmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör vd., 2008). Doğu Anadolu platosunda irili ufaklı gölleri barındıran Van Gölü Havzası, volkano-sedimenter ve ofiyolitik birimleri barındırmaktadır. Van Gölü’nün batı, kuzey ve kuzeybatı bölümleri ağırlıklı olarak Nemrut, Süphan, Tendürek, Etrüsk ve Girekol volkanlarına ait volkanik ve volkanoklastik kayalar ile örtülüdür (Keskin, 2003; Özdemir vd., 2006; Oyan vd., 2007; Şengör vd., 2008). Gölün güney kısmında, Bitlis Masifine ait metamorfikler yer almaktadır (Yılmaz, 1971;

Şengün, 1984, Göncüoğlu ve Turhan, 1985; Oyan, 2004), doğu kısımda ise ofiyolitik melanj ve sedimanter kayalar bulunmaktadır (Acarlar vd., 1991; Kempe vd., 2002; Üner, 2003, (Şekil 1B).

Doğu Anadolu Platosu'nun, iklimini etkileyen, farklı basınç sistemleri ve hava kütlelerinin etkisi altında yer alan ve iklimsel değişimlerden çabuk etkilenen bir lokasyonda bulunmaktadır (Şekil 2A) (Akçar ve Schlüchter, 2005). Türkiye'de karasal iklim, Akdeniz iklimi, Marmara (geçiş) iklimi ve Karadeniz iklimi tipleri ayırt edilmiştir (Şekil 2B) (Atalay, 1997). Doğu Anadolu ise kış mevsiminin soğuk ve uzun, yaz mevsiminin ise serin geçtiği, düşük rakımlı alanlarda ise yaz mevsiminde sıcaklığın yüksek olduğu karasal bir iklime sahiptir.

Doğu Anadolu bölgesinin kuzeydoğu kesiminde *Pinus sylvestris* ormanları (Kars'da bulunan Allahuekber dağları) kuzey ve kuzeybatı yamaçlarında, 1500 m'den 2800 m'ya kadar olan kesimlerinde yayılım göstermektedir. Bu ormana düşük oranda *Populus tremula*, *Rubus ideaus*, *Rosa pulverulanta*, *Acer platanoides* ve *Salix caprea* gibi ağaç ve çalı formunda bazı türler eşlik etmektedir. Doğu Anadolu'da *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. infectoria*, *Q. petraea*, *Q. libani*, *Q. brantii*) meşe ormanları geniş yayılım alanına sahiptir. Nemrut Dağı'nda 1600-1700 m yükseklikler arasında *Quercus robur* yayılış göstermektedir. Doğu Anadolu bölgesinde meşe ormanlarının yanı sıra *Betula pendula* (Avrupa-Sibiryaya elementi) ormanları Nemrut Dağı'nda, Ağrı, Kop ve Bingöl dağlarında yayılım göstermektedir. Bu orman örtüsünün yanı sıra Doğu Anadolu bölgesinde çalı ve step vejetasyonu da yaygındır. Ova steplerinde *Limonium meyeri*, *Tamarix parviflora*, *Carex divisia*, *Typha latifolia*, *Salix alba*, *Hippophae rhamnoides*, *Plantago lanceolata*, *Prunella vulgaris*, *Polygonum bistorta*, *Ephedra distachia*, *Ephedra major* gibi bitkiler yer almaktadır. Dağ steplerinde ise 2600-2700 m'ye

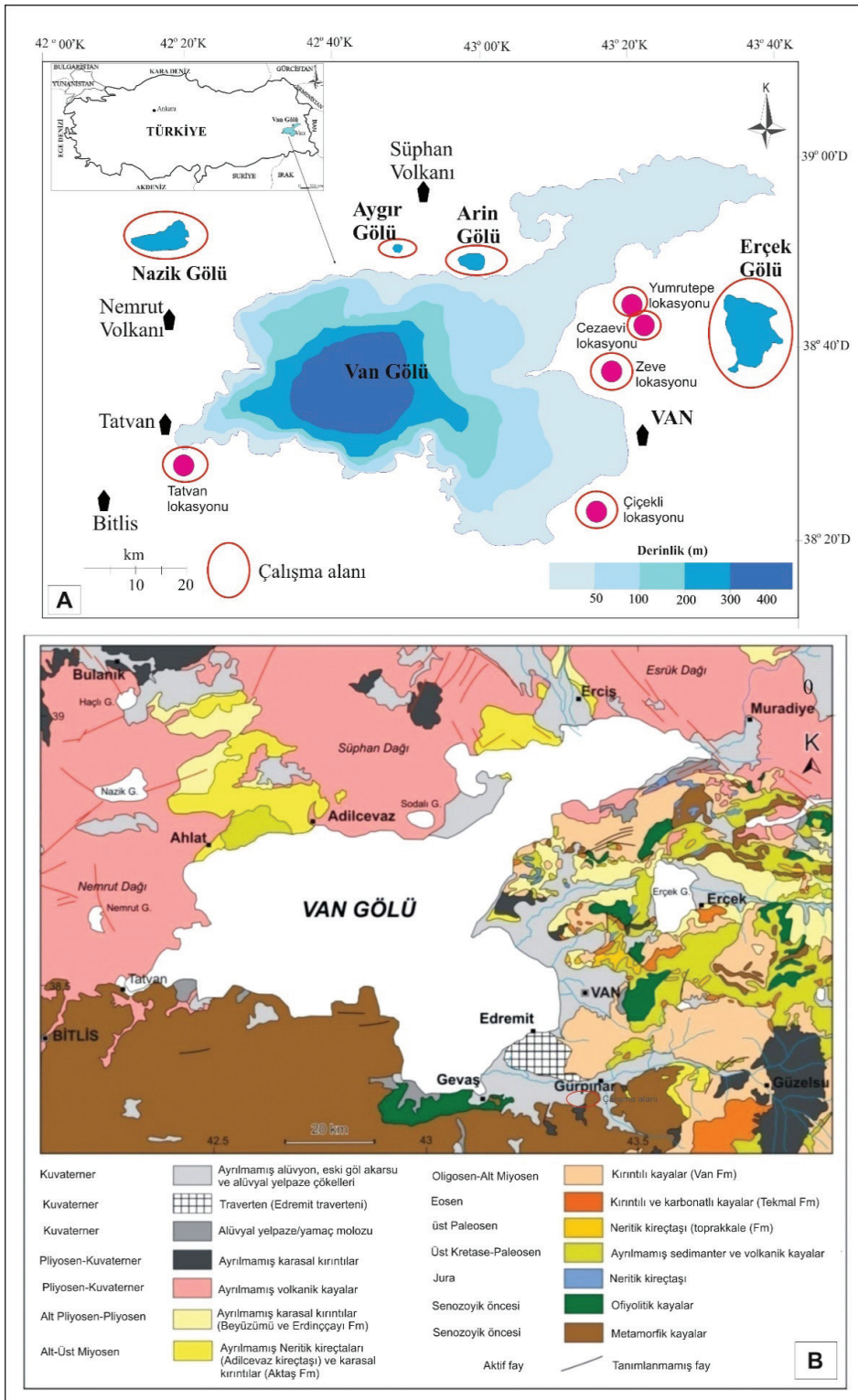
kadar *Acantholimon kotschyi*, *Artemisia tauriaca*, *Centaurea virgata* gibi türler yer bulunur. Vadi kenarlarında 1300-2200 m yüksekliklerde *Rumex scutatus* ile *Centranthus longiflorus* toplulukları geniş yayılıma sahiptir (Tatlı, 2004). Çalışma alanını çevreleyen alanlar ise Doğu Anadolu meşe ormanı, Doğu Anadolu ova bozkır, Doğu Anadolu yüksek dağ bozkır, Doğu Anadolu yüksek dağ çayırı ve Doğu Anadolu dağ bozkır fitocoğrafik alanları ile çevrilidir (Şekil 2C) (Eken vd., 2006).

