



<https://jssr.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches  
E-ISSN: 2423-8007  
Vol. 38, Issue 3, No. 88, Autumn 2022, pp 145-162  
Received: 17.12.2022 Accepted: 17.01.2023

#### Research Paper

### Identification and description of the upper Neogene palustrine sediments in the east of Damghan

**Kosar Fathalizadeh**

Master of Science, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran  
kosarr686@gmail.com

**Elahe Zarei** \* 

Assistant Professor, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran  
ezarei@du.ac.ir

**Mehdi Sarfi**

Assistant Professor, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran  
m.sarfi@du.ac.ir

#### Abstract

The studied area is a silty-clayey sedimentary landform, which is located on the border of Alborz and Central Iran sedimentary-structural units. It has 13 km long in the vicinity of the road Damghan to Shahroud. An integration of sedimentological and palynological studies is used for palaeoenvironmental interpretation, origin investigation, and age dating of the landform sediments. The presence of transparent and angular quartzes and unstable minerals and the abundance of organic matter in the landform sediments indicate an aquatic environment in which a series of erosion events to sedimentation has taken place in a short period of time. A combination of sedimentological investigations and palynological studies such as the organic matter preservation factors and the presence of index dinocysts such as *Operculodinium* cf. *eiricianum* and *Bitectatodinium tepikiense* which are characteristic of the shallow aqueous environment, a palustrine environment with brackish water in with an age of Late Neogene is assigned for the studied sediments. This relatively vast aqueous environment was related to the Haj Ali Qoli salt playa (Chah Jam playa) in the south of the studied region. These sediments were developed on a mud flat zone on the northern margin of this playa. Uplifting and exposure of this sedimentary landform could be due to the tectonic activity of the region and the movement of the left-lateral strike-slip of the eastern part of the Damghan Fault.

**Keywords:** Palaeoenvironment condition, Palustrine, Palynomorph, Late Neogene

#### Introduction

Palynology and sedimentology are common and applied methods for paleoenvironment interpretation, especially for Neogene and younger sediments. From the combination of palynological and sedimentology studies, useful information on palaeoclimate and palaeoenvironment is available to researchers in the fields of archaeology, palaeogeography, etc. (Asikainen et al. 2007; Head 1996). The main aim of this study is to identify depositional palaeoenvironments in detail and investigate the origin and age of landform sediments. The studied area is located on the border between Alborz structural state and Central Iran, approximately 30 km east of Damghan (coordinates with E 54° 36'09" to 54° 45'37" and N 36° 15'43" to N 36° 16' 26").

#### Material & Methods

Field and laboratory methods were used in this research. After the field studies, samples were collected from three study stations for palynological, sedimentological and microfacies studies. These samples were prepared in the palynology laboratory. The preparation method of Traverse (2007) was used. Cold hydrochloric (20 %) and hydrofluoric acids were used to dissolve carbonate sand silicates, respectively. The residue was neutralized and centrifuged in ZnCl<sub>2</sub> with specific gravity (1.9 g/cm<sup>3</sup>). The remaining residue was then sieved through a 20 µm nylon sieve prior to mounting on slides. A count of 500 particles was recorded for each sample using transmitted light microscopy as is necessary for the differentiation of palyofacies type and the palaeoenvironmental interpretations (Tyson 1995).

\*Corresponding author

Fathalizadeh K. Zarei E. and Sarfi M. (2022). Identification and description of the upper Neogene palustrine sediments in the east of Damghan. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 38(3):145-162.

2423-8007 / © 2022

This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<https://doi.org/10.22108/jssr.2023.136090.1249>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087888.1401.38.3.6.3>

### Discussion of Results & Conclusions

A combined investigation of sedimentary and palynology was performed on a silty-clayey sedimentary landform, which is located on the border between the Alborz structural state and central Iran to define its palaeoenvironment and investigation of the origin as well as the age of landform sediments.

*Sedimentology results:* The presence of transparent and angular quartzes, unstable minerals such as feldspar, muscovite and the abundance of organic matter in the landform sediments indicate an aquatic environment in which a series of erosion events to sedimentation has taken place in a short period of time. The vertical fresh profiles were mostly composed of a mixture of distal alluvial and palustrine facies (the latter is particularly dominated by mottling colors and the dominance of carbonate muds) (Mángano et al. 1994).

*Palynology results:* Organic matter refers to the large source of carbon-based compounds found within natural and engineered, terrestrial, and aquatic environments. It is matter composed of organic compounds that have come from the feces and remains of organisms such as plants and animals. Terrestrial palynomorphs are the most abundant and diverse group of palynomorphs in the study area, and the largest percentage of them are pollens. Among the studied pollens, the most pollen belongs to Poaceae (55%), Pinus (25%), Quercoide (15%), Salix (3%) and Glochidion (2%). Based on the presence of some index dinoflagellate species such as *Operculodinium* cf. *eiricianum* and *Bitectatodinium tepikiense* and comparing it with the world standard biozones of Williams et al. (2004), the age range of Late Miocene to Pliocene can be considered for the landform sediments (Head 1996; Hennissen et al. 2014). The presence of marine dinoflagellate cysts such as *Bitectatodinium tepikiense* is most probably because of the erosion of extensive outcrops of the Late Miocene to Pliocene marine deposits (Head 1994). Dinocysts maybe were simply reworked from older formations. But it is not impossible that during exceptional short-lived episodes of highstands lake in the Pliocene, we could have some of these dinoflagellates (*Operculodinium* sp.) because the hypersaline lake water or brine groundwater could have been diluted into the brackish water conditions.

*Organic matter preservation (Lability) factors:* palynomacerals derived from higher plants and generally become less abundant, smaller, and more oxidized in a distal direction. Palynomacerals are mostly transported the same way as silt or sand and are thus preferentially deposited in such sediments (nearshore, higher energy or turbidites) (Waveren and Vischer 1994; Zonneveld and Lange 1997). Palynomacerals can be translucent or opaque. A higher

percentage of brown palynomacerals is usually found close to the fluvial source, prodelta facies or estuaries may be very dark in color due to oxidation or selective degradation (Van der Zwan 1990; Batten 1996; Bombardiere and Gorin 2000). Opaque palynomacerals can be produced by either the oxidation of brown phytoclasts during prolonged transport or even post-depositionally. Therefore, the ratio of brown to opaque palynomacerals decreases in section number one and two because the brown palynomacerals is lost by selective degradation in distal alluvial and palustrine facies (Waveren and Vischer 1994; Zonneveld and Lange 1997).

*The ratio of transparent to opaque amorphous organic matter (TAOM/OPAOM):* The Amorphous organic matter consists of all particulate organic components that appear structureless at the scale of light microscopy. The main sources of AOM are the degradation of phytoplankton and terrestrial organic matter by heterotrophic bacteria (Tyson 1995; Mendonça Filho et al. 2010). Amorphous materials are divided into two categories: transparent and opaque. The fluorescent intensity of the AOM is controlled by the redox conditions under which it was deposited (Waveren and Vischer 1994; Zonneveld and Lange 1997). An increase in the brown palynomacerals and fluorescent amorphous organic matter in section 3, indicated the proximity of the depositional site to a coastal conditions in a stagnant environment in the palustrine.

Combining all information mentioned above, the depositional environment is most probably a transitional fluvial-hypersaline lake environment. The modern analog of such deposits is currently found in the vicinity of the active playas of central Iran including the Haj Ali Qoli playa in the south of Damghan. This interpretation is supported by sedimentological and paleontological data. But the most important question arises where was the studied area located in this palaeolake and why did it rise.

The Alborz Mountains in the north of the Iranian Plateau are an active tectonic region with numerous faults. The activity of faults in the region has been studied and investigated by various researchers in the field of geosciences (Berberian 1976; Krinsley 1970). Fault analysis in the region shows that the studied landform is located exactly on the eastern section of the North Damghan Fault. This fault is located ten kilometers north of Damghan city and it represents a Pleistocene to Holocene fault due to the cutting of the same age deposits. The studied landform has been uplifted due to the tectonic activity of the region and the movement of the left-lateral strike-slip of the eastern part of the Damghan Fault (Berberian 1976; Krinsley 1970). The neotectonic activity caused the later upward displacement of those older fluvial-lacustrine/wetland facies to current altitudes creating those beautiful outcrops.




مقاله پژوهشی

## شناسایی و مطالعه رسوبات دریاچه‌ای به سن نئوژن بالایی در شرق دامغان

کوثر فتحعلی‌زاده، کارشناس ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

kosarr686@gmail.com

الهه زارعی\* ، استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

ezarei@du.ac.ir

مهدی صرفی، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

m.sarfi@du.ac.ir

### چکیده

منطقه مطالعه‌شده، لندفرم سیلتی-رسی است که در مرز بین ایالت ساختاری البرز و ایران مرکزی به طول ۱۳ کیلومتر در مسیر جاده دامغان به شاهرود قرار می‌گیرد. برای تحلیل محیطی و بررسی منشأ و سن رسوبات لندفرم، از مطالعات رسوب‌شناسی و پالینولوژیکی استفاده شد. فراوانی کوارتزهای روشن‌جورنشده و زاویه‌دار و حضور کانی‌های ناپایدار و مواد آلی، حکایت از این دارد که مجموعه رخدادهای فرسایش تا رسوب‌گذاری در یک محیط آبی و در مدت‌زمان کوتاهی انجام گرفته است. تلفیقی از بررسی‌های رسوب‌شناسی و مطالعات پالینولوژیکی، مانند فاکتور حفاظت از مواد ارگانیکی و داینوسیت‌های شاخص نظیر *Bitectatodinium* و *Operculodinium cf. eirikianum* و *tepikiense* نشان‌دهنده یک محیط دریاچه‌ای و مردابی لب‌شور در زمان نئوژن پسین است. این محیط آبی نسبتاً پهناور، احتمالاً مرتبط با دریاچه نمک حاج علی قلی (پلایای چاه جم) در جنوب منطقه بوده است. رسوبات مطالعه‌شده بر پهنه رسی حاشیه شمالی این دریاچه قرار گرفته است که در اثر فعالیت تکتونیکی منطقه و حرکت امتداد لغز چپ گرد، قسمت شرقی گسل دامغان دچار برخاستگی شده و لندفرم مطالعه‌شده را ایجاد کرده است.

