

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL-ŞİLE KUMULLARININ MANYETİK VE SEDİMANTOLOJİK  
ANALİZİ: PALEOÇEVRESEL ÇIKARIMLAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mediha SEYHAN**

**Katı Yer Bilimleri Anabilim Dalı**

**Jeodinamik Programı**

**ARALIK 2022**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL-ŞİLE KUMULLARININ MANYETİK VE SEDİMANTOLOJİK  
ANALİZİ: PALEOÇEVRESEL ÇIKARIMLAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mediha SEYHAN  
(602191004)**

**Katı Yer Bilimleri Anabilim Dalı**

**Jeodinamik Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz YILDIRIM  
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özlem MAKAROĞLU**

**ARALIK 2022**



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 602191004 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mediha SEYHAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "İSTANBUL-ŞİLE KUMULLARININ MANYETİK VE SEDİMANTOLOJİK ANALİZİ: PALEOÇEVRESEL ÇIKARIMLAR" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. Cengiz YILDIRIM** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Eş Danışman :** **Dr. Öğr. Üyesi Özlem MAKAROĞLU** .....  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR** .....  
İstanbul Üniversitesi

**Prof. Dr. Tahsin Attila ÇİNER** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : **21.11.2022**  
**Savunma Tarihi** : **28.12.2022**





*Sevdiklerime,*



## ÖNSÖZ

Öncelikle değerli tez danışmanım, tez konumu bana öneren, tecrübelerini benimle paylaşan ve beni destekleyen Prof. Dr. Cengiz YILDIRIM'a çok teşekkür ederim. Gelecekte onun gibi üretken ve anlayışlı bir araştırmacı olmayı umuyorum.

Çevre manyetizması yönteminde yardımcı olan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'dan eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Özlem MAKAROĞLU'na kıymetli yardımları için teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışma sürecim boyunca desteklerini hissettiğim aileme ve arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Bölümü tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 42893.

Aralık 2022

Mediha Seyhan



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xii
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xviii
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÇALIŞMA ALANI.....</b>	<b>5</b>
<b>3. VERİ VE YÖNTEM.....</b>	<b>15</b>
3.1 Arazi Çalışması.....	15
3.2 Çevre Manyetizması (Manyetik mineral analizleri).....	15
3.2.1 Manyetik Duyarlılık.....	16
3.2.2 NRM (Doğal Kalıntı Miknatıslanma).....	17
3.2.3 IRM ve SIRM.....	17
3.2.4 S-oranı ve HIRM.....	17
3.2.5 ARM (Anhisteretik Kalıntı Miknatıslanma).....	18
3.3 Taneboyu Analizi.....	22
3.4 Passega Diyagramı Analizi.....	25
3.5 OSL (Işık Uyarmalı Lüminesans) Analizi.....	27
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>31</b>
4.1 Sedimantolojik Analizler.....	31
4.2 Çevre Manyetizması Analizleri.....	35
4.3 OSL (Işık Uyarmalı Lüminesans) Analizi.....	38
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>43</b>
5.1 Kumulların Kökeni.....	43
5.2 Kumulların Yaşı ve Paleoçevresel Çıkarımlar.....	45
<b>6.SONUÇLAR.....</b>	<b>47</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>49</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>56</b>



## KISALTMALAR

<b>ARM</b>	: Anhisteretik Kalıntı Mıknatıslanma (Anhysteretic Remanent Magnetization)
<b>Da</b>	: Yıllık Doz
<b>GIS</b>	: Geographic Information Systems
<b>HIRM</b>	: Yüksek Koersiviteye Sahip Manyetik Mineraller
<b>IRM</b>	: Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (Isothermal Remanent Magnetization)
<b>MIS</b>	: Denizel İzotop Aşamaları (Marine Isotope Stages)
<b>NRM</b>	: Doğal Kalıntı Mıknatıslanma (Natural Remanent Magnetization)
<b>OSL</b>	: Işık Uyarmalı Lüminesans (Optically Stimulated Luminescence)
<b>SIRM</b>	: Doymuş Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (Saturation Isothermal Remanent Magnetization)
<b>K</b>	: Kuzey
<b>G</b>	: Güney
<b>D</b>	: Doğu
<b>B</b>	: Batı
<b>KD</b>	: Kuzeydoğu
<b>GB</b>	: Güneybatı



## SEMBOLLER

<b>cm</b>	: Santimetre
<b>H</b>	: Manyetik Alan (Magnetic field, H in A/m)
<b>k</b>	: Hacim Manyetizma Katsayısı
<b><math>\kappa_r</math></b>	: Manyetik Duyarlılık (Hacme Bağlı)
<b><math>\rho</math></b>	: Rho
<b>m</b>	: Metre
<b>mm</b>	: Millimetre
<b>nT</b>	: Nanotesla
<b>mT</b>	: Militesla
<b><math>\chi</math></b>	: K $\ddot{u}$ tle Bağımlı Manyetik Duyarlılık



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1.1</b> Uygulanan yöntemlerde kesitlerden alınan örnek sayıları.....	15
<b>Tablo 3.2.1</b> Çalışma kapsamında yapılan manyetik ölçümler .....	18
<b>Tablo 3.3.1</b> Tane Boyu Analizinde Kullanılan İyileştirilmiş Udden-Wentworth Tane Boyutu Ölçeği.....	25
<b>Tablo 4.2.1</b> Kesit 1, 2 ve 3'e ait çevre manyetizması parametrelerinin minimum-maksimum ve ortalama değerleri.....	38



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 Türkiye kıyı ve kara kumul alanları haritası.....	4
Şekil 2.1 Çalışma alanının yüzeyden görünümü.....	5
Şekil 2.2 Çalışma alanının genel görünümü.....	6
Şekil 2.3 Çalışma alanının lokasyon haritası.....	7
Şekil 2.4 Çalışma alanı ve alandaki kesitlerin Google Earth üzerinden görüntüleri..	8
Şekil 2.5 Çalışma alanındaki kumul alanının görünümü.....	9
Şekil 2.6 Birinci kesitin bulunduğu alandan ve kesitten görüntüler .....	10
Şekil 2.7 İkinci kesitin bulunduğu alandan ve kesitten görüntüler .....	11
Şekil 2.8 Üçüncü kesitin bulunduğu alandan ve kesitten görüntüler .....	12
Şekil 2.9 Kesit 1, 2 ve 3'ün yakından görüntüsü.....	13
Şekil 3.2.1 Doğada manyetik mineral döngüsü.....	16
Şekil 3.2.2 Örneklerin ağırlıklarının ölçümü ve ölçümler için hazırlanma aşamaları.	19
Şekil 3.2.3 Çevre manyetizması kapsamında örneklerin ağırlıklarının ölçülmesi .....	19
Şekil 3.2.4 MS 2B Bartington manyetik duyarlılık ölçüm cihazı.....	20
Şekil 3.2.5 Spinner Manyetometresi .....	20
Şekil 3.2.6 Çevre manyetizması laboratuvar çalışmalarından görüntüler .....	21
Şekil 3.2.7 LDA3A cihazı.....	21
Şekil 3.2.8 Molspin mıknatıslayıcı.....	22
Şekil 3.3.1 Tane boyu analizi laboratuvar çalışması sırasında örneklerin hazırlanma (a) ve kurutma (b) aşamalarından görüntüler .....	24
Şekil 3.3.2 Malvern Mastersizer .....	24
Şekil 3.4.1 Passega diyagramı (Raja ve diğerleri (2018) (solda), Passega (1964)' (sağda)).....	26
Şekil 3.5.1 Çalışma alanındaki OSL örneklerinin alım aşamalarından görseller.....	28
Şekil 4.1.1 Birinci kesitin tane boyu analizi .....	32
Şekil 4.1.2 İkinci kesitin tane boyu analizi .....	32
Şekil 4.1.3 Üçüncü kesitin tane boyu analizi .....	33
Şekil 4.1.4 Passega Diyagramı.....	34

<b>Şekil 4.2.1</b> Birinci, ikinci ve üçüncü kesitten elde edilen çevre manyetizması parametrelerinin derinlikle değişimi ve ortalama değerleri.....	37
<b>Şekil 4.3.1</b> Google Earth üzerinden kesitler ve yaşlarının görüntüsü .....	39
<b>Şekil 4.3.2</b> OSL-1 (Birinci kesit) (a), OSL-2 (İkinci kesit) (b) ve OSL-3 (Üçüncü kesit) (c) laboratuvar sonuçları.....	40
<b>Şekil 4.3.3</b> Karadeniz ve küresel deniz seviyesinden gelen tortul kayıtlarla karşılaştırılan Sofular $\delta^{18}\text{O}$ kaydı (Badertscher ve diğerleri, 2011).....	41



## İSTANBUL-ŞİLE KUMULLARININ MANYETİK VE SEDİMANTOLOJİK ANALİZİ: PALEOÇEVRESEL ÇIKARIMLAR

### ÖZET

Kumullar sahip oldukları stratigrafik, manyetik ve kronolojik özellikleri ile Kuvaterner döneminde meydana gelen ortamsal (iklim, çevre) değişimlerle ilgili çıkarım yapılmasına imkân veren önemli çökel kayıtlarıdır. Bu çalışmada İstanbul'un Şile İlçesi'nin batısında bulunan Sofular Köyü'nün sahil kısmında yer alan falezler boyunca yüzlek veren 3 ayrı kesit boyunca paleosol ve kumul çökelleri incelenmiştir. Çevresel manyetik özellikleri analiz edilmiş ve Işık Uyarmalı Lüminesans (OSL) yöntemi ile tarihlendirilerek kronolojiler elde edilmiştir. Bir çökelim alanının karakteristik özellikleri tortunun bünyesine yansıdığından, ortamsal karşılaştırma amacıyla Passega Diyagramı çizilmiş olup, ortamsal anlamda kum ağırlıklı kesitler olduğu ve taneboyu analizi ile uyumlu olduğu görülmektedir.  $K_{1f}$  (manyetik duyarlılık), ARM (Anhisteretik kalıntı mıknatıslanma), IRM (Eş-ısıllı kalıntı mıknatıslanma) ve SIRM (Doymuş eş-ısıllı kalıntı mıknatıslanma) gibi parametrelerin ölçümlerini içeren çevre manyetizması analizleri ile kesitler boyunca manyetik minerallerin yoğunluk ve tane boyu değişimleri incelenmiştir. Farklı derinliklerinde ani değişimler veya yüksek değerlerin ölçüldüğü bazı seviyelerde ölçülen yüksek manyetik duyarlılık ve kalıntı mıknatıslanma şiddetleri (NRM, ARM ve SIRM) kesit boyunca görece, manyetik minerallerin bu seviyelerde yoğunlaştığını açık olarak göstermektedir. Birinci ve ikinci kesitte çoğunlukla düşük olarak hesaplanan S-oranı bu iki kesitte üçüncü kesite oranla daha yüksek oranda yüksek koersiviteli manyetik minerallerin olduğunu göstermektedir. Yüksek HIRM değerleri de bu durumu desteklemektedir. Üçüncü kesitte elde edilen tane boyu analizleri bu kesit boyunca kil içeriğinin diğer iki kesite göre önemli derecede düşük olduğunu buna karşılık, kum içeriğinin en yüksek bu kesitte bulunduğunu göstermektedir. Diğer iki kesite oranla, üçüncü kesitte elde edilen düşük manyetik duyarlılık ve kalıntı mıknatıslanma şiddeti tane boyu analizi ile de desteklenen düşük kil içeriği ile ilişkilendirilmiştir. OSL analizlerinde çapraz tabakalı eolinitin hemen altında yer alan paleosol olan birinci kesitin yaşı  $121.3 \pm 7.66$  bin yıl, yine paleosol olan ikinci kesitin yaşı  $54.94 \pm 3.77$  bin yıl ve tamamı eolinitten oluşan üçüncü kesitin yaşı  $139.1 \pm 22.46$  bin yıl olarak belirlenmiştir. Birinci ve üçüncü kesitlerin denizel izotopik evre DİE 5, ikinci kesitin ise DİE 3'e karşılık geldiği görülmüştür. Bu veriler sahada buzullararası dönemde (DİE 5) kumul oluşumuna uygun iklim şartlarına sahip olduğunu göstermektedir. İkinci kesitin oluştuğu DİE 3'te yani 80 bin yıl önce başlayan buzul döneminin ortalarında bölgede toprak gelişimi için daha uygun ve kimyasal ayrışma için daha elverişli çevre koşullarının bulunduğuna işaret etmektedir.



## **MAGNETIC AND SEDIMENTOLOGICAL ANALYSIS OF İSTANBUL-ŞİLE DUNES: PALEOENVIRONMENTAL INFERENCES**

### **SUMMARY**

One of the geomorphic and sedimentary markers of the paleo-environment are paleosols and eolinites. Their stratigraphic, magnetic and chronological features allow to quantify environmental (climate, environmental) changes that occurred in the Quaternary period. Sand dune fields have long been recognized as important sites in both the modern and geological records. Paleosols provide important data revealing paleo-climatic processes as they can keep records of past climatic changes in the coastal environment in which they were formed. The eolinite composition reflects the composition of the source area and the cross-bedded structure reflects the paleowind systems that affect the dune formation. Within the eolinite layers, paleosols reflect relatively humid rainy interim periods between dry periods. Soils are formed relatively during moist, hot and rainy interim periods, while dunes reflect strong windy environments during cold/hot dry periods. The presence of a sharp transition from the fossil soil level to the cross-bedded fossil dunes in the sections from the bottom to the top is an important stratigraphic indicator showing the presence of a sudden environmental change on these coasts. The main purpose of this study is to learn the paleoenvironmental conditions and to have information about the formation-development processes.

In this study, paleosol and dune deposits were investigated along 3 separate sections outcropping along the cliffs located on the coast of Sofular Village, west of the Şile District of Istanbul. The first section is the East-West oriented paleosol section just below the area formed by the cross-bedded eolinites 30 m behind the shoreline. The second section is a North-South directional paleosol section with distinct color and level changes, with intense chemical weathering of brown-red colored sand, silt and clay, 200 m away from the shoreline, under the dunes climbing south along the low topography to the east of the first section. The third section is a section of approximately 9 m consisting of cross-bedded eolinite 40 m west of the area where the first section is located. The coast is bordered by a topography consisting of cliffs consisting of bedrock in places and eolinites behind a wide beach. Between the cliffs, along the valleys or inland along the low topography, the current dunes climb from sea level to the forest border. In the field studies we carried out within the scope of the thesis; a total of 106 pieces of three different sections for environmental magnetism in accordance with each method; 22 samples were taken for grain size analysis and one sample from each section was taken for OSL dating.

Environmental magnetism is based on measuring the magnetic properties of materials found in nature, such as sediment, soil and dust. Environmental magnetism is a geophysical method suitable for high resolution and sensitive measurement. If different properties of different magnetic minerals such as stage, origin, density and

composition can be determined, these minerals can be shown as environmental proxies. In this method, the aim is to determine the density, grain size and mineralogy of the magnetic minerals possessed by the materials and to link the magnetic properties of the mineral assemblages to the environmental processes that control them. Environmental magnetic properties were analyzed and chronologies were obtained by dating using the Optically Stimulated Luminescence (OSL) method.

The Passega diagram, also known as the CM diagram, shows four different sets of points on the line  $C=M$ . Although a direct climatic inference cannot be made here, the transport mechanism and grain size distributions can be interpreted. The aim is to compare different depths and different areas from an environmental perspective. In other words, it is to learn about the transport mechanism. The characteristic features of a depositional area are reflected in the texture of the sediment. Since the characteristics of a deposition area are reflected in the sediment, the Passega Diagram has been drawn for the purpose of environmental comparison, and it is seen that there are sand-weighted sections in the ambient sense and are compatible with the grain size analysis. Particle size analyzes are used to determine wear of particles, degradation processes and environmental conditions during transport and precipitation. According to the Udden-Wentworth scale, changes in grain size with depth are observed.

The Passega analysis is comparable with grain size analysis and indicates dominant sand settings along the sections.  $\kappa_{lf}$  (magnetic susceptibility), ARM (Anhysteretic remanent magnetization), IRM (Isothermal remanent magnetization) and SIRM (Saturated IRM) measurements were applied within the scope of environmental magnetism. It was observed that sudden changes or high values were measured at different depths of the sections. The high magnetic susceptibility and remanent magnetization intensities (NRM, ARM, and SIRM) measured at these levels clearly indicate that relatively magnetic minerals are concentrated at these levels throughout the section. The S-ratio, which was calculated to be mostly low in the first and second sections, shows that there are higher coercivity magnetic minerals in these two sections compared to the third section. High HIRM values also support this situation. The grain size analyzes obtained in the third section show that the clay content along this section is significantly lower than the other two sections, while the sand content is the highest in this section. Compared to the other two sections, the low magnetic susceptibility and remanent magnetization intensity obtained in the third section were associated with the low clay content, which was also supported by the grain size analysis. In recent years, one of the most used methods in earth science research is the luminescence method. This method is mainly used for quartz, feldspar, etc. It is based on the natural radioactivity of ionizing radiation and the cosmic radiation it emits (annual dose). The dating technique is crucial for establishing chronologies and calculating sedimentation rates as an indicator of paleo-environmental change. In OSL analyzes, the age of the first section, which is paleosol, located just below the cross-bedded eolinite, is  $121.3 \pm 7.66$  thousand years, the age of the second section, which is also paleosol, is  $54.94 \pm 3.77$  thousand years, and the age of the third section, which was entirely composed of eolinite, was  $139.1 \pm 22.46$  thousand years. Age analysis, grain size and environmental magnetism studies conducted within the scope of the thesis show that paleosol (1st Section) and fossil dunes (3rd Section) were formed in the interglacial period corresponding to Marine Isotope Stage (MIS 5) (134-114 thousand years ago). It is possible to see paleosol levels above and below the dunes. The OSL ages we obtained from the upper levels show that these paleosols were formed approximately 55 thousand years ago towards the middle of the MIS 3 (80-20

thousand years ago) phase and that there were climatic conditions suitable for soil development in this region during this period.

Sedimentological analyzes revealed that the samples taken from Sections 1 and 2, which are paleosols, contain clay contents, while samples from Section 3, which is eolinite, are dune deposits with the lowest clay content but high sand content, and generally consist of relatively well sorted, fine to very fine grained sands. The amount of fine silt and clay sized grains in the 3rd section is quite low. In the 1st and 2nd sections, more clay content, which varies with depth, was observed. When the Passega diagram is examined, it is seen that the areas where the sections are taken are clustered in the same area in general terms. This shows that the areas where the samples were taken represent the same area, and in addition, these sections have a similar transport process from an environmental point of view. Again, it can be deduced from the diagram that the average grain sizes are close, and it is observed that it is compatible with the grain size analysis.

