



## Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

### Palinoloji Laboratuvar Kılavuzu: Göl Çökelleri ve Taraçalardan Örnek Alma ve Hazırlama Yöntemleri ve Yeni Uygulama Önerileri

Güldem KAMAR\*<sup>1</sup>

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Van, Türkiye  
Güldem KAMAR, ORCID No: 0000-0003-4712-5997

\* Sorumlu yazar e-posta: [guldemkamar@yyu.edu.tr](mailto:guldemkamar@yyu.edu.tr)

#### Makale Bilgileri

Geliş: 21.01.2022  
Kabul: 17.02.2022  
Online Nisan 2022  
DOI:10.53433/yyufbed.1060947

#### Anahtar Kelimeler

Palinolojik örnek hazırlama,  
Asetoliz,  
Göl çökelleri

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, göl ve taraça çökellerinden, palinoloji konusunda çalışma yapmak isteyen araştırmacılara, örnek alma ve hazırlama yöntemlerinin uygulanışını, fotoğraflı olarak anlatan bir laboratuvar kılavuzu hazırlamak, asetoliz yöntemi ile ağır sıvı yönteminin bir kombinasyonunu örneklere uygulamaktır. Bu amaca yönelik olarak, Aygır Gölü, Arin Gölü, Nazik Gölü ve Erçek Gölü ile Van Gölü taraçaları (Yumrutepe, Bardakçı, Gevaş, Tatvan) örneklenerek hazırlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında farklı litolojilerin, bazı aşamalarda farklı uygulamalara tabi tutulması gerektiği belirlenmiştir. Bu farklılıktan dolayı, örnek hazırlama sırasında eklenmesi ve/veya çıkarılması gereken aşamaların, örnek hazırlayan araştırmacı tarafından nasıl belirleneceği bu çalışma kapsamında anlatılmıştır. Yapılan laboratuvar çalışmalarına göre, kullanılan kimyasal maddelerin uygulama süreleri ve çözeltideki oranları karbonat, silikat, hümik asit ve örneğin içerdiği diğer minerallere göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışma, standart olarak kullanılan yöntemlerin farklı çökellerde nasıl uygulanacağı yönünde bir yaklaşım da sunmaktadır. Bu yaklaşıma göre, her iki yöntemin bir kombinasyonu da örnek hazırlama sırasında denenmiş ve başarılı sonuç elde etmiştir.

### Palynology Laboratory Guide: Sampling and Preparation Methods from Lake Sediments and Terraces and New Recommendations for Practice

#### Article Info

Received: 21.01.2022  
Accepted: 17.02.2022  
Online April 2022  
DOI: 10.53433/yyufbed.1060947

#### Keywords

Palynological sample preparation,  
Asetolysis,  
Lake deposits

**Abstract:** This study aims to prepare a laboratory guide that explains the application of sampling and preparation methods, including photographs, for researchers who want to study palynology in lake and terrace deposits and to apply a combination of acetolysis method and heavy liquid method to samples. For this purpose, Lake Aygır, Lake Arin, Lake Nazik, Lake Erçek and terraces of Lake Van (Yumrutepe, Bardakçı, Gevaş, Tatvan) were sampled and prepared. During these studies, it was determined that different lithologies should be subjected to different applications at some stages. Due to this difference, how the steps that should be added and/or removed during sample preparation will be determined by the researcher who prepared the sample is explained within the scope of this study. According to the laboratory studies, the application times of the chemicals used and their ratios in the solution may vary according to carbonate, silicate, humic acid and other minerals content in the sample. This study also presents an approach on how to apply the methods used as standard in different sediments. According to this approach, a combination of both methods successfully has been applied during sample preparation processes.

## 1. Giriş

Palinolojik çalışmalar, paleoiklim araştırmalarının önemli bir parametresidir. Bu çalışmaların yapılabilmesi için, en önemli aşamalardan biri olan örnek hazırlama, doğru bir palinolojik çalışma yapabilmenin ilk adımıdır. Palinolojik inceleme yapmak üzere, örnek hazırlama işlemi farklı litolojik birimler için farklılık göstermektedir. 1800'lerin sonlarında başlayan palinolojik inceleme yapmak üzere polen örneği hazırlama çalışmaları, bitkiden veya sediman içerisinde polen veya palinomorf içeriğini ayırmaktır. Bu amaca yönelik olarak, standart olarak kullanılan, bazı yöntemler geliştirilmiştir (Erdtman, 1934; Wodehouse, 1935; Erdtman, 1936; Erdtman, 1943; Ediger, 1986; Faegri & Iversen, 1989). Bu yöntemlerden sedimandan polen veya palinomorf ayırmak üzere kullanılan asetoliz (Erdtman, 1934) ve ağır sıvı seperasyonu (Funkhouser&Evitt, 1959; Urban, 1961; Herngreen, 1983; Ediger, 1986; Traverse, 1988) yöntemleri günümüzde halen geçerli ve en çok kullanılan yöntemlerdir.

Ülkemizde son on beş yılda yaygınlaşan palinoloji çalışmalarının, kolaylıkla yapılabilmesi için, hem çalışmaya yeni başlayan araştırmacılar hem de hali hazırda bu konuda çalışan araştırmacıların, zaman zaman örnek alma ve hazırlama işlemleri ile ilgili daha detaylı bilgiye ihtiyacı olmaktadır. Göl çökellerinden, bataklık çökellerine, denizel çökellerden, kömürlü birimlere kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı olan palinoloji, çalışılan istifin özelliğine göre farklı örnek alma ve hazırlama prosedürü gerektirmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, Kuvaterner çökellerde çalışırken, kullanılacak örnek alma ve hazırlama yöntemlerinin ve çalışılan istifin özelliklerine göre, en uygun örnek alma ve hazırlama yöntemine nasıl karar verileceği ve bu işlemlerin nasıl yapılacağı anlatılmasıdır. Ayrıca araştırmacının karar vermesi gereken, kimyasalların uygulanma süresi ve derişimlerinin, standart yöntemler çerçevesinde çalışılan çökelin kimyasal içeriğine uygun olarak nasıl uygulanacağını kararlaştırılmasıdır. Bu kapsamda gerek jeoloji gerek diğer bilim dallarından (coğrafya, biyoloji, orman mühendisliği vd.) palinoloji çalışmak isteyen araştırmacıların kullanımına yönelik olarak, asetoliz ve ağır sıvı yöntemleri için bir laboratuvar kılavuzu hazırlamak ve demineralizasyon ve ağır sıvı yöntemlerinin bir kombinasyonunu yaparak örneklere uygulamak bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında önerilen yöntem için, Van Gölü, Nazik Gölü, Erçek Gölü, Arin Gölü, Aygır Gölü, Van Gölü ve çevresindeki Taraçalardan alınan çökelleri, Van Formasyonuna ait Miyosen yaşlı denizel kil taşları palinolojik inceleme yapmak üzere örneklenmiştir. Bu çökellerin bir kısmına asetoliz bir kısmına da ağır sıvı seperasyonu uygulanmıştır. Ardından bu iki yöntem birleştirilerek örnekler hazırlanmıştır. Bu çalışma kapsamında önerilen yöntem her iki yöntemin bir kombinasyonu şeklindedir ve palinolojik örnek hazırlama sırasında kullanılabilir.