واژه‌های کلیدی: شرایط محیطی، دریاچه قدیمی، پالینومورف، نئوژن بالایی

\*نویسنده مسئول

فتحعلی‌زاده، ک؛ زارعی، ا. و صرفی، م. (۱۴۰۱). «شناسایی و مطالعه رسوبات دریاچه‌ای به سن نئوژن بالایی در شرق دامغان». پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۸(۳): ۱۴۵-۱۶۲.



## مقدمه

طی کواترنری مورد بررسی قرار داده‌اند. در این راستا، از روش تحلیل و بررسی نقشه‌های همپایه و تفریقی بر مبنای ناهنجاری‌های ایجاد شده در رده‌های آبراهه‌های متأثر از فرایندهای فرایشی و فرسایشی فعال در کواترنری استفاده به عمل آمد. بررسی‌های انجام شده بر روی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که دو عامل زمین‌ساخت فعال و سنگ‌شناسی بر روی ساختارهای مورفولوژیک و لندفرم‌های منطقه تأثیر بسیار زیادی دارند. همچنین Hassani 2003 منشأ و نحوه تکامل شورابه و رسوب‌گذاری کانی‌های تبخیری در پلاپای چاه جام (کویر حاج علی قلی) دامغان مورد بررسی و پژوهش قرار داده‌اند و رسوبات و کانی‌های تبخیری آن را مطالعه کرده‌اند. بنابراین بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشتر مطالعات در حوزه‌های تکتونیک و بررسی پدیده‌های ژئومورفوتکتونیک<sup>۵</sup> است و تاکنون هیچ مطالعه فسیل‌شناسی و رسوب‌شناسی در منطقه مورد مطالعه انجام نشده است و پژوهش حاضر اولین پژوهش در این زمینه خواهد بود. نتایج این مطالعه اطلاعات ارزشمندی در اختیار پژوهش‌های ژئومورفولوژیک، پالئوژئوگرافی<sup>۶</sup> و باستان‌شناسی قرار خواهد داد.

دانش رسوب‌شناسی از جمله روش‌های متداول در تحلیل محیط‌های رسوبی است. بررسی منشأ رسوبات در مقاطع زمین‌شناسی و یا مطالعه آنها در بستر دریاچه‌ها، سبب شده است که در پیچه جدیدی از تحلیل رخدادهای اقلیمی و محیطی برای محققان باز شود. به‌ویژه تلفیق این اطلاعات با دانش پالینولوژی<sup>۱</sup>، روشی بسیار ارزشمند برای بازسازی‌های محیط و اقلیم دیرینه، در لایه‌های قاره‌ای است که در آن اطلاعات فسیلی بسیار نادر است. اهمیت این موضوع بعضاً در پاره‌ای از موارد، به حدی است که از تلفیق مطالعات پالینولوژیک و رسوب‌شناسی، اطلاعات مفیدی را از تحلیل وقایع دوران نئوژن در اختیار پژوهشگران در حوزه‌های باستان‌شناسی، جغرافیای دیرینه و... قرار می‌دهد (Asikainen et al. 2007; Head 1996). در این پژوهش، برای بررسی و تحلیل محیطی لندفرم سیلتی-رسی<sup>۲</sup> در مرز بین ایالت ساختاری البرز و ایران مرکزی، از مطالعات پالینولوژیک و رسوب‌شناسی استفاده شد.

## تاریخچه موضوع و پیشینه پژوهش

**موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مطالعه شده**  
در این پژوهش، لندفرم سیلتی-رسی کیلومتر ۳۰ تا ۴۳ جاده دامغان - شاهرود واقع در استان سمنان، که در منطقه‌ای با طول جغرافیایی "۰۹' ۳۶' ۵۴" تا "۳۷' ۴۵' ۵۴" شرقی و عرض جغرافیایی "۴۳' ۱۵' ۳۶" تا "۲۶' ۱۶' ۳۶" شمالی واقع شده است، مطالعه شد. طول لندفرم سیلتی-رسی مشاهده شده در این منطقه، ۱۳۵۸۴ متر و عرض آنها از ۱۳۲ متر تا ۱۰۳۳ متر متغیر است. در شکل ۱ تصویر ماهواره‌ای از منطقه مطالعه شده و لندفرم‌های سیلتی-رسی موجود در آن نشان داده شده است. بهترین راه دسترسی به منطقه مطالعه شده، ۳۰ کیلومتری سمت چپ جاده دامغان-شاهرود است (شکل ۱).

در منطقه مطالعه شده Yamani et al. 2012 نشان می‌دهند که گسل‌های منطقه تأثیر زیادی به تحول مخروط افکنه‌ها در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین Arab et al. 2011 دگر ریختی کواترنری در البرز جنوبی از روستای ده ملا و تا دره طزره را مورد بررسی قرار دادند. بررسی نشان داد که گسل شمالی که ادامه خاوری گسل آستانه می‌باشد نقش اصلی را در فرایند دگر ریختی کواترنری<sup>۳</sup> به عهده دارد. Berenjian 2011 زمین ساخت فعال گسل دامغان را مورد بررسی قرار دادند. Kiaroostami et al. 2021 موقعیت زمین ساختی-فرسایشی بلندی‌های البرز شرقی در شمال پلاپای<sup>۴</sup> دامغان در

<sup>1</sup> palynology

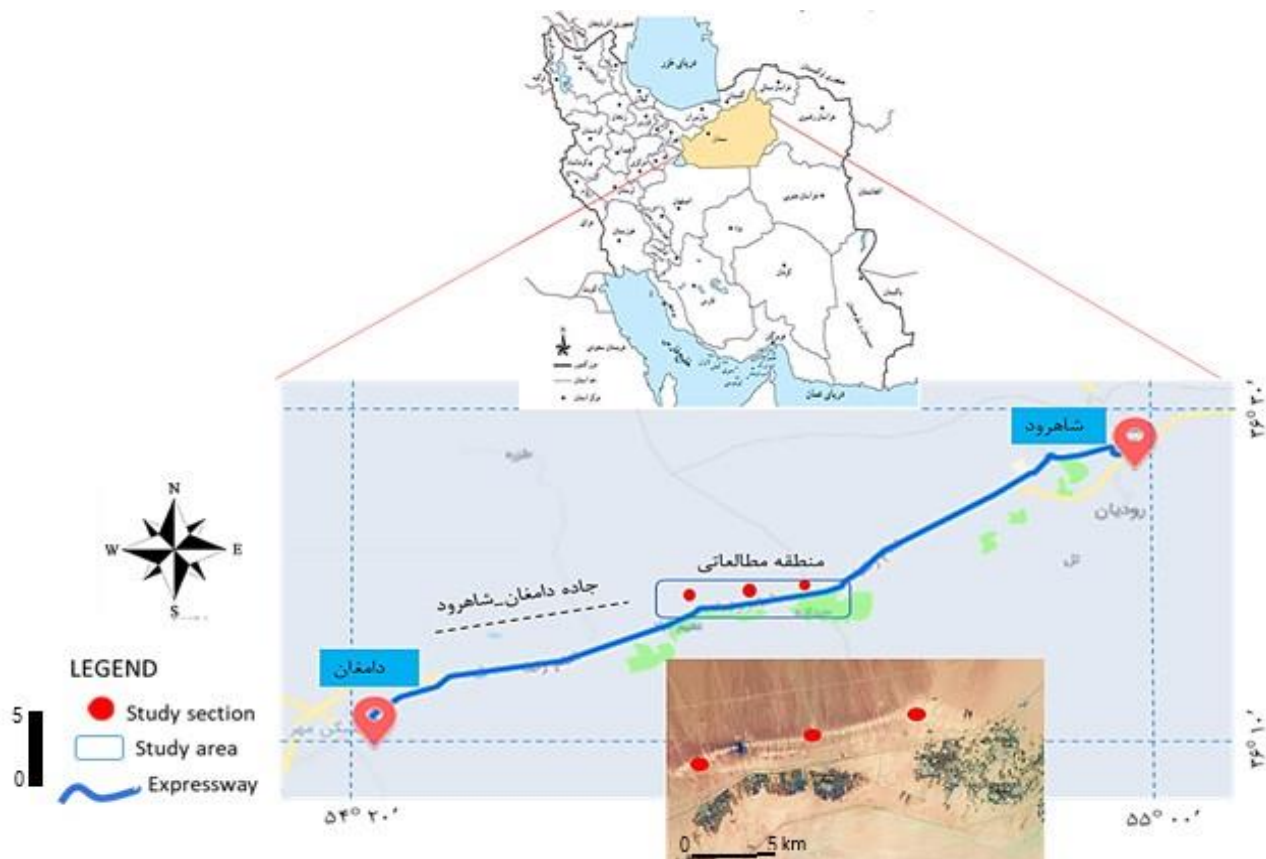
<sup>2</sup> silty-clay landform

<sup>3</sup> Quaternary

<sup>4</sup> Playa

<sup>5</sup> Geomorphotectonics

<sup>6</sup> paleogeography



شکل ۱ - راه دسترسی به منطقه مطالعه شده

Fig 1- Access to the studied sections

خنثی‌سازی به مدت ۲۴ ساعت در اسیدفلوئوریدریک ۵۰٪ (HF) قرار داده شد؛ سپس با محلول سنگین و چگال کلریدروی (ZnCl<sub>2</sub>) عمل جداسازی پالینومورف‌ها از مواد سنگین دیگر صورت گرفت. اسلایدهای تهیه‌شده توسط میکروسکوپ نوری با لنزهای ۴۰ و ۶۰ مطالعه و پالینومورف‌هایی با حفظ‌شدگی خوب برای عکس‌برداری انتخاب شدند.