In the environmental magnetism results, it is seen that sudden changes or high values are measured at different depths. On the basis of these changes, when we distinguish the magnetic units along the section; For section 1, from 180 cm to the end of the section; It is thought that there are different units between 70-110 cm for the 2nd section and between 1-3 m and 6.5-8.5 m for the 3rd section. The high magnetic susceptibility and remanent magnetization intensities (NRM, ARM, and SIRM) measured at these levels clearly indicate that relatively magnetic minerals are concentrated at these levels throughout the section. Among the sections, the highest magnetic mineral density was found in the 1st and 2nd sections, while the lowest magnetic mineral density was found in the 3rd section. This relationship is very useful for distinguishing paleosol and eolinite levels in the study area. The S-ratio, which was calculated to be mostly low in the 1st and 2nd sections, shows that there are higher coercivity magnetic minerals in these two sections compared to the 3rd section. HIRM values also support this situation. The high magnetic mineral density obtained from 180 cm to the end of the section in the first section is thought to be related to the increase in clay content at these levels, as seen from the grain size analysis. A similar relationship is seen in the 2nd section. The grain size analyzes obtained in section 3 show that the clay content along this section is significantly lower than the other two sections, while the sand content is the highest in this section. Compared to the other two sections, the low magnetic susceptibility and remanent magnetization intensity obtained in the 3rd section were associated with the low clay content, which was also supported by the grain size analysis. Our data indicate abrupt transition from paleosol to dune formations around 120 ka (MIS5e) and second phase of paleosol formation around 50 ka BP.



## 1. GİRİŞ

Kumul alanları uzun zamandan beri hem modern hem de jeolojik kayıtlarda önemli alanlar olarak kabul edilmiştir. Rüzgarlar, kurak ve yarı kurak bölgelerden nemli bölgelere kadar çok değişik ortamlarda bol miktarda tortu taşıyabilen ve kum tepeleri gibi tipik yer şekilleri oluşturabilen belirgin ajanlardır. Kumulları oluşturan rüzgarın yönünü anlamak için kumullardaki çapraz tabaka gibi stratigrafik özellikler kullanılmaktadır. Gelişme ve şekillenme, rüzgar kaynaklı kumun kaynağına, rüzgar hızı ve yönüne, rüzgarın neden olduğu erozyon ve birikim özelliklerine bağlıdır (Pye ve Tsoar, 2009). Yüksekliği 50 santimetreyi geçmeyen alçak dalgalı sırtlardan 100 metre yüksekliğe ve onlarca kilometre genişliğe ulaşabilen lineer sırtlara kadar farklı boyutlarda olabilen kumullar deltalar gibi kıyı ortamlarında iyi gelişir (Psuty, 2007). Kumul morfolojisinde, sahil kenarlarında görülen embriyonik kumullardan başlayarak, kara yönünde ön kumullar, yarı duraylı gri kumullar ve sabit kumullar şeklinde kumul sistemleri sıralanmıştır. Ayrıca, özellikle yeraltı suyu dağılımında benzersiz flora ve faunaya sahip olan kumullarda bitki örtüsünün dağılımında etkili olan kumul dinamikleri/morfolojisi nedeniyle kumul sistemleri ile bitki örtüsü arasında bir bağlantı vardır (Moreno-Casasola ve Vázquez, 1999).

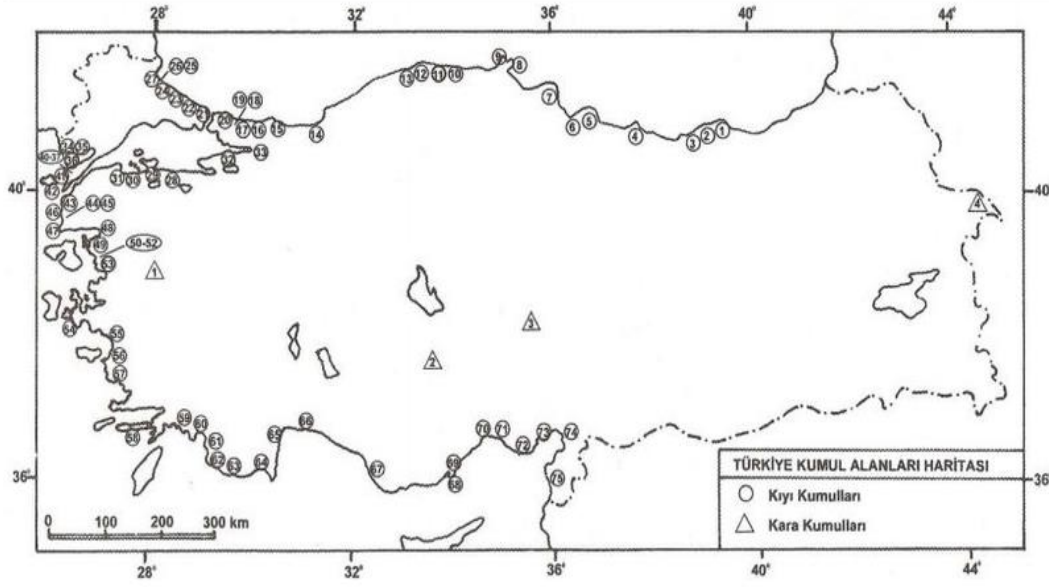
Eolinit oluşumuna önemli bir açıklama getiren Sayles (1931), eolinitlerin şelf çökellerinin kumullara taşınmasıyla oluştuğu, paleosollerin buzul çağlarında deniz seviyesindeki dalgalanmalarla ilişkilendirildiği ve kil bakımından zengin bu fosil toprakların nemli buzullararası dönemlere işaret ettiğini belirtmiştir (Erginal ve diğerleri, 2022). Geç Kuvaterner-Holosen dönemleri sırasında paleokıyı ortamlarını etkileyen dinamikleri açıklamada eolinitler önemlidir (Kelletat, 1991; Woodroffe ve diğerleri, 1995). Bazı araştırmacılar, Geç Kuvaterner'den Holosen'e kadar kıyı morfo-dinamiklerini ve deniz seviyesi değişikliklerini tespit etmede eolinitlerin önemini vurgulamışlardır (Kelletat, 1991; Woodroffe ve diğerleri, 1995; Kıyak ve Erginal, 2010). Kıyı eolinitleri, karbonat ve kıyı çökellerinden oluşan büyük kumul kuşaklarının, sahil çökellerinin rüzgar birikimi ve gelgit altı çökellerinden elde edilen materyallerin taşınıp birikmesi ve taşlaşmasıyla oluşmaktadır. Bu oluşumlar ayrıca yüksek karbonat içeriği, farklı çimentolaşma desenleri (Frébourg ve diğerleri, 2008),

fosil kök döküntüsü veya rizolitler (Klappa, 1980) ve paleozol (Tsatskin ve diğerleri, 2009) gibi tanısal özelliklere de sahiptir. Bu nedenle, kıyı eolinitleri mevcut veya eski kıyı şeritlerinin yakınında bulunur (McLaren, 2004). Türkiye kıyılarında bu fosil kumulların varlığına dair çok az kayıt bulunmaktadır (Kıyak ve Erginal, 2010; Erginal ve diğerleri, 2013; Yıldırım ve diğerleri, 2013). Ancak, Ege Denizi ve Karadeniz'in Türkiye kıyılarından sadece birkaç kayıt belgelenmiştir (Ertek ve diğerleri, 2009). Eolinitler, kıyı eoliniti ve karaların iç kesimlerinde bulunan karasal eolinitler olmak üzere ikiye ayrılır. Orta enlemdaki birçok kıta ve adada rüzgar kontrollü özel kıyı çökeltme formları olan eolinitler (Brooke, 2001), karasal koşullarda rüzgarlarla taşınan yüksek karbonat içerikli karbonat çimentolu kumlar olarak adlandırılmaktadır (Frébourg ve diğerleri, 2008). Amerika'da eolinit, Hindistan ve Ortadoğu'da miliolit, İsrail'de kurkar, Güney Afrika'da kumul kayası ve Akdeniz'de Gres kumulları gibi dünyanın farklı yerlerinde farklı adlarla anılan fosil kumul oluşumları 60° kuzey enlemlerine kadar görülebilmektedir (McLaren, 2004). Genellikle Kuvaterner (Pleistosen), nadiren Kuvaterner öncesidir (Brooke, 2001). Dünyanın en uzun eolinit alanlarını içeren Avustralya kıyılarında yapılan çalışmalara göre, karbonat birikiminin çoğu, Kuvaterner boyunca birçok kez meydana gelen buzullararası dönemlerde yüksek deniz seviyelerinde meydana gelmiştir (Loope, 2009). Ancak son buzul dönemine tarihlenen eolinitler de bulunmaktadır. Bu tür depoların bulunduğu alanlar buzul dönemlerinin günümüze göre daha kuru ve rüzgarlı olduğu yerlerdir (Brooke, 2001).

Çalışma alanında kumullar ile birlikte ayrıca paleosoller de bulunmaktadır. Paleosoller, oluştukları kıyı ortamında geçmiş iklimsel değişimlerin kayıtlarını tutabildikleri için paleo-iklimsel süreçleri ortaya koyan önemli veriler sağlamaktadır. Eolinit bileşimi, kaynak alanın bileşimini ve çapraz tabakalı yapı, kumul oluşumunu etkileyen paleorüzgar sistemlerini yansıtmaktadır. Eolinit katmanları içinde paleosoller, kurak dönemler arasında yaşanan nispeten nemli yağışlı ara dönemleri yansıtmaktadır. Paleosoller, son birkaç on yılda jeolojik araştırmalarda artan bir ilgi görmektedir. Bu kısa zaman diliminde meydana gelen çevresel değişimlerin jeolojik olarak ortaya çıkarılması, bir bölgede meydana gelen çevresel değişimlerin anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Topraklar nemli, sıcak ve yağışlı ara dönemlerde oluşurken, kumullar soğuk/sıcak kuru dönemlerde kuvvetli rüzgarlı ortamları yansıtmaktadır. Alttan üste doğru kesitlerde fosil toprak seviyesinden çapraz tabakalı fosil kumullara doğru keskin bir geçişin varlığı, bu kıyılarda çevresel ani bir değişimin

varlığını gösteren önemli bir stratigrafik göstergedir. Çapraz tabakalı yapılar, kumun baskın olduğu tane boyutu ve kıyıya paralel uzun eksenler gibi özellikler, yakın zamanda kıyı kumullarındakine benzer olduğundan, hem geçmişteki kıyı rüzgarıyla savrulan kum taşıma dinamiklerinin hem de geçmiş kıyı kumullarının kayıtlarını sağlamaktadır.

Topraklar oluşurken içinde buldukları sıcaklık, yağış, bitki örtüsü ve hidrojeolojik koşulların kayıtlarını tutarlar. Fosil topraklar (paleosol), nicel paleoiklimsel verilerin arşivleri arasındadır. Dünya kıyılarındaki fosil kumullar üzerinde yapılan birçok çalışmada fosil topraklar kaydedilmiştir. Bunlar arasında Güney Afrika (Butzer, 2004), İsrail'deki Carmel sahili (Tsatskin ve Ronen, 1999; Sivan ve Porat, 2004), Hayfa Körfezi (Tsatskin ve diğerleri, 2015), Filistin'deki Gazze kıyı ovası bulunmaktadır. Batı Avustralya'daki Rottneş Adası (Hearty ve O'Leary, 2008), Güney Çin Denizi'ndeki Xisha Adaları (Zhao ve diğerleri, 2011), Bermuda Adası (Hearty ve Vacher, 1994; Herwitz ve diğerleri, 1996; Muhs ve diğerleri, 2012; Rowe ve Bristow, 2015), Mısır'ın kuzeybatısı (El-Asmar ve Wood, 2000), Tunus'un doğu kıyısı (Frébourg ve diğerleri, 2010), Kaliforniya'daki Kanal Adaları (Muhs ve diğerleri, 2009), Hawaii (Fletcher ve diğerleri, 2005), Bahamalar (Foos, 1991; Kindler ve Hearty, 1995; Carew ve Mylroie, 2001) ve Avustralya'nın doğu kıyısındaki Lord Howe Adası (Brooke ve diğerleri, 2003) sayılabilir. Çalışma alanındaki fosil toprak, arkadaki topoğrafyanın temelini oluşturan Miyosen birimi üzerinde gelişmiş, muhtemelen altta temelsiz, siltli bir tabaka şeklindedir. Bu eolinitlerin bazılarında yapılan paleomanyetizma analizlerinde, Bruhes-Matuyama manyetik ters faz geçişinden hemen sonrasına ait olduğu belirlenmiştir (Erginal ve diğerleri, 2019). Ancak oluştuğu iklim, bitki örtüsü ve hidrojeolojik koşullar yani paleopedojenez koşulları hakkında bilgi yoktur.



**Şekil 1.1** Türkiye kıyı ve kara kumul alanları haritası (Erinç, 2001)

Tez için saha çalışmaları İstanbul-Şile Sofular Köyü kıyılarında yapılmıştır. Burada aynı alanda birbirine yakın 3 ayrı kesit üzerinde çalışılmıştır.

Çalışma sahasının bahsedilen lokasyonda seçilmesinin nedeni, bölgede kumul kesitlerinin ve paleosol eolinit geçişlerinin olduğu kesitlerin açık bir şekilde gözlemlenebiliyor olmasıdır. Bu çalışmanın temel amacı paleoçevresel koşulları öğrenmek ve oluşum-gelişim süreçleri hakkında bilgi sahibi olabilmektir. Kıyı bölgelerindeki karbonat çimentolu rüzgarla savrulan kumlardan kaynaklanan Kuvaterner eolinitler, yalnızca çökme tarihi boyunca kıyıda hüküm süren rüzgar süreçlerini anlamak için değil, aynı zamanda Geç Pleistosen ve Holosen boyunca deniz seviyesindeki değişiklikleri anlamak için de büyük önem taşımaktadır (Fairbridge ve Johnson, 1978; Kelletat, 1991). Türkiye, Karadeniz'in en uzun kıyı şeridinde sahip olmasına rağmen, bu kıyılar boyunca Kuvaterner Jeolojisi bilginiz oldukça sınırlıdır. Kumullardan elde edilecek OSL analizleri, yani kronolojileri hakkında bilgi, oluşum zamanlarını ve oluştukları paleoklimsel koşulları anlamamıza olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada çevresel manyetizma ve sedimatolojik analizler ile de ortam koşulları hakkında çıkarım yapmak amaçlanmıştır.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

Tez sahası İstanbul'un Şile İlçesi'nin Sofular Köyü kıyılarında yer almaktadır (Şekil 2.3; 2.4). Kıyı geniş bir kumsal gerisinde yer yer anakaya yer yer de eolinitlerden oluşmuş falezlerden oluşan bir topoğrafya ile sınırlanır. Falezlerin arasında vadiler boyunca ya da alçak topoğrafya boyunca iç kesimlere doğru uzanan güncel kumullar deniz seviyesinden orman sınırına kadar tırmanır. Ormanlar geride yer alan aşınım yüzeylerini ve aralarındaki vadileri yoğun bir şekilde kaplar. Çalışma sahasını çevreleyen topoğrafyanın yükseltisi 0-40 metreler arasında değişir. Çalışma sahasının jeolojisini Miyosen yaşlı kum ve silttaşlarından oluşan anakaya ve onu üzerleyen Kuvaterner yaşlı akarsu, kıyı ve çoğunlukla rüzgar çökelleri oluşturmaktadır.



**Şekil 2.1** Çalışma alanının yüzeyden görünümü

Günümüzde bu bölge Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi göstermektedir. Şile Meteoroloji İstasyonu'na ait ortalama verilere göre araştırma alanında yıllık ortalama sıcaklık 13,6°C iken, maksimum sıcaklıklar 45,2°C'ye ulaşabilmektedir. Saha nemli (B1), orta sıcaklıkta (Mezotermal) (B'2), su noksanlığı yaz mevsiminde ve orta derecede olan (s), okyanus iklimine yakın iklim (b'4) grubuna girmektedir. Köppen iklim sınıflandırmasına göre ise tipik Akdeniz İklimi'ne karşılık

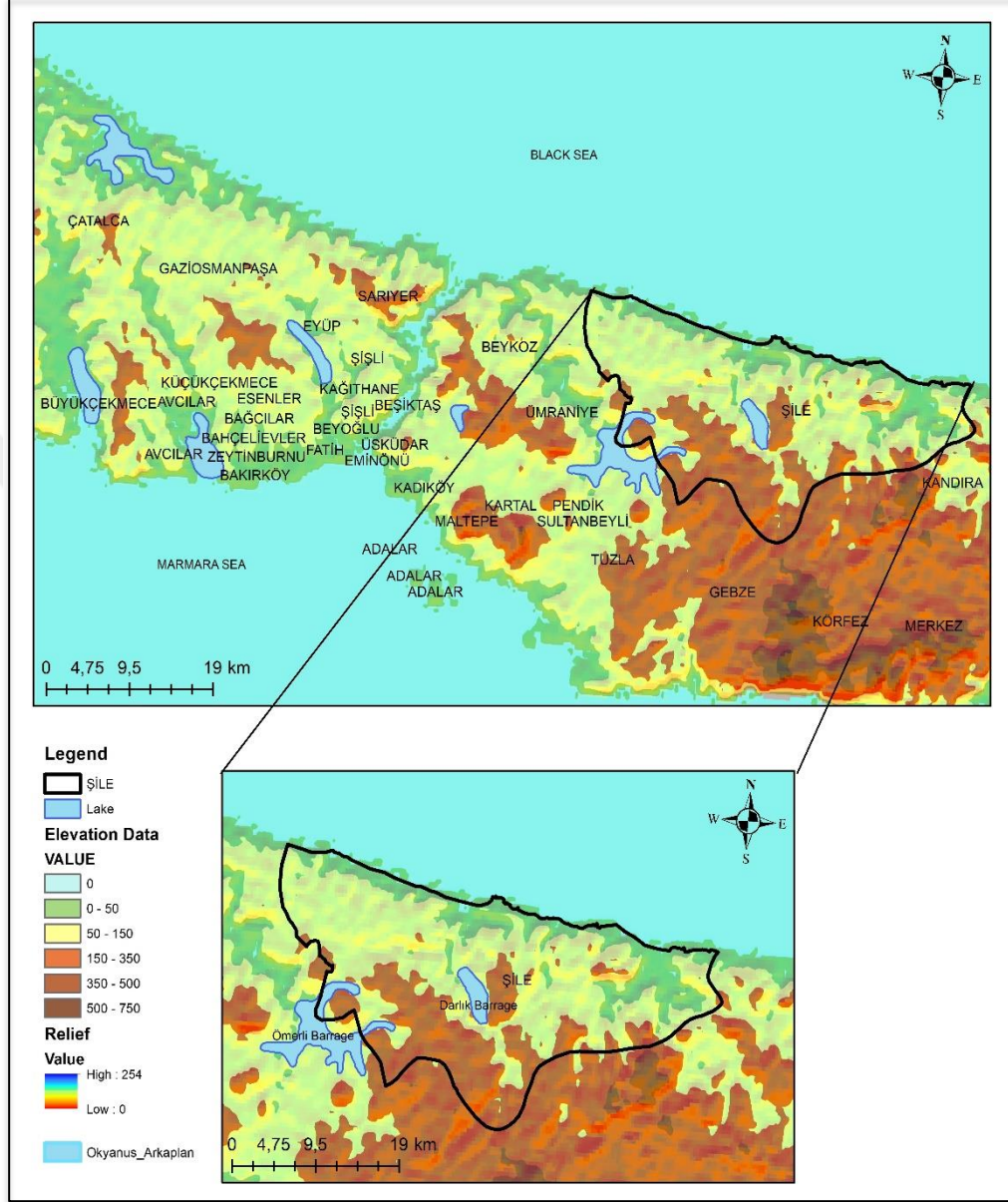
gelen ve Csa harfleri ile gösterilen yazları sıcak ve kurak, kışları ılıman nemli orta enlem iklim tipine karşılık gelir (Öztürk ve diğerleri, 2017). Eolian sistemleri ve eolinitler açısından en önemli iklim parametrelerinden biri rüzgar özellikleridir. Günümüzde maksimum rüzgar hızları açısından Kasım-Nisan döneminde rüzgarlar daha hızlı esmektedir. Yaz döneminde maksimum rüzgar hızlarının düştüğü gözlemlenmektedir. Rüzgar yönleri açısından kış aylarında rüzgarların çoğu K, KD, G, GGB yönlerinden esmektedir. Bu yönlerden esen rüzgarlar toplam frekansın %47,1'ini oluşturmaktadır. İlkbaharda kuzey ve güney rüzgarlarının sıklığında önemli bir azalma görülmektedir. K, KD, G, GGB yönlerinden esen rüzgarlar toplam frekansın %39,5'ini oluşturmaktadır. Bu dönemde KD yönlü rüzgarlar belirginleşmeye başlamaktadır (%10) ve yaz aylarında, güney rüzgarlarının sıklığı azalmaktadır. Sonbahar mevsiminde, rüzgar frekansında tekrar güneyli rüzgarlar esmeye başlamaktadır. Frekansın %37,7'sini K, KD rüzgarlar oluştururken, %18,5'ini G ve GB rüzgarları oluşturmaktadır.