Çizelge 1. Yöntemlerin uygulandığı lokasyonlar ve örnek sayısı

Lokasyon	Örnek sayısı	Yöntem
Arin Gölü	34	Ağır sıvı
Aygır Gölü	45	Ağır sıvı
Nazik Gölü	24	Ağır sıvı
Erçek Gölü	35	Ağır sıvı
Van Gölü	40	Asetoliz
Van Gölü taraçaları	150	Ağır sıvı

### 2.1. Örnek alınacak lokasyonun belirlenmesi

Örnekleme yapılacak lokasyonun belirlenmesi, palinolojik çalışmalarda son derece önemlidir. Göller büyüklükleri ve taban morfolojisine bağlı olarak farklı çökel birimleri içerebilmektedirler. Örneğin sığ ve kıyıya yakın yerlerde iri taneli, ince çakıl-kum içerikli çökeller bulunmaktadır. Ancak bu çökeller polen fosilleşmesi için uygun değildir. Polenler daha durgun su koşullarında ve ince taneli birimler arasına karışarak çökelmektedir. Bu nedenle derin göl çökelleri (göl çamuru) polenlerin

fosilleşmesi için idealdir. Göl tabanına malzeme getiren drenaj havzalarının varlığı, gölün derinliği ve taban morfolojisi dipte çökelen malzeme için önemli etkenlerdir. Debisi yüksek akarsu ağızları polen analizi yapmak üzere örnek almak için uygun değildir. Sığ su seviyesine sahip kıyıya yakın alanlar, göl su seviyesinin değişiminden en çok etkilenen alanlar olduğu için su seviyesi değişimlerinin belirlenmesi için örneklendirilebilir.

Polen analizi yapmak üzere, göl tabanından örnekleme yapmak için, en uygun lokasyonun belirlenmesi oldukça önemlidir. Bunun için en ideali, eğer imkân varsa, göl tabanında jeofizik araştırmalar yapmak ve göl tabanının belli profiller boyunca içerdiği çökel birimleri ortaya koymaktır. Göl tabanı batimetri haritaları da örnekleme yapılacak alan için fikir verici olabilir. Göl tabanının yapısal özelliklerinin görülebildiği jeofizik araştırma sonuçlarına göre, polen analizleri için örnekleme yapılacak en uygun yer belirlenebilmektedir ve ideal olan yer seçimi bu şekilde yapılmaktadır.

Eğer göl tabanında jeofizik araştırma yapma imkânı yoksa inceleme yapılacak gölün büyüklüğüne bağlı olarak, belli aralıklar ve doğrultularda, su derinlikleri de ölçülerek, farklı su derinliklerinden örnekleme yapılmalıdır. Karotların kestiği istif paketleri incelenmeli korele edilmeli ve buna göre çalışılacak karot seçilmelidir. Bazı durumlarda (farklı litolojik görüntüde istif birimleri içermeyenler, aynı karakterde malzeme içeriğine sahip olan göllerdir) birden fazla karotun polen analizi açısından değerlendirilmesi daha sağlıklı olacaktır.

Palinolojik çalışma eğer bir mostrada veya karasal çökellerde yapılacaksa örnek alınacak lokasyonun belirlenmesi için bölgenin genel jeoloji haritaları incelenmeli, eski göl, bataklık ve/veya kil, marn gibi ince taneli vs. birimlerin yer aldığı çökel alanları seçilmelidir. Bu alanlar jeoloji haritasında belirlendikten sonra, arazi çalışmaları yapılarak bu alanlardaki birimlerin litolojik olarak (tane boyu, çökel türü gibi) palinoloji çalışmasına uygunluğu araştırılmalıdır. Genel jeoloji haritalarında, Kuvaterner yaşlı çökeller, çoğunlukla detaylı olarak tanımlanmamıştır. Bu nedenle, istifi yerinde görerek, sedimantolojik açıdan nasıl bir çökel ortama işaret ettiği (derin göl, sığ göl, delta, kıyı vb. gibi) ve palinolojik çalışmalar için uygun olup olmadığına karar verilmelidir. Bazı durumlarda, çökel özellikleri uygun olsa dahi, istif palinomorf içermeyebilir. Bunu anlayabilmenin en güzel yolu, istiften belli aralıklarla temsil örnekleri alarak, ön araştırma yapmaktır.

## **2.2. Palinolojik çalışmalar için mostra ve göl tabanlarından örnek alma**

### **2.2.1. Mostradan örnek alma**

Palinolojik inceleme amacına yönelik olarak çeşitli örnekleme yöntemleri kullanılmaktadır. Örneğin yol yarmalarından el örnekleme ile örnek alınabilirken, göl tabanı, bataklık gibi alanlarda sondaj yöntemleri kullanılmaktadır. Örnek alınacak birim killi, tuzlu veya kömürlü olabilir. Polenler daha önce de değinildiği gibi ince taneli sedimanlar içinde korunabilirler. Sedimanlardan örnekleme yapmak için; mostra veren uygun bir stratigrafik kesit boyunca düşey yönde belli aralıklarla el örnekleme yapılabilir veya sondaj yöntemi ile örnek alınabilir. Çalışılacak bölge yüzey örnekleme yapmaya uygun olmayan göl, deniz tabanı gibi bir alan ise bir tekne veya platform kullanılarak, gravite ve piston sondaj ekipmanı gibi karotiyer kullanarak göl veya deniz tabanından örnek alınabilir. Bu çalışmada kullanılan örnek alma ve hazırlama yöntemleri, tatlı su ve sodalı su göllerinde uygulanmıştır. Gravite ve piston karotiyer ile örnek alma çalışmaları, çalışılan bu göller için en ideal olan örnekleme yöntemleridir. Çalışılan gölün tabanında çökelen malzemenin özelliklerine bağlı olarak, örnek alma yöntemi belirlenmelidir. Gravite karotiyer ile, göl tabanında depolanan çökelin de özelliğine bağlı olarak, iki metreye varan uzunlukta örnek alınabilmektedir. Piston karotiyer ile ise daha uzun istifler örneklenebilir. Ancak, piston karotiyer ile örnek alınırken, üst seviyelerde baskıdan dolayı deformasyon görülebilmektedir. Gravite karotiyerin avantajı örselenmemiş örnek alınabilmesi iken, dezavantajı ise uzun karot alımının yapılamamasıdır. Piston karotiyer ile örnek alınmanın avantajı metrelerce sedimana ulaşabilmekken, dezavantajı ise üst seviyelerin deforme olmasıdır. Bu nedenle tatlı su ve sodalı göllerde çalışırken, aynı lokasyondan bir gravite bir de piston karotiyer ile örnek alımı gerekmektedir. Böylelikle piston karotiyer ile örnek alınırken, üst seviyelerde meydana gelmiş olan bozulmuş çökel istifi, gravite karotiyer ile aldığımız örnekte görme şansı olacaktır.