### روش کار و شیوه انجام مطالعه

برای دستیابی به اهداف مدنظر، ۳ ایستگاه مطالعاتی از شرق به غرب لندفرم انتخاب شد. لندفرم مطالعه‌شده، ارتفاع حدود ۳ متر داشته است که از ارتفاع‌های مختلف آن و سطح غیر هوازده، نمونه برداشت شد. همچنین در برخی قسمت‌های لندفرم رسوبات مخروط‌افکنه‌ای مشاهده می‌شود که تعدادی نمونه از این قسمت برداشت شد. در مجموع ۲۷ نمونه برای انجام مطالعات پالینولوژیکی، رسوب‌شناسی و میکروفاسیسی<sup>۱</sup> انتخاب و مطالعه شد (شکل ۲). اسلایدهای پالینولوژیکی به روش تراورس (Traverse 2007) آماده‌سازی شدند. به این صورت که از هر نمونه حدود ۱۰۰ گرم جدا شد و به مدت ۲۴ ساعت در اسیدکلریدریک ۵۰٪ (HCL) و بعد از

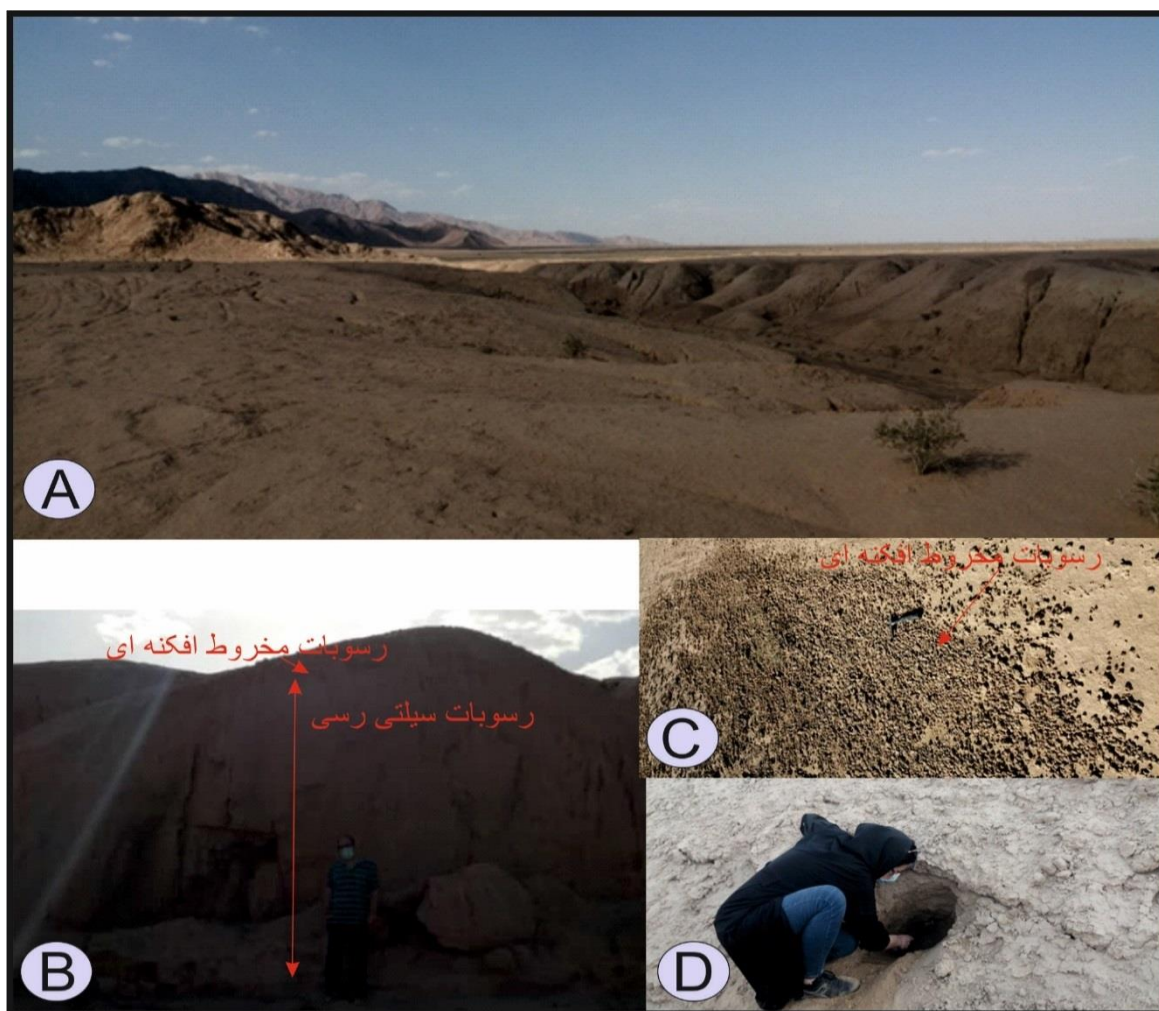
<sup>1</sup> Microfacies

تحت تأثیر نوع و مقدار کانی‌ها، به‌خصوص کانی‌های رسی است (Moore and Reynolds 1989). XRD مخفف X-ray Powder Diffraction است و کاربردهای زیادی در شناسایی ترکیبات موجود بر سطح دارد. با توجه به منحصربودن طیف XRD هر ترکیب، امکان یافتن ترکیب و فرمول هر نمونه مجهول به کمک تست XRD در آزمایشگاه XRD امکان‌پذیر است.

در این پژوهش، برای بررسی منشأ رسوبات لندفرم از روش‌های متفاوتی از جمله مطالعات XRD و کانی‌شناسی رسوبات و برای مطالعه سن رسوبات لندفرم از مطالعات پالینولوژیکی استفاده شد که در این بخش به شرح هر یک و تحلیل نتایج آنها پرداخته می‌شود.

### کانی‌شناسی رسوبات مطالعه‌شده

شناسایی کانی‌ها یکی از راه‌های شناخت بهتر خصوصیات خاک است. بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

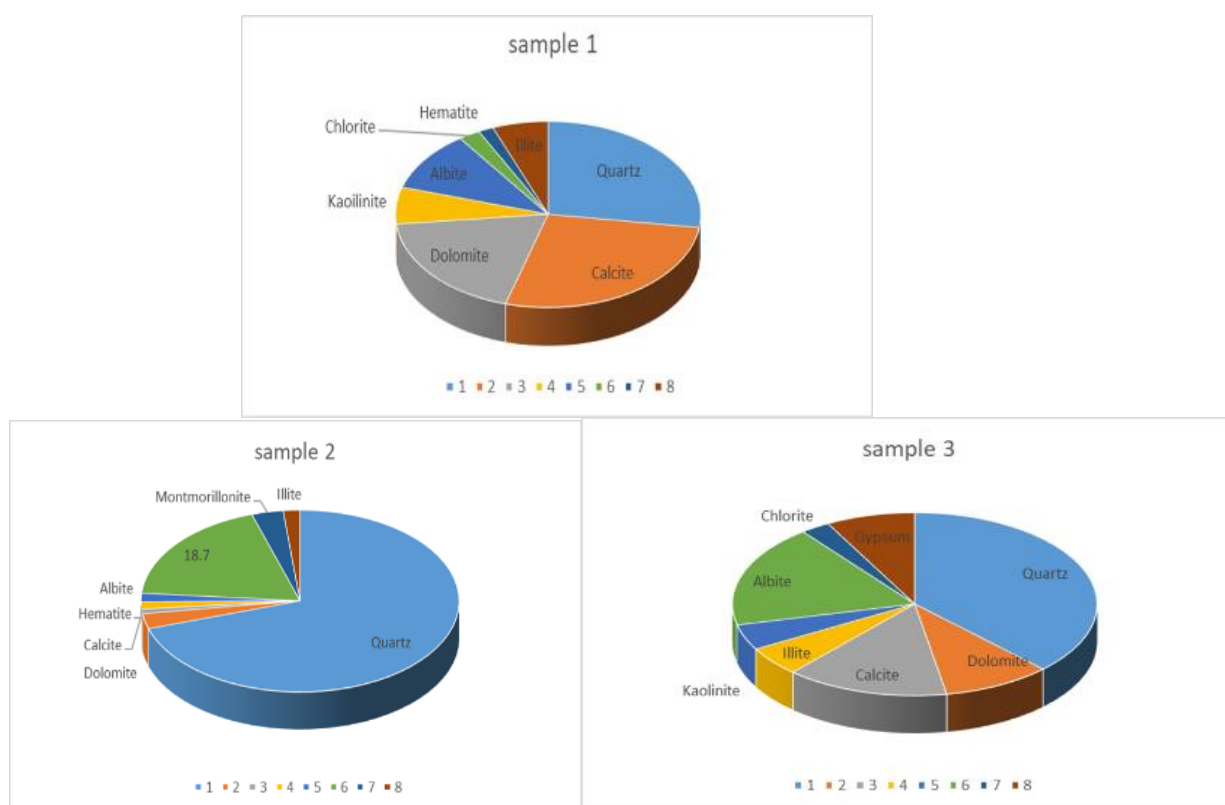


شکل ۲- A: نمای کلی از رسوبات لندفرم در ایستگاه شماره ۱؛ B: نمایی از ارتفاع لندفرم و میزان بالآمدگی رسوبات سیلت-رسی در ایستگاه شماره ۱ و حضور رسوبات مخروط‌افکنه‌ای به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر بر رسوبات سیلتی-رسی؛ C: رسوبات مخروط‌افکنه‌ای در ایستگاه شماره ۲؛ D: محل برداشت نمونه برای مطالعات پالینولوژیکی در ایستگاه شماره ۲

**Fig 2- A- Overview of landform sediments at station number 1; B: A view of the height of the landform and the elevation of silt-clay sediments in station number 1 and the presence of alluvial sediments with a thickness of 30 cm on silty-clay sediments; C: Alluvial sediments at station number 2 D: Sampling for palynological studies at station number 2.**

دولومیت، ۱۰/۵ درصد آلپیت و ۱۶/۲ درصد دیگر کانی‌های رسی، نمونه‌های ایستگاه شماره ۲ دارای ۶۹/۹ درصد کوارتز، ۲/۷ درصد دولومیت، ۰/۸ درصد کلسیت و ۲۶/۶ درصد دیگر کانی‌ها و در نهایت در ایستگاه سوم نمونه‌ها دارای ۳۷/۶ درصد کوارتز، ۱۴/۴ درصد کلسیت، ۷/۹ درصد ژپس، ۹/۶ درصد دولومیت و ۰/۵ درصد دیگر کانی‌های موجودند (شکل ۳).

