

Original Research Paper

Plant macrofossils of the Takht-e-Saffar mine, southwest Tabas; palaeoecology analysis

Fatemeh Vaez-Javadi*¹

¹ School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, IR Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2024 October 06

Accepted: 2024 December 25

Available online: 2025 March 21

Keywords:

Middle Jurassic

Plant macrofossils

Hojedk Formation

Takht-e-Saffar open pit mine

Palaeoecology

Tabas

ABSTRACT

Middle Jurassic sediments of the Hojedk Formation are well-spread in the Tabas Block. In this study, plant macrofossils of the Takht-e-Saffar open pit mine, southwest Tabas were illustrated. This formation contains 29 species of plant macrofossils belonging to 17 genera of various orders such as Equisetales, Marattiales, Osmundales, Filicales, Caytoniales, Cycadales, Ginkgoales, and Pinales. Based on the occurrence of index plant macrofossils such as *Equisetites* sp. cf. *E. beanii*, *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*, *Nilssonia macrophylla*, and *Elatides thomasi*, this plant assemblage is early Middle Jurassic (Aalenian-Bajocian) in age. According to statistical data, Cycadales with 41.62%, ferns with 29.5%, Caytoniales with 13.93%, and conifers with 9.93% have high relatively abundance herein, respectively. In addition, the average floral gradient score of this fossil assemblage was calculated as 57.83. Therefore, it is concluded that a 'warm temperate biome' has prevailed during this interval. On the other hand, lithological evidences, such as coal seams, point to humid conditions. Moreover, mesophyte and megathermic plants were dominated in this locality during this interval.

1. Introduction

Middle Jurassic terrestrial macroflora remains are well-known in various localities in central east Iran microcontinent such as Calshaneh, Jafar Abad, Chahrehkneh, Mazino, Calshur, North and South Kouchekali in the Tabas Block (e.g. Vaez-Javadi, 2014a, 2016, 2018; Vaez-Javadi and Namjoo, 2016; Mehdizadeh et al., 2019, 2020; Vaez-Javadi

and Abbaszadeh, 2022) and Bahabad in the Yazd Block (Mehdizadeh, 2019). Moreover, the Hojedk Formation yield well-preserved plant fossil assemblages in the Kerman Basin such as Dasht-e-Khak, Pabdana, and Hashooni mine (Vaez-Javadi and Mirzaie-Ataabadi, 2006) important for floral comparison analysis (e.g. Vakhrameev, 1991; van

* Corresponding author: Fatemeh Vaez-Javadi; E-mail: vaezjavadi@ut.ac.ir

Citation:

Vaez-Javadi, F., 2025. Plant macrofossils of the Takht-e-Saffar mine, southwest Tabas; palaeoecology analysis. Scientific Quarterly Journal of Geosciences, 35(1), 135, 39-58. <https://doi.org/10.22071/gsj.2024.481826.2160>.

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2021 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

 doi: 10.22071/gsj.2024.481826.2160

 dor: 20.1001.1.10237429.1404.35.1.3.4



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

Konijnenburg-van Cittert, 1971; Barbacka, 2009). This formation considered middle Bajocian in the Tabas Block by Wilmsen et al. (2009b).

The aim of this paper is fourfold:

- To introduce and describe the Middle Jurassic plant macrofossils from the Takht-e-Saffar open coal mine, southwest of Tabas.
- To determine 'Floral gradient' of the flora assemblage herein and recognize the 'biome' of study area, reconstructing palaeoclimate and paleoenvironment interpretations based on original data.
- To interpret palaeoclimate of plant macrofossils herein by using 'eco-plant model' of Zhang et al. (2021), indicating humidity (EPH) as well as temperature (EPT) demands with considering relative abundance of taxa proxies.

2. Research methodology

This study began with a geological survey to the Takht-e-Saffar open mine located at 82 km southwestern of the Tabas city. Plant macrofossils gathered, labeled, and sent to the Palaeobotany Laboratory of University of Tehran. Then, specimens were photographed and photos enhanced in quality by Photoshop CC 2013. Plates prepared and fossils identified. Some of them illustrated and described. Moreover, all taxa countered and statistic table and charts were drawn. The emphasis was put on the concept of "biome", determining main morphocats, comparing floral gradient scores (Rees et al., 2000), and plants assignment to Eco-Plant model according to humidity (EPH) as well as temperature (EPT) demands and related macrofossil taxa proxies identified (Zhang et al., 2021). Finally, biome and palaeoclimate recognized.

3. Results and discussions

3.1. Systematic palaeobotany

In this study, 29 plant macrofossil species were identified as following:

Equisetites sp. cf. *E. beanii*, *Equisetites* sp. cf. *E. columnaris*, *Neocalamites* sp. [Order Equisetales]; *Marattiopsis intermedia*, *Marattiopsis* sp. [Order Marattiales]; *Todites fakhrii* [Order Osmundales]; *Coniopteris hymenophylloides*, *Lobifolia iranica*, *Lobifolia rotundifolia*, *Lobifolia* sp. [Order Filicales], *Cladophlebis* sp., *Taeniopteris intermedia*, *Taeniopteris* sp. [ferns]; *Sagenopteris nilssoniana*, *Sagenopteris phillipsii* [Order Caytoniales/seed ferns];

Ctenis sp., *Nilssonia* sp. cf. *N. acuminata*, *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*, *Nilssonia feriziensis*, *Nilssonia* sp. cf. *N. pterophylloides*, *Nilssonia undulata*, *Nilssonia* sp., [Order Cycadales]; *Sphenobaiera* sp. [Order Ginkgoales]; *Cyparissidium* sp., *Elatides thomasi*, *Elatides* sp., *Pagiophyllum insigne*, and *Podozamites distans* [Order Pinales].

3.2. Statistics data analysis of plant macrofossils

The relative abundance of the reported taxa from the Takht-e-Saffar locality was studied as well, showing that relative abundances of Cycadales, Filicales, Caytoniales, and Coniferales are 41.62%, 29.5%, 13.93%, and 9.93%, respectively.

4. Conclusion

In this study, new data are provided from the Middle Jurassic, Takht-e-Saffar, SW Tabas, Central East Iran.

The Middle Jurassic deposits in this open coal mine contain 29 plant macrofossil species belonging to 17 genera of various orders.

Based on the occurrence of index fossils such as *Equisetites* sp. cf. *E. beanii*, *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*, *Nilssonia macrophylla*, and *Elatides thomasi* an Aalenian-Bajocian age is suggested for this assemblage.

The results of this study indicate that Cycadophyta, Filicophyta, Pteridospermophyta, and Coniferophyta are relatively abundant. The genus *Nilssonia* with five species was dominant within the Middle Jurassic flora of Takht-e-Saffar. Its variability and relative abundance indicate that a macrophyllous cycadophyte morphocat was widespread through Iran during this interval, indicating a warm temperate climate.

The Floral Gradient score of this area is 57.83. A comparison chart of floral gradients of other localities in Iran have been established in which the average scores of North Kouchekali, South Kouchekali, Mazino open mine, Mazino borehole, Jafar-Abad, Chahrekhneh, Calshur, Calshaneh (Tabas Block), and Kerman Basin are 56.2, 55.5, 53.5, 54.89, 58.5, 56.3, 69, and 59.8, respectively. Since the floral gradient scores are in the middle part of the table of Rees et al. (2000) it is concluded that the Tabas Block and Kerman Basin were located in the warm temperate biome.

The climate of the study area was humid and sub-tropical during the Middle Jurassic herein.

Based on plant fossil proxies, the assignment of Eco-Plant pattern of Zhang et al. (2021) emphasized that mesophyte

and megathermic plant were dominated in this locality during Aalenian-Bajocian interval.

ماکروفسیل‌های گیاهی سازند هجدک در معدن روباز تخت‌صفار، جنوب‌باختر طبس؛ تحلیل بوم‌شناختی

فاطمه واعظ جوادی*

۱ دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران

چکیده

سازند هجدک در معدن روباز تخت‌صفار واقع در جنوب‌باختر طبس دربردارنده ماکروفسیل‌های گیاهی به خوبی حفظ شده‌ای است. این مجموعه از ماکروفسیل‌های گیاهی شامل ۲۹ گونه متعلق به ۱۷ جنس از راسته‌های مختلف اکوئی‌ستال، فیلیکال، کی‌تونیا، سیکادال، پنتیتال و پاینال می‌باشد. بر اساس حضور گونه‌های *Elatides thomasi*، سن ژوراسیک میانی برای این مجموعه ماکروفسیل گیاهی در نظر گرفته می‌شود. بر اساس داده‌های آماری، به ترتیب، راسته‌های سیکادال با ۴۱/۶۲٪، سرخس‌ها با ۲۹/۵٪ و سرخس‌های دانه‌دار با ۱۳/۳۵٪ بیشترین فراوانی نسبی را در مجموعه گیاهی منطقه داشته‌اند. افزون بر این، نمره میانگین تراز گیاهی (floral gradient) مجموعه ماکروفسیل گیاهی ۵۷/۸۳ است. شواهد سنگ‌شناسی (حضور رگه‌های متعدد زغال‌سنگ) و دیرینه‌شناسی، یک «بوم گرم معتدل» را برای این منطقه پیشنهاد می‌نماید. همچنین، مجموعه گیا (فلورای) این معدن گویای چیرگی گیاهان مگاترمیک و مزوفیت (از تقسیمات ژانگ و همکاران- ZhanG et al., 2021) است.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:

ژوراسیک میانی

ماکروفسیل‌های گیاهی

سازند هجدک

معدن روباز تخت‌صفار

دیرینه‌بوم‌شناسی

طبس

۱- پیش‌نوشتار

واعظ‌جوادی و عباس‌زاده، (۱۴۰۰). همچنین واعظ‌جوادی (Vaez-Javadi, 2020) پالینومورف‌های منطقه چاه‌رخنه، جنوب‌باختر کفه طبس را معرفی نمود. وی بر اساس انتشار چینه‌شناسی اسپور، پولن و سیست داینوفاژله‌های سازند هجدک، سن اوایل ژوراسیک میانی (early Middle Jurassic) (آلن-باژوسین) را برای این مجموعه‌های فسیلی خاطرنشان ساخت.