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, Van Gölü'nün Yumrutepe, Çiçekli, Zeve, Cezaevi ve Tatvan'da bulunan taraçalarından el örnekleri (Şekil 3) ve Nazik, Aygır, Erçek ve Arın göllerinden gravite karotiyer ile alınan karot örnekleri incelenmiştir (Şekil 4). Alınan örneklerin lokasyon, su derinliği, çalışılan örnek sayısı ve örnek alma yöntemi Çizelge 1'de özetlenmektedir.

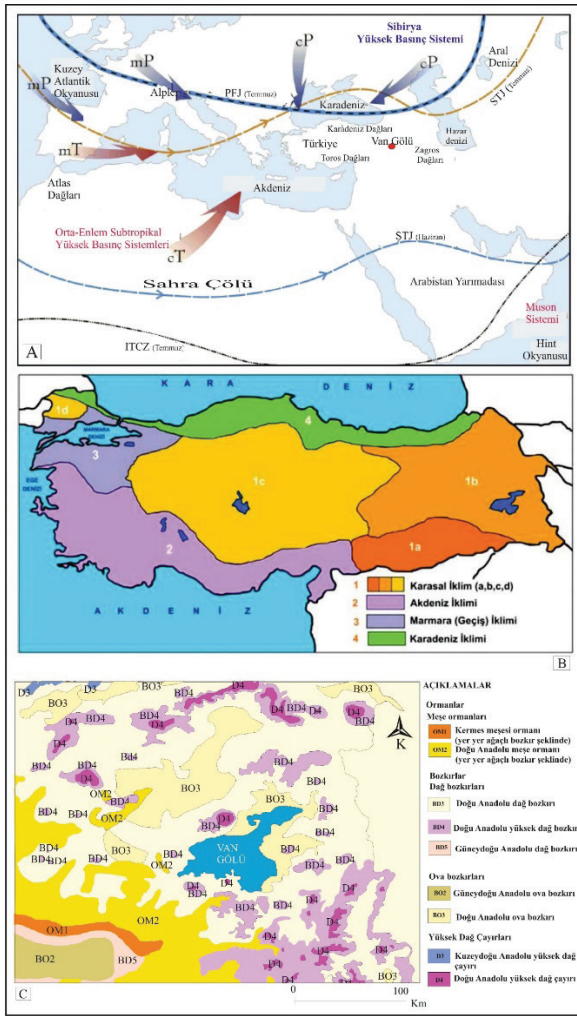
Örnekler, iklimsel değerlendirmeleri yapılmadan önce, elde edilen polen diyagramlarını doğru yorumlayabilmek için aşama aşama belli konu başlıklarında; litolojik, stratigrafik, sedimantolojik ve palinolojik olarak incelenmiştir. Örneklerin içerdiği tefra seviyelerinden dolayı, bölgenin volkanik aktivitesinin bitki örtüsüne etkisi, polen taşınımı, bölgedeki insan etkisi için bölgenin arkeolojik geçmişi ve bunların polen diyagramlarıyla uyumu başlıkları altında irdelenmiştir.

Örnekler, incelenmek üzere standart palinolojik örnek hazırlama yöntemine göre hazırlanmıştır (Ediger, 1986). Yapılan inceleme ve arazi çalışmaları sonuçlarından elde edilen veriler ışığında öncelikli olarak volkanik arazilerde ve arkeolojik yerleşim alanlarına yakın yerlerde bulunan göller için, bir yöntem yaklaşımı yapılmış ve yeni bulgular elde edilmiştir.



Şekil 1. A) Çalışma alanı, B) Çalışma alanının jeoloji haritası (Alan vd., 2011'den alınmıştır).

Figure 1. A) Study area. B) Geological map of study area (taken from Alan et al., 2011).



Şekil 2. A) Van Gölü havzası ve Polar Ön Jet (PFJ), Alt Tropikal Jet (STJ) ve İntertropikal Konverjans Zonu (ITCZ)'nin Akdeniz Bölgesi'nde kış ve yaz aylarındaki ortalama konumları ve şematik olarak konumlandırılmış Doğu Akdeniz Bölgesi'nde iklimi etkileyen alçak basınç ve yüksek basınç sistemleri (cP; karasal soğuk hava kütleleri (continental polar air masses), mP; denizel soğuk hava kütleleri (marine polar air masses), mT; denizel sıcak hava kütleleri (marine tropical air masses), cT; karasal sıcak hava kütleleri (continental tropical air masses)) (Akcar ve Schlüchter, 2005 ve Litt vd., 2009'dan alınmıştır), **B)** Türkiye'nin iklim bölgeleri (Atalay, 1997'den alınmıştır), **C)** Çalışma alanı ve çevresinin güncel bitki örtüsü haritası (Eken vd., 2006'dan alınmıştır).

Figure 2. A) Lake Van Basin and Polar Front Jet (PFJ), Subtropical Jet (STJ), Intertropical Convergence Zone (ITCZ) in winter and summer in Mediterranean Region, and High-Pressure System that influences the climate of Eastern Mediterranean Region. cP: Continental Polar Air Mass; mP: Marine Polar Air Mass; mT: Marine Tropical Air Mass; cT: Continental Tropical Air Mass (taken from Akcar and Schlüchter, 2005 and Litt et al., 2009). **B)** Climatic zones of Turkey (taken from Atalay, 1997). **C)** Recent vegetation map of study site and surroundings (taken from Eken et al., 2006).

Çizelge 1. Çalışılan alanların adı, örnek alma yöntemi ve incelenen örnek sayısı

Table 1. Name of studied site, sampling method, water depth and length of deposit, and number of samples examined.

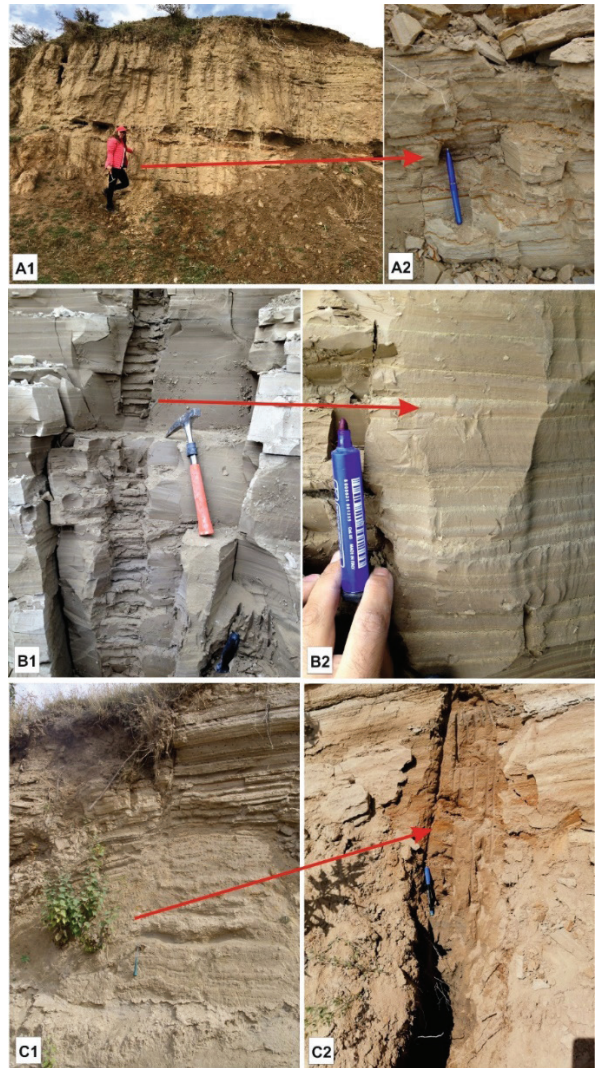
Karot/lokasyon adı	Örnek alma yöntemi	Su Derinliği-İstif uzunluğu	Örnek sayısı
N11 (Nazik Gölü)	Gravite karotiyer	9 metre	8 örnek (55 cm karot uzunluğu)
A4 (Arin Gölü)	Gravite karotiyer	2 metre	8 örnek (40 cm karot uzunluğu)
A6 (Aygır Gölü)	Gravite karotiyer	12 metre	9 örnek (60 cm karot uzunluğu)
E12 (Erçek Gölü)	Gravite karotiyer	32 metre	16 örnek (132 cm karot uzunluğu)
Yumrutepe	El örneği	4 metre	72 örnek
Zeve	El örneği	2 metre	10 örnek
Cezaevi	El örneği	2 metre	5 örnek
Çiçekli	El örneği	5 metre	10 örnek
Tatvan	El örneği	4 metre	20 örnek