در این پژوهش کانی‌های موجود در منطقه، در آزمایشگاه XRD دانشگاه دامغان توسط دستگاه Bruker Cu  $K\alpha_1$  ( $\lambda=0.15406$  nm D8-Advance) بررسی شد. نتایج به دست آمده از آنالیز XRD در شکل ۴ مشخص شده است که نشان می‌دهد به ترتیب، نمونه‌های ایستگاه شماره یک دارای ۲۷/۳ درصد کوارتز، ۲۷/۲ درصد کلسیت، ۱۸/۸ درصد



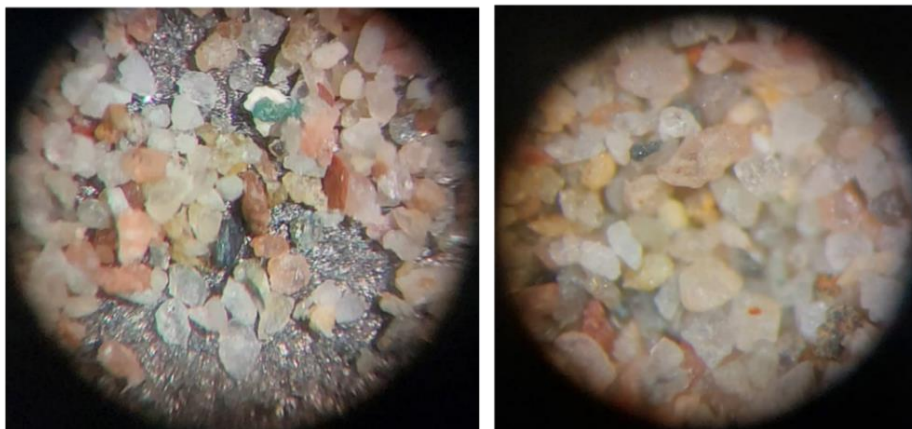
شکل ۳- نمودار میزان درصد کانی‌های موجود در ایستگاه شماره ۱، ۲ و ۳

Fig 3- The graph of the percentage of minerals in station number 1, 2 and 3

آبی و در مدت‌زمان کوتاهی انجام شده است؛ زیرا فلدسپات و مسکوویت به‌علت پایداری کم، بیشتر در سیکل اول رسوب‌گذاری مشاهده می‌شوند (Mángano et al. 1994) (شکل ۴).

همچنین برای بررسی میزان جورشدگی و گردشدگی رسوبات و بررسی ترکیبات کانی‌شناسی، نمونه‌ها بعد از الک‌کردن در زیر میکروسکوپ بیناکولر<sup>۱</sup> مطالعه شدند. مطالعه این رسوبات نشان‌دهنده فراوانی کوارتزهای روشن جورنشده و زاویه‌دار و حضور کانی‌های ناپایداری مانند فلدسپات و مسکوویت و بیوتیت است و حکایت از این دارد که مجموعه رخدادهای فرسایش تا رسوب‌گذاری در یک محیط

<sup>1</sup> binocular microscope

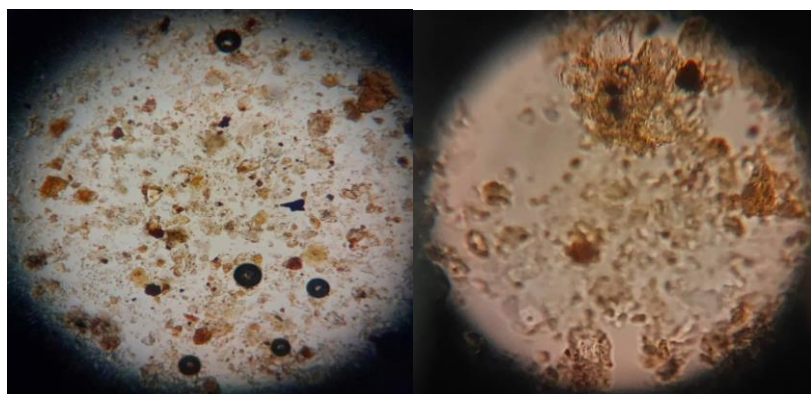


شکل ۴ - نمایی از رسوبات لندفرم در زیر میکروسکوپ بیناکولر

Fig 4- A view of landform sediments under a Binocular Microscope

برای بررسی دقیق نوع ماده آلی و تعیین نسبت عناصر آلی در رسوبات، از مطالعات پالینولوژیکی کمک گرفته شد (شکل ۵). شایان ذکر است که در طی مطالعات صحرایی در برخی از قسمت‌های لندفرم (مانند ایستگاه شماره ۲)، ذراتی در حد گراول مشاهده می‌شود و رسوبات، جورشدگی بسیار ضعیف و مقدار رس کمتری نسبت به دیگر قسمت‌ها دارند. این شرایط نشان‌دهنده رسوبات آبرفتی مربوط به انتهای مخروط افکنه است.

همچنین حضور مواد آلی در رسوبات، یکی از مهم‌ترین عناصر مؤید حیات در محیط رسوبی است و بدیهی است که میزان چنین فعالیت‌هایی در محیط‌های بادی، به مراتب خیلی کمتر از محیط‌های آبی است (Batten 1996; Kuzila 1995)؛ بنابراین مواد آلی می‌تواند جزئی از رسوبات آب شیرین و دریایی باشد و نقش مهمی در شناسایی و بازسازی محیط‌های دیرینه قاره‌ای و دریایی ایفا کند. کمیت و کیفیت مواد آلی موجود در رسوبات، شرایط محیطی را در زمان‌های گذشته منعکس می‌کند (Tyson 1993, 1995)؛ بنابراین



شکل ۵ - نمایی از حضور و فراوانی مواد آلی در رسوبات در زیر میکروسکوپ نوری

Fig 5- abundance of organic matter in sediments under a light microscope

ارگانسیم‌های مُرده، از دسته گیاهان، جانوران، مواد زائد و دورریختنی‌های آنها در محیط به وجود آمده‌اند و در بیشتر رسوبات و سنگ‌های رسوبی مشاهده می‌شوند (Tyson 1993)

#### پالئوپالینولوژی<sup>۱</sup>

پالینومورف‌ها ماده‌ای از ترکیبات آلی‌اند که از بقایای

<sup>1</sup> paleopalynology



شاخص در تفسیر توالی‌های پیشروی و پس‌روی و تغییرات نسبی سطح آب دریا از آنها استفاده می‌شود (Gorin & Steffen 1991). بررسی داینوسیست‌های موجود در منطقه مطالعه‌شده، به شناسایی دو داینوسیست شاخص *Operculodinium cf. eirikianum* و *Bitectatodinium tepikiense* منجر شد. اولین گونه شاخص، Wilson 1973 *Bitectatodinium tepikiense* است که دارای کیست نیمه‌کروی با دیواره ریزشیکه اسفنجی است که از تراکم دیواره لاملار تشکیل شده است. کیست این گونه از راسته *Gonyaulax* است. قطر بدن کیست ۴۶-۶۰ میکرومتر و ضخامت دیواره آن ۲-۴ میکرومتر است (Head 1994). آرکتوپایل<sup>۲</sup> آن پری سینگولار<sup>۳</sup> از نوع (P2) است و در محدوده چینه‌شناسی میوسن بالایی تا عهد حاضر قرار می‌گیرد (Head 1996).

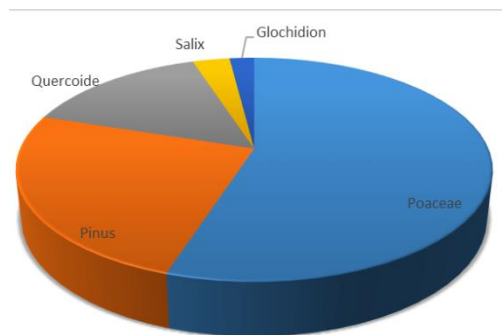
گونه شاخص دیگر که در منطقه مطالعه‌شده یافت شد، گونه *Eirikianum? Operculodinium?* از راسته *Gonyaulax* است که محدوده چینه‌شناسی میوسن<sup>۴</sup> بالایی تا ابتدای پلیوسن<sup>۵</sup> را در بر می‌گیرد (Head 1994, 1996). این گونه نسبت به سرما مقاوم است و معمولاً در محدوده محیط نرتیک<sup>۶</sup> حضور دارد (Hennissen et al. 2014) (شکل ۷).

بنابراین در مجموع اطلاعات داینوسیست‌ها و گرده‌های گیاهی یافت‌شده در منطقه مطالعه‌شده و تطابق آن با بایوزون‌های استاندارد جهانی، محدوده سنی میوسن بالایی تا ابتدای پلیوسن به دست آمد؛ اما نظر به اینکه در برخی قسمت‌های لندفرم، به‌خصوص در ایستگاه شماره ۲، رسوبات رودخانه‌ای به‌وضوح مشاهده شد و احتمال نابرجابودن داینوسیست‌ها وجود دارد، می‌توان حتی سنی جوان‌تر از این محدوده سنی را برای رسوبات لندفرم در نظر گرفت (Williams et al. 2004) (شکل ۷).

(1995). وضعیت و شناسایی آن ذرات آلی، سرخ‌هایی از شرایط زندگی و محیط آنها را به متخصص پالینولوژی می‌دهد. مشاهده و تفسیر دقیق اسلایدهای پالینولوژیکی، کمک شایانی به شناخت محیط رسوبی دیرینه می‌کند (Van Der Zewan 1990; Tyson 1993).

### پالینومورف‌های خشکی

پالینومورف‌های خشکی، فراوان‌ترین و متنوع‌ترین گروه پالینومورفی در منطقه مطالعه‌شده‌اند و بیشترین درصد آنها را پولن‌ها تشکیل می‌دهند. در بین پولن‌های مطالعه‌شده، به ترتیب بیشترین پولن متعلق به خانواده غلات با ۵۵ درصد، کاج ۲۵ درصد، بلوط ۱۵ درصد، بید ۳ درصد و بعد گلوکیدن<sup>۱</sup> با ۲ درصد مشاهده شد که نشان‌دهنده حضور گیاهان مذکور در ترکیب پوشش گیاهی مناطق اطراف محیط تشکیل رسوبات است (Van Der Zewan 1990) (شکل ۶).