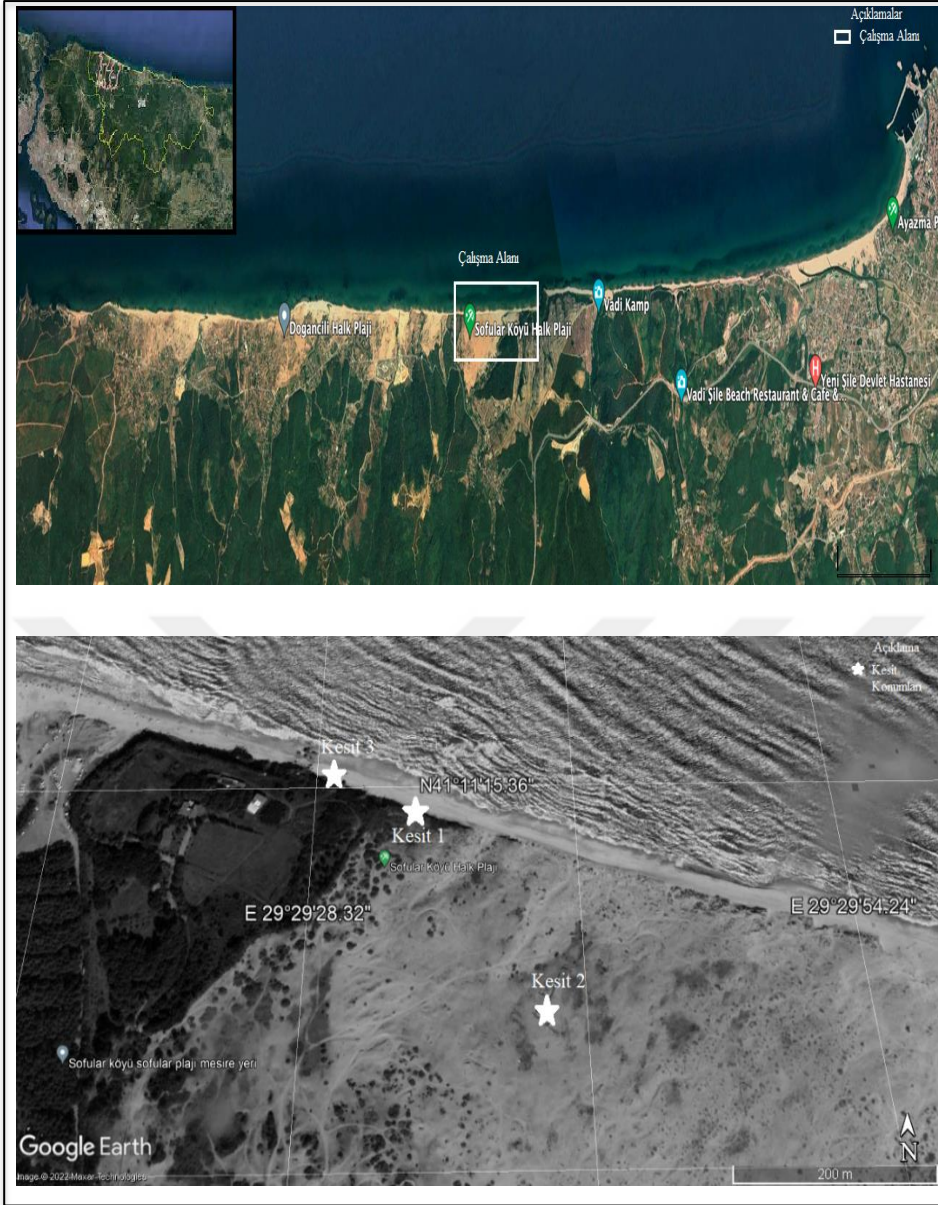
**Şekil 2.2** Çalışma alanının genel görünümü

Tez konusu kapsamında kumul ve paleosol kesitleri 3 farklı kesitte incelenmiştir. Birinci kesit, kıyı çizgisinden 30 m geride bulunan çapraz tabakalı eolinitlerin oluşturduğu alanın hemen altında kalan Doğu-Batı yönlü paleosol kesittir (Şekil 2.6). İkinci kesit, birinci kesitin doğusundaki alçak topoğrafya boyunca güneye doğru tırmanan kumulların altında kıyı çizgisinden 200 m uzakta kahve-kırmızı renkli kum, silt ve kilden oluşan kimyasal ayrışmanın yoğun olduğu, belirgin renk ve seviye

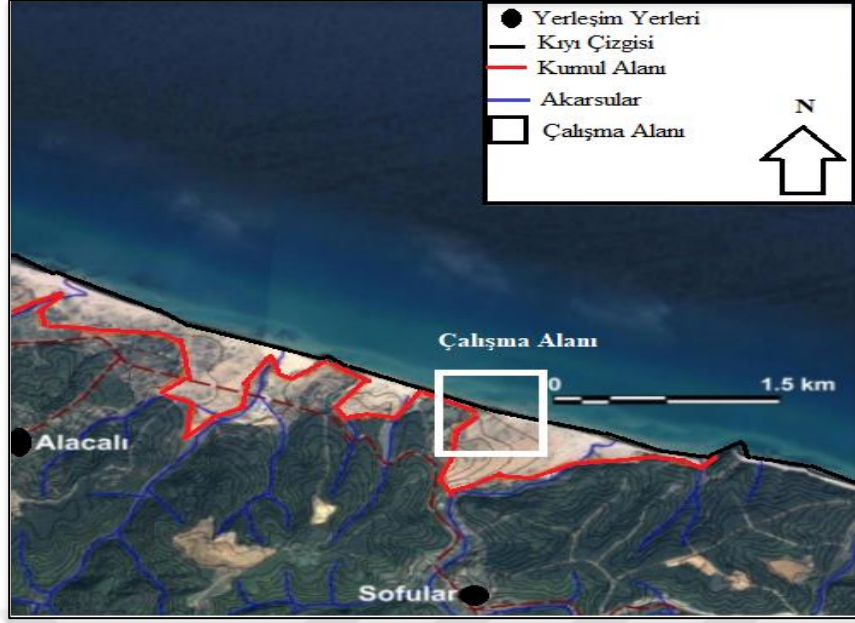
değişimleri olan Kuzey-Güney yönlü paleosol kesittir (Şekil 2.7). Üçüncü kesit ise, birinci kesitin bulunduğu alanın 40 m batısında çapraz tabakalı eolinitten oluşan yaklaşık 9 m'lik bir kesittir (Şekil 2.8).



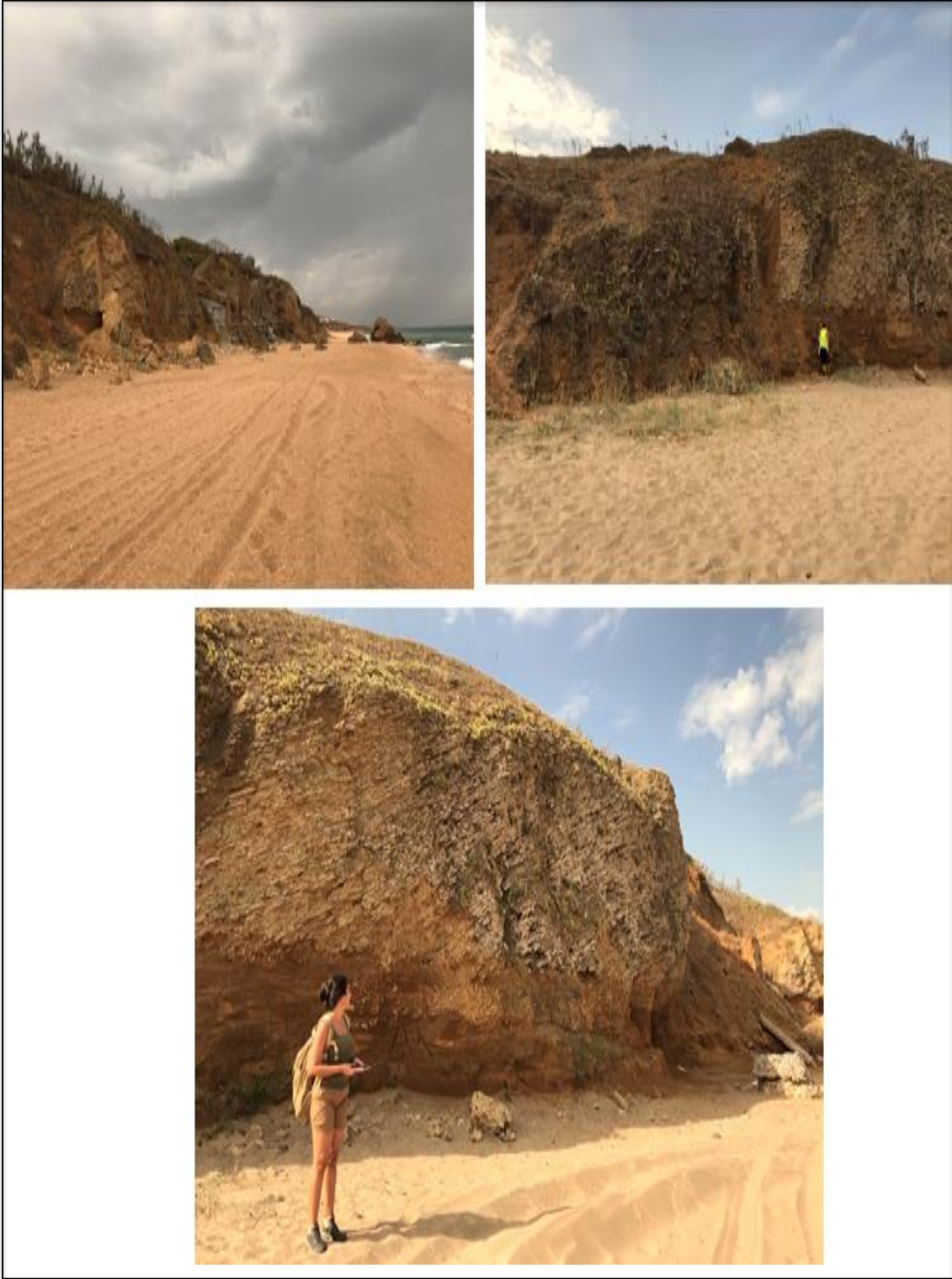
Şekil 2.3 Çalışma alanının lokasyon haritası (ArcGIS programı kullanılarak oluşturuldu).



Şekil 2.4 Çalışma alanı ve alandaki kesitlerin Google Earth üzerinden görüntüleri



Şekil 2.5 Çalışma alanındaki kumul alanının görünümü (Öztürk ve diğerleri, (2018)'den değiştirilmiştir.)



**Şekil 2.6** Birinci kesitin bulunduğu alandan ve kesitten görüntüler



Şekil 2.7 İkinci kesitin bulunduğu alandan ve kesitten görüntüler



Şekil 2.8 Üçüncü kesitin bulunduğu alandan ve kesitten görüntüler



Şekil 2.9 Kesit 1, 2 ve 3'ün yakından görüntüsü



### 3. VERİ VE YÖNTEM

#### 3.1 Arazi Çalışması

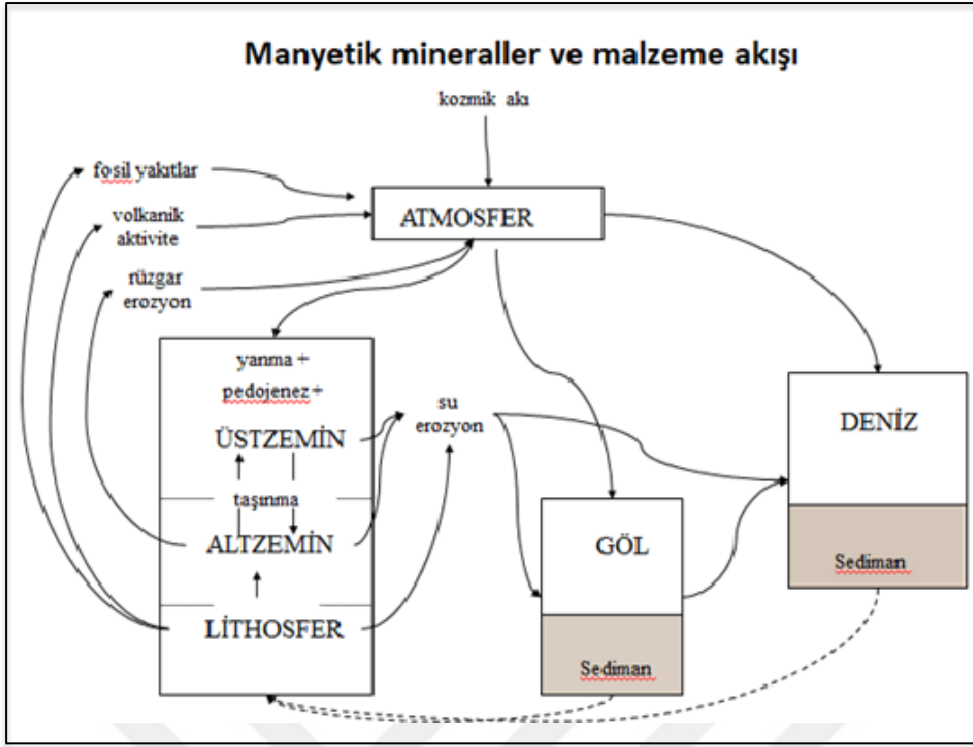
Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında; her bir yöneme uygun olarak üç farklı kesitten, çevre manyetizması için toplam 106 adet; tane boyu analizi için 22 adet ve OSL tarihlemesi için de her bir kesitten bir adet örnek alınmıştır. Birinci kesitin bulunduğu alanın koordinatları  $41^{\circ}11'15''$  K  $29^{\circ}29'33''$  D, ikinci kesitin koordinatları  $41^{\circ}11'7''$  K  $29^{\circ}29'39''$  D ve üçüncü kesitin koordinatları ise  $41^{\circ}11'16''$  K  $29^{\circ}29'27''$  D şeklindedir (Şekil 2.4).

**Tablo 3.1.1** Uygulanan yöntemlerde kesitlerden alınan örnek sayıları

	Çevre Manyetizması Analizi	Taneboyu Analizi	OSL Analizi
Kesit 1	44	5	1
Kesit 2	47	5	1
Kesit 3	15	12	1

#### 3.2 Çevre Manyetizması (Manyetik mineral analizleri)

Çevre manyetizması, sediman, toprak ve toz gibi doğada bulunan malzemelerin manyetik özelliklerinin ölçülmesi temeline dayanır. Çevre manyetizması yüksek çözünürlükte ve hassas ölçüm yapmaya elverişli bir jeofizik yöntemidir. Paleoklimsel değişimler deniz suyunun sıcaklığını, yağışı, rüzgar hızını, şiddetini ve yönünü değiştirir. Bu özellikler, manyetik minerallerin tane boyutlarının, konsantrasyonlarının ve bileşimlerinin değişimini yansıtmaktadır. Bu özellikleri kullanan çevresel manyetizma çalışmaları, küresel veya bölgesel iklim değişikliklerinin araştırılmasında çok önemli rol oynamaktadır (Banerjee, 1994). Eğer farklı manyetik minerallerin aşama, köken, yoğunluk ve kompozisyon gibi farklı özellikleri saptanabilirse bu mineraller çevresel proxy (vekil parametre) olarak gösterilebilir. Bu yöntemde amaç, malzemelerin sahip olduğu manyetik minerallerin yoğunluğunu, tane boyutunu ve mineralojisini belirlemek ve mineral topluluklarının manyetik özelliklerini onları kontrol eden çevresel süreçlere bağlamaktır.



**Şekil 3.2.1** Doğada manyetik mineral döngüsü (Thompson ve Oldfield, (1986)'dan sadeleştirilmiştir.)

Bu yöntem İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarındaki imkanlar kullanılarak uygulanmıştır.