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Litoloji ve Stratigrafi

Bu çalışmada kapsamında, incelenen karotlar ve taraça istifleri göl çökellerine aittir. Çiçekli, Yumrutepe, Zeve, Tatvan ve Cezaevi bölgelerinde bulunan taraçalara ait istiflerde yapılan çalışmalara göre, altta derin göl çökelleri ile başlayarak üste doğrusığ göl çökellerine geçiş yapan istifler tanımlanmıştır. Bu taraçaların alt bölümlerinde yer alan laminalı ritmik sedimanlar palinolojik çalışma için uygun bir litolojik görüntü sunmaktadır ve istiflerin bu ritmik laminalı kil ve kil silt ardışıklı kısımları örneklenmiş ve palinolojik olarak incelenmiştir (Şekil 3). Yumrutepe lokasyonundan 72 örnek, Çiçekli lokasyonundan 10 örnek, Zeve lokasyonundan 10 örnek, Cezaevi lokasyonundan 5 örnek, Tatvan lokasyonundan 20 örnek incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre, Yumrutepe lokasyonunda örneklerin hiçbirinde herhangi bir organizma kalıntısına rastlanmamıştır (polen, alg, fitolit, mantar sporu vb. gibi). Çiçekli lokasyonundan alınan örneklerden hazırlanan kesitlerde, bir kesit içinde birkaç tane polen ve organik malzeme kalıntısı bulunmuştur ancak bu içerik palinolojik bir analiz yapmaya yetersiz olduğundan bu örnekler de palinolojik olarak incelenememiştir. Benzer şekilde Zeve, Cezaevi ve Tatvan lokasyonlarından alınan örneklerde de sayıca az polen tanımlanmış ancak sayımı gerçekleştirilememiştir. Taraça örneklerinde birkaç tane bulunan polen tanelerinin, çökel içerisinde başka bir birimden taşınarak gelmiş olabileceği düşünülmüştür (sebebinizi yazınız). Van Gölü taraçalarına ait bu lokasyonlardaki istifler, litolojik olarak palinolojik çalışmaya çok uygun olsa da, çökelme koşulları fosilleşmesine uygun olmamış olabilir. Ya da, bu istiflerde fosilleşen polenler daha sonra maruz kaldıkları çevresel koşullar nedeniyle yok olmuş olabilirler. Taraça çökellerinden alınan örneklerin inceleme sonucuna göre, palinolojik çalışmaların ideal olarak yapılabildiği göl çökellerinde, litoloji uygun olmasına rağmen, palinolojik çalışma yapmamıza uygun miktarda ve içerikte palinomorflar

fosilleşmemiş olabilir. Bu nedenle, litolojisi uygun olsa dahi, mostralarda çalışırken, istifi temsil eden noktalardan seyrek olarak örnekleme yaparak, önce palinomorfların içeriğinin kontrol edilmesi ve daha sonra palinolojik çalışmaya uygun ise ayrıntılı örnekleme yapılarak çalışılması önerilmektedir. İstifin litolojisi ve stratigrafik özelliklerinin uygun olması palinolojik çalışma yapmaya uygun olduğunu göstermemektedir.



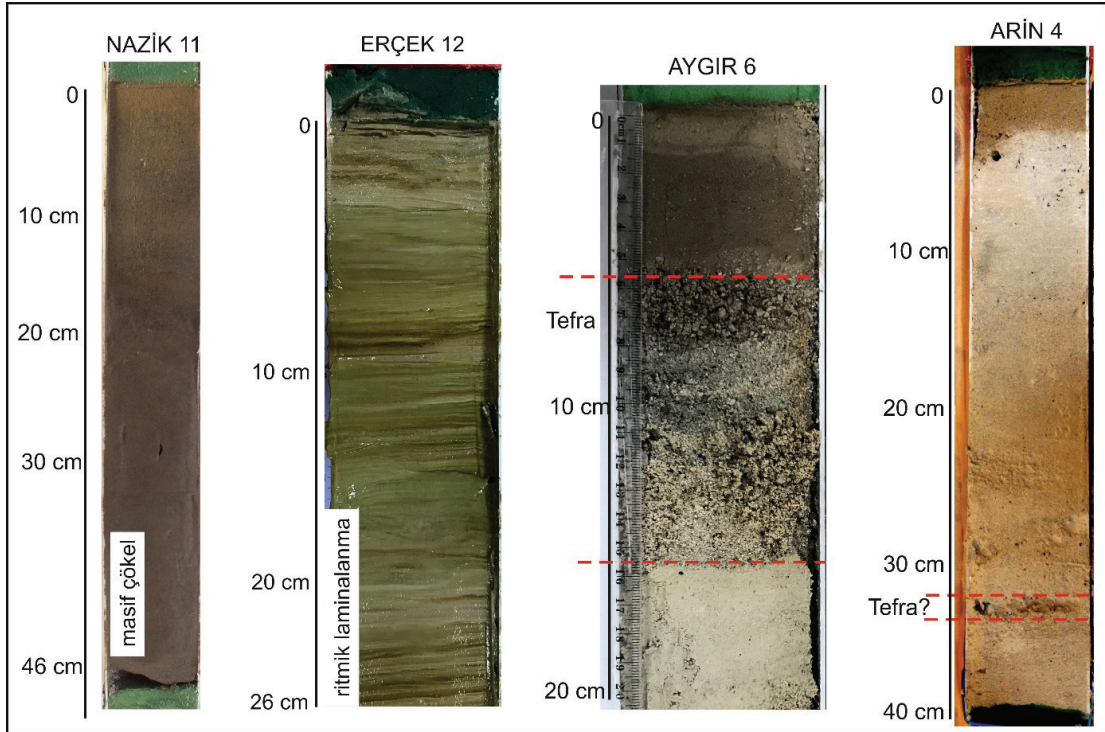
Şekil 3. A1 ve A2) Çiçekli lokasyonu, B1 ve B2) Yumrutepe lokasyonu, C1 ve C2) Tatvan lokasyonu.

Figure 3. Close-up details from three locations: A1 & A2) Çiçekli; B1 & B2) Yumrutepe; and C1 & C2) Tatvan.

Karot örneklerinin bazıları da taraça örnekleri gibi ritmik laminalı tortul içermektedir. Arin Gölü A4 karotu piroklastik malzeme, kum ve ince çakıllı seviyeler içermektedir. Aygır Gölü A8 karotu, açık koyu renkli tabakalar, killi, karbonatlı ve piroklastik malzeme içeren seviyeler barındırmaktadır. Nazik Gölü N6 karotu masif kahverengi renkte ve tane boyunda herhangi bir yapı içermeyen göl çamuru içermektedir. Erçek 12 karotu ise, tüm karot boyunca ritmik laminalı tortullar yer almaktadır (Şekil 4).