شکل ۶ - نمودار پراکنندگی پولن‌های مشاهده‌شده در نمونه‌های مطالعه‌شده

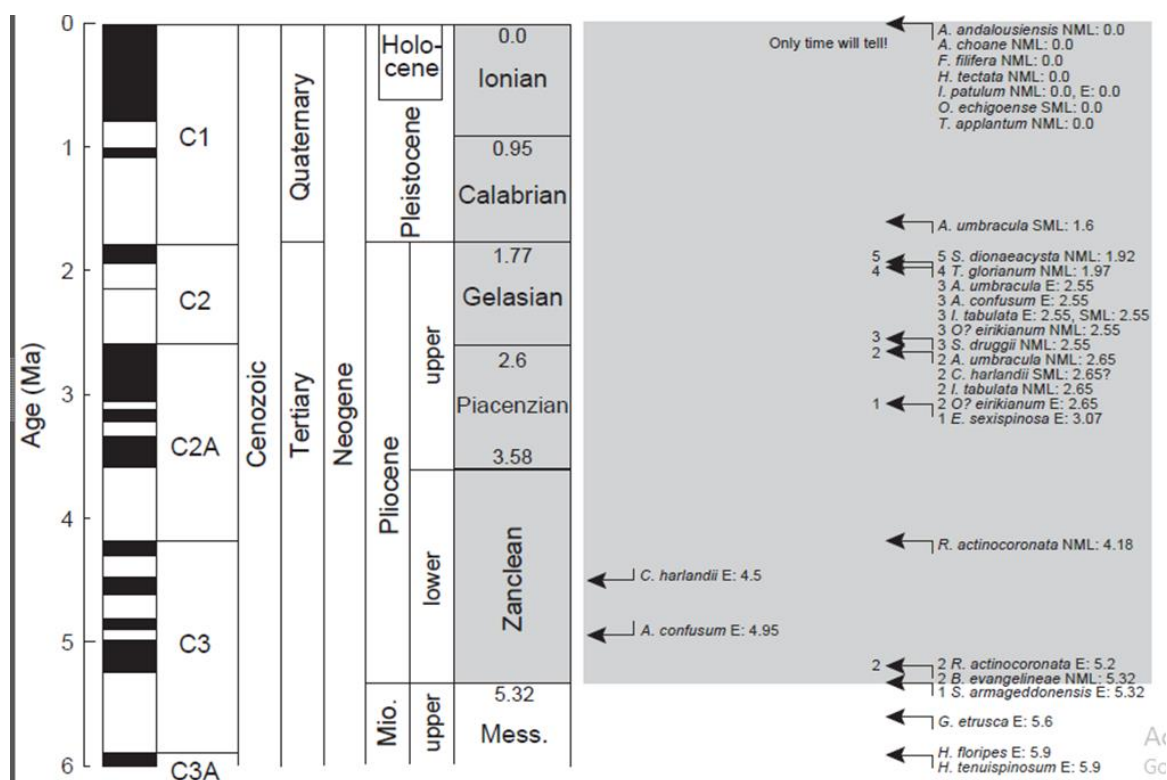
Fig 6- Scatter diagram of observed pollens in the samples

### پالینومورف‌های دریایی

از پالینومورف‌های دریایی، داینوسیست‌ها در نمونه‌ها مشاهده شدند. داینوفلاژل‌ها مهم‌ترین عنصر پالینولوژیکی دریایی‌اند که به علت پراکنندگی جغرافیایی وسیع، محدودیت زمانی، ویژگی‌های مورفولوژی و تنوع بالا به‌عنوان فسیل راهنما و

<sup>1</sup> Glochidion

<sup>2</sup> archaeopyle  
<sup>3</sup> pericingular  
<sup>4</sup> Upper Miocene  
<sup>5</sup> Pliocene  
<sup>6</sup> neritic



شکل ۷- بایوزون‌های استاندارد جهانی در محدوده سنی میوسن تا هولوسن، (اقتباس از Williams et al. 2004)

Fig 7- Global standard biozones in the Miocene to Holocene range taken from Williams et al. 2004

### فاکتورهای حفاظت از مواد ارگانیکی

فاکتورهای حفاظت از مواد ارگانیکی، یک ابزار تحلیلی قدرتمند است که با مطالعه یکپارچه تمام جنبه‌های ماده آلی، شامل شناسایی تک‌تک پالینومورف‌ها، بقایای گیاهی و اجزای بی‌شکل، نسبت مطلق و نسبی آنها، طیف اندازه و حالت‌های حفظ‌شدگی آنهاست و می‌توان براساس آنها سرخ‌هایی بسیار دقیقی درباره محیط رسوبی به دست آورد (Wavereb and 1997; Zonneveld and Lange 1994; Visscher 1994; از این رو در مطالعه حاضر برای تحلیل محیطی، از دو فاکتور حفظ‌شدگی استفاده شد.

### ۱- نسبت پالینوماسرال‌های قهوه‌ای<sup>۱</sup> به پالینوماسرال‌های اپک<sup>۲</sup>

پالینوماسرال شامل مواد آلی با ساختمان مشخص است که از

محیط‌های خشکی منشأ گرفته و پس از حمل و نقل وارد حوضه رسوبی شده است. وجود مقادیر بالای آنها، معرف محیط نزدیک به ساحل است که توسط رودخانه‌ها در محیط‌های دلتایی و خلیج دهانه‌ای رسوب‌گذاری می‌شوند (Zonneveld and Lange 1997). پالینوماسرال‌ها براساس میزان شفافیت به اپک<sup>۳</sup> و قهوه‌ای تقسیم می‌شوند (Waveren & 1994; Zonneveld and Lange 1997).

پالینوماسرال قهوه‌ای<sup>۴</sup> معرف محیط‌های نزدیک به ساحل و پالینوماسرال‌های اپک<sup>۵</sup> معرف یک محیط نیمه‌اکسیک و نیمه‌آرام‌اند. استفاده از نسبت جورشدگی و گردش‌شدگی پالینوماسرال‌ها می‌تواند نشان‌دهنده میزان انرژی محیط باشد (Van der Zwan 1990; Zonneveld and Lange 1997; Bombardiere and Gorin 2000). بررسی پالینوماسرال‌های

<sup>3</sup> opaque

<sup>4</sup> Transparent Palynomacerals: TP

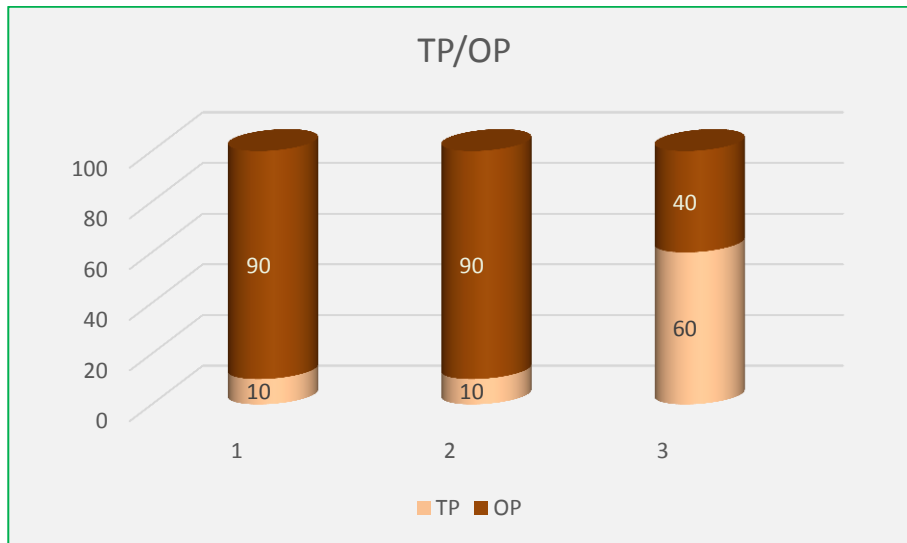
<sup>5</sup> Opaque Palynomacerals: OP

<sup>1</sup> Transparent Palynomacerals: (TP)

<sup>2</sup> Opaque Palynomacerals : (OP)

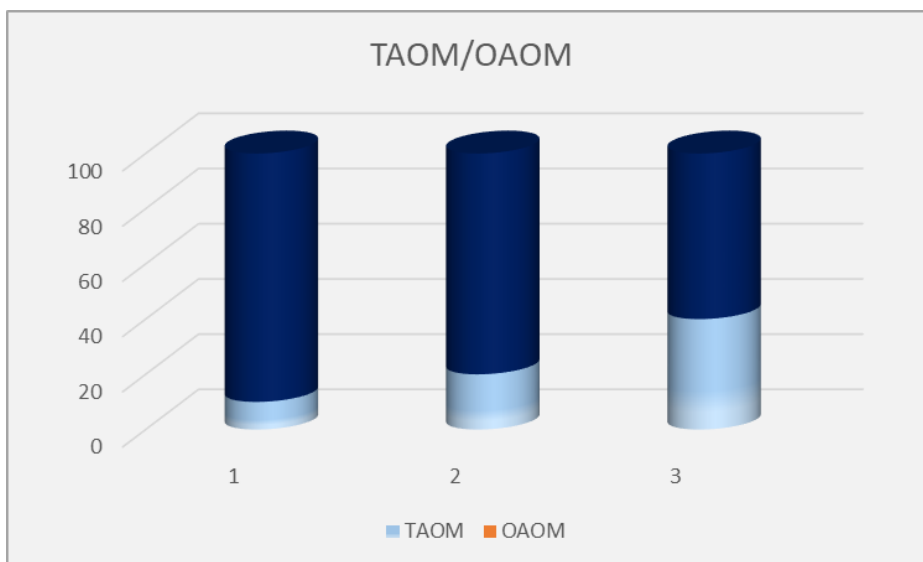
نشان می‌دهند که میزان نرخ رسوب‌گذاری برای حفظ‌شدگی پالینوماسرال‌ها در آن مناسب بوده است و احتمالاً مربوط به یک محیط دریاچه‌ای است (Bostick 1971; Zonneveld and Lange 1997; Bombardiere and Gorin 2000) (شکل ۸).

منطقه مطالعه‌شده نشان می‌دهد که پالینوماسرال‌های ایستگاه شماره ۱ و ۲ از نوع تیره و هم‌بعد با جورشدگی بالاست و نشان‌دهنده حمل ماسرال‌ها در یک محیط پراثری است؛ ولی ایستگاه شماره ۳ دارای پالینوماسرال‌های تیغه‌ای و بسیار درشت و قهوه‌ای‌رنگ‌اند و یک محیط راکد و کم‌انرژی را



شکل ۸- نسبت پالینوماسرال‌های قهوه‌ای (TP) به پالینوماسرال‌های اپک (OP) در منطقه مطالعه‌شده

Fig 8- Ratio of Transparent Palynomacerals (TP) to Opaque Palynomacerals (OP) in the studied area.