### 3.2.1 Manyetik duyarlılık

Çevresel manyetizma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan önemli parametrelerden biri manyetik duyarlılıktır. Manyetik duyarlılık, düşük bir alan varlığında (< 1 Tesla) bir cismin mıknatıslanmasının bir ölçüsüdür (Verosub ve Roberts, 1995). Bu düşük alanlarda yapılan ölçümlerle elde edilen manyetik duyarlılık değeri uygulanan alanın şiddetinden bağımsız olarak bulunmuş olur. Manyetik duyarlılık,  $\kappa = M / H$  formülü ile belirlenir ve hacim manyetizma katsayısı ( $\kappa$ ) olarak adlandırılır. Kütle bağımlı manyetik duyarlılık ( $\chi$ ) bulmak için hacim manyetik duyarlılık malzemenin yoğunluğuna bölünür ve  $\chi = \kappa / \rho$  olarak yazılır.  $\kappa$  birimsiz olduğundan,  $\chi$ 'nin birimi  $m^3/kg$ 'dır (Dearing ve diğerleri, 1996). Manyetik duyarlılık, manyetik mineral yoğunluğuna bağlı bir parametredir ve çevresel materyallerin jeokimyası, mineralojisi hakkında bilgiler verir. Böylelikle, mineralojiden yola çıkarak materyalin olduğu çevre hakkında bilgiye ulaşılabilir.

### 3.2.2 NRM (Doğal kalıntı mıknatıslanma)

Doğal kalıntı mıknatıslanma (NRM) şiddeti, jeolojik materyallerin ilk oluştuğu andan günümüze kadar kazanmış olduğu toplam mıknatıslanmanın bir ölçüsüdür. Kalıntı mıknatıslanma içeren manyetik minerallerin cinsi, tane boyu değişimlerini etkileyen sedimentolojik süreçlerle kontrol edilirler (Turner ve Thompson, 1981).

### 3.2.3 IRM ve SIRM

IRM (Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma) ve SIRM (Doymuş Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma), manyetik mineral konsantrasyonuna bağlı çevre manyetizması parametreleridir. IRM ölçümleri, oda sıcaklığında bulunan bir örneğe sabit bir alan altında laboratuvar ortamında kalıntı mıknatıslanma kazandırılarak yapılır ve maksimum alan altında (1 T) kazandırılan mıknatıslanma şiddetine de SIRM denir. SIRM birincil ve pedojenik koşullar altında baskın tek taneli ferrimanyetiklerin varlığını yansıtır. Manyetik duyarlılık ve kalıntı mıknatıslanma arasındaki ilişki manyetik mineral yoğunluğundaki ve tane boyundaki değişimlerle ilgilidir.

### 3.2.4 S-oranı ve HIRM

S-oranı ve HIRM manyetik mineralojinin yorumlanmasında kullanılan parametrelerdir. S-oranı ( $IRM_{-300nT}/SIRM$ ), düşük koersiviteye sahip ferrimanyetik mineralleri (manyetit, greigid, maghemit) yüksek koersiviteye sahip antiferromanyetik minerallerden (hematit ve gotit) ayıran bir parametredir (Bloemendal ve diğerleri, 1992). Mineral bileşimini belirlemek için çok yararlı bir orandır. S-oranı, -1 ile +1 arasında değişen bir değerdir. 1'e yakın bir değer, ferrimanyetik minerallerin baskın olduğu anlamına gelir. Antiferromanyetik minerallerin artmasıyla bu oran azalmaktadır.  $(SIRM+IRM_{-300nT})/2$  formülü ile hesaplanan HIRM parametresi, örnekte yüksek koersiviteye sahip manyetik minerallerin varlığını gösteren bir parametredir (Bloemendal ve diğerleri, 1992).

**Tablo 3.2.1** Çalışma kapsamında yapılan manyetik ölçümler

ÖLÇÜM ADI	ÖRNEK SAYISI	TANIM
Manyetik Duyarlılık	Tüm örnekler için	Düşük bir alan varlığında (< 1 Tesla) bir örneğin mıknatıslanmasının bir ölçüsü
NRM	Tüm örnekler için	Jeolojik materyallerin ilk oluştuğu andan günümüze kadar kazanmış olduğu toplam mıknatıslanmanın bir ölçüsü
ARM(Anhisteretik kalıntı mıknatıslanma)	Tüm örnekler için	Tane boyu değişiklerinin belirlenmesinde kullanılan ölçü
SIRM Ve IRM	Tüm örnekler için	Manyetik mineral konsantrasyonuna bağlı çevre manyetizması parametreleri

### 3.2.5 ARM (Anhisteretik kalıntı mıknatıslanma)

Anhisteretik Kalıntı Mıknatıslanma (ARM) da IRM gibi örneğe laboratuvar ortamında bir dış alan uygulayarak kazandırılır. ARM ölçümlerinde, jeomanyetik alan kuvvetine yakın bir dış alan ve artan bir alternatif manyetik alan varlığında örneğe kalıntı mıknatıslanma kazandırılır. ARM, manyetik tane boyutu ile çok açık bir ilişki gösterir (King ve diğerleri, 1982). 0.02-0.4  $\mu\text{m}$  aralığındaki tane boyutu, kararlı tek bölgeci ferrimanyetik tanelerin varlığını belirlemek için faydalı bir parametredir. Uygulanan maksimum alandan daha az ya da eşit kalıntı koersiviteye sahip bütün cisimler, uygulanan sabit dış alanın yönünde bir mıknatıslanma kazanabilirler. Bundan dolayı, doğada bulunan farklı koersiviteye sahip minerallerin çevresel yorumunda ARM önemli bir parametre olarak kullanılır (Evens ve Heller, 2003).

Çevre manyetizması analizlerinde ilk olarak her bir örneğin mevcut ağırlıkları ve örnek alımında kullanılan boş kutuların hacimleri de ölçülüp düzenli şekilde laboratuvar defterine kaydedildi. MS 2B Bartington manyetik duyarlılık ölçüm cihazı ile (Şekil 3.2.4) önce  $\kappa_{LF}$  (düşük frekans) ve  $\kappa_{HF}$  (yüksek frekans) ölçümleri yapıldı.



Şekil 3.2.2 Örneklerin ağırlıklarının ölçümü ve ölçümler için hazırlanma aşamaları



Şekil 3.2.3 Çevre manyetizması kapsamında örneklerin ağırlıklarının ölçülmesi



Şekil 3.2.4 MS 2B Bartington manyetik duyarlılık ölçüm cihazı

Çalışma kapsamında tüm örneklerin kalıntı mıknatıslanma şiddetleri (NRM, ARM ve IRM için) Spinner manyetometresi (Şekil 3.2.5) kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 3.2.5 Spinner Manyetometresi



Şekil 3.2.6 Çevre manyetizması laboratuvar çalışmalarından görüntüler

NRM ölçümlerinden sonra ARM ölçümleri yapılmıştır. Bu aşamada her bir örneğe alternatif bir alan uygulanmış olup, alan içindeki şiddet ve davranışı ölçülmüştür. LDA3A cihazı ile 100 mT alternative akım ve 30 mT sabit alan uygulayarak ARM şiddetleri ölçülmüştür (Şekil 3.2.7).



Şekil 3.2.7 LDA3A cihazı

Son aşama olarak, Molspin cihazı ile (Şekil 3.2.8) örneklere mıknatıslanma kazandırılarak IRM ve SIRM ölçümleri yapılmıştır. Burada her bir örnek iki farklı pozisyonda ölçülmüştür (1000 mT ve -300 mT). Bu uygulama aşamasında örnekler üzerine çizdiğimiz ok yönleri referans olmuştur.



Şekil 3.2.8 Molspin mıknatıslayıcı

### 3.3 Taneboyu Analizi

Tane boyu analizleri, taşıma ve yağış sırasında parçacıkların aşınmasını, bozunma süreçlerini ve çevresel koşulları belirlemek için kullanılır. Udden-Wentworth ölçeğine göre tane boyutunda derinlikle birlikte değişimler gözlenir. Tane boyutlarının birbirine yakın olduğu seviyelerin taşınmasının iyi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ya da farklılıkların arttığı yerlerde taşınım sırasında farklı faktörlerin devreye girdiği söylenebilir. Yöntemin uygulanmasındaki amaç, partiküllerin erozyon ve ayrışma süreçleri ile taşıma ve yağış sırasındaki ortam koşullarını belirlemektir. Sedimanter kayalardaki tanelerin boyutu kil boyutundan kum, çakıl ve blok boyutuna kadar değişebilir. Sedimanter bir ortamdaki tanelerin boyutu, ortamdaki erozyon ve ayrışma süreçlerini yansıtır (Boggs, 2014). Sedimanter kayalarda tane boyutları geniş aralıklara sahip olduğundan, tane boyutlarını açıklamak için logaritmik ve geometrik olarak gelişmiş ölçekler ve doğrusal ölçekler kullanılmaktadır.

Hazırlanan veri tabloları ve grafikler, tane boyu dağılımını açıklamak için yeterli bilgi sağlamamaktadır. Bu nedenle tane boyu verilerinin çeşitli özelliklerini bir takım sayısal değerlerle ifade etmeye matematiksel ölçüm denir (Boggs, 2014). Bir

popülasyonda frekansı en yüksek olan tane çapına mod denir (Folk, 1974; Boggs, 2014). Bir frekans eğrisindeki zirveyi, bir histogramdaki en uzun dikdörtgeni ve kümülatif bir eğride eğrinin eğiminin artarken azalmaya başladığı noktayı temsil eder (Folk, 1974). Tane çapı dağılımının orta noktasına medyan denir (Folk, 1974; Boggs, 2014). Kümülatif eğride ortanca değeri bulmak için y eksenini (ordinat) üzerinde %50 frekans noktası bulunur ve bu noktadan yatay bir çizgi çizilir. X eksenini, toplam frekans eğrisini kestiği noktadan bir dik aşağı inerek x eksenini keşir ve keşimdeki  $\phi$  değeri medyanı verir. Bir örnekte bulunan tüm tane boyutlarının aritmetik ortalamasıdır. Boylanma, bir tane popülasyonunda bulunan tane boyutlarının dağılımının bir ölçüsüdür ve bu ölçülerin ortalama büyüklük etrafında yayılmasının veya dağılımının bir göstergesidir (Folk, 1974). Bir örnek ne kadar iyi boylanırsa, ortalama değere yakın tanelerin sıklığı o kadar yüksek olacaktır. Böylece boylanma iyiyse frekans eğrisi daralacak, kötüyse frekans eğrisi düzleşecektir. Grafiklerdeki çarpıklık, tane boyutu dağılımının “kuyruğundaki” sıralamayı yansıtmaktadır (Folk, 1974). Diğer bir deyişle, partikül boyut dağılımı normalden farklı olduğunda yoğunluk eğrisi sağa veya sola doğru asimetric bir şekilde sahiptir.

Laboratuvar aşamasında tane boyu analizi uygulamasında öncelikle toplanan örneklerin (22 adet) her biri sıralı şekilde dizilmiştir. Sonrasında hazırlanıp kurutulan örnekler ölçüm için uygun hale getirilmiş ve taneboyu ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.3.1). Devamında çizilen şekiller, Udden-Wentworth ölçeği baz alınarak yorumlanmıştır. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü laboratuvarında Malvern Mastersizer ile ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3.2).



**Şekil 3.3.1** Tane boyu analizi laboratuvar çalışması sırasında örneklerin hazırlanma (a) ve kurutma (b) aşamalarından görüntüler



**Şekil 3.3.2** Malvern Mastersizer

**Tablo 3.3.1** Tane Boyu Analizinde Kullanılan İyileştirilmiş Udden-Wentworth Tane Boyu Ölçeği (Boggs, 2014'ten alınmıştır).

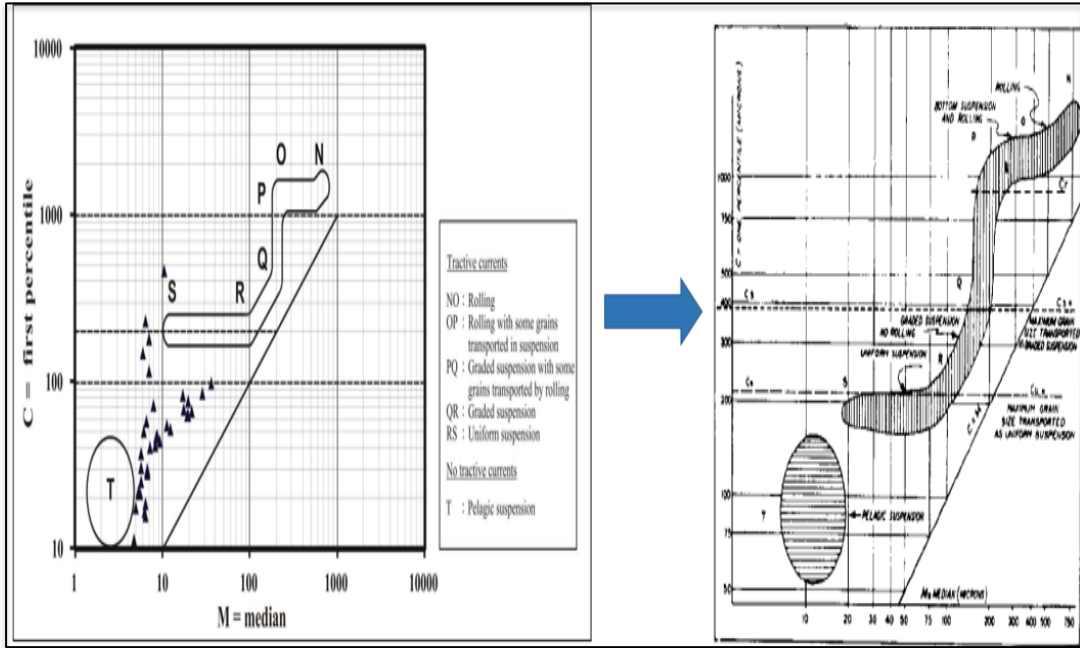
PARTICLE LENGTH (d <sub>r</sub> )			φ	GRADE	CLASS	FRACTION	
km	m	mm				Unlithified	Lithified
1075			-30	very coarse	Megalith	Megagravel	Mega-conglomerate
598			-29	coarse			
269			-28	medium			
134			-27	fine			
67.2			-26	very fine			
33.6			-25	very coarse	Monolith		
16.8			-24	coarse			
8.4			-23	medium			
4.2			-22	fine			
2.1			-21	very fine			
1.0	1048.6		-20	very coarse	Slab		
0.5	524.3		-19	coarse			
0.26	262.1		-18	medium			
	131.1		-17	fine			
	65.5		-16	very coarse		Block	
	32.8		-15	coarse			
	16.4		-14	medium			
	8.2		-13	fine			
	4.1	4096	-12	very coarse	Boulder		
	2.0	2048	-11	coarse			
	1.0	1024	-10	medium			
	0.5	512	-9	fine			
	0.25	256	-8	coarse		Cobble	
		128	-7	fine			
		64	-6	very coarse	Pebble		
		32	-5	coarse			
		16	-4	medium			
		8	-3	fine	Granule		
		4	-2				
		2	-1	very coarse			
		1	0	coarse			
	0.50		1	medium		Sand	
	0.25		2	fine			
	0.125		3	very fine			
	0.063		4	coarse			
	0.031		5	medium	Silt		
	0.015		6	fine			
	0.008		7	very fine			
	0.004		8				
	0.002		9			Clay	
	0.001		10				
	0.0005		11				
	0.0002		12				
	0.0001		13				

### 3.4. Passega Diyagramı Analizi

CM diyagramı olarak da bilinen Passega diyagramı, C=M olan doğrusu üzerinde dört farklı nokta kümesi göstermektedir. İri taneli tabanın, akımların yatak yükleri olarak biriktiği düşünülmektedir (Passega 1957, 1964). Öte yandan, masif kumu kaplayan daha ince kısım, az miktarda yuvarlanma ve yağışa bağlanabilir. C = mikrometre cinsinden maksimum yatak malzemesi tane boyutu (D99), M = mikrometre cinsinden ortanca yatak malzemesi tane boyutu (D50) anlamındadır. Buradaki CM oranlarının yakınlığına göre formasyonların birbirine yakınlığı değerlendirilebilir ve taşınma durumu hakkında yorum yapılabilir. Burada doğrudan bir iklimsel çıkarım yapılamasa da taşınım mekanizması ve taneboyu dağılımları yorumlanabilmektedir. Amaç, farklı derinlikleri ve farklı alanları çevresel açıdan karşılaştırmaktır. Başka bir deyişle taşınma mekanizması hakkında bilgi edinmektir. Bir çökeltme alanının karakteristik özellikleri tortunun dokusuna yansımaktadır.

Aşağıda sağda orjinal Passega (CM) diyagramı, solda ise Raja ve diğerlerinin 2018'de yaptıkları bir çalışmadan alınan orjinal Passega diyagramının düzenlenmiş hali bulunmaktadır. Burada C=M doğrusu üzerinde farklı nokta kümeleri bulunmaktadır.

Sol tarafta yer alan görselin hemen sağ alt köşesinde taşınma mekanizması sınıflandırılması bulunmaktadır. Bu açıklama kısmı baz alınarak ve yine Çağatay ve diğerlerinin 2012’de yaptıkları çalışmada da görüldüğü üzere akarsu ve göl ortamları tarafından taşınan veya denizel kökenli olan örneklerin diyagramın T bölümü (Pelajik kısım) etrafında kümелendiği görülmektedir. Yine O-N bölümüne yakın örneklerin yuvarlanarak taşındığı ve en iyi boylanmaya sahip olduğu söylenebilir. İklimsel açıdan net bir yorum yapılamasa da diğer çalışmalarla da karşılaştırıldığında karasal ortam sedimanlarının genelde C değerinin daha üst bölümünde, denizel kökenli olan kısımların daha alt bölümde kümелendiği söylenebilir. Yine bu örnekler referans alınarak homojenlikle doğru orantılı M değerine göre, daha homojen örneklerin C=M doğrusuna daha yakın, M değerinin sağ tarafında, kil ve silt oranı daha yüksek olan değerlerin ise M değerinin daha sol tarafında yer aldığı söylenebilmektedir.



Şekil 3.4.1 Passega diyagramı (Raja ve diğerleri (2018) (solda), Passega (1964)' (sağda)).

Bir tortudan örnek noktaları tarafından oluşturulan CM desenleri, biriktirme ajanının karakteristiğidir. Özetle, tane boyu analizi, birbiriyle ilişkili bir dizi jeolojik parametreyi nispeten hızlı bir şekilde sağlayabilen pratik bir jeolojik araçtır. Bu parametreler, bölgesel jeolojinin geniş hatlarını tanımanın yanı sıra yerel tortul eğilimlerin ayrıntılı çalışmasında büyük yardımcıdır.