Van Gölü Havzası'ndaki göller, mevsimsel çökelmeye bağlı ritmik laminalı tortullar, volkanik aktivitenin yoğun olduğu bölgelerde düşüş veya yeniden işlenmiş tefra çökelleri, derecelenme gösteren çökeller, kayma göçme çökelleri, türbiditik çökeller, fosilli seviye gibi farklı çökel paketleri içermektedir. Ancak bu çalışma ile

elde edilen bulgulara göre, göl tabanında farklı alanlardan alınan karot örneklerinde göl tabanında çökelmiş malzemenin tamamen farklı litolojide ve stratigrafik dizilimde olduğu belirlenmiştir. Van Gölü Havzası'nda yer alan göllerin bazılarında, yukarıda sayılan litolojik istif paketlerinin tümü (Van Gölü) (Kaplan 2010), bazılarında laminalı ritmik sedimantasyon ve tabaklanma (Erçek G., Arin G.) (Kamar, 2018a, Kamar, 2021) ve bazılarında da tamamen aynı görüntüde ve renkte çökel içerdiği (Nazik G.) (Kamar, 2018b) belirlenmiştir. Bu çalışmada incelenen karot örnekleri, önceki çalışmalar (Kaplan, 2013; Kamar, 2018a; Kamar, 2018b; Öner, 2019; Kamar, 2021) ile litolojik ve stratigrafik olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre, bu çalışmada elde edilen litolojik ve stratigrafik bulgular önceki çalışmalar ile uyumlu değildir.



Şekil 4. Nazik, Erçek, Aygır ve Arin göllerine ait karot örnekleri ve karotlarda gözlenen masif çökel, ritmik laminalanma ve tefra çökelleri.

Figure 4. Core samples from Nazik, Erçek, Aygır and Arin lakes. Massif deposits, rhythmic lamination and tephra deposits are observed in the core samples.

Birbirine yakın mesafede konumlanmış olmalarına rağmen, jeolojik olarak farklı birimlerle çevrili olmaları ve malzeme taşınmasını sağlayan beslenme havzalarının farklılığı bu istiflerin farklı olmasını sonuçlamıştır. Aygır gölü çökellerinde yapılan çalışmaya göre karot örneğinin birkaç cm'lik kısmının yaklaşık olarak 16000 yaşına karşılık geldiği belirlenmiştir (Öner, 2019). İstif paketleri, çökel hızı farklılıkları nedeniyle, farklı yaşlara erişebilmektedir. Bu nedenle, farklı yerlerden örnekleme yapmak ve mümkün ise sismik araştırma yaparak, onun sonucuna göre örnek alınacak yerin belirlenmesi en ideal olanıdır. Bu şekilde daha yaşlı çökellere ulaşma olanağı bulunmaktadır.

Polen analizi yapılacak istifte, ayrıca bu verilerin desteklenmesi için, izotop analizleri ve jeokimyasal analizlerin yapılması tüm verilerin birlikte değerlendirilmesiyle birlikte, antropojenik etkinin olduğu süreçlerde iklimsel veriye ulaşmayı daha da kolaylaştıracaktır. Bunun için, örneklerde duraylı oksijen izotoplarının ($\delta^{18}\text{O}$) değişimleri, elementel analiz sonuçları ve polen diyagramları beraber değerlendirilmesi özellikle paleoiklim değişimlerinin tespit edilmesi ve göl kimyası hakkında daha yüksek çözünürlüklü veriye ulaşmayı sağlar. Duraylı oksijen izotopu değerleri ile polen diyagramının AP ve NAP değerlerinin uyumlu olduğu belirtilmiştir (Litt vd., 2009).

Göl Tabanının Yapısal Özellikleri ve Sedimentasyon Hızı

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, birbirine yakın mesafelerden alınan karot örneklerinde, göl tabanının yapısal özellikleri ve çökelme hızlarının farklı olmasından kaynaklı olarak, farklı istif paketleri çökelmiştir. Bu çalışmada incelenen Arin 4 karotu ile önceki çalışmalar (Kamar, 2018a) karşılaştırılmış ancak litolojik olarak bir benzerlik tanımlanmamıştır. Bu çalışma ve önceki çalışmalara göre, Aygır Gölü'nden elde edilen verilerde, karotlarda tanımlanan tefra

seviyesi farklı seviyelerde tespit edilmiştir ya da bazı karotlarda tanımlanmamıştır. Erçek ve Nazik Gölü örneklerinde ise, önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında (Kamar, 2018b; Kamar, 2021), karotun litolojik içeriği benzerdir ancak polen diyagramları arasında farklılık vardır.

Göl tabanının yapısal özellikleri de, aynı gölde farklı alanlardan alınmış istif paketlerinin korele edilememesine ve farklı yaş aralıklarında istif paketleri içeren çökellerden örnek alınmasına neden olabilmektedir. Anadolu ve Arabistan plakalarının çarpışmasından sonra başlayan süreç bölgede birçok fay sisteminin oluşmasına da neden olmuştur. Faylar göl tabanlarında da oluşarak, tabandaki çökellerin ilksel konumlarını kaybetmesine neden olmaktadır. İdeal olan, göl tabanlarında jeofizik araştırmalar yaparak, göl tabanının yapısal özellikleri hakkında fikir sahibi olduktan sonra örnek almaktır. Ancak bu çalışmaları yapma imkanının olmadığı durumlarda, göl tabanı mümkün olduğunca çok örnekleyerek, normal-ters fay zonlarından örnekleme yapmak ihtimalini düşürülebilir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sığ ve küçük göllerde çalışırken , göl tabanında birbirine yakın mesafelerde farklı çökel paketlere ulaşma olasılığı bulunmaktadır. Ulaşılan sonuçlar bu istif paketlerinde polen diyagramlarında da görece farklılıklar olabileceğini çökelmede kesiklikler olabileceğini göstermiştir (Kamar, 2021). Bu nedenle paleoiklim amaçlı çalışma yapmak üzere göl tabanının farklı su derinlikleri ve farklı alanlarından örnekleme yapmanın yüksek çözünürlüklü veriye ulaşmayı kolaylaştıracağı belirlenmiştir.

Göl araştırmalarına yeni başlayan bilim insanları, göl tabanından örnekleme yapıldığı anda, çökelmiş en genç malzemeye ulaşacaklarını ve göl tabanındaki malzemenin ilksel konumunu koruduğunu düşünüyor olabilirler. Ancak, göl tabanında depolanan tortullar, fay oluşumları, jeotermal etkiler, magmatizma vb. etkiler

nedeniyle ilksel konumda olmayabilir. Örneğin, göl tabanında meydana gelen normal bir fay oluşumunun, taban bloğundan örnek alındığında, tavan bloğunda (aşağı doğru hareket eden blok) çökelmiş en genç malzemeyi karot örneğinde görmek mümkün değildir. Böyle bir durumda, farklı yerlerden alınmış karot örneklerinin birkaçının çalışılması gerekmektedir. Karotları oluşturan istifler arasında litolojik olarak uyumsuzluk gözlenirse dahi (örneğin; ritmik sedimentasyonun devamlı olduğu iki farklı karot örneği) polen analizi sonuçları farklı olacaktır. Elde edilen verilere göre, bu çalışmanın yapıldığı alanlar gibi, faylı göl tabanlarında ya da birçok fay sisteminin arasında yer alan göllerde, paleoklim araştırması yapmak için farklı alanlardan alınan karot örneklerinin polen diyagramlarının hazırlanması önerilmektedir.