شکل ۹- نسبت مواد آمورف شفاف به آمورف تیره (T AOM/O AOM)

Fig 9- Ratio of transparent amorphous organic matter (T AOM) to Opaque amorphous organic matter (O AOM)

## بحث

ارتفاعات البرز در شمال فلات ایران، یک ناحیه فعال زمین‌ساختی است که گسل‌های متعددی دارد (Berberian 1976) (شکل ۱۱ و ۱۲). فعالیت گسل‌های منطقه در طی زمان توسط پژوهشگران مختلف در حوزه علوم زمین مطالعه و بررسی شده است (Arab et al. 2011; Berberian et al. 1996; Berenjian et al. 2011; Omid 2003; Yamani et al. 2012). این گسل‌ها با حرکات آرام و پیش‌رونده، که در برخی موارد به شکل رخدادهای شدید لرزه‌ای نمود می‌یابد، سبب تغییر شکل لندفرم‌های ناحیه می‌شوند.

مطالعه گسل‌های موجود در منطقه نشان می‌دهد که لندفرم مطالعه‌شده دقیقاً منطبق با گسل شمال دامغان است. این گسل در ۱۰ کیلومتری شمال شهر دامغان قرار می‌گیرد و به دلیل برش نهشته‌های کواترنری، معرف یک گسل کواترنری است (Berberian 1976). بنابر به گزارش (Berberian 1976) درازای این گسل حدود ۱۰۰ کیلومتر برآورد می‌شود و از دو بخش بنیادی خاوری و باختری ساخته شده است (شکل ۱۵ و ۱۶). بخش خاوری از شمال دامغان تا ده ملا (منطقه مطالعه‌شده) و بخش باختری از شمال دامغان تا گردنه آهوان امتداد یافته است. بین این دو بخش تفاوت مشخصی وجود دارد. بخش خاوری قطعه شمالی گسل بالا آمده و قطعه فرورو آن در بخش جنوبی گسل واقع شده است. در حالی که بخش باختری قطعه فرارو گسل در جنوب خط گسل واقع شده است و قطعه فرورو آن در شمال خط گسل قرار می‌گیرد و به احتمال بسیار زیاد لندفرم مطالعه‌شده بر قطعه فرارو گسل بخش خاوری گسل دامغان قرار داشته است که در اثر حرکت امتداد لغز چپ گرد<sup>۲</sup>، قسمت شرقی گسل دامغان دچار برخاستگی شده است (Omid 2003; Krinsley 1970) (شکل ۱۳)؛ به طوری که مطابق با مطالعات صحرائی، حداکثر ارتفاع لندفرم در قسمت شرقی و در ایستگاه شماره ۱ است و به طرف غرب (ایستگاه شماره ۳) از ارتفاع آن کاسته می‌شود. برخاستگی رسوبات لندفرم در حاشیه شمالی دریاچه قدیمی به سن انتهای نئوژن<sup>۳</sup>، نشان‌دهنده جوان بودن گسل مطالعه‌شده است (Krinsley 1970).

برای تحلیل محیطی و بررسی منشأ و سن رسوبات لندفرم، از مطالعات رسوب‌شناسی و پالینولوژیکی استفاده شد. فراوانی کوارتزهای روشن جورنشده و زاویه‌دار و حضور کانی‌های ناپایدار مانند فلدسپات و موسکویت، حکایت از این دارد که رسوب‌گذاری در مدت زمان کوتاه و در یک محیط آبی انجام گرفته است. همچنین در برخی از قسمت‌های لندفرم، رسوبات دارای جورشدگی بسیار ضعیفی‌اند و ذراتی در حد گراول در آنها مشاهده می‌شود که نشان از محیط آبرفتی-دریاچه‌ای<sup>۱</sup> دارد. به دلیل فراوانی مواد آلی در رسوبات مطالعه‌شده، از مطالعات پالینولوژیکی برای تحلیل محیطی استفاده شد. تلفیقی از بررسی‌های رسوب‌شناسی و مطالعات پالینولوژیکی مانند فاکتور حفاظت از مواد ارگانیکی و داینوسیست‌های شاخص نظیر *Operculodinium cf. eirikianum* و *Bitectatodinium tepikiense* نشان‌دهنده یک محیط دریاچه‌ای و مردابی لب‌شور در زمان نئوژن پسین است.

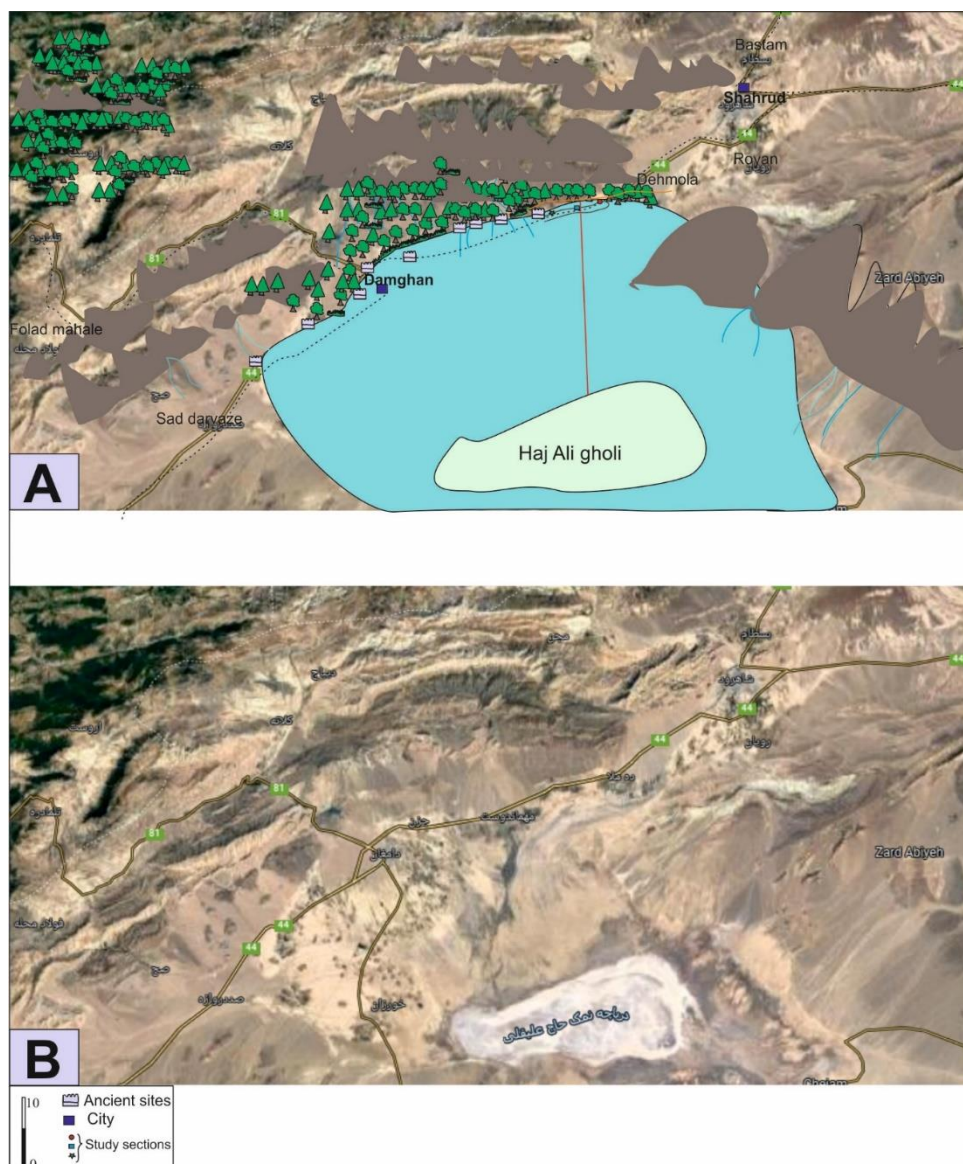
به سبب شرایط رودخانه‌ای حاکم بر حوضه، احتمال دارد که برخی از پالینومرف‌های موجود در حوضه نابرجا باشند؛ اما حضور داینوسیست‌ها نظیر *Operculodinium cf. eirikianum* و *Bitectatodinium tepikiense* با محدوده سن میوسن بالایی تا پلیوسن نشان‌دهنده این است که محیط مطالعه‌شده احتمالاً در محدوده انتهای نئوژن یا جوان‌تر بوده است.

مطالعات انجام‌شده بر نقشه‌های ماهواره‌ای نشان می‌دهد این دریاچه به احتمال بسیار زیاد، مرتبط با دریاچه نمک حاج علی قلی (پلایای چاه جم) در جنوب منطقه مطالعه‌شده بوده است. این پلایا از نوع پلایای چشمه گاوی بوده و در جنوب شرقی شهرستان دامغان واقع شده است، تقریباً از تمام جهات تغذیه می‌شود، احتمالاً تغییرات تکتونیکی و اقلیمی در طول زمان باعث افت سطح آب شده و آن را به شکل امروزی درآورده است (شکل ۱۰)؛ اما مهم‌ترین سؤال این است که منطقه مطالعه‌شده در کجای این دریاچه واقع می‌شده و به چه علتی برخاسته شده است؟