### 3.5. OSL (Işık Uyarmalı Lüminesans) Analizi

Son yıllarda yer bilimleri araştırmalarında en çok kullanılan yöntemlerden biri lüminesans yöntemidir. Bu yöntem temel olarak kuvars, feldispat vb. iyonlaştırıcı radyasyonun doğal radyoaktivitesi ve yaydığı kozmik radyasyona (yıllık doz) dayanmaktadır. Tarihlendirme tekniği, paleo-çevresel değişimin bir göstergesi olarak kronolojiler oluşturmak ve sedimantasyon hızlarını hesaplamak için çok önemlidir. Prensip olarak, tortuların lüminesans tarihlenmesi siltten kuma kadar çok çeşitli tane boyutlarına uygulanabilir (Kreutzer ve diğerleri, 2012). Özellikle, kıyı kumulları, buzul-buzullararası döngüler ve paleo-deniz seviyesi değişimleri üzerinden küresel iklimin evrimini değerlendirmek için kullanılmıştır (Young ve diğerleri, 1993; Kocurek, 1998; Kocurek ve Lancaster, 1999; Munyikwa ve diğerleri, 2005; Lees, 2006; Chase, 2009; Hart ve Knight, 2009; Yu ve diğerleri, 2009; Everard ve diğerleri, 2010; Hong ve diğerleri, 2010). Rüzgar gücündeki artış, kıyı kumullarının gelişimi için en uygun koşul olabilirken, olumsuz koşullar bitki örtüsü gelişimini, sıcak ve nemli iklim koşullarını içerebilir (Yu ve diğerleri, 2009). Kumul alanlarının doğrudan tarihlendirilmesi, çevresel olayların zamanlamasının önemli ölçüde iyileştirilmesine izin verir (Chase, 2009). Kumulların kronolojisi, düşük karbon konsantrasyonları ve kumullardaki organik madde eksikliği nedeniyle, genellikle OSL tarihlenmesi ile belirlenir. Ek olarak, OSL tarihlendirmesi, genç kıyı kumullarının on yıllık yaşını yüksek çözünürlükte kontrol etme potansiyeline sahiptir (Ballarini ve diğerleri, 2003; Costas ve diğerleri, 2012).



**Şekil 3.5.1** Çalışma alanındaki OSL örneklerinin alım aşamalarından görseller

OSL için kullanılan malzemeler sürekli olarak içlerindeki ve çevresindeki radyoaktif maddelerden gelen radyasyona maruz kalırlar. Mevcut radyasyon, malzemedeki bazı elektronları serbest bırakır. Bu serbest elektronların bir kısmı kristal yapı bozukluklarının oluşturduğu tuzaklarda depolanır. Bu tür malzemeler güneş ışığına veya ısıya maruz kaldığında, depolanan elektronlar tuzaklardan ayrılabilir ve lüminesans merkezleriyle birleşebilir. Sonuç olarak, saklanan lüminesans sinyali materyalden silinir. Bu olaya lüminesans saatinin sıfırlanması denir. Kumun rüzgarla taşınması, OSL tarihleme için avantajlı olan hedef mineraller içinde izotopik “tarihlendirme saatinin” sıfırlayan uygun ağartma (güneş ışığına maruz kalma) sağlar (Duller, 2004). Tarihlendirme çalışmalarının temel varsayımı, tarihlendirilecek örnek için sıfırlama olayının gerçekleşmiş olmasıdır. Depolanan lüminesans sinyali, minerallerin güneş ışığına maruz kalmasından laboratuvara getirilinceye kadar aynı ayarlayıcılar kullanılarak ölçülür. Ölçülen lüminesans yoğunluğu, emilen doza, yani o dozdaki son sıfırlama olayından şimdiki zamana kadar geçen süreye dönüştürülür. Burada malzemenin yaşı, analiz için laboratuvara getirildiğinde lüminesansın birikmeye başladığı andan itibaren geçen süreyi temsil eder. Eşdeğer dozu yaşa çevirebilmek için malzemenin bir yıl içinde maruz kaldığı radyasyon dozunun belirlenmesi gerekir. Yıllık doz (Da); Örneklerin topraktaki radyoaktif elementler ve kozmik ışınlar nedeniyle bir yılda emdiği dozdur. Tarihlendirme çalışmalarında çeşitli

yöntemlerle belirlenen yıllık dozun, malzeme tarafından zaman içinde sabit bir oranda absorbe edildiği varsayılmaktadır (Aitken, 1985; 1998).

OSL örnekleri opak metal veya PVC borular yardımıyla örneklerin fiziksel şartlarına ve partikül boyutlarına göre hacimsel olarak alınmıştır (Şekil 3.5.1). İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak, saha koşulları dikkate alınarak, örnek alma ve can güvenliği açısından herhangi bir tehlikesi bulunmadan yapılmıştır. Alınan örnekler yerinde kodlanarak sabit bir şekilde istiflenerek herhangi bir titreşim ve ışık olmaksızın laboratuvara teslim edilmiştir. Saha çalışmalarından toplanan örneklerin ekstraksiyonu ve lüminesans tarihlendirmesine hazırlık, Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Lüminesans Tarihleme Araştırma Laboratuvarı'nda (AU-NBE) gerçekleştirildi.

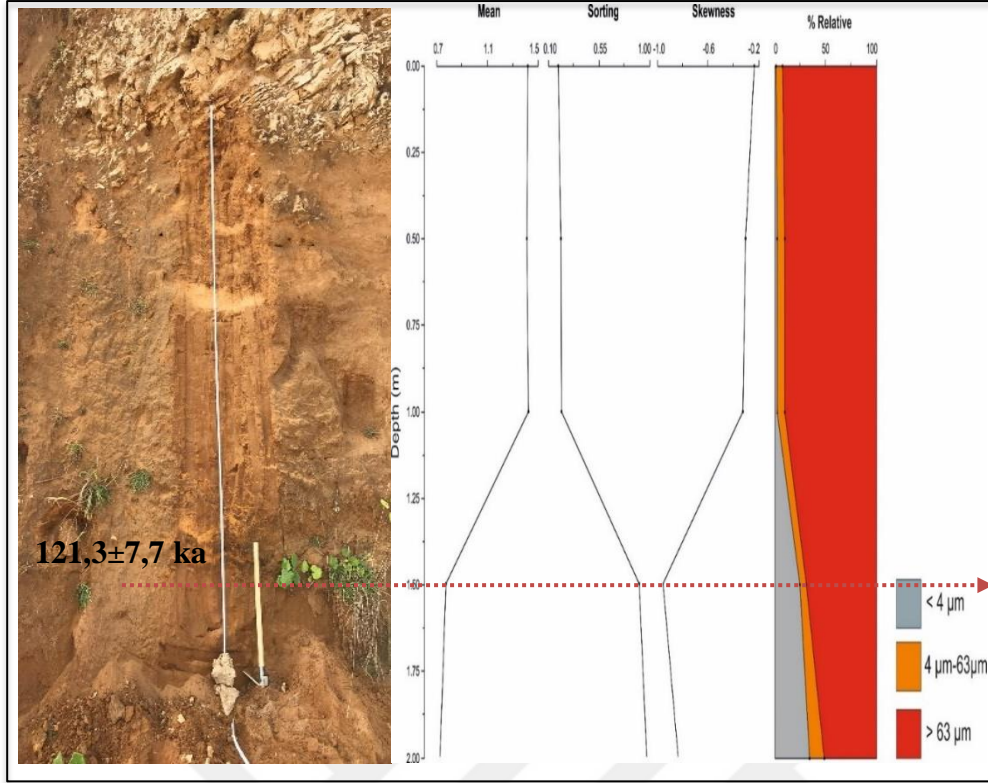




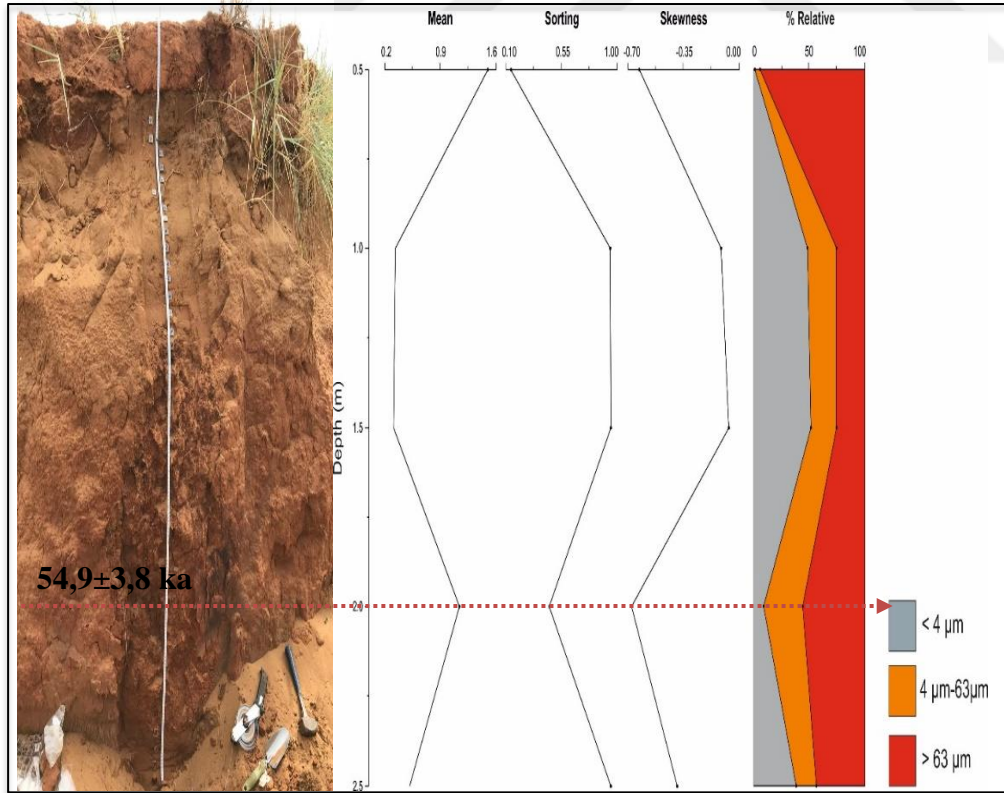
## **4. BULGULAR**

### **4.1 Sedimantolojik Analizler**

Taneboyu analizi sonucu çizilen şekillerde 3 temel parametre üzerinde durulmuştur (Şekil 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3). Parametrelerde mean değeri, toplam verilerden elde edilen ortalama sayıdır. Sorting, boylanma oranını, skewness ise çarpıklık derecesini vermektedir. Grafiğin sağ tarafında ise mikronlara göre gri (kil), turuncu (silt) ve kırmızı (kum) olacak şekilde üç ayrı belirteç bulunmaktadır. Hemen sol tarafında ise örnek alınan kesitin yakından bir görüntüsü yer almaktadır. Birinci kesit için oluşturulmuş olan Şekil 4.1.1'de Udden-Wentworth ölçeğine göre kesitten alınan örneklerin %80-85 oranında kumdan oluştuğu, derinlikle birlikte kil ve silt değerinde artış meydana geldiği ve meydana gelen bu artışla birlikte diğer parametrelerde de değişimler meydana geldiği gözlemlenmektedir. Örneğin homojenlikten uzaklaştıkça mean değerinde artış meydana gelmekte olup, yine sorting değeri tanelerin taşınmasına bağlı olduğundan kil ve silt oranıyla birlikte bu değerinde de artış olmuştur. Skewness değerinde ise aynı şekilde homojenlikten uzaklaştıkça çarpıklık derecesinde artış görülmektedir.

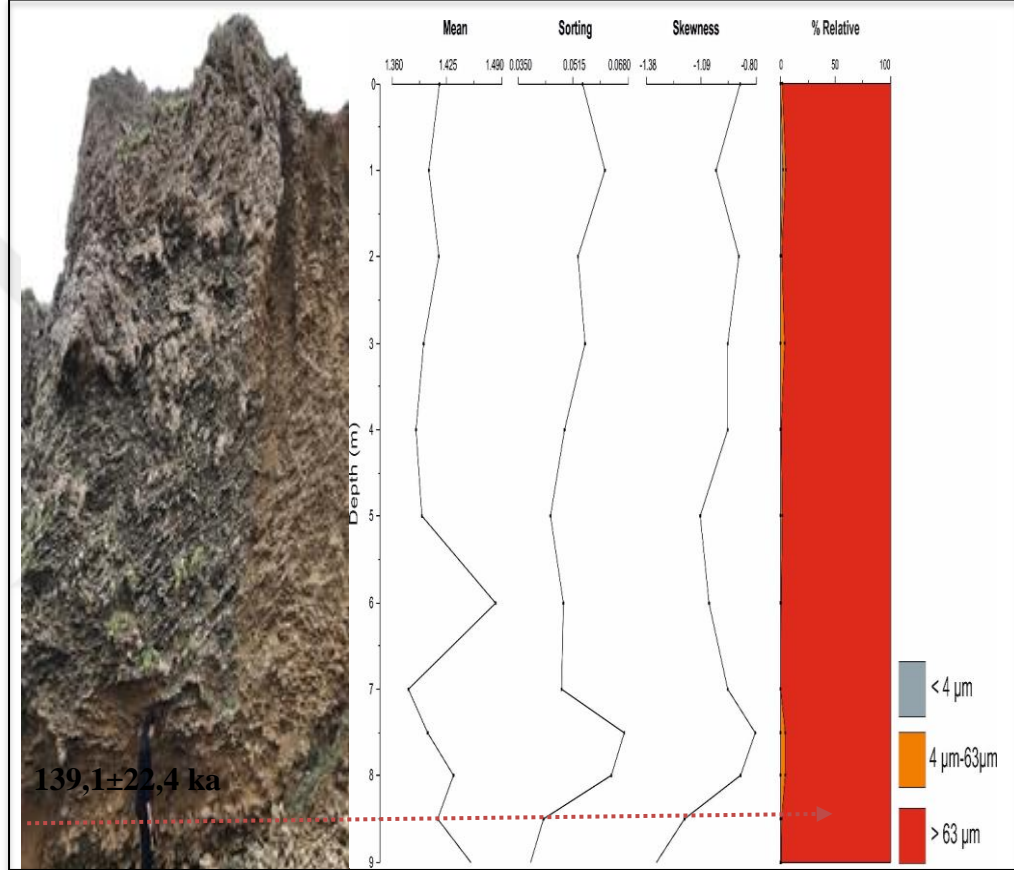


Şekil 4.1.1 Birinci kesitin tane boyu analizi (Udden-Wentworth ölçeğine göre)



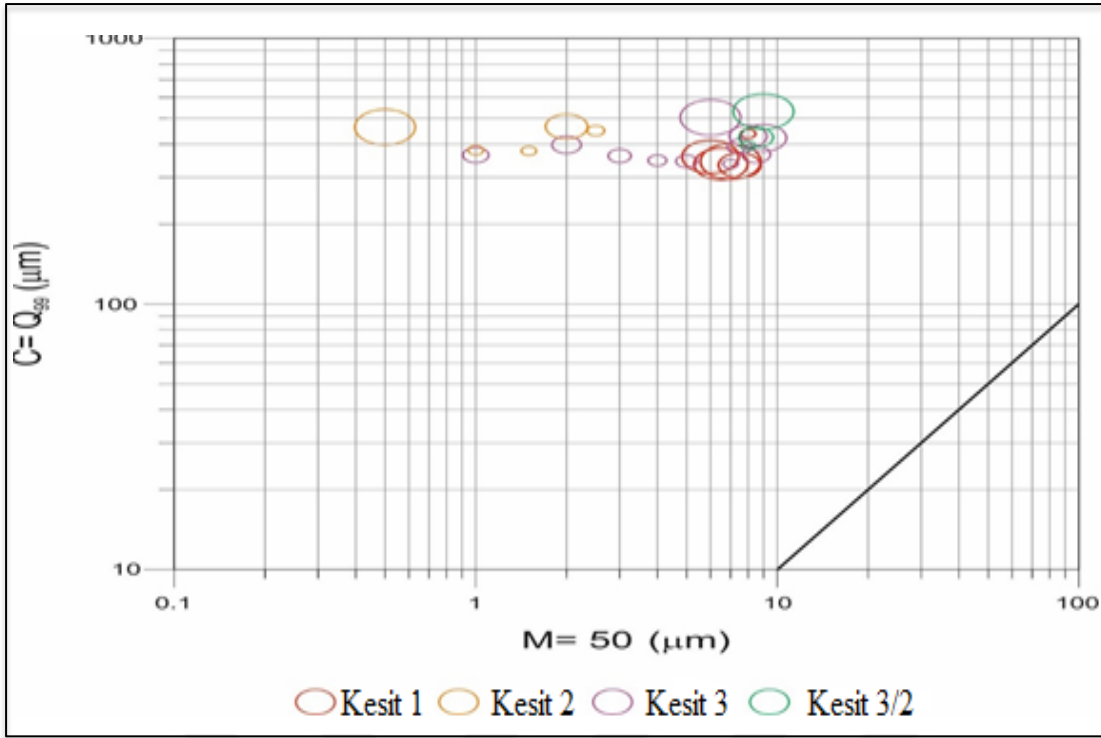
Şekil 4.1.2 İkinci kesitin tane boyu analizi (Udden-Wentworth ölçeğine göre)

İkinci kesitten alınan örneklere uygulanan taneboyu analizinde, kil, silt ve kum oranları incelendiğinde belirgin bir fark olmadığı gözlenmektedir. Homojenlik oranı ile doğru orantılı şekilde mean değerinde değişimler gözlemlenmiş olup, yine kil, silt ve kum değişimleriyle doğru orantılı şekilde değişim gösterdiği gözlenmiştir. Kil, silt ve kum oranları birbirine yaklaştıkça yani homojenlik azaldıkça skewness değeri 0'a yaklaşmaktadır. Bu durum simetrikliğe yaklaşması olarak da yorumlanabilmektedir.



Şekil 4.1.3 Üçüncü kesitin tane boyu analizi (Udden-Wentworth ölçeğine göre)

Üçüncü kesitten alınan örneklerde ise örneklerin tamamına yakınının kumdan meydana geldiği, çok az miktarda kilt-silt içerdiği görülmektedir. Paleosol olan birinci ve ikinci kesitle kıyaslandığında kil oranının çok az olduğu ancak kum oranının gözle görülür şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Homojenlik oranı diğer kesitlere göre fazla olduğundan büyük bir değişim söz konusu değildir.