Örnek alınacak birim eğer yol yarması, akarsu aşındırması ile ortaya çıkmış bir yüzlek veya ticari amaç ile işletilen bir ocak ise örnek alımına başlamadan önce kirliliği yüzey bir spatula yardımıyla temizlenmelidir. Bazen, istif onlarca metre uzunlukta bir çökel olabilir. Bu durumda, ilk etapta,

çökellerden litolojik değişimin gözlemlendiği noktalarda, istifi temsil edecek birkaç seviyeden örnek alımı yapılarak laboratuvarda hazırlanmalı ve palinomorf içeriği araştırılmalıdır. Eğer sayım yapılacak düzeyde palinomorf konsantrasyonu var ise, tekrar arazi çalışması yapılarak, bu sefer daha sık aralıklı (5-10 veya çok uzun istiflerde daha seyrek) örnekleme yapılabilir. Bazı durumlarda, istif litolojik ve sedimentolojik olarak çok uygun olsa dahi, palinomorf içermeyebilir. Bu nedenle, birkaç örnek üzerinde yapılacak ön inceleme, maddi ve manevi iş kaybını önleyerek yeni lokasyon bulabilmek üzere çalışma hızını aksatmayacaktır. Mostralarda çalışırken, eğer istif kalınlığı birkaç metre ise bir ekskavatör yardımıyla yüzey temizlenebilir (Şekil 1). Temizlenen yüzey belli aralıklar ile örneklenmektedir (Şekil 1). Örnekleme yapılırken, her seviyede örnek alımı için kullanılan spatula ve diğer malzemeler, örnekteki kontaminasyonu önlemek amacıyla mutlaka temizlenmeli ya da her seviye için başka malzemeler kullanılmalıdır.



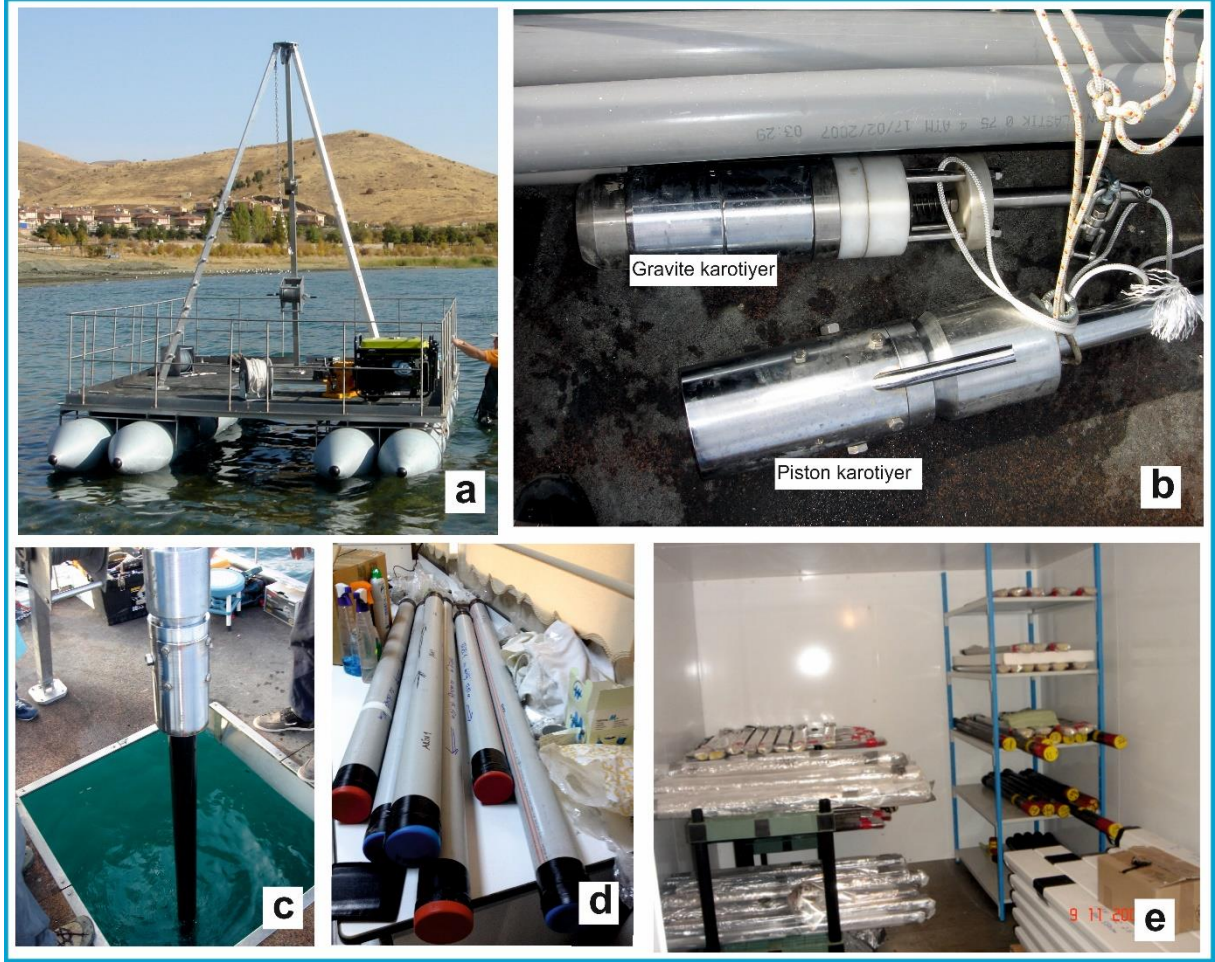
Şekil 1. a) Örnekleme yapılmamış, örtülü bir derin göl istifi, b) ve c) İstif üzerindeki döküntünün ekskavatör ile uzaklaştırılması, d) Palinolojik örnekleme yapılabilecek temiz yüzey ve detaylı olarak görülebilen, laminalı ritmik derin göl çökelleri, e) Belirli aralıklarla palinolojik inceleme yapmak üzere örneklenmiş istif.

Yüzlek vermemiş birimlerde, kara sondajlarından alınacak karot örnekleri üzerinde de palinolojik incelemeler yapılabilir. Bu gibi çalışmalarda seviyelerin birbirine karışmasını önlemek için baskı ile karot alımı gerçekleştirilmelidir. Palinolojik çalışmalarda önemli olan, örnek alımı sırasında, örnek alınan seviyeye dışarıdan herhangi bir karışma olmasını önleyecek şekilde örnekleme yapabilmektir. Bunun için el örneği alabilmek için geliştirilmiş birkaç metrelik el aletleri ve borular da kullanılabilir. Burada önemli olan çalışma amacına uygun özellik ve uzunlukta malzemeye erişebilecek doğru örnekleme ekipmanını seçmektir. Araştırmacı çalışılacak istif özelliklerine göre, en uygun örnekleme şeklini seçmelidir.

## 2.2.2. Göl tabanından örnek alma

Göllerde örnekleme yaparken, tekne, bot veya platform kullanılmalıdır (Şekil 2). Göl tabanlarından farklı uzunluklarda örnek almayı sağlayacak karotiyerler (gravite karotiyer, piston karotiyer) kullanılarak örnek alınabilir (Şekil 2). Gravite karotiyer ile örselenmemiş örnek almak mümkündür. Piston karotiyer ile örnek alırken, karotun en üst kısmında piston örnekleme sistemi kaynaklanan, örneğin üst seviyelerinin (1 m kadarlık kesimi) baskıdan dolayı karışması/örselenmesi söz

konusu olabilir. Bu nedenle, piston karotiyer ile örnek alırken, aynı lokasyondan bir de gravite karotiyer ile örnek alınmalıdır. Böylelikle, kesilen istifin örselenmemiş halini görmek ve hazırlanacak polen diyagramında hata payını ortadan kaldırmak mümkün olacaktır.



Şekil 2. a) Göl tabanı örnekleme için kullanılan platform b) Gravite ve piston karotiyer, c) Piston karotiyer ile alınan örnek, d) Göl tabanından alınmış karot örnekleri, e) Karot örneklerinin muhafaza edildiği soğuk oda.