<sup>2</sup> left-lateral strike-slip

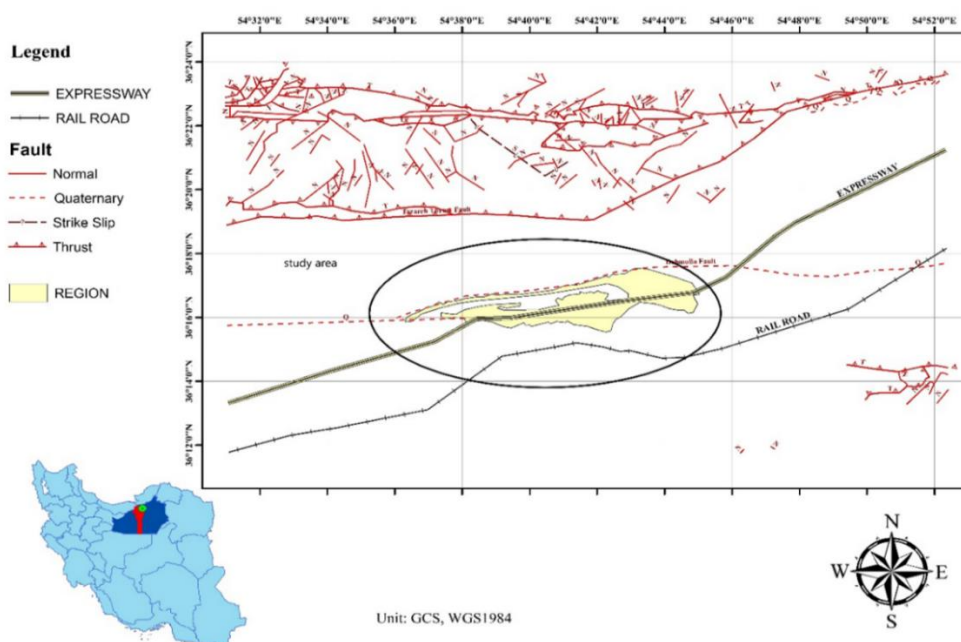
<sup>3</sup> Neogen

<sup>1</sup> distal alluvial and palustrine facies

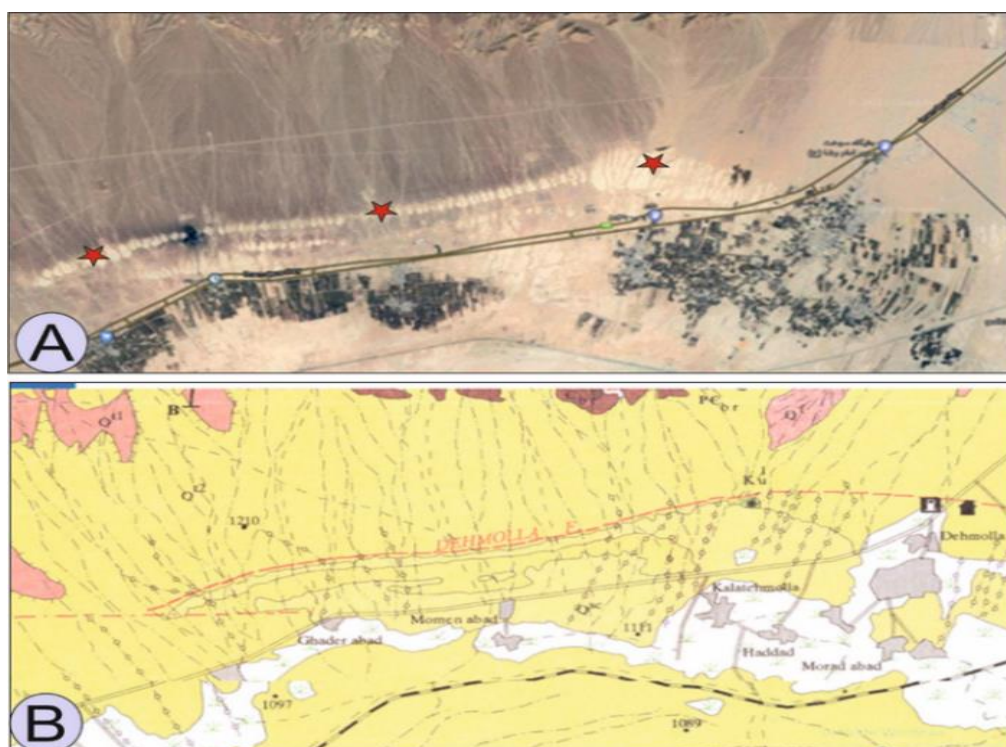


شکل ۱۰- A- بازسازی محیط دیرینه و گسترش احتمالی پلایای دامغان در انتهای نئوژن؛ B: شرایط فعلی دریاچه نمک حاج علی قلی

Fig 10- Reconstruction of the paleoenvironment and expansion of the palustrine during late Neogen B: The current location of Haj Ali Qoli salt lake

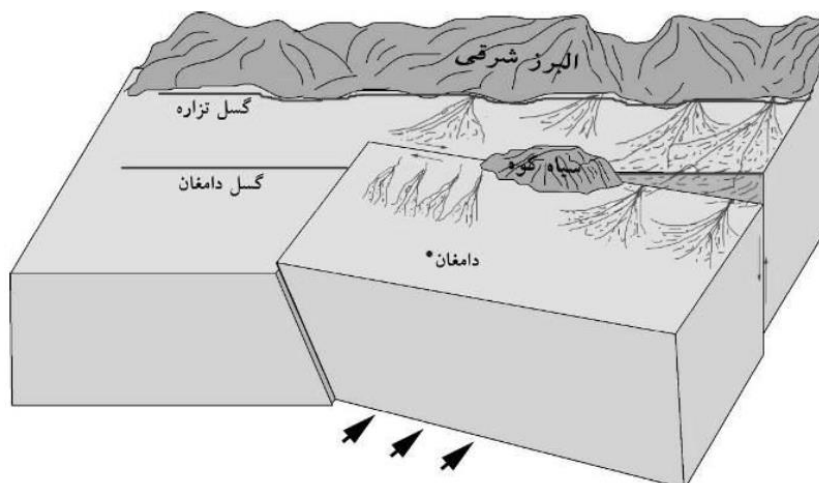


شکل ۱۱- موقعیت گسل‌های موجود در منطقه مطالعه‌شده (منطقه مطالعه‌شده با دایره‌ای، در شکل مشخص شده است).  
**Fig 11-** The location of faults in the area. The study area is indicated by the circular shape in the figure



شکل ۱۲- موقعیت گسل شمال دامغان نسبت به منطقه مطالعه‌شده، مشخص شده است: A: عکس ماهواره‌ای و موقعیت ایستگاه‌ها بر عکس؛ B: نقشه زمین‌شناسی منطقه و موقعیت گسل شمال دامغان (گسل ده ملا) نسبت به منطقه مطالعه‌شده.

**Fig 12-** North Damghan fault in the study area A: Satellite photo and the location of the studied stations on the photo B: Geological map and the location of North Damghan fault in the studied area



شکل ۱۳- بلوک دیاگرام گسل دامغان. قطعات جابه‌جاشده گسل دامغان در شرق و غرب سیاه کوه که معکوس یکدیگر عمل کرده‌اند (اقتباس از Omidi 2003).

**Fig 13- Damghan fault block diagram. Movements of the Damghan fault in the east and west of Siah Kouh, which have moved opposite to each other.**

#### نتیجه

برای مطالعه و بررسی محیط دیرینه می‌توان از اطلاعات فسیل‌شناسی و رسوب‌شناسی استفاده کرد. حضور فرم‌های داینوسیست پروکسیمت از راسته گونیاکوییدهای نظیر *Bitectatodinium* و *Opeculodinium cf. eirikianum tepikiense* در منطقه مطالعه‌شده، می‌تواند نشان از محیط آبی باشد. میزان جورشدگی و گردشدگی رسوبات و بررسی ترکیبات کانی‌شناسی نمونه‌ها، تأییدکننده چنین شرایطی است. بررسی پالینوفاسیس و نسبت درصد سه گروه اصلی از عناصر پالینولوژیکی، نسبت مواد آمرف شفاف به تیره و پالینوماسرال‌های تیغه‌ای به هم‌بعد و تعیین میزان درصد پالینوماسرال‌های قهوه‌ای به تیره‌رنگ، نشان‌دهنده یک محیط آبی دریاچه‌ای- رودخانه‌ای بوده است. رسوبات مطالعه‌شده بر زون با پوشش گیاهی (پهنه رسی) در حاشیه شمالی پلایای دامغان در زمانی نهشته شده است که سطح آب بالا بوده است و به احتمال بسیار زیاد، این محیط آبی وسیع مرتبط با دریاچه نمک حاج علی قلی (پلایای چاه جم) در جنوب منطقه مطالعه‌شده است. مقدار بالای رس ۲۰ تا ۴۵ درصد تأییدکننده چنین شرایطی است. همچنین برای بررسی علت برخاستگی این رسوبات، گسل‌ها، ویژگی مورفولوژیکی لندفرم‌های

موجود در منطقه و شبکه آبراهه‌ها مطالعه شدند. مطالعات نشان می‌دهد لندفرم مطالعه‌شده بر قطعه فرارو گسل بخش شرقی گسل دامغان قرار داشته و در اثر حرکت امتداد لغز چپ گرد، دچار برخاستگی شده است؛ به طوری که مطابق با مطالعات صحرائی، حداکثر ارتفاع لندفرم در قسمت شرقی و در ایستگاه شماره ۱ است و به طرف غرب (ایستگاه شماره ۳) از ارتفاع آن کاسته می‌شود. برخاستگی رسوبات به سن کمتر از انتهای نئوژن، نشان‌دهنده جوان بودن قسمت شرقی گسل دامغان است.

#### سپاسگزاری

از آقای دکتر جمالی، دانشیار پژوهشکده بوم‌شناسی و تنوع زیستی مدیترانه (CNRS) فرانسه و پرفسور اونما ادوجو<sup>۱</sup> از دانشگاه لیوپول<sup>۲</sup> انگلستان، بابت کمک به شناسایی گرده‌های گیاهی و پرفسور مارتین هد<sup>۳</sup> از دانشگاه بروک<sup>۴</sup> کانادا، که نویسندگان را در شناسایی داینوسیست‌ها یاری کردند، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