نظر به این که بیشتر مطالعات صورت گرفته از نمونه‌های جمع‌آوری شده از چاه‌های اکتشافی زغال‌سنگ بوده، فسیل‌های به‌دست آمده گاه ناقص بودند به‌طوری که شکل کلی برگ، ساقه و انشعابات آن وجود نداشت. از این رو، برای تکمیل داده‌های گیاهی این فاصله زمانی، معدن روباز تخت‌صفار که به‌تازگی شروع به بهره‌برداری کرد، فرصت مناسبی را برای نمونه‌برداری ایجاد نمود. هدف از این پژوهش، عبارت است از: (۱) شناسایی و معرفی ماکروفسیل‌های گیاهی و رده‌بندی آن‌ها، (۲) بررسی آماری تاکسون‌های ماکروفسیل گیاهی و رسم نمودارهای فراوانی نسبی آن‌ها، (۳) تحلیل

طبقات سنگی قاره‌ای ژوراسیک میانی با سترای گوناگونی در ایران مرکزی در حوضه کرمان (دشت‌خاک، باب‌نیزو، معدن هشونی، پابدانا، باهوتک و لنجان) و خاور ایران مرکزی در کفه طبس (کالشان، جعفرآباد، چاه‌رخنه، مزینو، کالشور، کوچکلی شمالی و جنوبی و بهاباد) گسترش زیادی دارد. سازند هجدک با سن باژوسین پسین-باتونین در حوضه کرمان شناخته می‌شود (آقاباتی، ۱۳۷۷، ۱۳۹۳). این سازند توسط ویلمسن و همکاران (Wilmsen et al., 2009b) در محدوده جنوبی کفه طبس با سن باژوسین میانی در نظر گرفته شده است که بر روی سازند آهکی بادامو با سن آلن و حاوی سنگواره‌های آمونیت قرار گرفته است. ماکروفسیل‌های گیاهی این سازند طی سال‌های اخیر مورد مطالعه قرار گرفت. سن این مجموعه‌های فسیلی ژوراسیک میانی تعیین شد (Vaez-Javadi and Mirzaie-Ataabadi, 2006)؛ Ameri, 2018؛ واعظ‌جوادی، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴؛ واعظ‌جوادی و نامجو، ۱۳۹۴؛ مهدیزاده و همکاران، ۱۳۹۷، ۱۳۹۹؛ خلیلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹؛ Badihagh et al., 2019؛

* نویسنده مسئول: فاطمه واعظ جوادی؛ E-mail: vaezjavadi@ut.ac.ir

ماخذنگاری:

واعظ جوادی، ف، ۱۴۰۴، ماکروفسیل‌های گیاهی سازند هجدک در معدن روباز تخت‌صفار، جنوب‌باختر طبس؛ تحلیل بوم‌شناختی. فصلنامه علمی علوم زمین، ۳۵(۱)، ۳۹-۵۸. <https://doi.org/10.22071/gsj.2024.481826.2160>

doi: 10.22071/gsj.2024.481826.2160

dor: 20.1001.1.10237429.1404.35.1.3.4

حقوق معنوی مقاله برای فصلنامه علوم زمین و نویسندگان مقاله محفوظ است.

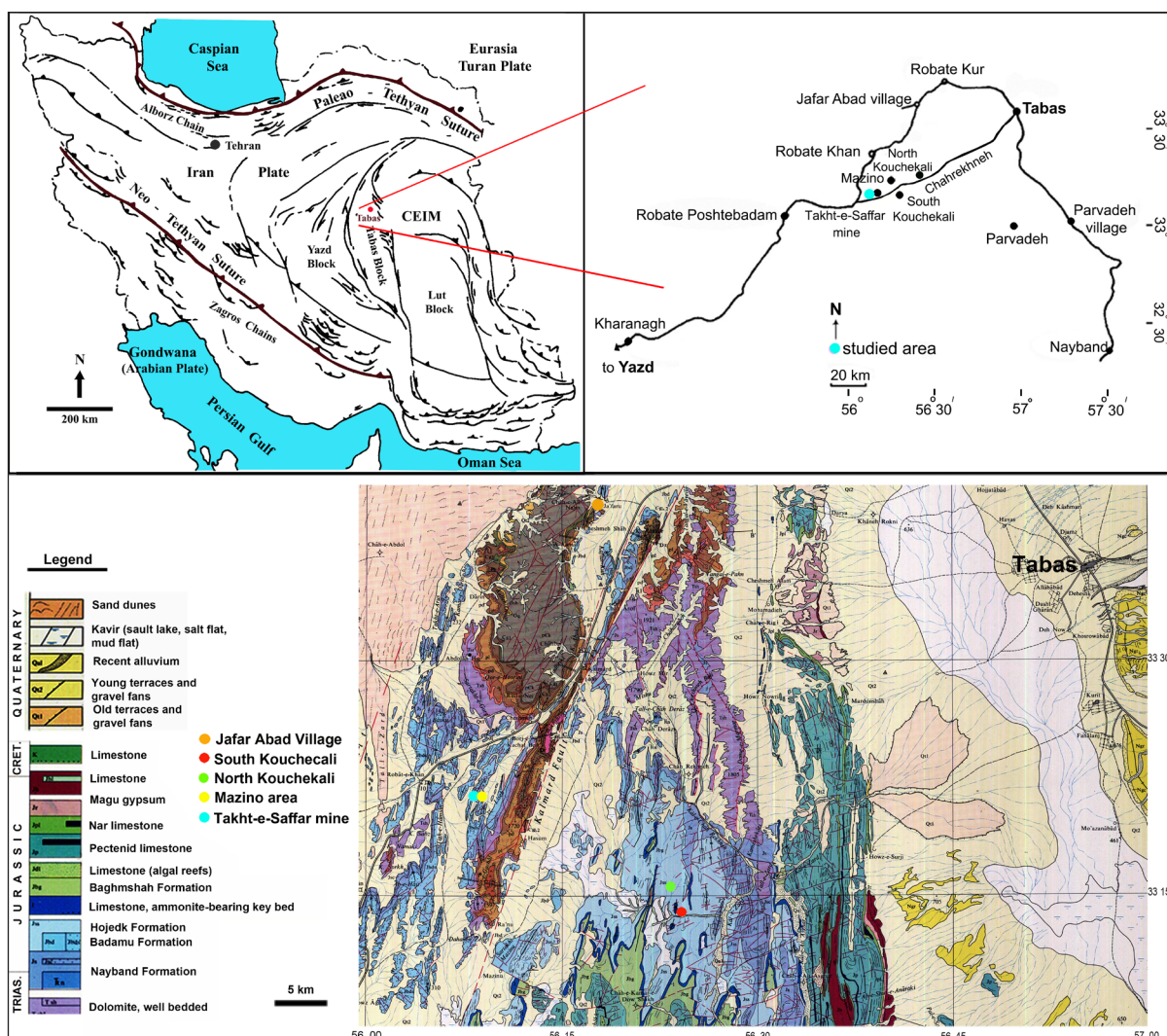


This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

تشکیل حوضه‌ای بین گسلی انجامید و مکانی برای انباشت رسوبات و توالی‌های ستر ژوراسیک در آن فراهم گردید (Shahabpour, 1998; Berberian and King, 1981). بکت (Beckett, 1956) در حوضه شمال کرمان، توالی سنگی متشکل از ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل به همراه رگه‌های زغالی را «سری‌های زغال‌دار» نام‌گذاری کرد. کمیته ملی چینه‌شناسی ایران، این توالی را «سازند هجدک» نام‌گذاری نمود (۱۹۶۴ در آقاباتی، ۱۳۷۷). این سازند هم ارز عضو (Member) زغال بالایی سازند شمشک (Schweitzer, 1966)، سری دانسیریت از زیرتقسیمات سازند شمشک (Schweitzer, 1966) and Kirchner, 2003) و سازند دانسیریت از زیرتقسیمات گروه شمشک، در شمال ایران (Fürsich et al., 2009; Wilmsen et al., 2009a) است. ماکروفسیل‌های گیاهی پژوهش حاضر، از معدن روباز زغال‌سنگ در منطقه معدنی واقع در ۸۲ کیلومتری جنوب باختری شهر طبس و با مختصات جغرافیایی: ۲۲° ۳۳' عرض شمالی و ۱۱° ۵۶' طول خاوری برداشت شدند (شکل ۱).

وضعیت آب و هوایی محدوده مورد مطالعه، ۴) تعیین نمره میانگین «تراز گیاهی» (Floral gradient) و مقایسه آن با سایر مناطق فسیل‌دار کفه طبس در این بازه زمانی و ۵) بررسی وضعیت بوم‌شناسی مجموعه پوشش گیاهی از منظر اثرپذیری دمایی (EPT effect of temperature) و میزان رطوبت (EPH effect of humidity) و تعیین الگوی گیاه-بوم (Eco-Plant) منطقه مورد مطالعه.

پهنه ایران مرکزی، کفه‌ای قاره‌ای است که طی زمان تریاس پسین تا کرتاسه و در جریان جوش‌خوردگی قاره‌ای سیمرین به سپر اوراسیا پیوسته است (Alavi et al., 1997; Zanchi et al., 2006, 2009; Berra et al., 2017; Sengör 1979, 1990). بخشی از این ریزقاره به عنوان ریزقاره ایران مرکزی خاوری معرفی شد (Takin, 1972) (Central East Iranian Microcontinental/CEIM; به‌طوری‌که مشتمل بر ۳ کفه یزد (در باختر)، طبس (در مرکز) و لوت (در خاور) می‌باشد. در پی فعالیت‌های کوهزایی سیمرین، گسل‌خوردگی‌های شمال و جنوب این منطقه به



شکل ۱- نقشه زمین‌ساخت و گسلی ساده شده ریزقاره ایران مرکزی خاوری (CEIM) به همراه نقشه زمین‌شناسی و راه‌های دسترسی به محل مورد مطالعه (اصلاح شده و برگرفته از آقاباتی و حتی‌پور، ۱۳۵۷؛ علوی و همکاران- Alavi et al., 1997).

Figure 1. Simplified Tectonic and faults map of Central East Iranian microcontinent (CEIM), geological map of Tabas 1:250000, and the location of Takht-e-Saffar area (modified after Alavi et al., 1997; Aghanabati and Haghipour, 1978).

۲- روش پژوهش

مراحل این پژوهش به‌ترتیب چنین شرح داده می‌شوند: ۱- عملیات صحرایی و نمونه‌برداری از ماکروفسیل‌های گیاهی؛ ۲- عکس‌برداری از نمونه‌ها؛ شناسایی نمونه‌ها در حد جنس و گونه؛ ۳- تنظیم تصاویر و ترسیم برخی گونه‌های برگزیده؛ ۴- شمارش جنس و گونه‌های ماکروفسیل گیاهی؛ ۵- مطالعات کتابخانه‌ای و تطبیق داده‌ها به منظور شناسایی و رده‌بندی گیاهان فسیلی جمع‌آوری شده؛ ۶- تنظیم جدول و نمودار آماری تاکسون‌ها و ۷- تحلیل داده‌های حاصله به منظور بازسازی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و وضعیت زیستگاه دیرینه آن‌ها.