### 2.3. Palinoloji laboratuvarının özellikleri

Çalışılacak palinoloji laboratuvarının, havalandırma sisteminin kaliteli ve laboratuvara polen taşınımını engelleyecek şekilde, dış ortam ile bağlantısının tamamen kesilmiş olduğu bir sistemde olmasına özen gösterilmelidir. Laboratuvarda palinolojik örnek hazırlanması için gerekli ekipman olarak, çeker ocak, kimyasal saklama dolabı, santrifüj, saf su cihazı, etüv, hassas terazi, sıcak su banyosu, ultrasonik su banyosu, soğuk hava deposu veya soğutucu dolap, cam malzeme saklama dolabı, atık toplama sistemi ve acil durumlar için göz ve vücut duşu sistemi bulunmalıdır. Laboratuvarda çalışmadan önce, araştırmacı laboratuvardaki tüm ekipman ve kimyasal malzeme ile ilgili olarak bilgilendirilmelidir. Olası bir kaza, kimyasal dökülmesi veya doğal afet (deprem, sel vs.) anında yapılması gerekenler, araştırmacıya sözlü olarak anlatılmalı ve yazılı olarak da laboratuvarın görülen bir yerine asılmalıdır. Ayrıca, laboratuvarın bulunduğu binadaki iş sağlığı ve güvenliği önlemleri laboratuvar çalışanına anlatılmalı ve acil durum planları incelenmelidir. Palinoloji laboratuvarında çalışırken hem polen taşınımını önlemek hem de kullanılan kimyasal malzemelerden korunmak amacıyla, kumaş laboratuvar önlüğü, kimyasal malzemeye dayanıklı önlük, eldiven, siperlik ve gözlük kullanılmalıdır. Eğer bir palinoloji laboratuvarı kurmayı planlıyorsanız bununla ilgili danışmanlık alınız. Eğer bir palinoloji laboratuvarında çalışacaksınız, acil durum planı ve güvenlik önlemleriyle ilgili detaylı bilgilendirme talep ediniz. Laboratuvar çalışması sırasında eksik veya bozuk ekipman ile

çalışmanız, geri dönüşümü olmayan meslek hastalıklarına yakalanmanıza sebep olabilir. Bu nedenle, öncelikli olarak güvenliğini sağlamaya çalışmak, araştırmacının bireysel olarak görevidir.

Palinoloji laboratuvarında çalışırken, açık ayakkabı veya terlik giymeyin, vücudu açıkta bırakacak veya takılma olasılığı olan kıyafetler tercih etmeyin. Saat, kolye, küpe ve yüzük gibi aksesuar kullanmayın. Eğer, palinoloji laboratuvarında çalışacaksınız ve üst veya alt solunum yolu hastalığı ve/veya atağı (astım, alerji atakları gibi) geçiriyorsanız çalışmaya ara veriniz ve tamamen düzeline kadar çalışmayınız. Eğer hamile iseniz veya hamile olma olasılığınız varsa laboratuvar çalışması yapmayınız. Kimyasal kokusu ve buharı fazla olan HF (Hidroflorik Asit) gibi kimyasallar ile çalışırken, kumaş önlük ve tek kullanımlık eldivenlerinizin üstüne koruyucu önlük, eldiven ve siperlik giyiniz (Şekil 3). Laboratuvarında çalışırken, kimyasallarla işlemler çeker ocak içerisinde yapılmalıdır. Bu şekilde araştırmacı, kimyasalın kokusu, buharı veya kanserojen olan malzemeden korunmuş olabilir.



Şekil 3. HF asit ile çalışırken kullanılması gerekli ekipman.

Laboratuvarında bulunan kimyasal maddelerin kullanım şekli ve reaksiyona girdiği malzemeler ile ilgili kullanım bilgileri ve tehlike uyarıları buldukları kimyasal dolaplarına asılmalıdır. Laboratuvarında örnek hazırlama sırasında, meydana gelmesi olası bir patlama, kimyasal taşması veya dökülmesi durumunda yapılması gerekenler ve acil müdahale şekli araştırmacıya anlatılmalıdır. Tüm önlemler alınmasına rağmen, meydana gelmesi olası bir laboratuvar kazası durumunda kişi yardım ulaşana kadar laboratuvarında ne yapması ve ne yapmaması ile ilgili olarak bilgilendirilmelidir. Araştırmacı, palinoloji laboratuvarında kimseye haber vermeden çalışmamalı ve çalışırken binada tek olmamalıdır.

Laboratuvar çalışmasının yapıldığı her gün sonunda, laboratuvarında çalışan kişi, laboratuvar sorumlusuna bilgi vermeli, uygun malzeme ile ve doğru şekilde, kullandığı tüm malzemeleri temizlemeli ve laboratuvarı temiz bırakmalıdır. Laboratuvarında kullanılan ekipman ve malzemeler, düzenli aralıklarla laboratuvar sorumlusu tarafından, örnek hazırlamaya uygunluğu açısından değerlendirilmelidir.

Laboratuvarında kullanılan kimyasal maddeler, örneklere eklendikten sonra dökülen kısımları, her biri ayrı depolanma kaplarında depolanarak, çalışılan kurum ve/veya şehirdeki atık yönetim politikalarına göre toplanarak doğaya verdiği zarar önlenmelidir. Bu bağlamda, kurumların atık yönetimi politikaları ve kendi bünyelerindeki laboratuvarlardaki atıkların toplanması ve depolanması ile ilgili detaylı bir çalışma yaparak, çevreye zararın önüne geçileceği bir sistem oluşturması mutlak bir gerekliliktir. Geçmiş iklimleri araştırmak için önemli bir parametre olan palinolojik incelemeler için kullanılan kimyasalların, gelecekteki iklim değişimlerine katkısı şüphesiz vardır. İlerleyen süreçte, bu konuda araştırma yapan kişilerin, laboratuvar prosedürlerinde kullanılan, insan sağlığına ve doğaya