Şekil 4.1.4 Passega Diyagramı

Passega diyagramı (Şekil 4.1.4) incelendiğinde, taneboyu analizleri ile de desteklendiği şekilde kil ve silt oranının diğer iki kesite kıyasla daha fazla olduğu yani daha fazla ince taneli malzeme oranı içeren, daha az homojen olan ikinci kesitin medyan çapını belirten M değerine göre daha sol tarafta dağılım gösterdiği ancak kum oranının daha yüksek olduğu birinci ve üçüncü kesitin az da olsa kil silt içerdiklerinden M değerinin orta ve sağ taraflarında dağılım gösterdiği söylenebilir. C değeri yani maksimum taneboyuna göre kesitler incelendiğinde ise hepsinin aynı hızda kümelendiği görülmektedir. Yani bu alanların benzer taşınma sürecine sahip olduğu yorumu yapılabilir. Dalgalanmaların tane boyu grafiklerinde de net şekilde gözlemlendiği, kil-silt oranının en fazla olduğu ikinci kesitin (turuncu kısım), kum oranı daha fazla olan birinci ve üçüncü kesitten ayrı bir alanda kümelendiği ve yine M değerine göre diyagramın daha solunda yer almasının da içerisinde bulunan daha ince taneli kil-silt oranı sebebiyle olduğu söylenebilir. C değerine göre de alan içindeki maksimum tane boyutu açısından 100 ve 1000 değerleri arasında kümelendikleri görülmektedir. Yine kum oranı daha fazla ve daha homojen olan kesitlerin hem taneboyu dağılımı hem de boylanma açısından daha iyi olduğunu ve ikinci kesitteki gibi derinlikle değişen dalgalanmalar bulunmadığı ve yine boylanmalarının iyi olduğunu belirten  $C=M$  doğrusuna daha yakın olduğu görülmektedir. Son olarak orjinal Passega diyagramına göre çalışma alanındaki üç kesitinde yer aldığı C değerinin 400 seviyesinde

kümelendikleri görülmektedir. Bu kısım 'Cs' olarak adlandırılan taşınan maksimum tane boyutu ve kademeli olarak taşınmayı temsil etmektedir. Buradan da örneklerimizin daha karasal kökenli olduğunu, iyi boylandıklarını, birinci ve üçüncü kesitin (aynı Denizel İzotopik Evrelere denk gelen kesitlerin) aynı alanda kümelendikleri ve taneboylarının da daha yakın olduğu, ortamsal olarak aynı koşullarda buldukları ve taşınma süreçlerinin benzer olduğu söylenebilir. İkinci kesitin ise diğer iki kesitten daha farklı ortamda oluştuğu, daha az homojen olduğu ve derinlikle değişen kil silt miktarlarında değişimler olduğu söylenebilir.

Bu diyagram ile doğrudan iklimsel çıkarımlar yapmak mümkün değildir, ancak eolinitlerin varlığını kanıtlamakta ve taşınma mekanizmalarını yorumlamamıza yardımcı olmaktadır.

#### 4.2. Çevre Manyetizması Analizleri

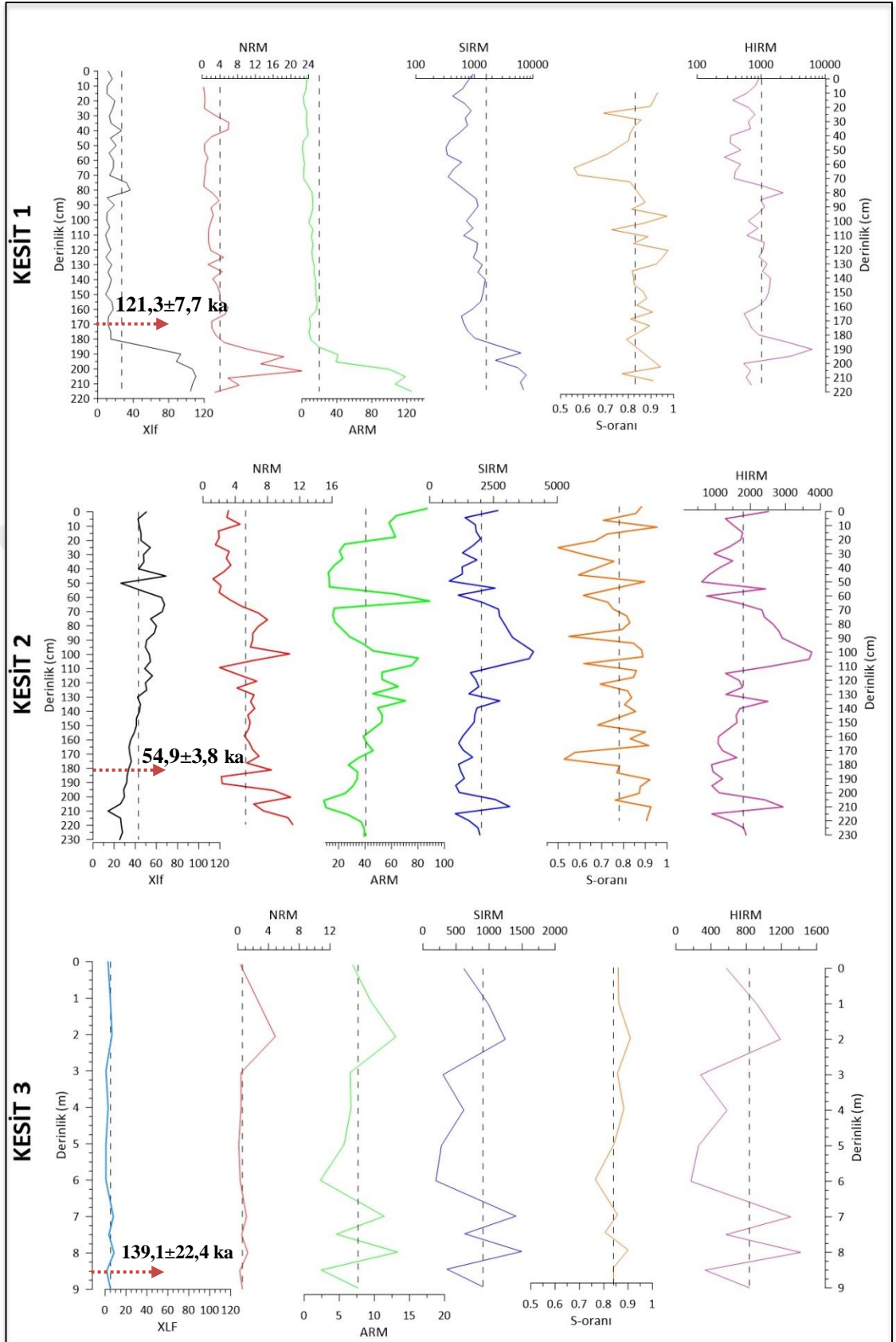
Birinci kesitten elde edilen manyetik duyarlılık değerleri  $8-110 \times 10^{-5}$  arasında değişmektedir. Bu kesitte ortalama manyetik duyarlılık değeri  $28 \times 10^{-5}$ 'dir. Kesit boyunca manyetik duyarlılık değerleri ( $8-110 \times 10^{-5}$ ) kesitin 180-220 cm derinliklerinde en yüksek değerlerdedir. Bu yüksek değerler dışında 40 ve 80 cm derinliklerinde de manyetik duyarlılık, 20 ile 40 arasında değişen görece yüksek değerlere sahiptir. Manyetik duyarlılık ile birlikte kesit boyunca kalıntı mıknatıslanma şiddetleri de (NRM, ARM ve SIRM) benzer seviyelerde artış göstermektedir (Şekil 4.2.1). S-oranı kesitin ilk 100 cm'sinde 0,4'e yakın iken kesitin derinine doğru 1'e yakın değerlerde bulunmuştur. HIRM oranı, 80 ve 190 cm derinliğinde belirgin bir yükselişle sırasıyla 2195 ve 6287  $\text{mAm}^{-1}$  değerlerinde hesaplanmıştır.

Şekil 4.2.1'de ikinci kesite ait manyetik duyarlılık, kalıntı mıknatıslanma şiddetleri (NRM, ARM, SIRM) ve hesaplanan S-oranı, HIRM değerlerinin derinlikle değişimi verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; manyetik duyarlılık  $14-70 \times 10^{-5}$  arasında değişmektedir ve kesit boyunca ortalama değer  $43 \times 10^{-5}$ 'tür. Kesit boyunca NRM değerleri belirgin bir değişim göstermemekte ve ortalama  $5.30 \text{ mAm}^{-1}$ 'dir. SIRM kesitin 0-100 cm derinliğinde  $2000-6000 \text{ mAm}^{-1}$  gibi yüksek değerlerde ölçülürken 100 cm'den kesitin sonuna doğru ortalama  $2028 \text{ Am}^{-2}$  değerinde oldukça düşük ölçülmüştür. HIRM değerlerinin değişimi SIRM ile benzer oranda değişim göstermektedir (Şekil 4.2.1). S-oranı kesit boyunca, 0,5-1 arasında değişmektedir. İkinci kesitte manyetik parametreler arasında en belirgin değişim gösteren parametre

ARM olarak görülmektedir. ARM değerleri 100 cm'ye kadar 10-100 mAm<sup>-1</sup> arasında değişirken, 100 cm'den derine doğru ortalama 300 mAm<sup>-1</sup> değerlerinde yüksek ölçülmüştür.

Manyetik özellikleri açısından paleosol olan ilk iki kesitten oldukça farklı bir özellik gösteren eolinitten oluşan üçüncü kesite ait çevre manyetizması parametrelerinin derinlikle değişimi Şekil 4.2.1'de gösterilmiştir. Manyetik duyarlılık değerleri ( $8-110 \times 10^{-5}$ ), 0.8-8.57 arasında ortalama 5.29 olarak bulunmuştur. Ortalama kalıntı mıknatıslanma şiddetleri NRM, ARM, SIRM ve HIRM için sırasıyla; 0.6, 7.68, 907.7 ve 835 mAm<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. S-oranı 0.77-0.91 arasında değişmektedir.





Şekil 4.2.1 Birinci, ikinci ve üçüncü kesitten elde edilen çevre manyetizması parametrelerinin ( $\chi_{LF} \times 10^{-6}$  ; NRM, ARM, SIRM, HIRM ( $\text{mAm}^{-1}$ )) derinlikle değişimi ve ortalama değerleri (kesikli çizgi).

**Tablo 4.2.1** Kesit 1, 2 ve 3'e ait çevre manyetizması parametrelerinin minimum-maksimum ve ortalama değerleri.

	$K_{LF} \times 10^{-5}$	NRM (mA.m <sup>-1</sup> )	ARM (mA.m <sup>-1</sup> )	SIRM (mA.m <sup>-1</sup> )	S-oranı (mA.m <sup>-1</sup> )	HIRM (mA.m <sup>-1</sup> )
KESİT 1	8-110 <b>28</b>	0.32- 22.52 <b>4</b>	0.65- 125.30 <b>19.9</b>	327-7700 <b>1593</b>	0.55-0.97 <b>0.83</b>	266-6287 <b>1020</b>
KESİT 2	14-70 <b>43</b>	1.24- 11.13 <b>5.30</b>	8.98-86.88 <b>40.61</b>	763-6025 <b>2028</b>	0.4-0.95 <b>0.78</b>	608-4670 <b>1798</b>
KESİT 3	0.8-8.57 <b>5.29</b>	0.1-4.88 <b>0.6</b>	2.3-13.31 <b>7.68</b>	194-1493 <b>907.7</b>	0.77-0.91 <b>0.84</b>	171-1418 <b>835.45</b>

Çalışılan üç kesitten elde edilen çevre manyetizması parametreleri birlikte incelendiğinde, birinci ve ikinci kesitte manyetik parametre değerleri benzerlik gösterirken, üçüncü kesitten elde edilen değerlerin ise diğer iki kesitten daha düşük değerlere sahip olduğu açık bir şekilde görülmektedir (Tablo 4.2.1). Bu durum tüm parametreler için benzer şekilde gözlenmiştir. Örneğin; ortalama manyetik duyarlılık değeri birinci ve ikinci kesitte  $28 \times 10^{-5}$  ve  $43 \times 10^{-5}$  ölçülürken üçüncü kesitte  $5.29 \times 10^{-5}$  olarak ölçülmüştür. NRM değerleri birinci ve ikinci kesitte 4 ve 5.30 mA.m<sup>-1</sup> ölçülürken üçüncü kesitte 0.6 (mA.m<sup>-1</sup>) olarak oldukça düşük değerde ölçülmüştür (Tablo 4.2.1).

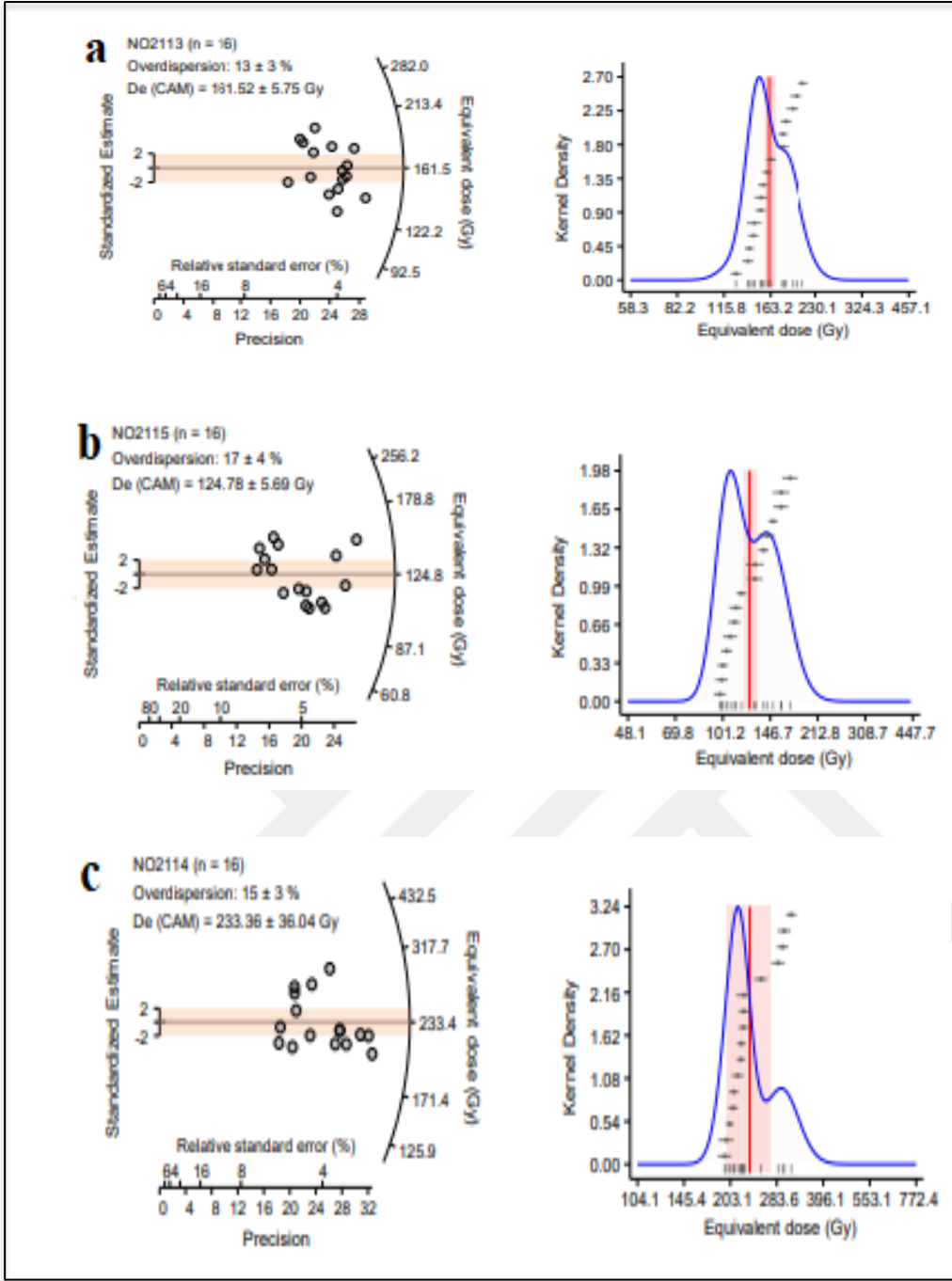
#### 4.3. OSL (Işık Uyarmalı Lüminesans) Analizi

Paleosoller ve kumullar en yaygın iklim göstergeleri arasındadır. Ancak oluşum ve gelişim düzeyleri farklılıklar göstermektedir. Çalışma alanındaki ilk bölümde kumul ve paleosolün bir arada bulunması, bu iki farklı oluşumun ani bir çevresel değişim sonucu meydana geldiğini göstermektedir. OSL tarihlendirme çalışmaları sonucunda birinci kesitteki çapraz tabakalı eolinitin hemen altında yer alan paleosolün yaşı  $121,3 \pm 7,7$  bin yıl, ikinci kesitteki paleosolün yaşı  $54,9 \pm 3,8$  bin yıl ve üçüncü kesitteki eolinitin yaşı  $139,1 \pm 22,4$  bin yıl elde edilmiştir (Şekil 4.3.1).



**Şekil 4.3.1** Google Earth üzerinden kesitler ve yaşlarının görüntüsü

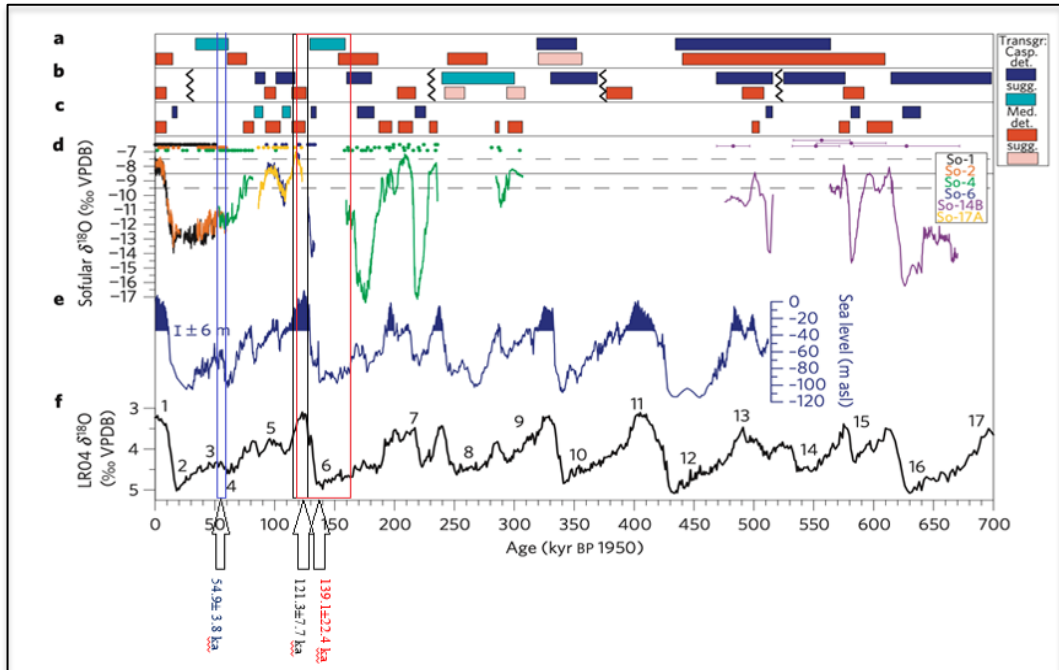
Analiz sonuçları, birinci ve üçüncü kesitin hata payları da göz önünde bulundurulduğunda DİE 5 dönemine denk geldiğini ve ikinci kesitin bu iki kesitten farklı olarak DİE 3 dönemine denk geldiği sonucunu vermektedir.