۳- داده‌ها و اطلاعات

۳-۱- رده‌بندی ماکروفسیل‌های گیاهی

در این پژوهش، تعداد ۲۹ گونه ماکروفسیل گیاهی متعلق به ۱۷ جنس از راسته‌های مختلف شناسایی شد (Plates 1-6). رده‌بندی گیاهان فسیل سازند هجدک این منطقه به همراه تعداد محدودی هم‌نامی‌ها در زیر ارائه می‌گردد. همچنین، برخی گونه‌های شاخص در زیر توصیف می‌شوند. گونه‌های شناسایی شده در این منطقه به ترتیب رده‌بندی و الفبایی به شرح زیر هستند:

Equisetites sp. cf. *E. beanii*, *Equisetites* sp. cf. *E. columnaris*, *Neocalamites* sp. (دم‌اسبیان); *Marattiopsis intermedia*, *Marattiopsis* sp.; *Todites fakhrii*; *Coniopteris hymenophylloides*, *Lobifolia iranica*, *Lobifolia rotundifolia*, *Lobifolia* sp., *Cladophlebis* sp., *Taeniopteris intermedia*, *Taeniopteris* sp. (سرخس‌دانه‌دار) *Sagenopteris nilssoniana*, *Sagenopteris phillipsii* (سرخس); *Ctenis* sp., *Nilssonia* sp. cf. *N. acuminata*, *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*, *Nilssonia feriziensis*, *Nilssonia* sp. cf. *N. pterophylloides*, *Nilssonia undulata*, *Nilssonia* sp., *Williamsonia* sp. (سیکادال); *Sphenobaiera* sp. (گینکگوال); *Cyparissidium* sp., *Elatides thomasii*, *Elatides* sp., *Pagiophyllum insigne*, and *Podozamites distans* (مخروطیان).

Division Sphenophyta Meyen 1987

Class Equisetopsida Takhtajan & Nemejc 1963

Order Equisetales Trevisan 1876

Family Equisetaceae Richard & De Candolle 1805

Genus *Equisetites* Sternberg 1833

Type species: *Equisetites münsteri* Strenberg 1833

Equisetites sp. cf. *E. beanii* (Bunbury 1851) Seward 1894 emend.

Harris 1961

1851 *Calamites beanii* Bunbury, p. 189.

1898 *Equisetites beanii* (Bunbury) Seward, p. 270; figs. 60-62.

1961 *Equisetum beanii* (Bunbury) Seward emend. Harris, p. 24; text-figs. 6A, B.

1997 *Equisetites beanii*: Schweitzer et al.; pp. 139-141, pl. 7, figs. 1-5; pl. 8, figs. 1-6; text-figs. 16-17.

2011 *Equisetites beanii*: Vaez-Javadi; p. 82, figs. 3C; 4B, D; 5A.

2014a *Equisetites beanii*: Vaez-Javadi; pp. 72-73, pl. 1, figs. 1, 4; pl. 8, fig. 1.

— **توصیف:** نمونه یافت‌شده، قالب ساختار چوبی ساقه با درازای بیش از ۵۲ سانتی‌متر و پهنای ۸ سانتی‌متر با دو بند (node) و یک بین‌بند به درازای ۳۰ سانتی‌متر است. سطح آن دارای شیارها و برجستگی‌های ساده، موازی، مستقیم و ممتد است (Plate 1 A).
— **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه شاخص ژوراسیک میانی (آالنین-

باژوسین) ایران: زیراب (البرز)، حوضه کرمان و کفه طبس می‌باشد.

Equisetites sp. cf. *E. columnaris* (Brongniart 1828) Phillips 1875

1828 *Equisetites columnare* Brongniart, p. 115, pl. 3, figs. 4-6.

1875 *Equisetites columnaris* (Brongniart) Phillips, p. 197.

1997 *Equisetites columnaris*: Schweitzer et al. pp. 135-137, pl. 15, figs. 1-7; pl. 6, figs. 1-3; text-fig. 15.

2011 *Equisetites columnaris*: Vaez-Javadi; p. 79, figs. 3A, B, D; 4A, E.

2012 *Equisetites columnaris*: Vaez-Javadi & Abbassi; p. 41, pl. 1, figs. 1, 2, text-fig. 4:1.

2016 *Equisetites columnaris*: Vaez-Javadi & Namjoo; p. 233, text-fig. 7: 2, 3.

2020 *Equisetites columnaris*: Mehdizadeh et al.; p. 92, fig. 5: 5, fig. 8: 2.

2022 *Equisetites columnaris*: Vaez-Javadi & Abbaszadeh; p. 211, fig. 2: 1; plate 1, fig. 6b.

— **توصیف:** این نمونه بخش کوچکی از ساقه با دو بند و یک بین‌بند با شیارها و برجستگی‌های آشکار با تراکم ۸-۹ عدد در سانتی‌متر است. فاصله هر دو شیار با یکدیگر ۱/۵ تا ۱/۲ میلی‌متر است. شیارها در امتداد یکدیگر قرار دارند (Plate 1 F).
— **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از انتهای ژوراسیک پیشین (لیاس)-میانی یورک شایر در انگلستان (Brongniart, 1828; Phillips, 1875)، مناطق زیراب، طزره، نوده و شمشک در البرز و دشت خاک و پابدانا در کرمان (Schweitzer et al., 1997; Vaez-Javadi and Mirzaie-Ataabadi, 2006)، ژوراسیک میانی منطقه بلده، جنوب باختر آمل (واعظ جوادی و عباسی، ۱۳۹۱) گزارش شده است.

Division Filicophyta

Class Eusporangiopsida

Order Marattiopsida Engler & Prantl 1902

Family Marattiaceae Berchtold & Presl 1820

Genus *Marattiopsis* Schimper 1869

Type species: *Marattiopsis dentata* (Sternberg) Schimper 1869

Marattiopsis intermedia (Münster 1836) Kilpper 1964

1836 *Taeniopteris intermedia* Münster, p. 510.

1964 *Marattia intermedia* (Münster) Kilpper, p. 22, pl. 3, figs 6-13, pl. 4, figs 1-11, text-figs 2-4.

1997 *Marattia intermedia*: Schweitzer et al.; pp. 153-155, pl. 11, figs 1-4, pl. 12, figs 1-9, text-fig. 21.

2008 *Marattiopsis intermedia*: Vaez-Javadi; p. 98, pl. 5, fig. 1, text-fig. 3B.

2011 *Marattia intermedia*: Vaez-Javadi; p. 82, figs 3E; 6C.

2014a *Marattiopsis intermedia*: Vaez-Javadi; p. 123; pl. IV, fig. 3; fig. 1: 10.

— **توصیف:** پهنک برگ کامل و تقسیم نشده به درازای بیش از ۱۸ سانتی‌متر و پهنای ۲۰-۱۶ میلی‌متر است. هاگدان‌ها به صورت ردیفی (سینانژ) به درازای ۳-۲ میلی‌متر و در انتهای طرفین برگ قرار دارند. رگبرگ‌ها ساده یا یک بار دوشاخه (دیکوتومی) شده‌اند. تراکم رگبرگی ۱۶-۱۵ عدد در سانتی‌متر در میانه پینول زایا است (شکل ۲، تصاویر Plate 1 B, E; A, B).

Division Filicophyta

Class Leptosporangiopsida Pichi-Sermolli 1958

Order Filicales Engler & Prantl 1902

1932 *Sagenopteris nilssoniana*: Harris; p. 5, pl. 1, fig. 11; text-figs. 1, 2 A-F.
1998 *Sagenopteris* sp. cf. *S. nilssoniana*: Schweitzer & Kirchner; p. 31, pl. 7, figs. 1-6; text-fig. 7

2014a *Sagenopteris nilssoniana*: Vaez-Javadi; pp. 128-129; pl. 5, fig. 3: 2.
- **توصیف:** برگ با پیرامون کامل، به درازای ۱۰/۶ سانتی متر و پهنای ۳ سانتی متر در بخش میانی پهنک؛ رگبرگ میانی آشکار، ستر و تا کمی بیش از دوسوم درازای برگ قابل ردیابی است. رگبرگ‌های ثانویه تشکیل شبکه می‌دهند. اولین گروه رگبرگی با زاویه ای از ۲ تا ۳ درجه از رگبرگ میانی خارج می‌شوند و رگبرگ‌های انتهایی با زاویه ۴۰-۳۵ درجه حاشیه برگ را قطع می‌کنند. نوک برگ تقریباً گردشده و قاعده آن سریعاً به هم نزدیک شده و باریک می‌شود (شکل ۲، ترسیم Plate 2 Bb & E).

Sagenopteris phillipsii (Brongniart 1830) Presl 1838

1830 *Glossopteris phillipsii* Brongniart; p. 225, pl. 61, fig. 5; pl. 63, fig. 2.
1838 *Sagenopteris phillipsii* (Brongniart) Presl (in Sternberg); p. 165.
1905 *Sagenopteris phillipsii*: Ward; p. 85; pl. 15, figs. 1-3.
1911 *Sagenopteris phillipsii*: Seward; p. 655; pl. 1, figs. 1-4; pl. 6, figs. 3-5; pl. 7, fig. 19 S; text-fig. 1.
1925 *Sagenopteris phillipsii*: Thomas; p. 334; pl. 15, figs. 50, 52, 53; text-figs. 11 C, D; 12 C, D.
1955 *Sagenopteris phillipsii*: Jacob & Shukla; p. 34; pl. 12, fig. 96.
1964 *Sagenopteris phillipsii*: Harris; p. 8; text-figs. 4-6.
1975 *Sagenopteris phillipsii*: Poliansky et al.; p. 11.
1976 *Sagenopteris phillipsii*: Doludenko & Orlovskaja; p. 94, pl. 46, figs. 1-19.
1980 *Sagenopteris phillipsii*: Sadovnikov; pp. 86, 88.
2014a *Sagenopteris phillipsii*: Vaez-Javadi; pp. 91-92; pl. V, fig. 3; fig. 8: 6
- **توصیف:** برگ سرنیزه‌ای کشیده، به درازای ۱۲/۲ سانتی متر و پهنای ۲/۵ سانتی متر؛ قاعده به آرامی باریک می‌شود. رگبرگ میانی ظریف و تا نزدیکی انتهای برگ قابل مشاهده است. پهنک در طرفین رگبرگ نامتقارن است. رگبرگ‌های جانبی تشکیل شبکه با زاویه تند (حاده) می‌دهند به‌طوری که ابتدا با زاویه ۷-۵ درجه از رگبرگ میانی خارج شده ولی با زاویه ۳۵-۳۰ درجه حاشیه برگ را قطع می‌کنند (شکل ۲، ترسیم Plate 2 A & D).