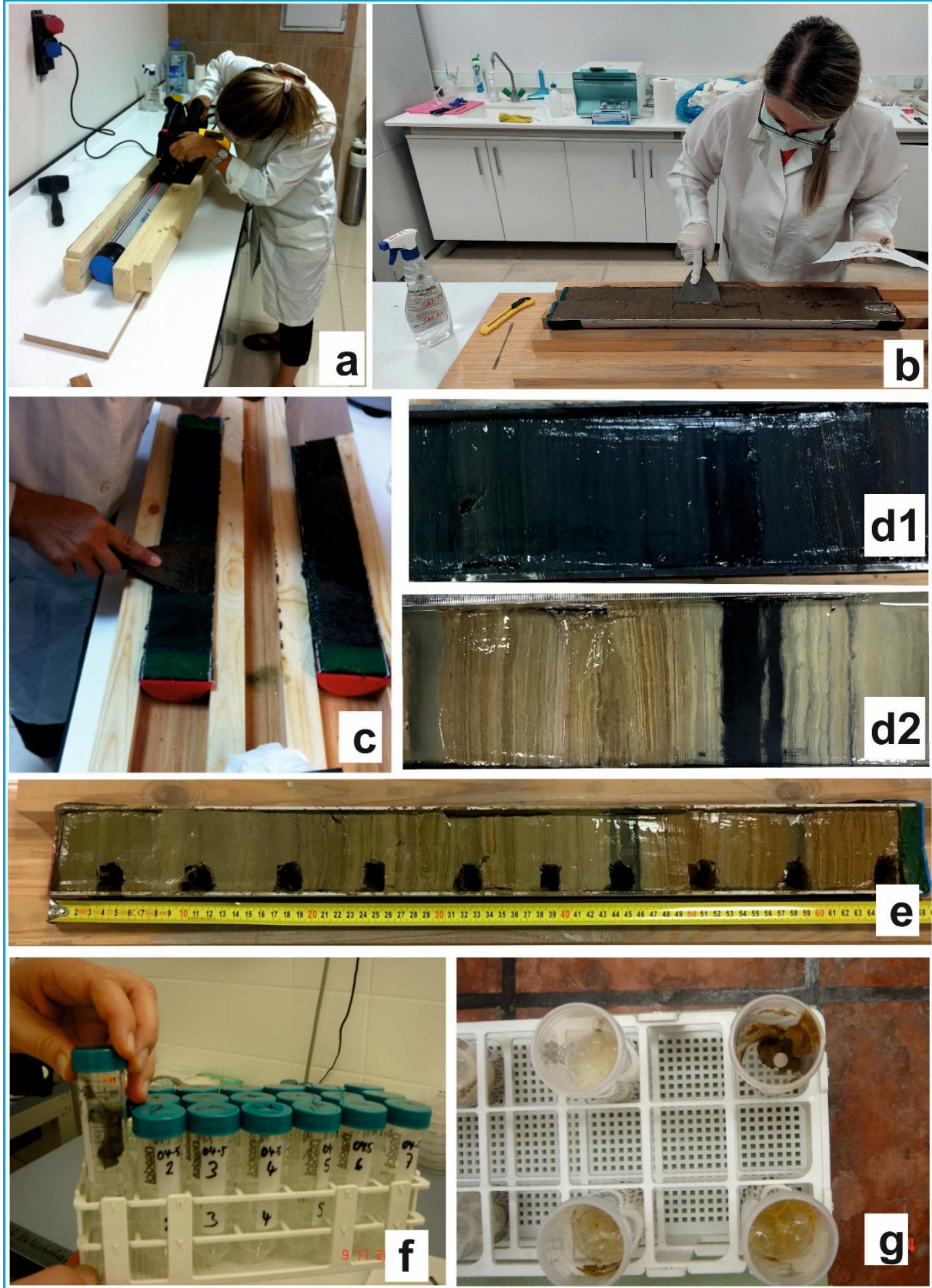
zararlı malzemeler yerine, alternatif malzemeler ile yeni ve zararsız yöntem geliştirme üzerine çalışması, hem zararlı atık miktarını azaltacak hem de meslek hastalıkları oluşması riskini en aza indirecektir.

#### **2.4. Demineralizasyon ve asetoliz yöntemi ile palinolojik örnek hazırlama (Erdtman, 1934; Stockmarr, 1971; Faegri ve Iversen, 1989)**

Karot örnekleri, ilk olarak uzunlamasına ikiye kesilerek, sediman yüzeyleri düzeltilmektedir (Şekil 4). Kesilen örnekler bir süre bekletilerek yüzeylerinin okside olması sağlanmalıdır. Bu sayede, karotların içerdiği çökellerin litolojik ve stratigrafik özelliklerinin daha net bir şekilde görünmesi sağlanacak ve sedimantasyon koşulları hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

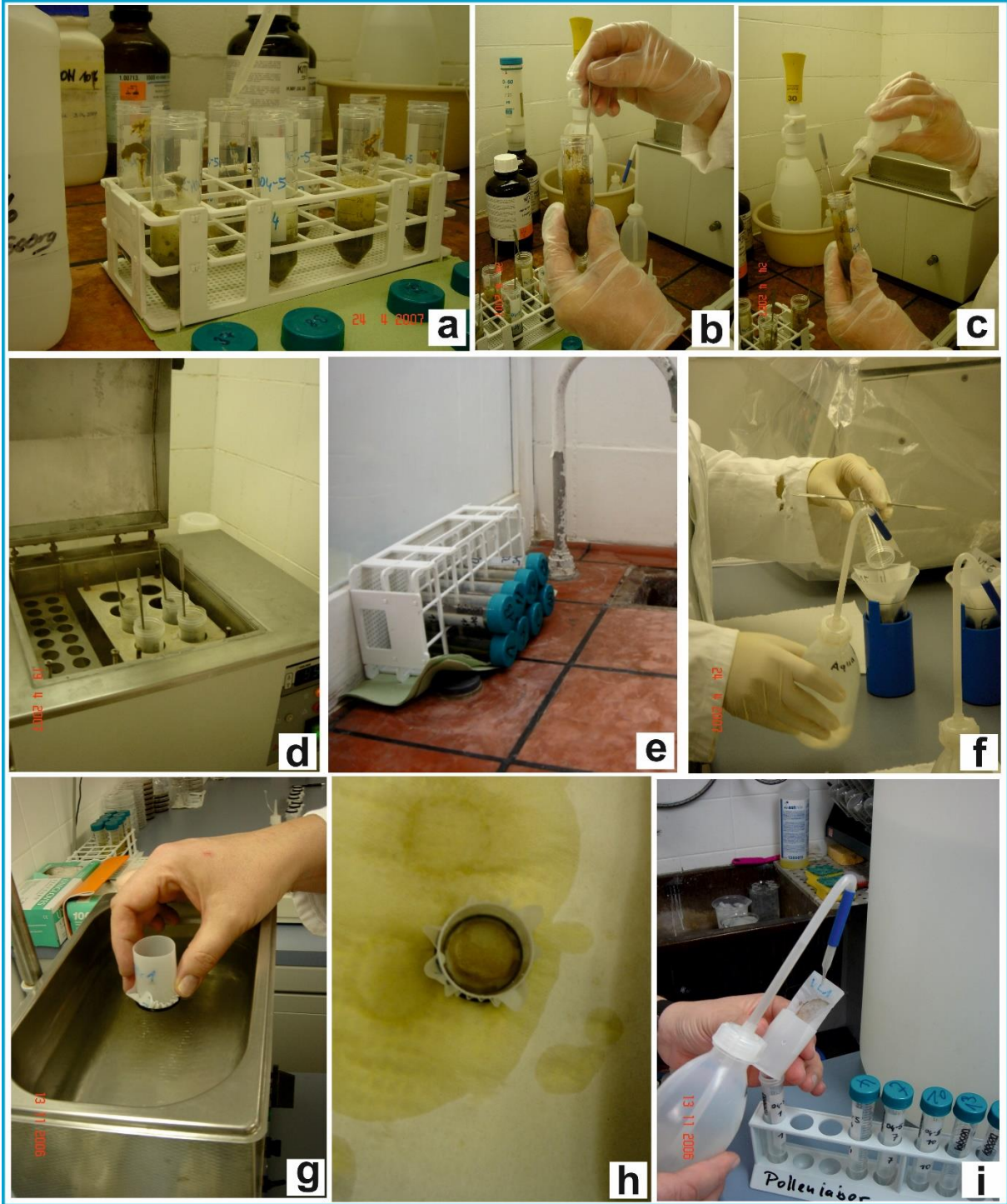
Palinolojik inceleme yapmak üzere, karotlar 3-5 cm aralıklı olarak ve her seviyeden aynı miktarda olacak şekilde örneklenmektedir (Şekil 4). Yapılan örnekleme miktarı, çalışılan istifin içerdiği polen konsantrasyonuna bağlı olarak değişebilir. Eğer polen konsantrasyonunu hiç bilmediğiniz bir örnek hazırlanacak ise 10-20 gr arasında örnek alınarak çalışılabilir. Göl çökellerinde çalışırken, bir spatula ile örnek alınmasını engelleyecek kadar akışkan çökelle karşılaşma olasılığı vardır. Bu durumda bir enjektör yardımı ile örnek alınması gerekebilir. Böyle bir durumda her seviyeden aynı miktarda örnek alınması gerekmektedir. Araştırmacı, palinolojik bir çalışma yapabilmek için gerekli olan örnek miktarına, birkaç seviyeden örnek hazırlayıp sayımını yaptıktan sonra karar verebilir.