Karot örnekleri alınırken, karot uzunluğuna da bağlı olarak, çökellerin birkaç yüz ya da birkaç bin yıla ulaşabileceği öngörülür. Ancak bu her göl sistemi için farklılık göstermektedir. Aygır Gölü'nde yapılan çalışmaya göre, bir metreye ulaşmayan istifte radyokarbon tarihlendirmesine göre 10000 yılı aşkın istif paketine erişilmiştir (Öner, 2019). Benzer şekilde sedimentasyon hızının yüksek olduğu alanlarda metrelerce istif birkaç yüz yılda çökelmiş olabilir. Sedimentasyon hızı, aynı göl içerisinde farklı su derinliklerinde ve farklı alanlarda da çeşitlilik göstermektedir. Tortul çökme hızını tespit edemediğimiz için, gölün muhtelif su derinliklerinden ve farklı alanlarından örnekleme yapmak çökme hızının yavaş olduğu yaşlı birimlere ulaşmayı kolaylaştırır. Günümüzde çökme hızı bazı izotop analizleri ile (^{210}Pb ve ^{137}Cs) belirlenebilmektedir. Ancak bu izotopların yarılanma ömürlerinden dolayı, karotun sadece üst seviyelerinde ölçülebilir oluşu, alt seviyelerdeki sedimentasyon hızının tüm istif boyunca aynı olup olmadığı bilinemez. Bu nedenle, mümkün olduğunca sık aralıklı en uygun yaşlandırma analizi ile bir yaş modeli oluşturmak daha doğru veriye ulaşmayı sağlayacaktır.

Göl tabanlarının jeofizik araştırma sonuçları Van Gölü (Çukur vd., 2013, Çukur vd., 2016) ve Erçek Gölü (Toker vd., 2017; Toker ve Tur, 2018) tabanlarının faylı yapısını ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır. Yöntem olarak, mümkünse karot almadan önce, göl tabanının yapısal özelliklerinin belirleneceği jeofizik araştırmalar yapılmalı, eğer böyle bir imkan yoksa, dere ağızlarına uzak mesafelerden belli doğrultularda olacak şekilde veya karelejlama yapılarak örnek alınmalı ve göl tabanının farklı alanlarına ait polen diyagramları elde edilmelidir.

Volkanizma

Volkanik arazilerde yer alan göllerde veya maar göllerinde palinolojik araştırma yaparken örnek yeri seçimi önemlidir. Volkanik arazilerde ve piroklastik malzeme ile çevrili alanlarda yer alan, Arin Gölü gibi sığ göllerde, göllerin kıyıya ve beslenme havzası ağzına yakın bölümlerinde yeniden işlenerek göl tabanına taşınan piroklastik malzeme miktarının, gölün diğer alanlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Arin Gölü için, Süphan Volkanına yakınlığı ile ilişkilendirilmiştir. Aygır Gölü karotunda tanımlanan tefra seviyesi de yine Süphan volkanının püskürme ürünleri ile ilişkilendirilmiştir. Aygır Gölü'nde yapılan çalışmaya göre, göl tabanındaki farklı lokasyonlarda farklı çökme grupları tanımlanmıştır (Öner, 2019). Bu çalışma sırasında edinilen bilgiye göre, piroklastik malzeme veya tefra çökellerinin bulunduğu istiflerden, örnek alımı sırasında sorun yaşanabilmektedir. Yapılan örnek alma çalışmaları sırasında, piroklastik malzemenin bol olarak bulunduğu, Aygır Gölü ile Arin Gölü'nün sığ kesimlerinde birçok noktadan örnek alınamamış, boru kırılmış veya maksimum 20-30 cm uzunluğunda örnek alınmıştır. Bu durum, göl tabanlarında bazı noktalardan örnek almayı ve tortullara ulaşmayı zorlaştırmıştır. Bu nedenle, volkanik arazilerde yer alan göllerden örnek alırken gravite karotiyer yerine piston karotiyer

kullanmanın daha uygun olacağı öngörülmektedir. Piston karotiyer mekanizması gereği, çökelen piroklastik malzeme örneklenmeye daha uygundur. Çalışılan istifler içerisinde Aygır ve Arin Gölü karotunda tefra seviyeleri ve karot boyunca da bol miktarda piroklastik malzeme tanımlanmıştır (Şekil 4). Bu karotların piroklastik malzeme içermeyen seviyelerinde de palinolojik çalışma yapmaya uygun miktarda palinomorfaların fosilleşmediği belirlenmiştir. Ancak Aygır ve Arin göllerinin farklı yerlerinden alınan örnekler içerisinde palinolojik çalışmalar yapılmıştır (Kamar, 2018a; Öner, 2019). Nazik Gölü karotunda piroklastik malzeme tespit edilememiştir. Erçek Gölü karotunda ise kül boyutunda bir seviye tefra çökeli bulunmaktadır.

Çalışma alanında yer alan volkanların püskürme ürünleri, volkana yakın göllerde tortula ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Tefra çökelleri, volkanizmanın aktif olarak görüldüğü alanlarda, volkandan çıkan püskürmeli malzemenin miktarına bağlı olarak metrelerce kalınlıkta ve her boyutta (kül-lapilli) olabilmektedir. Tefra çökelleri, sığ göllerde göl su seviyesi değişimlerine neden olacak boyutta çökebilir. İklim analizi yapmak istediğiniz bir gölde metrelerce çökelmiş bir piroklastik malzeme, polen analizi yapmayı zorlaştıracaktır. Tefra çökelleri içinde polen taneleri fosilleşemez ve sedimana erişmek için daha derin sondaj yapılması gerekliliği doğabilir. Ayrıca, örnek alınırken iri boyutlu tefra çökelleri, boruların kırılmasına neden olmaktadır ve örnek alımı gerçekleştirilemez. Jeofizik araştırmalar yapmak olanaklı ise, göl tabanlarında biriken bu malzemelerin belirlenmesi de mümkündür. Belirlenmesi durumunda malzemenin ince olarak çökeldiği alan polen analizi için seçilebilir. Eğer jeofizik inceleme imkanı yoksa, farklı lokasyonlardan örnek alınmasının denenmesi gerekmektedir.

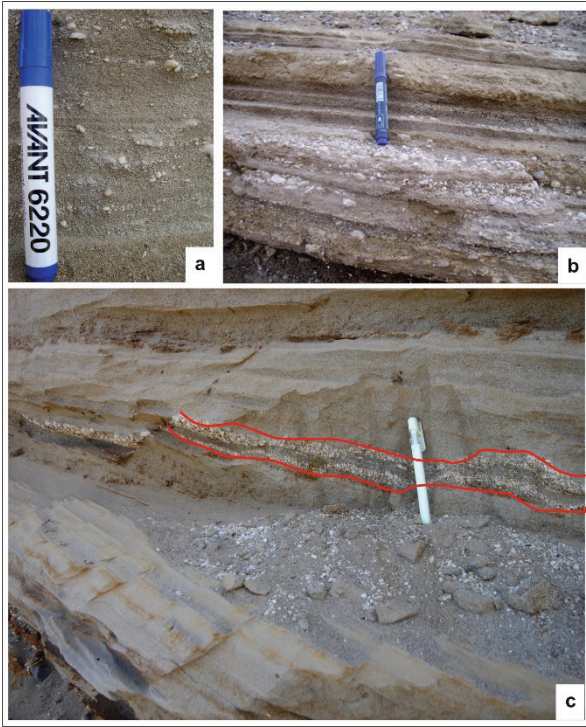
Volkanik alanlarda oluşmuş göllerde, volkanlarla ilgili çalışmaların literatür araştırmasına katılması, göl tabanında karşılaşılabilecek istif