- **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از رسوبات انتهای ژوراسیک زیرین تا میانی گسترش دارد که از جمله می‌توان به یورک‌شایر، انگلستان (Seward, 1900; Harris, 1964)؛ دانمارک (Möller, 1902)؛ لهستان (Makarewiczówna, 1928)؛ گرینلند، گراهام لند (Halle, 1913)؛ افغانستان (Jacob and Shukla, 1955)؛ ژوراسیک میانی زیراب (Schweitzer and Kirchner, 1998)؛ آلن-بازوسین معدن روباز مزینو (Vaez-Javadi, 2014a) گزارش شده است.

Division Cycadophyta Bessey 1907

Class Cycadopsida Barnard & Long 1975

Order Cycadales Persoon ex von Berchtold & Presl 1820

Family Nilssoniaceae Kimura & Sekido 1975

Genus Nilssonia Brongniart 1825

Nilssonia sp. cf. *N. acuminata* (Presl 1838) Goeppert 1844

1838 *Zamites acuminatus* Presl in Sternberg; p. 198; pl. 43, fig. 2.
1844 *Nilssonia acuminata* (Presl) Goeppert; p. 141.
1977 *Nilssonia* sp. cf. *N. acuminata*: Fakhr; p. 93; pl. 29, figs. 1-2; pl. 30, fig. 1.

Family Dicksoniaceae Bower 1908

Genus *Coniopteris* Brongniart 1849 emend. Harris 1961

Coniopteris hymenophylloides (Brongniart 1828) Seward 1900

1828b *Sphenopteris hymenophylloides* Brongniart; p. 189, pl. 56, fig. 4.
1900 *Coniopteris hymenophylloides* (Brongniart) Seward; p. 99, pl. 16, figs. 4-6; pl. 17, figs. 3, 6-8; pl. 20, figs. 1,2; pl. 21, figs. 1-4.
1955 *Coniopteris hymenophylloides*: Jacob & Shukla; p. 19; pl. 4, figs. 25-30; pl. 5, figs. 34-36.
1961 *Coniopteris hymenophylloides*: Harris; p. 152; text-figs. 53-54.
1964 *Coniopteris hymenophylloides*: Kilpper; p. 65; pl. 15, figs. 1-12; text-figs. 36-37.
1976 *Coniopteris hymenophylloides*: Sadovnikov; p. 82; pl. 10, figs. 3, 5.
2004 *Coniopteris hymenophylloides*: Vaez-Javadi and Pour-Latif; p. 100, pl. 1, fig. 4.
2006 *Coniopteris hymenophylloides*: Vaez-Javadi and Mirzaie; p. 71, fig. 12E.
2010 *Coniopteris hymenophylloides*: Saadatnejad et al.; p. 4; pl. 1, fig. 2.
2017 *Coniopteris hymenophylloides*: Costamagna et al.; fig. 5c.

- **توصیف:** این نمونه قطعه کوچکی از یک پن به درازای ۵۲ میلی متر و پهنای ۳۰ میلی متر است. پینول‌ها در دو طرف راشیس پن به صورت نیمه‌متناوب تا متناوب آرایش یافته‌اند. سطح راشیس ۲ تا ۳ خط طولی ظریف را نشان می‌دهد. پینول‌ها مثلی کشیده با پیشینه درازای ۱/۵ میلی متر، زاویه اتصال به راشیس ۵۵-۵۰ درجه، کناره پینول‌ها لوبه، قاعده جمع شده، راس لوب‌ها احتمالاً نوک ساییده است. رگبرگ میانی تا سه چهارم پینول قابل مشاهده بوده، رگبرگ‌های جانبی یک تا دو بار دیکوتومی می‌شوند (Plate 1- D).

- **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از مناطق متعددی در سراسر دنیا و با انتشار چینه شناسی از توآرسین تا باتونین گزارش شده است. برای مثال، این گونه در ایران از رسوبات لیاس بالایی زیراب (Kilpper, 1964)؛ لیاس بالایی فریزی (کوه‌های بینالود)، جام و زیراب (Fakhr, 1975)؛ لیاس- دوگر کارمزد (البرز) (Sadovnikov, 1976)؛ آلن-بازوسین منطقه ایوا (البرز مرکزی) (واعظ جواد، ۱۳۸۷)؛ لیاس بالایی- دوگر زیرین گل‌مکان (بینالود) (واعظ جواد و پورلطیفی، ۱۳۸۳)؛ ژوراسیک میانی دشت خاک (حوضه کرمان) (Vaez-Javadi and Mirzaie Ataabadi, 2006) گزارش شده است. همچنین، از مناطق مختلف در سایر نقاط جهان می‌توان به رسوبات ژوراسیک میانی افغانستان (Jacob and Shukla, 1955)؛ ژوراسیک میانی یورک‌شایر، انگلستان (Harris, 1961)؛ لیاس میانی قطب جنوب، ژوراسیک اروپای غربی، اسکاندیناوی و چین، اواسط کرتاسه زیرین ژاپن و کره، لیاس تا کرتاسه زیرین آمریکا، روسیه، هند، استرالیا و نیوزیلند و ژوراسیک زیرین تا اوایل کرتاسه زیرین کانادا (Macleod and Hills, 1991) اشاره کرد.

Division Pteridospermophyta

Class Pteridospermopsida

Order Caytoniales

Family Caytoniaceae Thomas 1925

Type species: *Sagenopteris phillipsii* (Brongniart 1830) Presl 1838

Genus *Sagenopteris* Presl in Sternberg 1838 emend. Rees 1993

Sagenopteris nilssoniana (Brongniart 1824) Ward 1900

1824 *Filicites nilssoniana* Brongniart; p. 218, pl. 12, fig. 1.
1900 *Sagenopteris nilssoniana* (Brongniart) Ward; p. 352.

***Nilssonia macrophylla* Jacob & Shukla 1955 emend. Schweitzer, Kirchner & van Konijnenburg-van Cittert 2000**

1955 *Nilssonia macrophylla* Jacob & Shukla, p. 27; pl. 9, figs. 18-19.
2000 *Nilssonia macrophylla* Jacob & Shukla emend. Schweitzer et al., pp. 44-45; pl. 16, figs. 1-3; text-figs. 17-19; fold-out 6.
2004 *Nilssonia macrophylla*: Vaez-Javadi & Pou-Latifi; p. 101; pl. 3, figs. 1, 4.
2006 *Nilssonia macrophylla*: Vaez-Javadi & Mirzaie-Ataabadi; p. 79; figs. 5F, 12G.
2014a *Nilssonia macrophylla*: Vaez-Javadi; pp. 93-94; pl. 16, fig. 1; pl. 17, fig. 1; fig. 2: 7.
2018 *Nilssonia macrophylla*: Vaez-Javadi; pp. 303-304; fig. 2.
2022 *Nilssonia macrophylla*: Vaez-Javadi & Abbaszadeh; pp. 210, 212; fig. 2: 8; fig. 3; pl. 3, fig. 5a, 6.
- **توصیف:** برگ با درازای بیش از ۷ سانتی‌متر؛ قطعات با زاویه ۸۵-۸۰ درجه و با آرایش متقابل تا نیمه‌متقابل دو طرف راشی قرار داشته و روی راشی می‌پوشاند. قاعده بالایی کاملاً مستقیم و قاعده زیرین مستقیم تا اندکی پهن شده است. تراکم رگبری ۲۰-۱۸ عدد در سانتی‌متر است (شکل ۳، ترسیم C؛ Plate 6 A, B).

- **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از رسوبات ژوراسیک میانی دره‌ای سوف، افغانستان (Jacob and Shukla, 1955)؛ ژوراسیک میانی مناطق ناچ، گجور، بلده (البرز) و هجک و ایشکی (کرمان) (Schweitzer et al., 2000)؛ ژوراسیک میانی معدن هَشونی (کرمان) (Vaez-Javadi and Mirzaie-Ataabadi, 2006)؛ آلن-باژوسن منطقه معدنی مزینو (واعظ‌جوادی و عباس‌زاده، ۱۴۰۰؛ Vaez-Javadi, 2014a) و آلن-باژوسین کوچکلی جنوبی (طبس) (Vaez-Javadi, 2018) گزارش شده است.

***Nilssonia pterophylloides* Nathorst 1879**

1879 *Nilssonia pterophylloides* Nathorst, p. 72; pl. 16, fig. 1; pl. 17, figs. 2-3.
2000 *Nilssonia* sp. cf. *N. pterophylloides*: Schweitzer et al.; p. 31; pl. 8, figs. 1-3; text-fig. 8a, b.
2014a *Nilssonia* sp. cf. *N. pterophylloides*: Vaez-Javadi; p. 40; pl. 7, fig. ۱.
- **توصیف:** برگ یک بار پنه، به درازای ۷/۸ سانتی‌متر، قطعات برگ تقسیم‌شده، خطی با بیش از ۴ سانتی‌متر درازا (درازای نهایی نامعلوم) با کناره‌های کامل، نوک نامشخص، قاعده زیرین پهن شده و قاعده بالایی گاه مستقیم و گاه پهن شده، برگ‌ها به میزان ۱-۱/۵ میلی‌متر از یکدیگر فاصله دارند. رگبرگ‌ها موازی، درشت، ساده هستند. تراکم رگبری ۱۰-۶ عدد در هر قطعه یا ۱۳-۱۵ عدد در سانتی‌متر است (شکل ۴، ترسیم C؛ Plate 1 C).

- **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از رسوبات رتین طزره (البرز)، رتین معدن پروده (طبس)، ابتدای ژوراسیک میانی ایشکی (حوضه کرمان) گزارش شده است (Schweitzer et al., 2000; Vaez-Javadi, 2014a). از آن جایی که این گونه دارای انتشار چینه‌شناسی گسترده‌ای است، سنگواره شاخص زمانی نیست.