Alınan örneklere, ilk olarak, polen konsantrasyonunu hesaplamak üzere *Lycopodium* spor tabletleri eklenmektedir (Stockmarr, 1971) (Şekil 4). Bu tabletler, içerisinde belli miktarda spor içeren palinolojik çalışmalar için özel olarak üretilmiş tabletlerdir. Bu işlemin ardından, örnekler sırasıyla, Hidroklorik Asit (HCl) (sıcak su banyosunda), Potasyum Hidroksit (KOH) (sıcak su banyosunda), Hidroflorik Asit (HF) (24-48 saat bekletilerek) ardından asetoliz sıvısı ile işleme tabi tutulmaktadır (Erdtman, 1934; Stockmarr, 1971; Faegri ve Iversen, 1989). Her işlem sonrası, örnekler santrifüjde çöktürülmekte ve ardından saf su ile yıkanmaktadır. Örneğin içerdiği karbonat ve silikat oranına bağlı olarak uygulanan kimyasalın çözeltideki değeri ve uygulanma sayısı artırılabilir. Örneğin karbonat içeriği az olan bir örnekte %10'luk HCl uygulaması yeterli olabileceken, yoğun karbonat içerikli örneklerde %37'lik HCl kullanılabilir. Bahsedilen bu aşamalarda kullanılan kimyasal maddelerin uygulanmasındaki amaç, örneklerin içerdiği karbonatları uzaklaştırmak (HCl), hümik maddeyi uzaklaştırmak (KOH), silikatları uzaklaştırmak (HF), çökel içerisindeki polen dışındaki yabancı selülozu, diğer selülozu uzaklaştırmak (asetoliz) ve polen elde etmektir. Bahsedilen bu işlemler, karbonatları, hümik asitleri, silikatları ve diğer selülozu uzaklaştırmak şeklinde uygulanmaktadır. Uygulanan kimyasallar soğuk ve sıcak uygulama şeklinde yapılmaktadır. KOH sıcak su banyosunda %10'luk bir çözelti hazırlanarak uygulanmalı ve polenlerin zarar görmemesi için süre konusunda dikkatli olunmalıdır. Polenler bazlara dayanıklı olmadığından KOH aşaması yapılırken polen kaybı yaşamamak için süre iyi ayarlanmalı ve ortalama 10-20 dakika aralığı göl çökelleri için uygun görülmektedir. HCl uygulaması ilk aşamada soğuk, KOH'den sonra sıcak su banyosunda olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilir. HCl uygulaması sırasında aşırı köpürme olursa, örneğin taşıp dökülmesini önlemek için bir iki damla alkol eklenebilir (Şekil 5). HF soğuk ve 48 saat örnek asitte bekletilerek, ara ara çalkalayarak uygulanmalıdır (Şekil 5). Burada bahsedilen soğuk ve sıcak uygulamalarda, soğuk uygulama kimyasalın laboratuvar koşullarındaki sıcaklığını, sıcak uygulama ise sıcak su banyosunda 90 °C' den yüksek sıcaklıkları ifade etmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. a) Karot örneklerinin kesilmesi, b-c) Karot yüzeyinin düzeltilmesi, d1) Yüzeyi düzeltilmiş, oksitlenmemiş örnek, d2) Yüzeyi düzeltilmiş ve oksitlenmiş örnek, e) Palinolojik olarak örneklenmiş karot örneği, f) İşlemlerin yapılacağı tüplere konmuş örnekler, g) *Lycopodium* spor tableti eklenmiş örnek.





Şekil 5. a) Örneklere HCl eklenmesi, b) Örneklere HF eklenmesi, c) HCl’de köpüren örneğe alkol eklenmesi, d) Sıcak su banyosunda KOH uygulaması, e) 48 saat HF’de bekleyen örnekler, f) KOH aşamasından sonra 200 mikron polyester elekten süzülen örnekler, g) 10 mikron polyester elekte, ultrasonik su banyosunda elenen örnekler, h) Eleme sonunda elde edilen polenler, i) İnceleme yapmak üzere tüplere alınan polenler.

## 2.5. Demineralizasyon ve ağır sıvı yöntemi ile palinolojik örnek hazırlama (Ediger, 1986)

Ediger (1986) yöntemine göre genel olarak sedimanlarda örnek hazırlarken, örnekler temizlenme, demineralizasyon ve oksidasyon aşamalarından geçirilerek hazırlanmaktadır. Bu yöntemde 2.4. bölümde anlatılan demineralizasyon işleminin karbonat ve silikatları uzaklaştırma aşaması aynı

şekilde uygulanmaktadır. Bu yöntem, belli yoğunlukta hazırlanan ağır sıvı solüsyonu ile organik malzemenin sedimandan ayrılması temeline dayanmaktadır. Ediger (1986) örnek hazırlama sırasında kil içeren sedimanların fiziksel ve kimyasal olarak istenmeyen durumlara neden olduğunu belirtmiştir. Yöntemin, bu çalışma kapsamında göl çökellerine uygulanan kısmi demineralizasyon ve ağır sıvı aşamalarıdır. Bu aşamalar için görseller HCl ve HF aşamalarında aynı olduğundan bu bölümde ayrıca belirtilmemiştir. Kullanılan kimyasallar ve derişimleri bu çalışma için %10'luk ve %37'lik olarak HCl aşaması için ve %40'luk olarak da HF aşaması için uygulanmıştır.

Ağır sıvı solüsyonunda bu çalışma kapsamında,  $ZnCl_2$  ile hazırlanan ağır sıvı solüsyonu kullanılmıştır. HCl ve HF aşamalarında tam olarak temizlenmeyen mineraller ile organik veya inorganik jel benzeri kütleler bu aşamada sorun olabilmektedir (Ediger, 1986) (Şekil 6). Solüsyon hazırlarken dikkat edilmesi gereken nokta, solüsyonun içine HCl gibi bir elektrolit eklemektir (Ediger, 1986). Süspansiyondaki bazı parçacıklar kararlı bir şekilde birbirlerini itmelerine neden olan yükler taşırlar. HCl gibi bir elektrolit eklenirse, bunlar yapışır, agregalar oluşturur ve çökerler (Gray 1965). Ağır sıvı solüsyonu hazırlamak için kullanılan  $ZnCl_2$ 'nin yoğunluğu 2.9'dur. Kitin-sporopolleninli palinomorfaların yoğunluğu ise 1.4 (Traverse, 1988). Bu yoğunluk farkı ile, yoğunluğu 1.4 olan palinomorf sedimandan ekstrakte edilerek ayrılmaktadır.