paketlerindeki olası tefra çökelleri hakkında bilgi verebilmektedir. Volkanizma şiddetine bağlı olarak, geniş alana yayılması ve bitki örtüsünü tamamen kaplayarak ve/veya yakarak tahrip etmesi sonucunda, polen diyagramlarında bazı taksalarda ve polen konsantrasyonlarında değişimler gözlemlenebilir. Bu değişimlerin, küresel ölçekli iklim değişimi ile ilgili olup olmadığını araştırmadan önce, bölgenin volkanizması ile ilgili ayrıntılı bir literatür analizi yapılmalıdır. Ayrıca, çalışma alanı çevresinde arazi çalışmaları yapılmalıdır ve ilk kez çalışılacak arazilerde göl tabanında birikmiş olma olasılığı bulunan piroklastik malzeme ile ilgili bilgiye bu şekilde ulaşılabilir. Nitekim bu çalışma kapsamında taraçalar örneklenirken, derin göl çökellerinin içinde sığ göl ve delta çökelleri ile ara katkılı bir şekilde çökelmiş piroklastik malzemeler de tespit edilmiştir (Şekil 5). Arazi çalışmalarında piroklastik malzemenin depolandığı istiflerin gözlenmesi, benzer çökellerin göl tabanında da depolanmış olabileceği ihtimalini göstermektedir. Böylelikle, iklimsel değişimle ilgili olmayan yerel/bölgesel vejetasyon değişimlerinin volkanizma ile ilgisi araştırılmış olur.

Bu çalışmada, yoğun piroklastik malzeme içeren karot çökellerinde Arin ve Aygır Gölü karotlarında, palinolojik çalışma yapmaya yeterli miktarda palinomorf bulunamamıştır.

İnsan Etkisi ve Yerel Güncel Bitki Örtüsü

Yerel bitki örtüsü değişimleri, polen diyagramlarında ani değişimlere neden olabilir. Özellikle, tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu Holosen devrinde oluşmuş bir istifte çalışırken, yerel ölçekli bitki örtüsü değişiminin, insan kaynaklı olup olmadığı araştırılmalıdır. İnsanlar, yöredeki bitki örtüsünü her zaman yok ederek değiştirmezler, bazen de ekim yapma ve hayvan otlatma gibi tarımsal faaliyetler bitki örtüsünde değişimlere neden olurlar.



Şekil 5. a) ve b) Van Gölü taraçasının üst seviyesinde gözlenen, eski göl-akarsu çökelleri ile birlikte çökelmiş piroklastik malzeme, **c)** Eski göl çökellerinin arasında gözlenen tefra çökelleri (kırmızı çizgi ile belirtilen seviye).

Figure 5. a) and b) Pyroclastic material observed in upper part of Lake Van terrace deposits, together with palaeo-lake and stream deposits. **c)** Tephra deposit between palaeo-lake deposits (level shown with red lines).

Polen diyagramlarında insan etkisi antropojenik göstergeler başlığı altında tanımlanmıştır (Behre, 1981). *Cerealia*-tip, *Rumex*, *Plantago lanceolata* gibi bazı polenlerin polen diyagramlarındaki varlığı, antropojenik göstergeler olarak yorumlanmıştır. Ancak, Avrupa'daki durumun aksine, Yakın Doğu'da (İran-Turan flora bölgesine dahil alanlarda) örneklerde tanımlanan cereal-tip (tahıl polenleri) polenlerin varlığı, doğal olarak bulunuşun yanı sıra tarım yapıldığının bir göstergesi olarak da değerlendirilebilir yorumu yapılmıştır (Behre, 1981). *Plantago lanceolata*, *Juglans*, *Sanguisorba minor*, *Rumex*, *Cannabis*,

Urtica, *Centeurea solstitialis*-tip gibi polenlerin varlığı insan etkisini göstermektedir (Bottema, 1975; Behre, 1981; Bottema, 1986; İnceoğlu ve Pehlivan, 1986; Behre, 1990; Bottema, 1995; Roberts, 1998; Eastwood vd., 1999; Roberts vd., 2001; Wick vd., 2003).

Antropojenik etkiyi yorumlamadan önce, bölgenin arkeolojik geçmişi, geçmiş uygarlıkların yerleşim merkezlerinin çalışma alanına mesafesi araştırılmalıdır. Ayrıca, bölgedenin etnobotanik (Türkçesi) geçmişi, bölge halkının ilaç, boya malzemesi, erzak vs. olarak kullandığı bitkiler ve bunların tarihsel geçmişi ile ilgili araştırma yapılmalıdır. Yöreden yöreye değişen bu etkilerden dolayı, her bölge için ayrı değerlendirme yapmak, polen diyagramlarını yorumlarken, insan etkisi hakkında doğru yorum yapabilmeyi olanaklı kılacaktır. Örneğin, bu çalışmanın altyapısını oluşturan göllerin bulunduğu alanda, Van Gölü çevresinde antropojenik gösterge olarak tanımlanan birçok bitki (tahıl polenleri, *Plantago lanceolata*, *Rumex* gibi) doğal yayılışlı olarak bulunmaktadır. Diğer yandan, ilk başta tahrip edilme gibi algılanan insan etkisi, bitki yetiştiriciliği ile de karşımıza çıkabilmektedir. Van Gölü havzasındaki köylerde, bir ailede çocuklar doğduğunda, her doğan çocuk için bir kavak ağacı dikme geleneği de, insan etkisinin bir parçasıdır.

Polen diyagramlarında, farklı flora bölgelerinde yapılan çalışmalar baz alınarak, o çalışmalarda bazı polenlerin antropojenik gösterge olarak kabul edilip, yorumlanmasındansa, çalışma alanı kendi içinde değerlendirilmeli, arkeoloji, etnobotanik ve yakın geçmiş için sanat tarihi çalışmaları literatür araştırmasına katılmalıdır.

Van Gölü karotlarından elde edilen polen analizi sonuçlarına göre, polen diyagramlarında İran-Turan elementi olmayan bitki polenleri tanımlanmış (*Olea* ve *Castanea*) ve bunların varlığı, Doğu Akdeniz ve Karadeniz bölgesinden taşınma şekilde açıklanmıştır (Wick vd., 2003).

Oysa bu bitkiler Van Gölü'ne yakın alanlarda ve doğal yayılımlı olduğu belirtilmiştir (Bıçakçı vd., 2009; Yaltırık, 1975; Seçmen vd., 2004; Donner vd., 2007). Benzer şekilde yapılan arazi çalışmalarında Akdeniz flora bölgesi elementi olan *Colutea cilicica* bitkisinin Reşadiye civarında doğal olarak yaşadığı belirlenmiştir (Kaplan, 2010). Polen taşınımı yorumu yapılmadan önce, güncel florada yer alan bitkilerin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. Bunun için, biyoloji bölümlerinde yapılan, flora tanımlamaya yönelik tezler, makaleler, kitaplar ve hatta herbaryumlar polen diyagramı yorumlanmadan önce mutlaka detaylı olarak araştırılmalıdır.

Van Gölü çökel karotları boyunca elde edilen μ -XRF ağır metal profillerinin 1960'lardan bu yana göle olan antropojenik girdileri olarak yorumlanmış ve son 30-60 yılda Zn, Pb, Ni ve Co metallerinin önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. Ayrıca bunun 1960 yıllarında başlayan önemli tarımsal ve endüstriyel kirlenmenin bir göstergesi olarak yorumlanmıştır (Barlas Şimşek, 2015).