Division Pinophyta

Class Pinopsida

Order Pinales

Family Taxodiaceae

Genus *Elatides* Heer 1876

Type species: *Elatides ovalis* Heer 1876

***Elatides thomasi* Harris 1979**

2000 *Nilssonia* sp. cf. *N. acuminata*: Schweitzer et al.; p. 41.

2014a *Nilssonia acuminata*: Vaez-Javadi; p. 39; pl. 5, fig. 2; fig. 2: 3-5.

- **توصیف:** برگ به درازای بیش از ۱۳/۲ سانتی‌متر، پهنک به قطعات برگ با درازای بیش از ۶ سانتی‌متر و پهنای متغیر تقسیم شده است. برگ‌ها با تمام قاعده و با کناره‌های کامل در بخش پروکسیمال پن با زاویه ۵۰-۴۵ درجه و در بخش دیستال آن با زاویه ۴۰ درجه به راشی متصل شده و روی آن را می‌پوشاند. رگبرگ‌ها، ساده، موازی و به تعداد ۱۳-۱۲ عدد در سانتی‌متر هستند و از قاعده تا انتها قابل ردیابی می‌باشند (شکل ۳، ترسیم A؛ Plate 3 C).

***Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga* Barnard & Miller 1976**

1976 *Nilssonia bozorga* Barnard & Miller, pp. 82-83; pl. 11, figs. 1-5; text-fig. 19 A-I.
2000 *Nilssonia bozorga*: Schweitzer et al.; p. 26; text-fig. 6; fold-out 2.
2006 *Nilssonia bozorga*: Vaez-Javadi & Mirzaie-Ataabadi; p. 79; figs. 4J, 13D.
2012 *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*: Vaez-Javadi & Abbassi; p. 40; fig. 3; fig. 4: 10.
2018 *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*: Vaez-Javadi & Abbassi; p. 93; pl. 1, fig. 1.
2022 *Nilssonia bozorga*: Vaez-Javadi & Abbaszadeh; pp. 211-212; fig. 3; pl. 3, fig. 1.

- **توصیف:** برگ به درازای ۱۹ سانتی‌متر، پهنک به قطعاتی با پهنای مختلف تقسیم شده است. شکل کلی آن سرنیزه‌ای وارونه (oblanceolate) است. راشی توسط قطعات برگ پوشانده شده است. برگ‌ها در قاعده مثلی بوده ولی در میانه دوزنقه‌ای با نوک گردشده هستند. تراکم رگبری ۱۳-۱۲ در سانتی‌متر است. به دلیل تراکم کمتر رگبری نسبت به گونه تیپ از واژه cf. استفاده شد (شکل ۴، ترسیم‌های A, B؛ Plate 3 B).

- **انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از رسوبات ژوراسیک میانی (دوگر) واسک‌گاه در البرز مرکزی (Barnard and Miller, 1976)؛ ژوراسیک میانی ایشکی، کرمان (Sweitzer et al., 2000)؛ دشت خاک، شمال باختر کرمان (Vaez-Javadi and Mirzaie-Ataabadi, 2006)؛ باژوسین سازند دانسیریت در منطقه بلده، البرز مرکزی (واعظ‌جوادی و عباسی، ۱۳۹۱)، آلن-باژوسین کوه‌های سلطانیه، جنوب زنجان (Vaez-Javadi and Abbassi, 2018) و آلن-باژوسین سازند هجک در چاه اکتشافی منطقه مزینو، جنوب‌باختر طبس (واعظ‌جوادی و عباس‌زاده، ۱۴۰۰) گزارش گردید. به این ترتیب، این گونه شاخص ژوراسیک میانی است.

***Nilssonia feriziensis* Fakhr 1975**

1977 *Nilssonia feriziensis* Fakhr, p. 219, pl. 28, figs. 3-5.
2000 *Nilssonia feriziensis*: Schweitzer et al.; p. 35; pl. 9, fig. 3; pl. 10, fig. 1; text-fig. 10 (fold-out 3).
2004 *Nilssonia feriziensis*: Vaez-Javadi & Pour Latifi; p. 101, pl. 3, figs. 2, 5.
2010 *Nilssonia feriziensis*: Saadat-Nejad et al.; p. 10; pl. 3, fig. 1.
2014a *Nilssonia feriziensis*: Vaez-Javadi; p. 132; pl. IV, fig. 5; fig. 3: 9.

- **توصیف:** برگ بزرگ اندازه به درازای بیش از ۲۲ سانتی‌متر؛ قطعات به درازای ۴/۲-۳/۶ سانتی‌متر با پهنای متفاوت و آرایش متقابل هم تا تقریباً مقابل که روی راشی را با زاویه ۸۰-۶۵ درجه می‌پوشاند. قاعده کامل تا کمی پهن شده، کناره‌های برگ کامل که به تدریج به سمت نوک باریک شده و به نوک گردساییده ختم می‌شود. رگبرگ‌ها ساده، موازی و به تعداد ۲۰-۱۹ عدد در سانتی‌متر است (Plate 5 A).

2018 *Elatides thomasi*: Vaez-Javadi; P.307, pl. 4, text-fig. B.

2020 *Elatides thomasi*: Mehdizadeh et al.; p. 94, pl. 7, fig. 7; pl. 9, fig. 25.

2022 *Elatides thomasi*: Vaez-Javadi & Abbaszadeh; p. 211; pl. 2, fig. 5.

– **توصیف:** این نمونه شاخه‌ای به طول تقریبی ۵/۴ سانتی‌متر با چهار انشعاب با آرایش مارپیچی است. برگ‌ها تمام سطح انشعابات را با آرایشی مارپیچی (spiral) می‌پوشانند. برگ‌ها در سمت پروکسیمال با تمام قاعده به ساقه چسبیده و در بخش دیستال آزاد و دور از محور ساقه قرار دارند. برگ‌ها کاملاً داسی شکل و با نوک تیز تا ساییده هستند. برگ‌ها به درازای تقریبی ۳ میلی‌متر و پهنای ۰/۱ میلی‌متر هستند (Plate 5 C, D).

– **انتشار جبهه‌شناسی و جغرافیایی:** این گونه از رسوبات ژوراسیک میانی یورک‌شایر، انگلستان (Harris, 1979)؛ طزره، زیراب، قزوین (البرز) (Schweitzer et al., 2000)؛ معدن هشونی (کرمان) (Vaez-Javadi and Mirzaie-Ataabadi, 2006)؛ کوچکعلی جنوبی، مزینو (طبس) (Vaez-Javadi, 2014a, 2018) و کالشانه و چاه‌رخنه (مهدیزاده، ۱۳۹۷؛ مهدیزاده و همکاران، ۱۳۹۹) گزارش شده است.

1979 *Elatides thomasi* Harris, pp. 74-77, pl. 2, figs. 8-13; text-figs. 33E, J, 35 A-G, K, L.

1996 *Elatides thomasi*: Schweitzer & Kirchner; pp. 103-113, pl. 5, figs. 1-5; pl. 6, figs. 1-8; pl. 7, figs. 1-10; pl. 8, figs. 1-7; text-figs. 11, 12a, b, 13-17, 18a-b, 19a-c, 20.

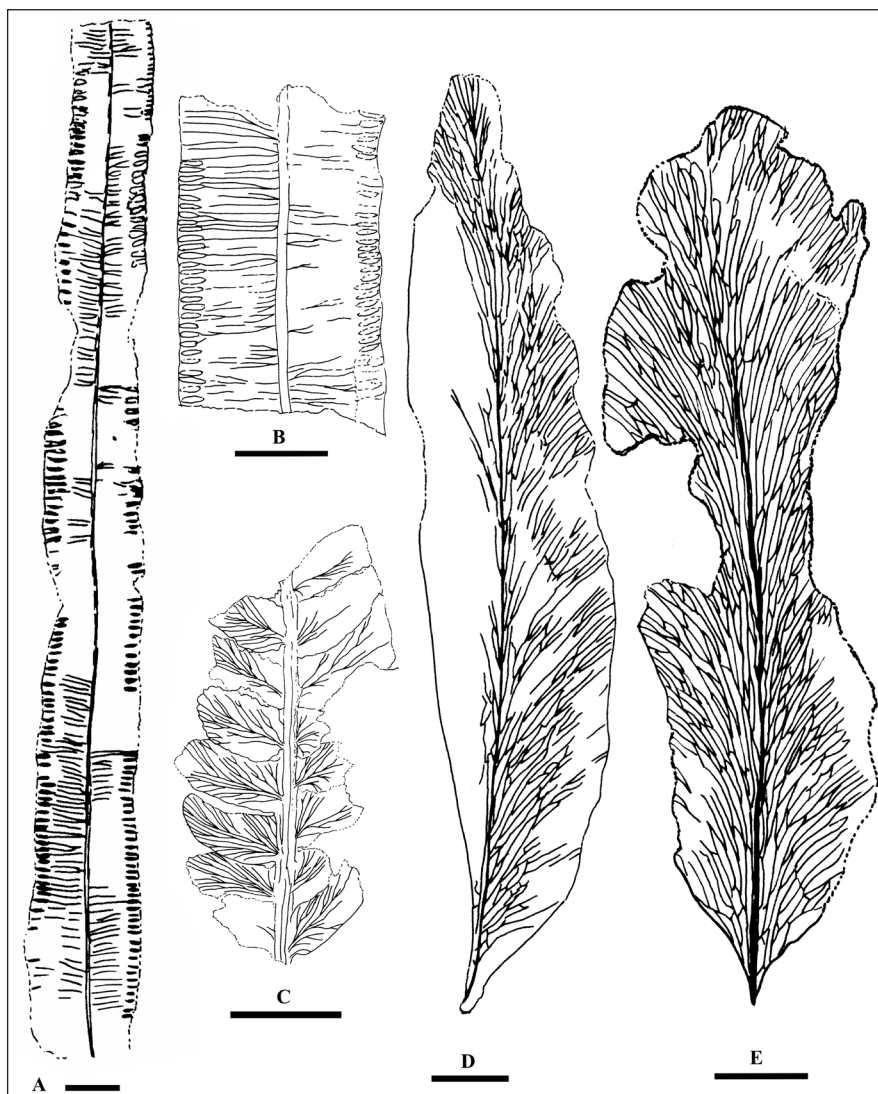
2002 *Elatides thomasi*: Saadat-Nejad; p. 293, pl. 48, fig. 6, pl. 49, figs. 1-6; pl. 50, figs. 1-5; pl. 51, figs. 1-4.

2006 *Elatides thomasi*: Vaez-Javadi & Mirzaie-Ataabadi; p. 92, figs. 6, 14F, 15C.