$ZnCl_2$  ile hazırlanan ağır sıvı solüsyonu sağlık açısından zararlı bir içeriğe sahiptir. Kanserojen bir madde olan bu kimyasal ile solüsyon uygulaması iyi izole edilmiş ve güvenli bir standartları belirlenmiş bir laboratuvar ortamında yapılmalıdır. Araştırmacı, bu solüsyon ile örnek hazırlarken, maske, eldiven, kumaş önlük, kimyasallara dayanıklı önlük ve kolçak kullanmalıdır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında anlatılan örnek hazırlama yöntemleri Arin Gölü (Ağır sıvı yöntemi ile 34 örnek), Nazik Gölü (Ağır sıvı yöntemi ile 24 örnek), Aygır Gölü (Ağır sıvı yöntemi ile 45 örnek) ve Erçek Gölü (Ağır sıvı yöntemi ile 35 örnek) ile Van Gölü'nün çevresindeki taraça çökellerine (Ağır sıvı yöntemi ile 150 örnek) uygulanmıştır. Farklı su kimyaları ve çökel içeriğine sahip olan istiflerde uygulanan bu yöntemlere göre, litolojik bulgular ve laboratuvar deneyimleri doğrultusunda, ağır sıvı (zenginleştirme) veya asit baz uygulamalarının bir kombinasyonu oluşturularak uygulanmış ve başarı elde edilmiştir.

Laboratuvar çalışmaları sırasında, kimyasal uygulama süreleri ve kimyasal uygulama sayıları değiştirilerek örnekler hazırlanmıştır.

Çalışılan istifler arasında, laboratuvar çalışması sırasında yapılan gözlemlere göre, Aygır Gölü karotları bol miktarda karbonat içermektedir. Bu göle ait örnekler hazırlanırken, HCl derişimi %10'dan %37'ye çıkarılmış ve bazı örnekler için bu aşama tekrarlanmıştır. Aygır Gölü karbonat yığışımının gölün yakın çevresindeki Adilcevaş kireçtaşlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, Aygır Gölü örnekleri HF ile yoğun tepkime veren silikat oranlarına sahiptir. Yukarıda anlatılan örnek hazırlama prosedürü Aygır Gölü Örneklerinin içeriğine göre; HCl, HF ve ağır sıvı seperasyonu uygulanmak üzere düzenlenmiştir. Aygır Gölü çalışılan tüm göller içinde karbonat içeriği en yüksek olan çökelleri barındırmaktadır ve standart prosedürde %10 olan HCl derişimi bu göldeki örnekler için %37'ye çıkarılmıştır. Nazik gölü örneklerinin içerdiği karbonat miktarı tüm göller içerisinde en az olandır ve %10'luk HCl uygulaması tüm karbonatları uzaklaştırmak için yeterli olmuştur. Aygır Gölü ve Arin Gölü örneklerinde HCl içeriğinin temizlenebilmesi için bazen bu aşamanın tekrarlanması bazen de uygulanan çözeltilerdeki miktarının %10'dan %37 ye çıkarılması gerekmiştir. Benzer durum HF uygulaması için de geçerlidir. Silikat içeriği diğer göllere göre görece az olan Nazik Gölü gibi istiflerde 48 saat beklemeden sedimanın temizlendiği belirlenmiştir.

Nazik gölü örnekleri, masif bir litolojik görüntüdedir ve herhangi bir litolojik değişim içermemektedir. HCl ve HF uygulamalarına köpürme şeklinde reaksiyon vermeyen örneklerin bol miktarda tüycük görünümünde organik malzeme ve polen olmayan palinomorf (NonPollenPalynomorphs - NPP) içerdiği belirlenmiştir. Nazik gölü örneklerinde ağır sıvı solüsyonu ile polenleri ekstrakte etmek bu nedenle oldukça zahmetli olmuştur. Örnekte yoğunluğu polen ile aynı olan bol miktarda kil, algal kalıntı, fekal pellet, NPP ve bitki kalıntısı tespit edilmiştir. Bu durum polen örneklerinin geri kalan malzemedan ayrılması için sorun oluşturmuştur. Bu nedenle Nazik Gölü'ne ait örnekler temizlenirken ağır sıvı aşamasından sonra 10 mikron polyester elekten süzölmüştür. Süzme işlemleri ile örneklerin daha fazla temizlendiği tespit edilmiştir.

Erçek Gölü örnekleri, ritmik laminalı sediman içermektedir ve örneklerin bazı seviyelerde içerdiği karbonat miktarının arttığı belirlenmiştir. Örneklerin karbonatlardan temizlenmesi için %10'luk HCl kullanımı yeterli olmuştur. Örnekler HF ile 48 saatten az işleme tabii tutularak da temizlenmiştir. Ağır sıvı ile polen ekstraksiyonu bu gölün örneklerinde daha kolay olmuştur. Erçek Gölü örneklerinde tüycük görünümünde organik ve/veya inorganik malzeme (Şekil 6), bol miktarda algal kalıntı ve NPP tespit edilmiştir.

Arin Gölü örnekleri litolojik olarak ritmik laminalı sediman içermektedir. Karbonat içeriğini temizlemek için HCl ile işlem yapılırken örneklerin fazlaca reaksiyon verdiği bazı seviyelerde örneklerin hazırlandığı tüplerden taşıdığı gözlenmiştir. Ancak yine de %10'luk HCl kullanımı, karbonatların temizlenmesi için yeterli olmuştur. KOH %10'luk çözeltide ve maksimum 20 dakika olacak şekilde uygulanmıştır. HF aşamasında örnekler 48 saat bekletilmeden de, reaksiyon sonlanınca yıkanmış ve mineral kalıntısı gözlenmemiştir. Ağır sıvı işleminde, yoğunluğu polenlere yakın olan malzeme bol olarak bulunmaktadır. Bitki kalıntısı, algal kalıntılar, NPP gibi polen olmayan malzeme ve organik-inorganik tüycük görünümünde maddeler örneklerde bol olarak bulunmaktadır.

Van Gölü taraçalarından (Yumrupepe, Bardağı, Gevaş ve Tatvan) alınan ritmik laminalı derin göl çökellerine ait örnekler ağır sıvı yöntemi ile hazırlanmış ancak bu dört lokasyonda da herhangi bir organik içeriğe rastlanmamıştır. Taraça örnekleri de göl çökelleri gibi killi-siltli sediman içermektedir ancak içerisinde herhangi bir organik ize rastlanmamıştır. Bu taraçalarda olduğu gibi, organik malzemenin fosilleşmediği ya da az olarak bulunduğu istiflerde çalışırken, KOH aşamasının atlanması önerilmektedir.



Şekil 6. Erçek Gölü, ağır sıvı ile hazırlanmış örnekteki *Juglans regia* polenin etrafındaki topaklanma.

Ediger (1986)'in da bahsettiği gibi, örneklerde yoğunluğu az olan organik ve inorganik malzemenin bolluğu, polen ekstraksiyon işlemini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bu malzemelerin bol olarak bulunduğu örneklerde, bu malzemeyi örnekten uzaklaştırmak için bazı örneklerde 10 mikron polyester elekten süzme işlemi yapılmıştır. Eğer örneklerde, çıplak gözle görünecek kadar belirgin bir tane boyu değişimi yoksa ya da örnekler ilk aşamada HCl ile işleme tabii tutulduktan sonra dibe çöken

görece iri boyutlu bir malzeme içermiyorsa, bu gibi örneklerin son aşamada 10 mikron elekten geçirilerek temizlenebilir olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalara göre organik malzemece zengin örnekler KOH ile mutlaka temizlenmelidir. Polen konsantrasyonunun düşük olduğu ve organik malzemece zayıf örneklerin KOH aşaması atlanabilir sonucuna varılmıştır.

HF aşaması tüm örnekler için aynı sürede uygulanmamıştır. 48 saate kadar süren uygulamalarla veya tekrarlanan HF aşamalarında büyük oranda malzeme temizlendiği belirlenmiştir. Ancak daha kısa süreli HF uygulaması yapılarak ve ardından ağır sıvı uygulanarak örneklerden yine büyük oranda silikatları uzaklaştırmak mümkün olmuştur.