Karotlarda yapılan çalışmalar ve arazi gözlemleri sonucu, çalışma alanlarının birçoğunda, hayvancılık başta olmak üzere yerel olarak ağaçlandırma ve çevre düzenlemelerinin bu bölgede vejetasyon üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. İnsan etkisinin varlığı araştırılırken, bölgeler kendi içinde değerlendirilmeli ve bulgular yerel olarak yorumlanmalıdır. Gerek Türkiye'de ve gerek de dünyanın birçok yerinde polen diyagramlarındaki bazı bitkiler antropojenik gösterge olarak kullanılmıştır (Eastwood vd., 1999; Karlıoğlu vd., 2016; Biltekin vd., 2021) v. Burada dikkat edilmesi gereken husus, geçmişte yaşayan uygarlıkların her birinin coğrafik koşullara bağlı olarak değişen etkisidir. Örneğin, orman vejetasyonun hakim olduğu bir alanda Poaceae polenlerinden cereal tip olanların varlığı tarımın varlığına işaret ediyorken, bu çalışmadaki gibi step alanlarında yapılan çalışmalarda cereal tip polenlerin varlığı direkt olarak tarıma işaret etmez. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara

göre, her bölge kendi vejetasyon yapısı içinde değerlendirilmeli ve antropojenik polenlerin varlığı yerel olarak tanımlanmalıdır.

EXTENDED SUMMARY

This study aimed to establish an asystematic approach for the palaeoclimate reconstruction of lake sediments, based on pollen analysis. With this aim, high altitude lakes from Eastern Anatolia which had active volcanism during Quaternary were selected for the study area. In order to develop this methodological approach, core samples from four different lakes in the study area were investigated in terms of volcanism, human impact, sedimentation ratio, and lake bottom structural features.

Different lake deposits contain varying sedimentary records originating from the different geological settings, drainage basin, deposition rate, archeological settings, and local floral changes. Lithological and stratigraphical features and even the pollen in the core samples from different lakes are not comparable with each other. These incomparable sediment and pollen records may be the result of volcanic activity and human impact rather than climatic change. It is necessary to investigate the local/regional volcanism, archaeological database, sedimentation ratio, stratigraphic features, etc. before commenting on pollen diagrams to understand the reasons for the changes.

Structural features of the lake bottom are one of the most essential parameters for different pollen diagrams in the same lake. Normal fault systems, sediment ridges, and other structural changes or deformations at the bottom of lakes can cause different sediment ages in the same lake. Even though a detailed geophysical investigation is the ideal method to understand the structure of the deposits at the bottom, it is impossible to define the age of the sediments without dating or


constructing pollen diagrams. This is why we need to examine all the data parameters together.

Human impact can cause significant abrupt changes in pollen diagrams, especially Holocene deposits. However, it is not always easy to determine or separate the results from human impact. To understand the reason for changes in the pollen diagram clearly, anthropogenic indicators should be defined and classified according to the study site. People have different effects on the vegetation, such as cultivation, grazing, afforestation, or the extinction of forests. Therefore, the archeological history of the study site needs to be examined in detail in order to understand the influence of past communities around the study site.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın göl çökelleri ile ilgili kısmı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından MİM-B-075 numaralı proje tarafından desteklenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında yardımlarından dolayı, Doç. Dr. Serkan Üner'e, jeoloji yüksek mühendisi Banu Öner'e ve jeoloji mühendisi Erdal Baran'a teşekkür ederim.

ORCID

Güldem Kamar  <https://orcid.org/0000-0003-4712-5997>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Acarlar, M., Bilgin, E., Elibol, E., Erkal, T., Gedik, İ., Güner, E., Hakyemez, Y., Şen, A. M., Oğuz, M. F. ve Umut, M. (1991). *Van Gölü Doğu ve Kuzeyinin Jeolojisi* (Rapor No:9469). MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüt Dairesi Yayını (yayımlanmamış).
- Akcar, N. & Schlüchter, C. (2005). Paleoglaciations in Anatolia: a schematic review and first results. *Eiszeitalter und Gegenwart. Quaternary Science Journal* 55, 102–121.
- Akkiraz, M. S., Nazik, A., Özgen Erdem, N. & Durak, S. D. (2022). First micropalaeontological record from the early and middle Eocene Mamuca Formation of the Dümrek Basin, western Central Anatolia, Turkey: Biostratigraphy, depositional history and palaeoclimate. *Journal of Asian Earth Sciences*, 224 (2022), Article 105036.
- Alan, H., Bozkurt, E., Çağlan, D., Dirik, K., Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., & Topal, T. (2011). *Van Depremi (Tabanlı-Edremit) Raporu Kasım 2011*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No 110. Ankara, 60 pp. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/1461f966ce57540_ek.pdf
- Atalay, İ. (1997). *Türkiye Coğrafyası*. Ege Üniversitesi Yayınları.
- Barlas Şimşek, F. (2015). *Late Holocene high resolution multi-proxy climate and environmental records from Lake Van* [Unpublished PhD Thesis]. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü 176 p.
- Behre, K. E. (1990). Some reflections on anthropogenic indicators and the record of prehistoric occupation phases in pollen diagrams from the Near East. In S. Bottema, G. Entjes-Nieborg & W. van Zeist, (Eds.), *Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape* (219-230).
- Behre, K. E. (1981). The interpretation of anthropogenic indicators from pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23, 225–245.
- Bıçakçı, A., Altunoğlu, M. K., Tosunoğlu, A., Çelenk, S., Canitez, Y., Malyer, H. ve Sapan, N. (2009). Türkiye'de Oleaceae familyasına ait allerjenik *Olea* (zeytin ağacı) ve *Fraxinus* (dişbudak ağacı) polenlerinin havadaki dağılımları. *Astım Alerji İmmünoloji*, 7, 133-146.
- Biltekin, D. (2018). Late Pleistocene-Holocene environmental change in eastern Turkey: multi-proxy palaeoecological data of vegetation and lake-catchment changes. *Journal of Quaternary Science*, 33(5), 575-585.
- Biltekin, D., Eriş, K. K., Çağatay, M. N., Akçer-Ön, S. & Akkoca, D. B. (2018). Late Pleistocene-Holocene environmental change in eastern Turkey: a multiproxy palaeoecological data of vegetation and lake-catchment changes. *Journal of Quaternary Science*, 33(5) 575-585.