2009 *Elatides thomasi*: Vaez-Javadi; p. 153, pl. 34, fig. 3, pl. 37, figs. 1-2, text-fig. 24: 6.

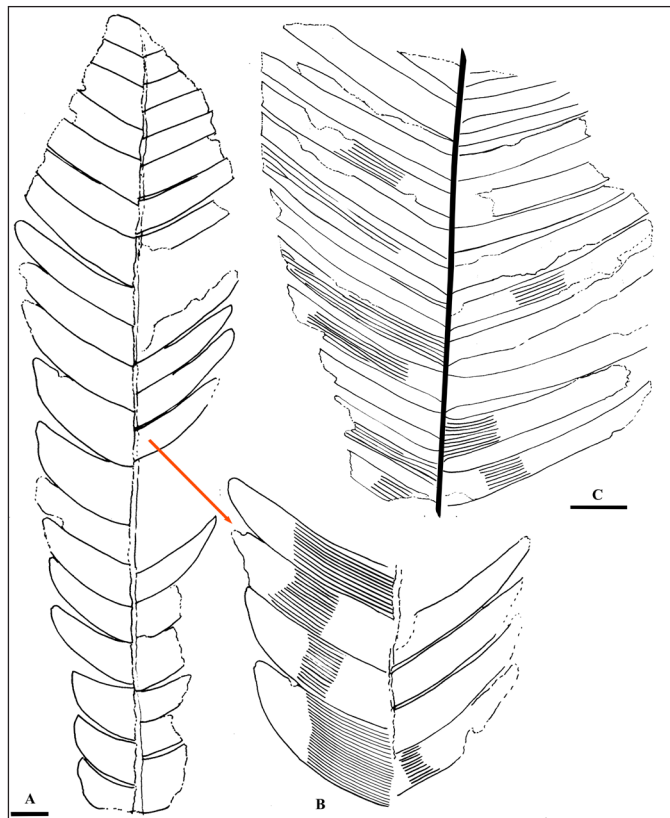
2012 *Elatides thomasi*: Vaez-Javadi; P. 231, pl. 4, fig. 2.

2014a *Elatides thomasi*: Vaez-Javadi; P. 97, pl. 18, figs. 1, 3, 4, 5; fig. 5: 7; fig. 8:1.



شکل ۲- A, B) *Marattiopsis intermedia*; C) *Lobifolia rotundifolia*; D) *Sagenopteris phillipsii*; E) *Sagenopteris nilssoniana*. میله مقیاس برابر یک سانتی‌متر است.

Figure 2- A, B) *Marattiopsis intermedia*; C) *Lobifolia rotundifolia*; D) *Sagenopteris phillipsii*; E) *Sagenopteris nilssoniana*. Scale bar is 1cm.



شکل ۴- A) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. bozorga*; B) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. bozorga*; C) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. pterophylloides*. Scale bar is 1cm.

Figure 4- A, B) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. bozorga*; C) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. pterophylloides*. Scale bar is 1cm.



شکل ۳- A) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. acuminata*; B) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. pterophylloides*; C) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. macrophylla*. Scale bar is 1cm.

Figure 3- A) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. acuminata*; B) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. pterophylloides*; C) *Nilssonsonia* sp. cf. *N. macrophylla*. Scale bar is 1cm.

۴- بحث

۴-۱- بررسی فراوانی نسبی تاکسون‌های ماکروفسیل‌های گیاهی

به منظور فهم، تحلیل و بازسازی پوشش گیاهی دیرینه، بررسی داده‌های آماری تعداد و تنوع تاکسون‌های یک مجموعه فسیلی از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. به این ترتیب، تعداد ۳۲۲ نمونه از ماکروفسیل‌های گیاهی منطقه معدن روباز تخت صفا شمارش شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که راسته سیکادال با ۴۱/۶۲٪، سرخس‌ها (فیلیکوفیت) با ۲۹/۵٪، سرخس‌های دانه‌دار (پتریدوسپرموفیت) با ۱۳/۳۵٪، مخروطیان با ۹/۹۳٪ به ترتیب دارای بیشترین فراوانی نسبی در بازه زمانی ژوراسیک میانی در این منطقه بوده‌اند (شکل ۵). همچنین، جنس‌های *Nilssonsonia* با ۴۰/۶۸٪، *Sagenopteris* با ۱۳/۳۵٪، *Marattiopsis* با ۸/۶۹٪، *Elatides* با ۷/۲۵٪، *Lobifolia* با ۶/۸۳٪ و *Coniopteris* با ۶/۵۲٪ بیشترین فراوانی نسبی را در مجموعه ماکروفسیل‌های گیاهی داشتند (شکل ۶).

۴-۲- تحلیل و بازسازی بوم‌شناسی دیرینه

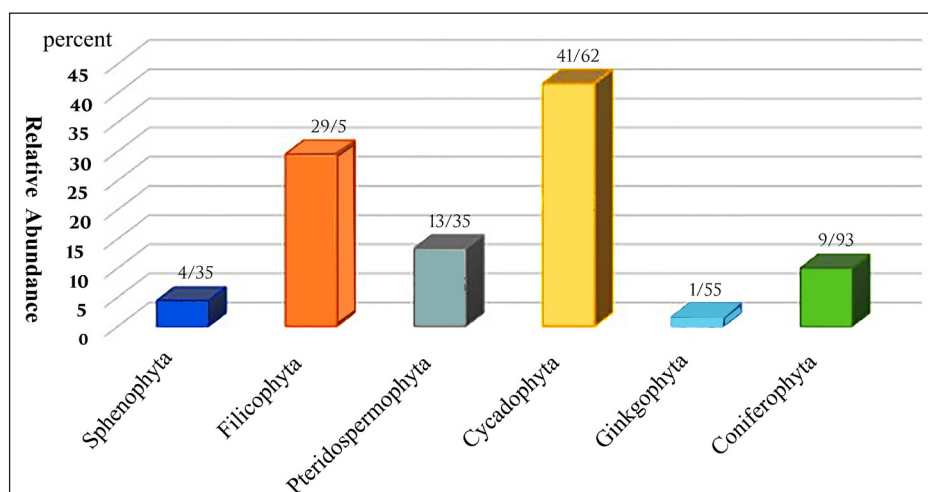
نظر به اینکه شرایط آب و هوایی در پایداری و بقای پوشش گیاهی از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد، داده‌های تفصیلی و ترکیبی از ماکروفسیل‌های گیاهی این منطقه فسیل دار در کفه طیس مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین، به منظور تحلیل و بازسازی با وضوح بالاتر، از چند روش بهره‌برده شد. روش مورفوکت (Rees et al., 2000) جهت شناسایی وضعیت آب و هوایی مجموعه گیاهان فسیلی استفاده می‌شود

به گونه‌ای که برای نام‌گذاری گروه‌های اصلی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی اساسی، پراکنش گیاهان در عرض‌های جغرافیایی متفاوت و انواع وضعیت‌های اقلیمی دیرینه استفاده شده که طی آن ۵ پهنه (زون) اصلی آب و هوایی یا «بیوم» را تعریف کردند: «بیوم سرد معتدل» در عرض جغرافیایی زیاد (۶۰ درجه شمالی) با تنوع گونه‌ای کم؛ «بیوم گرم معتدل» در عرض‌های جغرافیایی (۴۰ تا ۶۰ درجه شمالی) با تنوع بالای گونه‌ها و فراوانی سیکادوفیت‌های درشت‌برگ (ماکروفیل)؛ «بیوم خشک فصلی با بارش زمستانی» (winter wet) با گیاهان ریزبرگ؛ «بیوم بیابانی نیمه گرمسیری» جایی که تقریباً گیاه در آن حضور ندارد و «بیوم خشک فصلی با بارش تابستانی» (summer wet) که پیرامون خط استوا گسترش داشته و گیاهانی مانند سیکادها و گینکگوفیت در آن حضور ندارند. به این ترتیب، تمامی جنس‌های ژوراسیک در ۱۰ گروه اصلی ریخت‌شناسی برگ قرار داده شده که در نتیجه آن دو نوع عمده از نوع پوشش گیاهی در نمونه‌های ژوراسیک معرفی گردیدند: مناطقی با چیرگی مخروطیان و سیکادوفیت‌ها که نمایانگر «بیوم خشک» و کم ارتفاع و مناطقی با گیاهان درشت برگ از مخروطیان و گینکگوفیت که نمایانگر «بیوم سرد» و ارتفاعات بالاتر است. افزون‌براین، شاخص‌های سنگ‌شناسی مهم آب و هوایی مانند حضور زغال‌سنگ‌ها نشان دهنده وضعیت بارش < تبخیر و حضور رسوبات تبخیری مانند گچ گویای وضعیت تبخیر < بارش است.

بر مبنای جدول «تراز گیاهی» ارائه شده توسط ریس و همکاران (Rees et al., 2000)

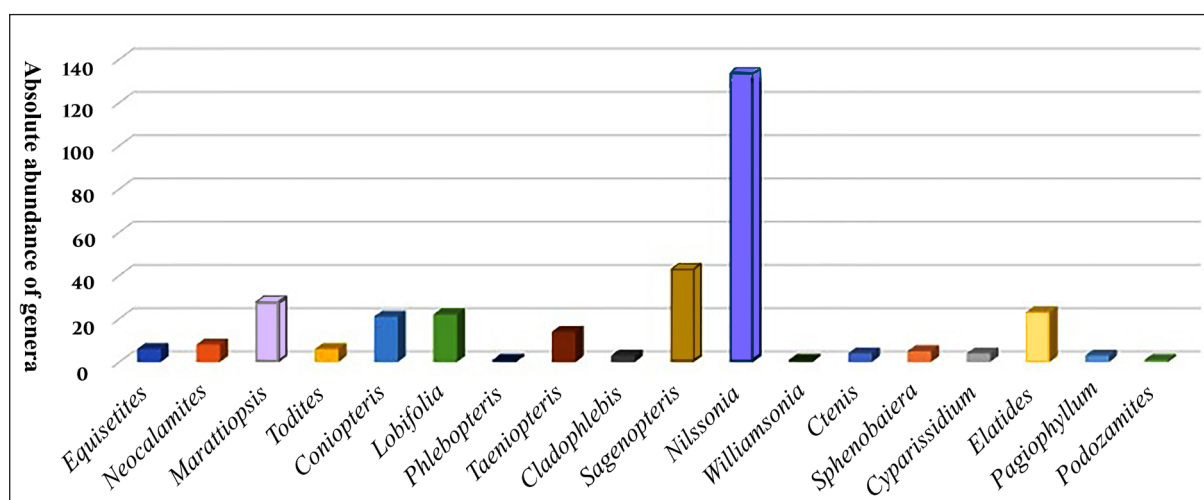
محاسبه گردید که نشان‌دهنده قرارگیری در میانه جدول تراز گیاهی است. با مقایسه این تراز با سایر مناطق مختلف کفه طیس در کوچکعلی شمالی، کوچکعلی جنوبی، معدن روباز مزینو، چاه اکتشافی مزینو، جعفرآباد، چاه رخنه، کالشور و کالشانه (کفه طیس) که به ترتیب دارای نمره تراز: ۵۶/۲، ۵۵/۲، ۵۳/۵، ۵۴/۸۹، ۵۸/۵، ۵۶/۳، ۵۶/۳ و ۶۹ و ۵۹/۸ (جدول ۱) هستند «بیوم گرم معتدل» در این فاصله زمانی مورد تاکید قرار می‌دهد.