Şekil 4.3.2 OSL-1 (Birinci kesit) (a), OSL-2 (İkinci kesit) (b) ve OSL-3 (Üçüncü kesit) (c) laboratuvar sonuçları

Aşağıdaki şekilde bulunan OSL sonuçlarına referans olması adına Badertscher ve diğerlerinin (2011) yapmış oldukları çalışmadan alınan Karadeniz ve küresel deniz seviyesinden gelen tortul kayıtlarla karşılaştırılan Sofular  $\delta^{18}\text{O}$  kaydı görülmektedir. Yine bu şekil üzerinde de hata payları ile birlikte OSL analizi sonucunda elde edilen yaşlar çizilmiş olup, yer aldıkları dönemlerin ve aralıkların daha net gözlemlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Siyah yatay kesik çizgiler sediman dizilerindeki düzensizlikleri göstermektedir. Altta yer alan siyah çizgi ise denizel izotop evrelerini

(DİE) temsil etmektedir. Bu çizginin hemen üzerinde yer alan mavi çizgi ise deniz seviyesi değerlerini göstermektedir. Yine burada birinci ve üçüncü kesitin yer aldığı Denizel İzotopik Evre 5 ve ikinci kesitin yer aldığı Denizel İzotopik Evre 3 net bir şekilde görülmektedir. Bu dönemlerde yine hata payları da düşünülerek deniz seviyelerinde meydana gelen değişimlere bakıldığında ise DİE 3 de yaklaşık 55 bin yıl tarihlendirmeye sahip ikinci paleosol olan kesit için deniz seviyesinde DİE 5 kadar bir değişim gözlenmese de dalgalanmalar meydana geldiği ve bu dönemin de iklimsel açıdan toprak oluşumuna daha elverişli olduğu söylenebilir. Üçüncü kesitin yer aldığı tamamı eolinit olan kesitin yine yaklaşık 139 bin yıl tarihleme sonucu verdiğini ve DİE 5'e karşılık geldiğini söyleyebiliriz. Eolinit tabakasının hemen altında yer alan paleosol kısım olan birinci kesitin 180 cm derinlikte görülen dönem olan yaklaşık 124.000-119.000 yıl önce Eemian (İngiltere'de Ipswichian) olarak adlandırılan Denizel İzotopik Evre (DİE) 5e, günümüzden (Holosen) önceki son buzullararası döneme denk gelmektedir ve küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının bu dönemde en az 2°C daha sıcak ve deniz seviyesinin günümüzden yaklaşık 6 m daha yüksek olduğu bilinmektedir. Yine bu dönemde daha sıcak bir iklime hızla geçiş (buzul döneminden son buzul çağları arası döneme) çevresel anlamda pekçok çevresel ajan tarafından kaydedilmiştir. Aşağıdaki şekilde de deniz seviyelerine bakıldığında aynı sonuçlar görülmektedir.



**Şekil 4.3.3** Karadeniz ve küresel deniz seviyesinden gelen tortul kayıtlarla karşılaştırılan Sofular  $\delta^{18}\text{O}$  kaydı (Badertscher ve diğerleri, 2011).



## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Kumulların Kökeni

Çevre manyetizması analizlerine göre, kesitler boyunca farklı seviyelerde ölçülen yüksek manyetik duyarlılık ve kalıntı mıknatıslanma şiddetleri (NRM, ARM ve SIRM) kesit boyunca görece, manyetik minerallerin bu seviyelerde yoğunlaştığını açık olarak göstermektedir. Kesitler arasında manyetik mineral yoğunluğunun en fazla olduğu kesit 1. ve 2. kesit iken en düşük manyetik mineral yoğunluğu ise 3. kesitte bulunmuştur. S-oranı, 1. ve 2. kesitte en düşük 0.4 gibi çoğunlukla düşük değerlerde hesaplanırken, 3. kesitte ise 0.7-0.9 arasında yüksek değerlerde hesaplanmıştır (Şekil 4.2.1; Tablo 4.2.1). S-oranının 1'e yakın olması magnetit ( $Fe_3O_4$ ) ve greigit ( $Fe_3S_4$ ) gibi düşük koersiviteli manyetik minerallerin, 0'a yakın olması ise hematit ( $Fe_2O_3$ ) ve geotit ( $FeOOH$ ) gibi yüksek koersiviteli manyetik minerallerin varlığını göstermektedir (Blomendal ve diğerleri, 1992). HIRM değerlerinde ise tam tersi bir ilişki olmakta ve HIRM değerlerinin arttığı seviyeler yüksek koersiviteli manyetik minerallere işaret etmektedir (Blomendal ve diğerleri, 1992). Bu durumda, tüm kesitlerde elde edilen S-oranı ve HIRM değerleri; 1. ve 2. kesitte yüksek koersiviteli manyetik minerallerin, 3. kesitte ise çoğunlukla düşük koersiviteli manyetik minerallerin hakim olduğunu ortaya koymaktadır. Yüksek koersiviteli manyetik mineraller kimyasal süreçler altında değişmiş olan ikincil manyetik minerallerdir.

Kurak dönemlerde, ortamda rüzgar etkisinin yüksek olması havza alanı içerisinde bulunan kayalarda fiziksel bir aşınmaya neden olabilir. Havza alanı içerisinde aşınmış olan bu kayalar genellikle yüksek koersiviteli manyetik mineraller olarak ayrışmakta ve rüzgar ile birlikte havza alana çökebilmektedir (Peck ve King, 1996). 1. ve 2. kesitlerde, kesit boyunca elde edilen yüksek manyetik mineral yoğunluğunun kurak dönemler boyunca oluşan manyetik minerallardan kaynaklandığı düşünülmektedir. 1. kesitte 180 cm'den kesitin sonuna kadar elde edilen yüksek manyetik mineral yoğunluğunun, tane boyu analizlerinde de görüldüğü gibi bu seviyelerde kil içeriğinin artışı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Benzer ilişki 2. kesit içinde görülmektedir. 3. kesitte elde edilen tane boyu analizleri bu kesit boyunca kil içeriğinin diğer iki kesite

göre önemli derecede düşük olduğunu buna karşılık, kum içeriğinin en yüksek bu kesitte bulunduğunu göstermektedir.

Kesit 1'in tabanından 180 cm derinliğine kadar ölçülen yüksek manyetik duyarlılık değerleri pedojenez süreçleri ile ilişkili olabilir. Kesitin bu derinliğinden alınan OSL yaşı MIS5e dönemini göstermektedir. Manyetik birimlerdeki bu ani değişimin MIS5 içerisindeki daha nemli ve sıcak iklim koşulunu yansıtan Eemian (MIS5e) geçişi ile ilgili pedojenez sürecinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Buzullararası paleosollerde, manyetik mineral içeriğinde belirgin bir düşüş meydana gelir. Bu düşüş, toprağın suya doygun hale gelmesi veya kimyasal bozulmalar nedeniyle olabilir (Nawrocki ve diğerleri, 1996; Maher, 1999). Buna benzer koşullar, özellikle Eemian paleosol yapıları için de geçerlidir (Bibus ve diğerleri, 1996). Bu nedenlerle, 1. kesitin 180 cm derinliğinden itibaren Eemian dönemine girmiş olabileceği düşünülmektedir.

Diğer iki kesite oranla, 3. kesitte elde edilen düşük manyetik duyarlılık ve kalıntı mıknatıslanma şiddeti tane boyu analizi ile de desteklenen düşük kil (yüksek kum) içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Manyetik duyarlılık değerlerini her bir kesit için karşılaştırdığımızda, birinci kesitin büyük kısmı kumdan oluşmaktadır ve ikinci kesite kıyasla yüksek olduğu görülmektedir. İkinci kesit için oluşturulmuş olan çevresel manyetizma ve tane boyu grafikleri incelendiğinde ikisinde de uyumlu şekilde dalgalanmalar görülmektedir. Ancak üçüncü kesitin neredeyse tamamı kumdan oluşmasına rağmen manyetik duyarlılık değeri ( $8-110 \times 10^{-5}$ ) daha düşüktür. Bu sonuç, Erginal ve diğerlerinin (2022) çalışma alanındaki farklı bir eolinit kesitinden elde ettikleri manyetik duyarlılık değerleri ile uyumaktadır. ARM ve SIRM kalıntı mıknatıslanma değerleri arasındaki uyuma bakıldığında ise düzenli tane boyu dağılımını desteklemektedir. Bu da sonuç olarak tane boyu analizi ve Passega diyagramında da uyumlu olarak örneklerin tane boylarının yakın olduğu yani boylanmalarının iyi olduğu sonucunu vermektedir.

Passega (CM) diyagramından özellikle kırıntılı örneklerin çökeltme ortamları ve taşınma mekanizmaları hakkında bilgi sağlamak mümkündür. Diyagramın üst kısmı yüksek enerjili bir çökeltme ortamını alt bölüm ise durgun yani düşük enerjili bir taşıma/çökeltme ortamını temsil etmektedir. Bu durumda Passega diyagramında

örneklerin taneboyu analizi ile de uyumlu şekilde taneboylarının desteklendiği ve boylanmalarının iyi derecede olduğu yorumu yapılabilmektedir.

## 5.2. Kumulların Yaşı ve Paleoçevresel Çıkarımlar

OSL tarihleme çalışmaları sonucunda birinci kesitin yaşının  $121,3 \pm 7,7$  bin yıl, ikinci kesitin  $54,9 \pm 3,8$  bin yıl ve üçüncü kesit yaşının ise  $139,1 \pm 22,4$  bin yıl olduğu görülmektedir. OSL tarihlendirmesine göre, eolinit ve paleosollerin çökmesinde, hata payları göz önüne alındığında, örneklerin birinci ve üçüncü kesitlerdeki yaşları DİE 5 evresine karşılık gelmektedir. Buna göre, yaklaşık 124.000-119.000 yıl önce Eemian (İngiltere'de Ipswichian) olarak adlandırılan Denizel İzotopik Evre (MIS) 5e, günümüzden (Holosen) önceki son buzullararası dönemdir ve küresel ortalama yüzey sıcaklıkları en az  $2^{\circ}\text{C}$  daha sıcak ve deniz seviyesi günümüzden yaklaşık 6 m daha yüksekti. Daha yüksek deniz seviyesi olmasına rağmen, bölümlerimiz zengin kum kaynaklarını ve kuvvetli rüzgarları işaret ederek  $>10$  m kalınlığındaki kumul bölümlerini oluşturmaktadır. Daha genç yaş, 60–27 bin yıl (BP) tarihli Denizel İzotopik Evre (MIS) 3 gösterir, hızlı ve yüksek frekanslı değişiklikleriyle kanıtlandığı gibi, son derece yüksek iklim istikrarsızlığı ile karakterize edilir, ancak kum kaynaklarının farklılığı, sakin rüzgar süreci ve nemli dönemler toprak gelişimini destekler. Birinci ve üçüncü alan kumul oluşumuna uygun iklim şartlarına sahiptir. İkinci alan ise DİE 3'ün orta dönemlerine İstanbul kuzeyinde toprak gelişimi için daha uygun ve kimyasal ayrışma için daha elverişli çevre koşullarının varlığını işaret etmektedir.

Tez sahamızın hemen batısında Erginal ve diğerleri (2022) benzer stratigrafik öğeleri optik olarak yaşlandırmış ve çok daha uzun bir dönemi (yaklaşık 650 bin yıl) kapsayan eolinit yaşları elde etmiştir. Bununla beraber eolinitler arasında yer alan iki paleosol seviyesi de  $426 \pm 48$  bin yıl ve  $267 \pm 22$  bin yıl gibi bizim paleosol yaşlarımızdan oldukça farklı yaşlar vermiştir. Bu veriler ile bizim verilerimizi karşılaştırdığımızda iki olasılık akla gelmektedir. İlk olasılık bizim çalışma alanımızın Erginal ve diğerleri (2022) çalışmasının doğusunda olması nedeniyle ve hakim rüzgar yönünün KB-GD'ya doğru olması nedeniyle eoliniti oluşturan kumların MIS5 ( $139,1 \pm 22,4$  bin yıl) döneminde yeniden taşınmasına (reworked) bağlı olarak oluşmuş olma ihtimalidir. Ancak bu eolinitin hemen altında yer alan paleosolün üst kısmından aldığımız optik yaşın  $121,3 \pm 7,7$  bin yıl gibi eolinite çok benzer bir yaşa sahip olması ve geçişin çok

keskin olması bu olasılığın düşük olduğunu göstermektedir. Aksi halde bu süreç nedeniyle paleosolün de daha önceki eolinit oluşum dönemlerinde taşınmış malzemeye bağlı olarak daha yaşlı olması beklenirdi. Böyle bir durumun olmaması bizim yaşlarımızın doğru olduğunu göstermektedir. Burada stratigrafik olarak alttaki paleosolün daha yaşlı olması beklenir ancak eolinit yaşındaki hata payının çok geniş olması nedeniyle böyle bir yoruma gidilmiştir. İkinci olasılık ise taşınma yönü kabaca batıdan doğuya doğru olduğu için bizim sahamızdaki birimlerin stratigrafik olarak Erginal ve diğerleri (2022) çalışmasında bulunan birimlerin üst kısımlarına karşılık gelmesi olasılığıdır. Her iki açıdan bakıldığında İstanbul ve çevresinin paleoortamsal koşullarının anlaşılmasında çok önemli olan bu eolinit ve paleosollerin daha detaylı araştırılmasına devam edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.



## 6. SONUÇLAR

İstanbul'un Karadeniz kıyısında özellikle Şile'ye doğru geniş fosil kumul (eolinit) ve güncel kumul alanları bulunmaktadır. Tez sahamızda bunların en güzel örneklerinin görüldüğü alanlardan biridir. Tez kapsamında yapılan yaş analizleri, tane boyu ve çevresel manyetizma çalışmaları paleosol (1. Kesit) ve fosil kumulların (3. Kesit) Denizel İzotopik Evre (DİE) 5e (günümüzden önce 134-114 bin yıl) karşılık gelen buzullararası dönemde oluştuklarını göstermektedir. Kumulların altında ve üstünde paleosol seviyelerini görmek mümkündür. Üst seviyelerden elde ettiğimiz OSL yaşları bu paleosollerin DİE 3 (günümüzden önce 80-20 bin yıl) evresinin ortalarına doğru günümüzden yaklaşık 55 bin yıl önce oluştuklarını ve bu dönemde bu bölgede toprak gelişimine uygun iklim şartlarının olduğunu göstermektedir.

Sedimantolojik analizler, paleosol olan 1. ve 2. kesitten alınan örneklerin kil oranları içerdiğini, eolinit olan 3. kesitten alınan örneklerin ise en düşük kil oranına ancak yüksek kum oranına sahip kumul çökeli olduğunu ve nispeten iyi boylanmış, ince ile çok ince taneli kumlardan oluştuğunu ortaya koymaktadır. İnce silt ve kil boyutundaki tanelerin 3. kesitteki miktarı oldukça azdır. 1. ve 2. kesitte derinlikle değişim gösteren daha fazla kil miktarı gözlemlenmiştir. Passega diyagramı incelendiğinde, kesitlerin alındığı alanların genel anlamda aynı alanda kümelendikleri görülmektedir. Bu durum örneklerin alındığı alanların aynı alanı temsil ettiğini ve ek olarak da çevresel açıdan bu kesitlerin benzer taşınma sürecine sahip olduğunu göstermektedir. Yine diyagramdan ortalama tane boylarının da yakın olduğu sonucu çıkarılabilmekte ve tane boyu analizleri ile de uyumlu olduğu gözlemlenmektedir.

Çevresel manyetizma sonuçlarında, farklı derinliklerinde ani değişimler veya yüksek değerlerin ölçüldüğü görülmektedir. Bu değişimler temelinde kesit boyunca manyetik birimleri ayırt ettiğimizde; 1. kesit için, 180 cm'den kesitin sonuna kadar; 2. kesit için 70-110 cm arasında ve 3. kesit için 1-3 m ve 6.5-8.5 m arasında farklı birimlerin olduğu düşünülmektedir. Bu seviyelerde ölçülen yüksek manyetik duyarlılık ve kalıntı mıknatıslanma şiddetleri (NRM, ARM ve SIRM) kesit boyunca görece, manyetik minerallerin bu seviyelerde yoğunlaştığını açık olarak göstermektedir. Kesitler

arasında manyetik mineral yoğunluğunun en fazla olduğu kesit 1. ve 2. kesit iken en düşük manyetik mineral yoğunluğu ise 3. kesitte bulunmuştur. Bu ilişki, çalışma alanında bulunan paleosol ile eolinit seviyelerinin ayırte edilmesi için oldukça kullanışlıdır. 1. ve 2. kesitte çoğunlukla düşük olarak hesaplanan S-oranı bu iki kesitte 3. kesite oranla daha yüksek oranda yüksek koersiviteli manyetik minerallerin olduğunu göstermektedir. HIRM değerleri de bu durumu desteklemektedir. 1. kesitte 180 cm'den kesitin sonuna kadar elde edilen yüksek manyetik mineral yoğunluğunun, tane boyu analizlerinden de görüldüğü gibi bu seviyelerde kil içeriğinin artışı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Benzer ilişki 2. kesit içinde görülmektedir. 3. kesitte elde edilen tane boyu analizleri bu kesit boyunca kil içeriğinin diğer iki kesite göre önemli derecede düşük olduğunu buna karşılık, kum içeriğinin en yüksek bu kesitte bulunduğunu göstermektedir. Diğer iki kesite oranla, 3. kesitte elde edilen düşük manyetik duyarlılık ve kalıntı miktastıslanma şiddeti tane boyu analizi ile de desteklenen düşük kil içeriği ile ilişkilendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında her bir kesitten birer adet OSL yaş analizi yapılmıştır. 1. kesitten elde edilen 121 bin yıl yaş Eemian dönemine karşılık gelmektedir. Bu dönem DİE 5 içerisinde önemli iklim değışimlerinin ortaya çıktığı bir dönemdir. Bu yüzden kesit boyunca bu dönemin daha hassas bir yaşlandırma ile ortaya koyulması ve elde edilen verilerin daha hassas yorumu için kesit üzerinde yaşlandırma sayısının artırılması gerekmektedir. Jeomanyetik alan sapmalarından biri olan Blake sapması, 116-112 bin yıllarında meydana gelmiştir (Osete ve diğerleri, 2012). Bu sapma kaydının 1. kesitte yapılacak paleomanyetik ölçüm ile belirlenmesi muhtemeldir. Bu sapma kaydının da ortaya koyulması ile kesitte daha hassas bir yaşlandırma oluşturulacak ve böylelikle, özellikle Eemian dönemi için tez kapsamında ortaya atılan hipotezler tartışılabilir. Ek olarak toprak jeokimyası ve daha fazla OSL yaşları ile bütün kıyı boyuna yapılmasının çevresel koşulların daha iyi anlaşılması açısından bu çalışmayı daha da ileri götürecektir.