- Biltekin, D., Eriş, K. K. & Bulut, S. (2021). Anthropogenic influences and climate changes in Lake Hazar (eastern Turkey) during the Late Holocene. *Quaternary International*, 583, 70–82.
- Bottema, S. (1975). A Pollen Diagram from the Syrian Anti Lebanon. *Paleorient* 3, 259-268.
- Bottema, S. (1986). A Late Quaternary Pollen Diagram From Lake Urmia (Northwest Iran). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 47, 241-261.
- Bottema, S. (1995). Holocene vegetation of the Van area: palynological and chronological evidence from Söğütü, Turkey. *Vegetation History and Archaeobotany*, 4, 187-193.
- Çukur, D., Krastel, S., Demirel-Schlüter, F., Demirbağ, E., Imren, C., Niessen, F. & Toker, M. (2013). Sedimentary evolution of Lake Van (Eastern Turkey) reconstructed from high-resolution seismic investigations. *International Journal of Earth Sciences*, 102, 571-585.
- Çukur, D., Krastel, S., Tomonaga, Y., Schmincke, H.-U., Sumita, M., Meydan, A.F., Çağatay, M.N., Toker, M., Kim, S.-P. & Kong, G.-S. (2016). Structural characteristics of the Lake Van Basin, eastern Turkey, from high-resolution seismic reflection profiles and multibeam echosounder data: geologic and tectonic implications. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 106, 239-253.
- Djamali, M., de Beaulieu, J.-L., Shah-Hosseini, M., Andrieu-Ponel, V., Amini, A., Akhiani, H., Leroy, S.A.G., Stevens, L., Alizadeh, H., Ponel, P. & Brewer, S. (2008). An Upper Pleistocene long pollen record from the Near East, the 100 m-long sequence of Lake Urmia, NW Iran. *Quaternary Research*, 69, 413-420.
- Donner, J. & Çolak, A. H. (Editör) (2007). *Türkiye Bitkileri yayılış Haritaları*. 2. 975-6221-22-4, İstanbul.
- Eastwood, W. J., Roberts, N., Lamb, H. F. & Tibby, J. C. (1999). Holocene Environmental Change in Southwest Turkey: a palaeoecological record of lake and catchment-related changes. *Quaternary Science Reviews*, 18, 671-695.
- Ediger, V. Ş. (1986). Sieving techniques in palynological sample processing with special reference to the MRA system. *Micropaleontology*, 32(3), 256-270.
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T., & Lise, Y. (Editörler) 2006. *Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları*. Doğa Derneği, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C. ve Turhan, N. (1985). *Bitlis Metamorfik kuşağı orta bölümünün temel jeolojisi*. Rapor no 7707). M.T.A. Raporu.
- İnceoğlu, Ö. ve Pehlivan, S. (1987). İç Anadolu Bölgesindeki Tuz Gölü Kuvaterner Tabakalarında Palinolojik Bir Araştırma. *DOĞA TU Botanik D.* 56-85.
- Kamar, G. (2018a). 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. (2018b). Nazik Gölü (Bitlis, Türkiye) Güneybatısından Alınan N3 Karotunun Palinolojik İlk Bulguları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 291-296.
- 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. *Geological Bulletin of Turkey*, 64 (3), 253-266. <https://doi.org/10.25288/tjb.927117>
- Kaplan, G. (2010). *Van Gölü Kuzey Havzası'nın Geç Holosen Palinolojisi* [Yayımlanmamış Doktora tezi]. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 234s.
- Kaplan, G. (2013). Palynological analysis of the Late Pleistocene terrace deposits of Lake Van, eastern Turkey: Reconstruction of paleovegetation and paleoclimate. *Quaternary International*, 292, 168-175.
- Karlıoğlu Kılıç, N., Caner, H., Rauh, N. K., Akkemik, Ü., Köse, N. & Conner E. M. (2016). Palynological evidence for human occupation in western Rough Cilicia South West Turkey. *Quaternary International*, 401, 109–122.
- Karlıoğlu 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.
- Karlıoğlu Kılıç, N. & Ersin, S. (2019). Determination of Late Holocene Vegetation of Lake Aktaş and

- Its Surrounding Area by Palynological Analysis. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 72(1) 100-106.
- Kempe, S., Landmann, G., & Müller, G. (2002). A floating varve chronology from the last glacial maximum terrace of Lake Van/Turkey. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 126, 97-114.
- Keskin, M. (2003). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letter*, 30(24), 8046-8050.
- Keskin, M. (2007). Eastern Anatolia: A hot spot in a collision zone without a mantle plume. *GSA Special Paper*, 430, 695-722.
- 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.
- Litt, T., Pickarski, N. & Heumann, G. (2014). A 600,000 Year Long Continental Pollen Record from Lake Van, Eastern Anatolia (Turkey). *Quaternary Science Reviews*, 104, 30-41.
- Ocakoglu, F., Akkiraz, M. S. (2019). Lower Pleistocene to Holocene terrestrial record from the Eskişehir Graben (Central Anatolia): Paleoclimatic and morphotectonic implications. *Quaternary International*, 510(2019) 88-99.
- Oyan, V. (2004). *Bölük yazı-Hizan (Bitlis Masifi) Çevresindeki Na-Feldispat Oluşumlarının Jeolojik Özellikleri ve Ekonomik Önemi* [Yayımlanmamış, Yüksek Lisans tezi]. Y.Y.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Oyan, V., Ünal, E., Tolluoğlu, A.Ü. & Keskin, M. (2007). Volcanostratigraphic and Petrologic Properties of the Etrusk Stratovolcano, SE Turkey. *The 2nd International Scientific Conference of Young Scientists and Students, "New Directions of Investigations in Earth Sciences"* (pp. 63-64). October 08-09, Baku, Azerbaijan.
- Öner, B. (2019). Aygır Gölü (Doğu Anadolu, Türkiye) Taban Çökellerinin Palinolojisi [Yayımlanmamış, Yüksek Lisans tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdemir, Y., Karaoğlu, Ö., Tolluoğlu, A. Ü. & Güleç, N. (2006). Volcanostratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolia High Plateau): The most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical Geology*, 226, 189-211.
- Pickarski, N., Kwiecien, O., Djamali, M. & Litt, T. (2015). Vegetation and environmental changes during the last interglacial in eastern Anatolia (Turkey): a new high-resolution pollen record from Lake Van. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 435, 145-158.
- Roberts, N. (1998). *The Holocene*, Second Edition. Blackwell, USA. 316 p.
- Roberts, N., Reed, J. M., Leng, M. J., Kuzucuoğlu, C., Fontugne, M., Bertaux, J., Woldring, H., Bottema, S., Black, S., Hunt E. & Karabıyıkoglu, M. (2001). The Tempo of Holocene Climatic Change in the Eastern Mediterranean Region: New High-Resolution Crater-Lake Sediment Data From Central Turkey. *The Holocene*, 11(6), 721-736.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L. & Leblebici, E. (2004). *Tohumlu Bitkiler Sistematiği*, 7. baskı. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:16. 394 s.
- Şengör, A. M. C. & Kidd, W. S. F. 1979. Post collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics*, 55, 361-376.
- Şengör, A. M. C., Özeren, S., Keskin, M., Sakınç, M., Özbakır, A. D., & Kayan, I. (2008). Eastern Turkish high-plateau as a small Turkish type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic type orogens, *Earth sciences Reviews*, 90, 1-48.
- Şengün, M. (1984). *Bitlis Masifi Tatvan güneyinin jeolojik/petrografik incelenmesi* [Yayımlanmamış, Doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tatlı, A. (2004). *Türkiye Vegetasyonu*, 2. Baskı. Kütahya. 142 s.
- Toker, M., Pınar, A. & Tur, H. (2017). Source mechanisms and faulting analysis of the aftershocks in the Lake Erçek area (Eastern

- Anatolia, Turkey) during the 2011 Van event (Mw 7.1): implications for the regional stress field and ongoing deformation processes. *Journal of Asian Earth Science*, 150, 73–86.
- Toker, M. & Tur, H., (2018). Structural patterns of the Lake Erçek Basin, Eastern Anatolia (Turkey): evidence from single-channel seismic interpretation. *Marine Geophysical Research*, 39, 567-588.
- Ülgen, U. B., Franz, S. O., Biltekin, D., Cagatay, M. N., Roeser, P. A., Doner, L. & Thein, J., (2012). Climatic and environmental evolution of Lake İznik (NW Turkey) over the last similar to 4700 years. *Quaternary International*, 274, 88-101.
- Üner, S. (2003). *Van Gölü Dođusu (Beyüzümü-Göllü Dolayı) Pliyo-Kuvaterner Yaşlı Karasal Çökellerin Sedimantolojisi* (Yayımlanmamış, Yüksek Lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wick, L., Lemcke, G. & Sturm, M. (2003). Evidence of Late glacial 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. *The Holocene*, 13, 665-675.
- van Zeist, W. & Woldring, H. (1978). A pollen profile from Lake Van: A Preliminary Report. In: E.T. Degens, F. Kurtman (Eds.), *The Geology of Lake Van*, (115-123).
- Yaltrık, F. (1975). Türkiye’de Garig Vejetasyonunun Floristik Kompozisyonu. *Biyoloji Dergisi*, 24, 28-40.
- Yılmaz, O. (1971). *Etude Petrographique et Geochronologique de la region de Cacas* [Yayımlanmamış, Doktora tezi]. Univ. Grenoble, Fransa.