و ارزیابی نمره میانگین آن تفسیر وضعیت آب و هوایی امکان پذیر می‌شود. آن‌ها در این روش با کمی سازی اطلاعات گردآوری شده بر اساس دو متغیر عرض جغرافیایی و جنس برگ جدولی را تنظیم نموده و با محاسبه میانگین اعداد مربوط به جنس برگ‌های موجود در هر منطقه و تلفیق آن با عرض جغرافیایی مکان مورد مطالعه توانستند وضعیت شرایط آب و هوایی آن محل جغرافیایی را ارزیابی نمایند. براساس این روش، «نمره تراز گیاهی» (Floral gradient) معدن روباز تخت صفار ۵۷/۸۳



شکل ۵- نمودار فراوانی نسبی شاخه‌های مختلف ماکروفسیل گیاهی در منطقه معدنی تخت صفار.

Figure 5. Chart of Relative abundance of various plant macrofossil divisions in the Takht-e-Saffar mine area.



شکل ۶- نمودار فراوانی مطلق جنس‌های مختلف ماکروفسیل گیاهی در منطقه معدنی تخت صفار.

Figure 6. Chart of absolute abundance of various plant macrofossil genera in the Takht-e-Saffar mine area.

جدول ۱- نمره تراز گیاهی مناطق مختلف کفه طبس (واعظ جواد و نامجو، ۱۳۹۴؛ Vaez-Javadi, 2014a, 2018; Mehdizadeh et al., 2019, 2020; Vaez-Javadi, 2016; Mehdizadeh, 2019, and this study).
جواد، ۱۳۹۴؛ مهدیزاده، ۱۳۹۷؛ این مطالعه).

Table 1. Floral gradient score of several areas in the Tabas Block (Vaez-Javadi and Namjoo, 2016; Vaez-Javadi, 2014a, 2018; Mehdizadeh et al., 2019, 2020; Vaez-Javadi, 2016; Mehdizadeh, 2019, and this study).

Genus	Floral gradient score	Locality								
		North Kouchekali	South Kouchekali	Mazino open mine	Mazino borehole	Jafar Abad	Chahrekhneh	Calshour	Calshaneh	Takht-e-Saffar mine
<i>Raphaelia</i>	100									
<i>Lycopodites</i>	91									
<i>Phoenicopsis</i>	89									
<i>Czekanowskia</i>	87									
<i>Desmiophyllum</i>	85									
<i>Pityophyllum</i>	84									
<i>Sphenobaiera</i>	81			*					*	*
<i>Ginkgo</i>	78	*	*				*		*	
<i>Taxocladus</i>	78									
<i>Baiera</i>	78				*					
<i>Hausmannia</i>	77									
<i>Pseudotorellia</i>	76									
<i>Equisetites</i>	76	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Podozamites</i>	72	*	*	*			*	*	*	*
<i>Coniopteris</i>	72	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cladophlebis</i>	70	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Anomozamites</i>	64	*	*							
<i>Ctenis</i>	60	*					*		*	*
<i>Elatides</i>	57	*	*	*	*	*	*			*
<i>Nilssonia</i>	55	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Elatocladus</i>	52	*	*							
<i>Todites</i>	52	*	*	*			*			*
<i>Sphenopteris</i>	51									
<i>Taeniopteris</i>	50		*		*		*			*
<i>Pterophyllum</i>	45	*	*	*						
<i>Pagiophyllum</i>	28			*						*
<i>Sagenopteris</i>	21	*	*	*	*	*	*		*	*
<i>Pachypteris</i>	17									
<i>Ptilophyllum</i>	13	*	*	*	*		*		*	
<i>Brachyphyllum</i>	9									
<i>Otozamites</i>	9									
<i>Zamites</i>	0									
Average score		56.2	55.5	53.5	54.89	58.5	56.3	69	59.8	57.83

به گونه‌ای که در الگوی گیاه-بوم، راسته گینکگوال به عنوان مزوفیت و مزوترمیک طبقه‌بندی می‌شود درحالی که راسته بنتیتال به عنوان هایگروفیت و مگاترمیک تلقی می‌گردد. آن‌ها این سبک از الگو را برای تجزیه و تحلیل محیط‌زیست‌دیرینه و تنوع آب و هوای دیرینه به کار گرفتند. آن‌ها اصطلاح EPH را برای تفکیک گیاهان به ۵ گروه از گیاهان هایگروفیت (Hygrophytes) (گیاهانی که در خاک اشباع از آب یا آب زیست می‌کنند)؛ رطوبت‌دوست (Hydrophytes)؛ شرایط میانه یا معتدل‌پسند (Mesophytes)؛ خشکی‌پسند (Xerophytes)؛ با دامنه گستره تاب‌آوری محیطی یا یوریت (Euryphytes) به کار بردند. همچنین، اصطلاح EPT برای گروه‌های چهارگانه: مگاترمیک (Megathermic)، مزوترمیک (Microthermic)، میکروترمیک (Mesothermic) و یوریت (Eurythermic) به کار گرفتند. گیاهان مگاترمیک در مناطق گرم تا نیمه گرم با متوسط دمای سالیانه هوا بالای ۲۰ درجه زیست می‌کنند. گیاهان مزوترمیک در مناطقی با متوسط دمای سالیانه هوا بین ۱۴ تا ۲۰ درجه؛ میکروترمیک در مناطقی با دمای متوسط سالیانه زیر ۱۴ درجه، مناطق معتدل خنک، پایین پهنه قطبی زیست می‌نمایند. گیاهان یوریت‌ترمیک قادر به تحمل طیف گسترده‌ای از تغییرات دمایی هستند. بدین ترتیب، اکوتیستال و لایکوپودیال، گیاهانی هایگروفیت و یوریت‌ترمیک بوده؛ اعضای راسته کی‌تونیا، گیاهی هایگروفیت و مگاترمیک و اعضای راسته سیکادال، گیاهانی مزوفیت و مگاترمیک هستند (جدول ۲) (Zhang et al., 2021).

به طور کلی اعضای شاخه‌های سفنوفیت و سرخس‌ها شرایط محیطی مرطوب و گرم، مناطق پست دشت‌های مردابی (lowland marsh) یا کنار رودخانه‌ای را خاطرنشان می‌سازند. بدین ترتیب، جنس *Equisetites* با محیط‌های مرطوب و گرم و حتی باتلاقی مرتبط است (Barbacka, 2009; Costamagna et al., 2017). سرخس‌هایی با برگ‌های پهن و بزرگ اندازه زیستگاه‌های مرطوب مانند *Dictyophyllum* مناطق باتلاقی و رودخانه‌ای را می‌پسندند. در هرحال، سرخس‌ها به طور عموم، زیستگاه‌های سایه‌دار، مرطوب، معتدل تا گرم را خاطرنشان می‌سازند (Abbink et al., 2004; van Konijnenburg-van Cittert, 2002). اعضای راسته سیکادال مانند خانواده نیلسونیاسه (جنس نیلسونیا) در خلال مزوزویک در مناطق پایین‌دست دشت و در نواحی نیمه گرمسیری با آب و هوایی گرم به همراه برخی گینکگوفیت‌ها و مخروطیانی که در مناطق جنگلی باز می‌زیستند، حضور داشته باشند (Batten, 1974; van Konijnenburg-van Cittert and van der Burgh, 1989; Kustatscher et al., 2010). مخروطیان عموماً، مناطق مرتفع و بالادست حوضه (upland) را برای زیستن ترجیح می‌دادند.

ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2021) بر مبنای شرایط دمایی و آب‌شناسی، گیاهان را به گروه‌های مختلف بوم‌شناختی (Eco-Plant) متأثر از رطوبت یا EPH (effect of humidity) و متأثر از دما EPT (effect of temperature) تقسیم‌بندی نمودند

جدول ۲- گیاهان مزوزویک و انتساب آن‌ها به الگوی گیاه-بوم (Eco-Plant) با رویکرد تأثیر رطوبت (EPH) و تأثیر دما (EPT) بر جنس‌های گیاهی فیسیلی وابسته به آن (برگرفته از ژانگ و همکاران - Zhang et al., 2021 با اصلاحات).

Table 2. Mesozoic plants and their assignment to Eco-Plant model indicating humidity (EPH) as well as temperature (EPT) demands and related macrofossil taxa proxies (modified after Zhang et al., 2021).