## KAYNAKLAR

- Aitken, M. J.** (1985). Thermoluminescence dating. Oxford press.
- Aitken, M.J.** (1998). An Introduction to Optical Dating. Oxford University Press, Oxford.
- Aitken, M. J.** (1998). Introduction to optical dating: the dating of Quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence. Clarendon Press.
- Badertscher, S., Fleitmann, D., Cheng, H., Edwards, R. L., Göktürk, O. M., Zumbühl, A., Leuenberger, M. and Tüysüz, O.** (2011). Pleistocene water intrusions from the Mediterranean and Caspian seas into the Black Sea. *Nature Geoscience*.
- Ballarini, M., Wallinga, J., Murray, A.S., van Heteren, S., Oost, A.P., Bos, A.J.J., van Eijk, C.W.E.** (2003). Optical dating of young coastal dunes on a decadal time scale. *Quat. Sci. Rev.* 22, 1011–1017.
- Banerjee, S.K.** (1994). Contributions of fine-particle magnetism to reading the global paleoclimate record, *Journal of Applied Physics*, 75, 5925-5930.
- Bibus, E., Bludau, W., Bross, C., RaK hle, W.,** (1996). Der AltwuKrm- und Riabschnitt im Pro"l Mainz-Weisenau und die Eigenschaften der Mosbacher Humuszonen. *Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten D20*, 21-52.
- Bloemendal, J., King., J.W., Hall F.R. and Doh, S.H.** (1992). Rock magnetism of late Neogene and Pleistocene deep-sea sediments: Relationship to sediment source, diagenetic processes, and sediment lithology, *J. Geophys. Res.*, 97, 4361–4375.
- Boggs, S.** (2014). Sedimantoloji Ve Statigrafi Temel İlkeleri. (M.G.), Ankara Üniversitesi Yayinevi, Ankara.
- Brooke, B.** (2001). The distribution of carbonate eolianite. *Earth-Science Reviews*, 55, 135–164.
- Brooke, B.P., Murray-Wallace, C.V., Woodroffe, C.D., Hejnis, H.** (2003). Quaternary aminostratigraphy of eolianite on Lord Howe Island, Southwest Pacific Ocean. *Quaternary Sci Rev.* 22 (2-4), 387-406.
- Butzer, K.W.** (2004). Coastal eolian sands, paleosols, and Pleistocene geoarchaeology of the Southwestern Cape, South Africa. *J Archaeol Sci.* 31 (12), 1743-1781.
- Carew, J.L., Mylroie, J.E.** (2001). Quaternary Carbonate Eolianites of the Bahamas: Useful analogues for the interpretation of ancient rocks?. Modern and Ancient Carbonate Eolianites: Sedimentology, Sequence Stratigraphy, and Diagenesis. Editors: Abegg, F .E., Harris, P. M. and Loope, D. B. SEPM Special Publication No. 71.

- Chase, B.** (2009). Evaluating the use of dune sediments as a proxy for palaeo-aridity: a southern African case study. *Earth-Sci. Rev.* 93, 31–45.
- Costas, I., Reimann, T., Tsukamoto, S., Ludwig, J., Lindhorst, S., Frechen, M., Hass, H.C., Betzler, C.** (2012). Comparison of OSL ages from young dune sediments with a highresolution independent age model. *Quat. Geochronol.* 10, 16–23.
- Çağatay, M.N., Erel, L., Bellucci, L.G., Polonia, A., Gasperini, L., Eriş, K.K., Sancar, Ü., Biltekin, D., Uçarkuş, G., Ülgen, U.B., Damcı, E.** (2012). Sedimentary earthquake records in the İzmit Gulf, Sea of Marmara, Turkey. *Sedimentary Geology*, 282 (2012) 347–359.
- Dearing, J.A., Dann, R.J.H., Hay, K., Lees, J.A., Loveland, P.J., Maher, B.A., OGrady, K.** (1996). Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials, *Geophysical Journal International*, 130, 727-736.
- Duller, G.A.T.** (2004). Luminescence dating of Quaternary sediments: recent advances. *J. Quat. Sci.* 19, 183–192.
- El-Asmar, H.M., Wood, P.** (2000). Quaternary shoreline development: the northwestern coast of Egypt. *Quaternary Sci Rev.* 19 (11), 1137-1149.
- Erginal, A.E., Kıyak, N.G., Ekinci, Y.L., Demirci, A., Ertek, A., Canel, T.** (2013). Age, composition and paleoenvironmental significance of a late Pleistocene eolianite from the western Black Sea coast of Turkey. *Quatern Int.* 296, 168-175.
- Erginal, A.E., Kıyak, N.G., Makaroğlu, Ö., Bozcu, M., Öztürk, M.Z., Selim, H.H., Nowaczyk, N.R., Kaya, N., Ozturk, T., Karabıyıkoglu, M., Polymeris, G.S.** (2022). Aeolian imprints of multiple Mediterranean invasions of the Black Sea during Pleistocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 592 (2022) 110902
- Erginal, A.E., Makaroğlu, Ö., Kıyak, N.G.** (2019). Şile Eolianite in the Light of OSL and Paleomagnetic Data: Eolian Processes After the Brunhes Matuyama Transition. International Symposium on Geomorphology, Ankara, Türkiye, 10 -12Ekim2019, ss.176.
- Eriñç, S.** (2001). Jeomorfoloji II (3.Basım) (Güncelleştirenler: A.Ertek ve C. Güneysu). *Dergi Yayın No: 294*, İstanbul.
- Ertek, T.A., Kıyak, N.G., Erginal, A.E.** (2009). The first aeolianite record from the Black Sea coast: OSL dating of Sile aeolianite. LUMIDOZ-III, Luminescence Dosimetry Congress, 28-30 Eylül 2009, Abstracts book, p. 27 (in Turkish).
- Evens, M.E. and Heller, F.** (2003). Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics, Academic Press, 299 pp.
- Everard, M., Jones, L., Watts, B.** (2010). Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* 20, 476–487.
- Fairbridge, R.W. and Johnson, D.L.** (1978). Eolianite. In: Fairbridge, R.W. and Bourgeois, J. (eds.), The Encyclopedia of Sedimentology. *Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson and Ross*, pp. 279–282.

- Fletcher, C.H., Murray-Wallace, C.V., Glenn, C.R., Shermanc, C.E., Popp, B., Hessler, A.** (2005). Age and Origin of Late Quaternary Eolianite, Kaiehu Point (Moornomi), Molokai, Hawaii. *J Coastal Res.* 42, 97-112.
- Folk, R.L.** (1974). "Petrology of Sedimentary Rocks". Hemphill Publishing Company, Austin, Texas.
- Foos, A.M.** (1991). Aluminous lateritic soils, Eleuthera, Bahamas: a modern analog to carbonate paleosols. *J Sediment Petrol.* 61, 340-348.
- Frébourg, G., Hasler, C-E., Le Guern, P. & Davaud, E.** (2008). Facies characteristics and diversity in carbonate eolianites. *Facies* 54, 175–191.
- Frébourg, G., Hasler, C.A., Davaus, E.** (2010). Catastrophic event recorded among Holocene eolianites (Sidi Salem formation, SE Tunisia)., *Sediment Geol.* 224 (1-4), 38-48.
- Hart, D.E., Knight, G.A.** (2009). Geographic information system assessment of tsunami vulnerability on a dune coast. *J. Coast. Res.* 25, 131–141.
- Hearty, P.J., Vacher, H.L.** (1994). Quaternary stratigraphy of Bermuda: A high-resolution pre-Sangamonian rock record. *Quaternary Sci Rev.* 13 (8), 685-697.
- Hearty, P.J., O’Leary, M.J.** (2008). Carbonate eolianites, quartz sands, and Quaternary sea-level cycles, Western Australia: A chronostratigraphic approach. *Quat Geochronol.* 3 (1-2), 26-55.
- Herwitz, S., Muhs, D. R., Prospero, J., Mahan, S., Vaughn, B.** (1996). Origin of Bermuda’s clayrich Quaternary paleosols and their paleoclimatic significance. *J Geophys Res- Atmos.* 101 (D18), 23389–23400.
- Hong, S., Choi, J.H., Kim, J.W.** (2010). Mid – to late Holocene progradational pattern of Shinduri Dunefield: Implications for sea level and climatic changes in the western coast of Korea. *J. Korean Geomorphol. Assoc* 17, 87–98 (in Korean with English abstr.).
- Kelletat, D.** (1991). Geomorphological aspects of eolianites in Western Australia. In: Bruckner, H. and Radtke, U. (eds.), *Von der Nordsee bis zum Inischen Ozsean.* Stuttgart, Germany: Franz Steiner Verlag, pp. 181–198.
- Kiyak, N.G. & Erginal, A.E.** (2010). Optical Stimulated Luminescence dating study of eolianite on the Island of Bozcaada, Turkey: preliminary results. *Journal of Coastal Research* 26, 673–680. doi: 10.2112/08-1169.1.
- Kindler, P., Hearty, P.J.** (1995). Pre-Sangamonian eolianites in the Bahamas? New evidence from Eleuthera Island. *Mar Geol.* 127 (1-4), 73-86.
- King, J., Banerjee, S. K., Marvin, J. and Özdemir, Ö.** (1982). A comparison of different magnetic methods for determining the relative grain size of magnetite in natural materials: some results from lake sediments, *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 404-419.
- Klappa, C.F.** (1980). Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis, and significance. *Sedimentology*, 26, 613– 629.
- Kocurek, G.** (1998). Aeolian system response to external forcing factors – A sequence stratigraphic view of the Sahara region. In: *Quaternary Deserts and*

Climatic Change. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 327–337 (Ed. by Glennie, K.W.).

- Kocurek, G., Lancaster, N.** (1999). Aeolian system sediment state: theory and Mojave Desert Kelso dune field example. *Sedimentology* 46, 505–515.
- Kreutzer, S., Fuchs, M., Meszner, S., Faust, D.** (2012) OSL chronostratigraphy of a loess-palaeosol sequence in Saxony/Germany using quartz of different grain sizes, *Quaternary Geochronology* 10 102e109.
- Lees, B.** (2006). Timing and formation of coastal dunes in Northern and Eastern Australia. *J. Coast. Res.* 22, 78–89.
- Loope, D.B.** (2009). Eolianite, Encyclopedia of Paleo-climatology and Ancient Environments, ed: Gornitz, V., Springer, Dordrecht-The Netherlands, 319–320.
- Maher, B.**, (1999). Comments on `Origin of the magnetic susceptibility signal in Chinese loess. *Quaternary Science Reviews* 18, 865-869
- Moreno-Casasola, P. ve Vazquez, G.** (1999). “The relationship between vegetation dynamics and water table in tropical dune slacks”, *Journal of Vegetation Science* 10: 515-524.
- McLaren, S.** (2004). Aeolianite, Encyclopedia of Geomorphology, ed: Andrew S. Goudie, Routledge, New York.
- Muhs, D.R., Skipp, G., Schumann, R.R., Johnson, D.L., McGeehin, J.P., Beann, J., Freeman, J., Pearce, T.A., Rowland, Z.M.** (2009). The origin and paleoclimatic significance of carbonate sand dunes deposited on the California Channel Islands during the last glacial period. Proceedings of the 7th California Islands Symposium. Editors Damiani, C. C. and Garcelon, D. K., eds. Arcata-California. Institute for Wildlife Studies.
- Muhs, D.R., Budahn, J.R., Prospero, J.M., Skipp, G., Herwitz, S.R.** (2012). Soil Genesis on the Island of Bermuda in the Quaternary: The Importance of African Dust Transport and Deposition. *J Geophys Res-Earth.* 117 (F3), 1-20.
- Munyikwa, K., Choi, K.-H., Choi, J.-H., Park, K., Kim, J.-W.** (2005). The sedimentology and luminescence chronology of a coastal dune sequence at Unyo Beach, Taean-Gun. *J. Korean Geomorphol. Assoc.* 12, 167–178.
- Nawrocki, J., WoHjick, A., Bogucki, A.**, (1996). The magnetic susceptibility record in the Polish and western Ukrainian loess-paleosol sequences conditioned by paleoclimate. *Boreas* 25, 161-169.
- Osete, M.L., Martí´n-Chivelet, J., Rossi, C., Edwards, R.L., Egli, R., Mun´oz-Garcia, M.B., Wang, X., Pavo´n-Carrasco, F.J., Heller, F.** (2012). The Blake geomagnetic excursion recorded in a radiometrically dated speleothem. *Earth and Planetary Science Letters* 353–354 (2012) 173–181.
- Öztürk, M.Z., Çakır, Ç., Avcıoğlu, M., Ertek, T.A., Evren, N., Erginal, A.E.** (2018). Şile (İstanbul) Eolinitlerindeki Çözünme Borularının Kökeni Üzerine Ön Bulgular. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2018 (1): 67-79.

- Öztürk, M.Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S.** (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.
- Passega, R.** (1957). Texture as characteristic of clastic deposition. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 41, 1952–1984.
- Passega, R.** (1964). Grain size representation by CM patterns as a geological tool. *Journal of Sedimentary Petrology* 34, 830–847.
- Peck, J.A. and King, J.W.,** (1996). Magnetofossils in the sediment of Lake Baikal, Siberia, *Earth and Planetary Science Letters*, 140, 159-171.
- Psuty, N.P.** (2007). “The Coastal foredune: A morphological basis for regional coastal dune development”, s:11-28 (eds) MARTÍNEZ, M. L. ve PSUTY, N. P. Coastal Dunes, *Springer*, 386 sayfa.
- Pye, K. ve Tsoar, H.** (2009). Aeolian Sand and Sand Dunes. *Springer*. 453 sayfa.
- Raja, P., Achyuthan, H., Geethanjali, K., Kumar, P., Chopra, S.** (2018). Late Pleistocene Paleoflood Deposits Identified by Grain Size Signatures, Parsons Valley Lake, Nilgiris, Tamil Nadu. *Journal Geological Society Of India. Vol.91*, May 2018, pp.
- Rowe, M.P., Bristow, C.S.** (2015). Landward-advancing Quaternary eolianites of Bermuda. *Aeolian Res.* 19 (B), 235-249.
- Sayles, R.W.,** (1931). Bermuda during the ice age. *Proc. Am. Acad. Arts Sci.* 66, 381–467. Shackleton, N., 1987. Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quat. Sci. Rev.* 6 (3–4), 183–190.
- Sivan, D., Porat, N.** (2004). Evidence from luminescence for Late Pleistocene formation of calcareous aeolianite (kurkar) and paleosol (hamra) in the Carmel Coast, Israel. *Palaeogeogr Palaeocl.* 211 (1-2), 95-106.
- Thompson, R. and Oldfield, F.,** (1986), Environmental Magnetism, Allen and Unwin (Publishers) Ltd, 40 Museum St., London, 0-04-538003-1.
- Tsatskin, A., Ronen, A.** (1999). Micromorphology of a Mousterian paleosol in aeolianites at the site Habonim, Israel. *Catena.* 34 (3-4), 365-384.
- Tsatskin, A., Gendler, T.S., Heller, F., Dekman, I. & Frey, G.L.** (2009). Towards understanding paleosols in Southern Levantine eolianites: Integration of micromorphology, environmental magnetism and mineralogy. *Journal of Mountain Science* 6, 113–124.
- Tsatskin, A., Sandler, A., Avnaim-Katav, S.** (2015). Quaternary subsurface paleosols in Haifa Bay, Israel: A new perspective on stratigraphic correlations in coastal settings. *Palaeogeogr Palaeocl.* 426, 285-296.
- Turner, G.M. and Thompson, R.,** (1981). Lake sediment record of the geomagnetic secular variation in Britain during Holocene times, *Geophys. J.R. astr. Soc.*, 65, 703-725.
- Verosub, K.L. and Roberts, A.P.** (1995). Environmental Magnetism: Past, present, and future, *Journal of Geophysical Research*, 100, 2175- 2192.
- Woodroffe, C.D.; Murray-Wallace, C.V.; Bryant, E.A.; Brooke, B.P.; Price, D.M., and Heijnis, H.** (1995). Late Quaternary sea-level highstands

from the Tasman Sea: evidence from Lord Howe Island. *Marine Geology*, 125, 61–72.

**Yıldırım, C., Melnick, D., Ballato, P., Schildgen, T.F., Echtler, H., Erginal, A.E., Kiyak, N. G., Strecker, M.R.,** (2013). Differential uplift along the northern margin of the Central Anatolian Plateau: Inferences from marine terraces. *Quat. Sci. Rev.* 81, 12–28.

**Young, R.W., Bryant, E.A., Price, D.M., Wirth, L.M., Pease, M.** (1993). Theoretical constraints and chronological evidence of Holocene coastal development in central and southern New South Wales, Australia. *Geomorphology* 7, 317–329.

**Yu, K.B., Brook, G.A., Rhew, H., Shin, Y.H., Kim, S.H., Brook, F.Z.** (2009). Episodic coastal dune development in the Taean Peninsula and Anmyeon Island, Korea, during the mid to late Holocene. *J. Quat. Sci.* 24, 982–990.

**Zhao, Q., Wu, S., Xu, H., Sun, Q., Wang, B., Sun, Y., Cao, F., He, X.** (2011). Sedimentary facies and evolution of aeolianites on Shidao Island, Xisha Islands. *Chin J Oceanol Limn.* 29 (2), 398-413.

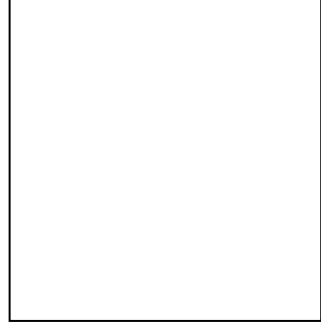


## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** :Mediha SEYHAN

**Doğum Tarihi ve Yeri** :

**E-posta** :



### ÖĞRENİM DURUMU:

• Lisans : 2018, Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

Ön Lisans : 2020, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümü

• Yüksek Lisans: 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi, Katı Yer Bilimleri Anabilim Dalı, Jeodinamik Programı