<sup>1</sup> Onema Adojoh

<sup>2</sup> Liverpool

<sup>3</sup> Martin Head

<sup>4</sup> Brock University

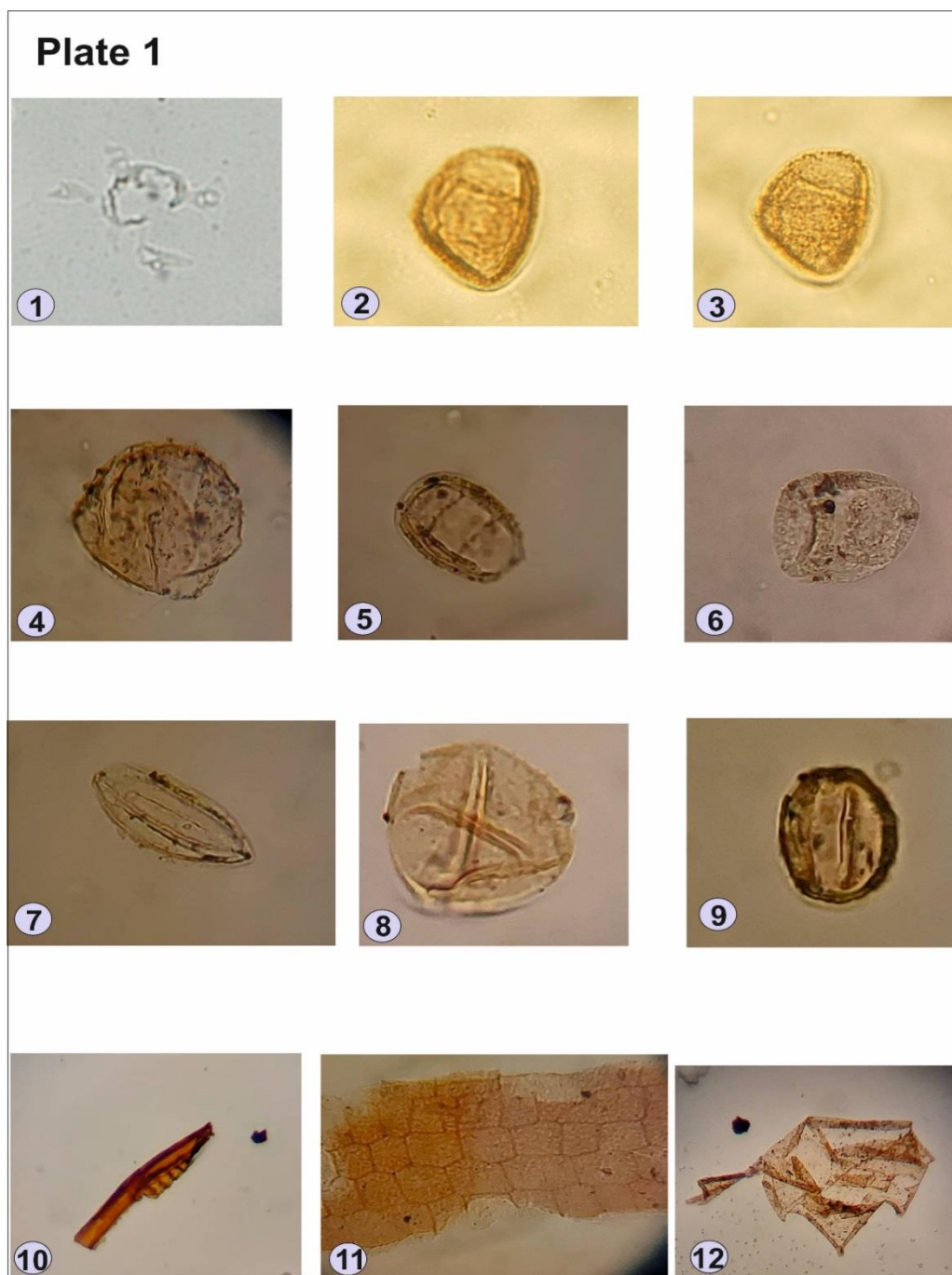
## References

- Arab F. Omid P. and Taheri A. 2011. Quaternary metamorphism in West Shahroud (Eastern Alborz). *Quarterly Earth Sciences*, 80: 89-94.
- Asikainen C. A. Francus P. and Brigham-Grette J. 2007. Sediment fabric, clay mineralogy and grain-size as indicators of climate change since 65 ka from El'gygytyn Crater Lake, northeastern Siberia. *J Paleolimnol*, 37: 105-122.
- Batten D. J. 1982. Palynofacies, palaeoenvironments and petroleum. *Journal of Micropalaeontology*, 1: 107-114.
- Batten D. J. 1996. Upper Jurassic and Cretaceous miospores. Chapter 26A, Palynofacies and paleoenvironmental interpretation. In: Jansonius J. and McGregor D.C. (Eds.): *Palynology: Principles and Applications*, American Association Stratigraphic Palynologists Foundation, 3:1011-1064.
- Batten D. J. and Stead D. T. 2005. Palynofacies analysis and its stratigraphic application, In: Koutsoukos E. A. M. (Ed.), *Applied Stratigraphy*, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 203-226.
- Berberian M. 1976. An explanatory on the first Seismotectonics map of Iran, A Seismotectonics review of the country in: *Contribution to the Seismotectonics of Iran*, Geology Survey of Iran, 39:7-141.
- Berberian M. Ghorishi M. Talebian M. and Shojae-Taheri J. 1996. Research and study of new construction, earthquakes and the risk of earthquakes and faults in Semnan area. Report No. 63 of the Geological Organization of the country. 266p.
- Berenjian M. 2011. Active tectonics of the Damghan fault. 30th Symposium of Geosciences. 18p.
- Bombardiere L. and Gorin G.E. 2000. Stratigraphical and distribution of sedimentary organic matter in Upper Jurassic Carnonates of SE France. *Sedimentary Geology*, 132(3-4):177-203.
- Bostick N.H. 1971. Thermal alteration of clastic organic particles as an indicator of contact and burial metamorphism in sedimentary rocks. *Geoscience and Man, Baton Rouge*, 3(1): 83-92.
- Fensome R. A. Riding J. B. and Taylor F. J. R. 1996. Dinoflagellates. In: Jansonius J. and McGregor D.C. (Eds.), *Palynology: principles and applications* Chapter 6. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1: 107 - 169.
- Gorin G.E. and Steffen D. 1991. Organic facies as a tool for recording eustatic variations in marine fine-grained Carbonates- example of the Berriasian stratotype at Berrias (Ardche, Southeast France). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol*, 85: 303-320.
- Hassani V. 2003. Investigating the origin and evolution of alluvium and sedimentation of evaporite minerals in Chah Jam playa (Haj Ali Qoli desert) Damghan, Master's thesis of Tehran University. 181p.
- Head M.J. 1994. Morphology and paleoenvironmental significance of the Cenozoic dinoflagellate genera *Tectatodinium* and *Habibacysta*. *Micropaleontology*, 40(4): 289-321.
- Head M.J. 1996. Late Cenozoic dinoflagellates from the Royal Society borehole at Ludham, Norfolk, eastern England. *J. Paleontol*, 70(4): 543-570.
- Hennissen J.A.I. Head M.J. De Schepper S. and Groeneveld J. 2014. Palynological evidence for a southward shift of the North Atlantic Current at ~2.6 Ma during the intensification of late Cenozoic Northern Hemisphere glaciation. *Paleoceanogr.*, 29(6): 564-580.
- Kiarostami F. Yamani M. Goorabi A. Zamanzadeh S M. and Ghassemi M. R. 2021. Explaining the tectonic-erosive position of Eastern Alborz heights located in the north of Damghan playa during Quaternary. *Iranian Quaternary Association*, 8(1,2): 1128-1147.
- Kuzila M. S. 1995. Identification of multiple loess units within modern soils of Clay County, Nebraska. *Geoderma*, 65(1-2): 45-57.
- Krinsley D.B. 1970. A Geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran, MA, Bedford United States Air Force.
- Mángano G. M. Buatois L. A. Xiantao W. U. Sun J. and Zhang G. 1994. Sedimentary facies, depositional processes and climatic controls in a Triassic Lake, Tanzhuang Formation, western Henan Province, China. *Journal of Paleolimnology* 11(1): 41- 65.
- Mendonça Filho J.G. Menezes T.R. and Mendonca J.O. 2011. Organic Composition (Palynofacies Analysis). In: Flores D., Marques M. (Org.). *ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter*. Porto: Plenimagem, 1: 33-81.
- Moore D. and Reynolds R. C. 1989. *X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals*, Oxford University Press, New York, 332 p.
- Omid P. 2003. Structural and dynamic analysis of fault zones in the southern margin of Eastern Alborz (Semnan-Damghan range), Master's thesis of Tarbiat Modares University. 182p.
- Tyson R.V. 1993. Chapter 5: Palynofacies analysis. In: Jenkins D.G. (Ed.), *Applied Micropaleontology*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, Amsterdam, pp. 153-191.
- Tyson R.V. 1995. *Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies*. Chapman and Hall, Londres, 615 pp.
- Traverse A. 2007. *Paleopalynology (Second Edition)*, Springer, 813 pp.





- Van der Zwan C.J. 1990. Palynostratigraphy and palinofacies reconstruction of the Upper Jurassic to Lowermost Cretaceous of the Draugen Field, offshore mid Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 62(1-2): 157-186.
- Waverb I. and Visscher H. 1994. Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediment from high-productivity area (Banda Sea, Indonesia). *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeocology*, 112(1-2): 85-111.
- Waveren I. and Visscher H. 1994. Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediment from high productivity area (Banda Sea, Indonesia). *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeocology*, 112: 85-111.
- Williams G. L. Brinkhuis H. Pearce M. A. Fensome R. A. and Weegink J. W. 2004. Southern Ocean and global dinoflagellate cyst events Compared: Index events for the Late Cretaceous-Neogene. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 189:1-98.
- Wilson G.J. 1973. Palynology of the middle Pleistocene Te Piki Bed, Cape Runaway, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 16. pp. 345-354.
- Yamani M. Maghsoudi M. Ghassemi M. R. and Mohammadnejad V. 2012. Morphologic and morphometric evidence for active tectonic effects on alluvial fans in north Damghan. *Physical Geography Research Quarterly*, 2: 1-18.
- Zonneveld K. Versteegh G. and Lange G. 1997. Preservation of organic-walled dinoflagellate cyst in different oxygen regimes: a 1000 year natural experiment. *Marine Micropaleontology*, 29(3-4): 393-405.



**Plate 1-** All scale bars represent 20µm. 1- *Oligospheridium* Sp. 2-*Bitectatodinium tepikiense* Wilson 1973, sample number 1; 3-*Bitectatodinium tepikiense* Wilson 1973, sample number 1; 4- *Operculodinium? Eirikianum* Head et al. 1989, sample number 1; 5- Fungi, sample number 1; 6- *Pinus*, sample number 3 ;7- *Salix* , sample number 2; 8- *Lonicera pollis* sp. (Caprifoliaceae) , sample number 3; 9- *Quercoideae (Quercopollenites* sp.), sample number 1; 10- *Playnodebris*, sample number 2; 11- *Plant tissue*, sample number 3; 12- *Playnodebris*, sample number 2