Örnekler hazırlanırken karşılaşılan en büyük sorun Aygır Gölü örneklerinin karbonat miktarı ve ağır sıvı uygulaması sırasında, diğer göllerdeki bazı örneklerde hafif yoğunlukta organik ve inorganik malzemenin bolluğu olarak belirlenmiştir. Bunlardan yola çıkarak, bir çökel istifte çalışırken, karbonat içeriğine göre uygulanacak HCl miktarı, işlemin tekrarı ve kimyasalın %10'luk derişimden %37'liğe artırılabilceği belirlenmiştir. KOH uygulamasının düşük derişimlerle başlayarak uygulanması ve araştırmacı tarafından gerek görüldüğü taktirde %10'a kadar çıkarılabilceği belirlenmiştir. KOH uygulaması yapmadan önce, sediman içerisindeki polen taksonların kontrol edilmesi, *Juniperus* veya *Populus* gibi ince ekzinli polenlerin bol olması durumunda, bu aşamada süre ve derişimin dikkatli bir şekilde ayarlanması önerilmektedir. KOH uygulaması sırasında, sürenin ve derişimin fazla olması polen içeriğine zarar vererek, bazı polenlerin tamamen erimesine ve örnekte yok olmasına neden olabilir.

#### 4. Sonuç

Laboratuvarında çalışmaya başlamadan önce, laboratuvarın gerekli güvenlik donanımına sahip olduğundan emin olunması gerekmektedir. Laboratuvarında çalışan araştırmacıya, laboratuvardaki tüm ekipman ve prosedür ile ilgili bilgi verilmelidir. Kimyasal malzemeler ve riskleri anlatılmalı ve olası bir kaza durumunda yapılması gerekenler ile ilgili bilgi verilmelidir. Araştırmacı fiziksel olarak herhangi bir rahatsızlığa sahip olduğunda, laboratuvarında çalışmamalıdır. Kişisel koruyucu önlemleri almak araştırmacının kendi sorumluluğundadır. Palinoloji laboratuvarında uzun süreli ve koruyucu ekipman kullanmadan çalışmak kimyasal maddelerin sebep olduğu meslek hastalıklarına yakalanma olasılığını arttırabilir. Bu nedenle laboratuvar sorumlusu çalışanları bu konuda uyarmalı ve bilgilendirmelidir.

Göl çökellerinde çalışırken, palinolojik örnek hazırlarken örnek içeriğini tam olarak görebilmek için, ilk aşamada KOH kullanmadan, HCl ve HF uygulamaları ve ağır sıvı ile örnek hazırlanmasının, örneklerin temizlenme durumunun ve bu aşamalarla elde edilen malzeme içeriğindeki palinomorf çeşitliliğinin belirlenmesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışılan istifte litolojik değişimin gözlemlendiği her seviye için, bu yöntemin uygulanması önerilmektedir. Karbonat içeriği bol olan örneklerde %10'luk HCl uygulaması ilk aşamada sıcak HF'den sonra soğuk olmak üzere iki kez uygulanabilir. HF araştırmacının gerek gördüğü durumlarda kırk sekiz saatte bir kez veya reaksiyon bitene kadar beklemek üzere iki saat olmak üzere uygulanabilir. KOH aşamasında kullanılacak çözelti derişimi için %3-5'lik çözelti ve 10 dakika uygulama süresi ile başlamak ince ekzinli polenlerin zarar görmemesi için önerilmektedir. Araştırmacı tarafından gerek görülürse, daha yüksek miktarda KOH içeren bir çözelti ve daha uzun süreli uygulama yapılabilir. Örneklerin bol miktarda alg ve bitki parçası içermesi (polen olmayan palinomorf) durumunda, örnekler KOH veya HF aşamalarından sonra örneğin içerdiği palinomorf ve mineral içeriğine göre 200 veya 250 mikron eleklerden geçirilebilir. Eğer örnekler Nazik Gölü örnekleri gibi litolojik bir değişim göstermiyor veya farklı boyutta malzeme içeriği yoksa süzme işlemi aşaması atlanabilir. Ağır sıvı ile palinomorfı ekstrakte ederken, düşük devirde ve kısa sürede faz ayırımı yapmanın palinomorf kaybı yaşamamak için daha elverişli olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, palinolojik araştırma yapmak üzere yer seçimi, örnek alımı ve istife en uygun örnek hazırlama yönteminin farklılık gösterebileceği belirlenmiştir. Standart örnek hazırlama yöntemleri, çalışılan istifin karbonat, silikat, algal kalıntılar, kil miktarı, fekal pellet ve organik ve inorganik ultra küçük malzeme miktarına bağlı olarak çalışılan istife göre uyarlanmalıdır.

Sonuç olarak, istifteki çökelin karbonat içeriğine göre uygulanacak HCl miktarı, işlemin tekrarı ve kimyasalın %10'luk derişimden %37'liğe artırılabilceği belirlenmiştir. KOH uygulamasının düşük derişimlerle başlayarak uygulanması ve araştırmacı tarafından gerek görüldüğü taktirde %10'a kadar çıkarılabilceği belirlenmiştir. KOH uygulaması yapmadan önce, sediman içerisindeki polen taksonların kontrol edilmesi, *Juniperus* veya *Populus* gibi ince ekzinli polenlerin bol olması durumunda, bu

aşamada süre ve derişimin dikkatli bir şekilde ayarlanması önerilmektedir. KOH uygulaması sırasında, sürenin ve derişimin fazla olması polen içeriğine zarar vererek, bazı polenlerin tamamen erimesine ve örnekte yok olmasına neden olabilir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından 2014-MİM-B075 projesi tarafından desteklenmiştir. Örnek hazırlama işlemleri sırasında yardımlarından dolayı Banu Öner'e, arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Serkan Üner'e, teşekkürlerimi sunarım.

### **Kaynakça**

- Ediger, V. Ş. (1986). Sieving techniques in palynological sample processing with special reference to the MRA system. *Micropaleontolog*, 32(3), 256-270.
- Erdtman, G. (1934). Über die Verwendung Essigsäurehydrat bei Pollenuntersuchungen. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 28, 354-358.
- Erdtman G. (1936). New methods in pollen analysis. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 30, 154-164.
- Erdtman, G. (1943). *An Introduction to Pollen Analysis*. Waltham, Massachusetts, Chronica Botanica Company.
- Fægri, K., & Iversen, J. (1989). *Textbook of Pollen Analysis*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Funkhouser, J. W., & Evitt, W. R. (1959). Preparation techniques for acid-insoluble microfossils. *Micropaleontology*, 5, 369-375.
- Gray, J. (1965). Part III. Techniques in palynology (coordinator). pp 469-706: In; B. Kummel and D. Raup (eds). *Handbook of Paleontological Techniques*. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- Herngreen. G. F. W. (1983). Palynological preparation techniques. *Norwegian Petroleum Directorate-Bulletin 2(Oljedirektoratet)*, 13-34.
- Stockmarr, J. (1971). Tablets with spores used in absolute pollen analysis, *Pollen et Spores*, 13, 615-621.
- Traverse, A. (1988). *Paleopalynology*. Unwin Hyman, London.
- Urban, J. B. (1961). Concentration of palynological fossils by heavyliquid flotation. *Oklahoma Geology Notes*, 21, 191-193.
- Wodehouse, R. P. (1935). *Pollen Grains. Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine*. New York and London, McGraw-Hill Book Company.