Division	Family/Order	EPH	EPT	Genus
Sphenophyte	Equisetales	Hygrophytes	Eurythermic	<i>Equisetites</i>
Filicophyte	Marattiales	Hygrophytes	Megathermic	<i>Marattiopsis</i>
	Gleicheniales	Mesophytes	Megathermic	<i>Coniopteris</i>
Pteridospermophyte	Caytoniaceae	Hygrophytes	Megathermic	<i>Sagenopteris</i>
Coniferophyte	Cupressaceae	Euryphytes	Eurythermic	<i>Elatides</i>
Cycadophyte	Cycadales	Mesophytes	Megathermic	<i>Nissonia</i>
Ginkgophyte	Ginkgoales	Mesophytes	Mesothermic	<i>Sphenobaiera</i>

Cupressales هستند (Watson, 1988; Zhang et al., 2021). این گروه به طور معمول در فضای باز بالای سایبان جنگل گسترش دارند و زیر سایبان سایر گیاهان قادر به رشد و بازسازی نیستند. راسته Cupressales شامل یک خانواده Cupressaceae است (Christenhusz et al., 2011). این گروه شامل درختانی کوچک اندازه تا بزرگ اندازه هستند و در خلال مزوزویک در تمامی جهان پراکنده بودند (Taylor et al., 2009). از دیدگاه بوم‌شناسی، بسیاری از گونه‌های موجود کاملاً مزیک (mesic) هستند و بیشتر در مناطقی با بارندگی زیاد و به طور کلی رطوبت بالا، عمدتاً در کناره‌های کوه‌ها دیده می‌شوند، اما گاهی اوقات به سمت رودخانه و مناطق باتلاقی پایین دره گسترش می‌یابند. جنس *Elatides* نماینده این خانواده است (Kremp and Ames, 1962; Srivastava, 1987). راسته سیکادال شامل دو خانواده سیکاداسه و زامیاسه (Cycadaceae, Zamiaceae) است. اعضای این خانواده‌ها عمدتاً در نواحی

شاخه پتریدوسپرموفیت با راسته کی‌تونیا در این منطقه حضور دارد. گونه‌های این راسته عموماً دارای انتشار جهانی (cosmopolitan) هستند و ترجیحاً به صورت درختچه‌های کم ارتفاع در مجموعه های گیاهی مزوزویک حضور دارند (Krassilov, 1977; Taylor and Taylor, 2009). این گیاهان در محیط‌های دلتایی یا دشت سیلابی که در آن دسترسی آب فراوان بوده و در زیر سایه سایر گیاهان خزان‌پذیر زندگی می‌کردند (Harris, 1964; Rees, 1993; van Konijnenburg-van Cittert, 1971). این گیاهان اساساً در نواحی نیمه گرمسیری هر دو نیم کره شمالی و جنوبی می‌زیستند (Vakhrameev, 1991). جنس *Sagenopteris* با دو گونه *S. phillipsii* و *nilssoniana* S. فراوانی نسبی ۱۳/۳۵ درصد بیانگر وجود محیط دلتایی در این بازه زمانی در این منطقه بوده است. شاخه کونیفروفیت از بازدانگان شامل سه راسته آروکاریال، چایرولیپیدیال و کوپرسال (Araucariales, Chirolepidiales, and

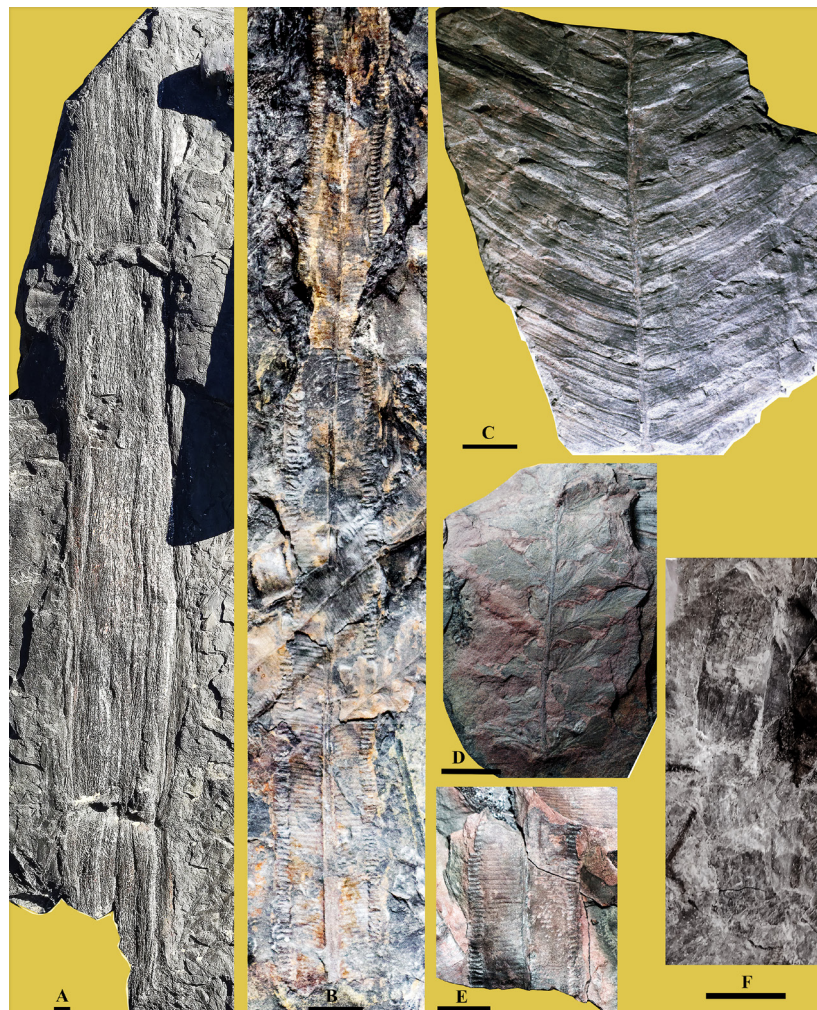
گرمسیری تا نیمه گرمسیری گسترش داشتند (Christenhusz et al., 2011). جنس *Nilssonia* نماینده خانواده سیکاداسه می‌باشد که در تمامی پهنه ایران از البرز، کرمان و طبس گسترش بسیار خوبی دارد. بنابراین، مجموعه پوشش گیاهی از نظر بوم‌شناختی، وضعیت چیره مزوفیت /محدود هایگروفیت و چیره مگاترمیک/ محدود یوری‌ترمیک را در خلال بازه زمانی آلن-باژوسین منطقه معدنی تخت صفار پیشنهاد می‌نماید.

۵- نتیجه‌گیری

ماکروفسیل‌های گیاهی رسوبات سازند هجک معدن زغال‌سنگ روباز تخت‌صفار واقع در جنوب‌باختر طبس دارای نمونه‌های فسیلی متنوع و بسیار خوب حفظ‌شده‌ای است. این سازند دربردارنده ۲۳ گونه ماکروفسیل گیاهی متعلق به ۱۴ جنس از راسته‌های مختلف اکوبی‌ستال، ماراسیال، اُسموندال، فلیکال، کی‌تونیل، سیکادال، گینکگوال و پائیتال است. با توجه به حضور گونه‌های شاخص فسیل گیاهی مانند *Equisetites* sp. cf. *E. beanii*، *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*

این مجموعه گیاهی به زمان ژوراسیک میانی (آلن-باژوسین) تعلق دارد. افزون بر این، نمره میانگین «تراز گیاهی» این مجموعه فسیلی، عدد ۵۷/۸۳ محاسبه گردید. نمره میانگین «تراز گیاهی» مناطق مختلف کفه طبس در کوچکعلی شمالی، کوچکعلی جنوبی، معدن روباز مزینو، چاه اکتشافی مزینو، جعفرآباد، چاه رخنه، کالشانه و کلشور (کفه طبس) به ترتیب عبارت است از: ۵۶/۲، ۵۵/۲، ۵۳/۵، ۵۴/۸۹، ۵۸/۵، ۵۶/۳، ۵۹/۸ و ۶۹. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در این فاصله زمانی، یک «پهنه آب و هوایی (بیوم) گرم معتدل» چیرگی داشته است. از سوی دیگر، شواهد سنگ‌شناختی مانند لایه‌های زغال، شرایط مرطوب را خاطرنشان می‌سازد. همچنین، جنس *Nilssonia* به عنوان نماینده خانواده سیکاداسه در تمامی پهنه ایران از البرز، کرمان و طبس گسترش بسیار خوبی دارد. به این ترتیب، مجموعه پوشش گیاهی به لحاظ بوم‌شناختی، وضعیت چیره مزوفیت /محدود هایگروفیت و چیره مگاترمیک/ محدود یوری‌ترمیک را در خلال بازه زمانی آلن-باژوسین منطقه معدنی تخت صفار خاطر نشان می‌نماید.

Plate 1



A) *Equisetites* sp. cf. *E. beanii*; B, E) *Marattiopsis intermedia*; C) *Nilssonia* sp. cf. *N. pterophylloides*
D- *Coniopteris hymenophylloides*; F) *Equisetites* sp. cf. *E. columnaris*. Scale bar is 1cm

Plate 2



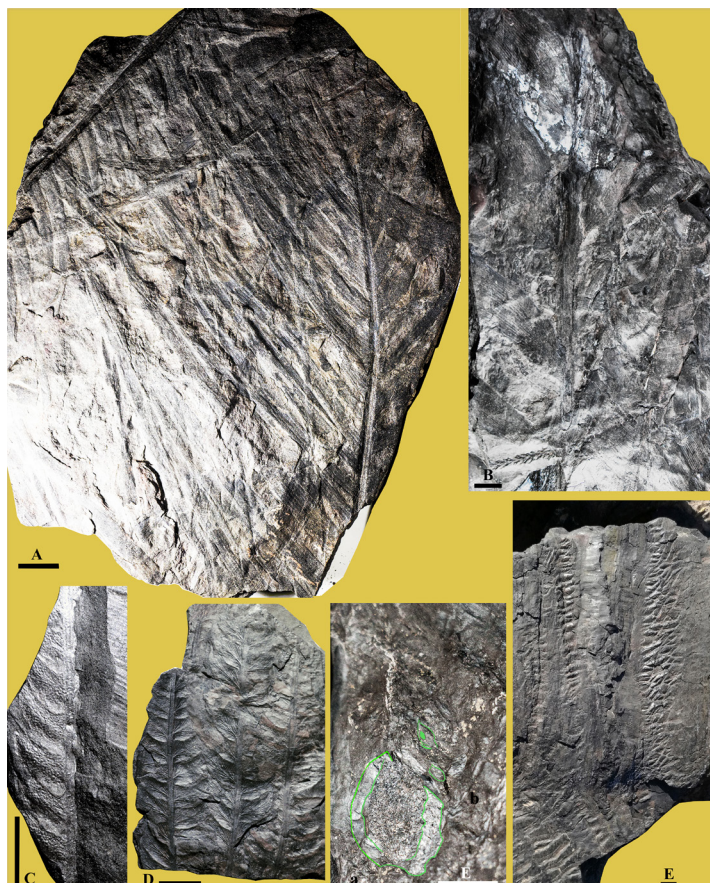
A) *Sagenopteris phillipsii*; Ba) *Sphenobaiera* sp.;
Bb) *Sagenopteris nilssoniana*; C) *Lobifolia rotundifolia*;
D) *Lobifolia iranica*; E) *Taeniopteris intermedia*. Scale
bar is 1cm.

Plate 3



A) *Taeniopteris intermedia*; B) *Nilssonia* sp. cf. *N. bozorga*; C) *Nilssonia* sp. cf. *N. acuminata*. Scale bar
is 1cm.

Plate 4



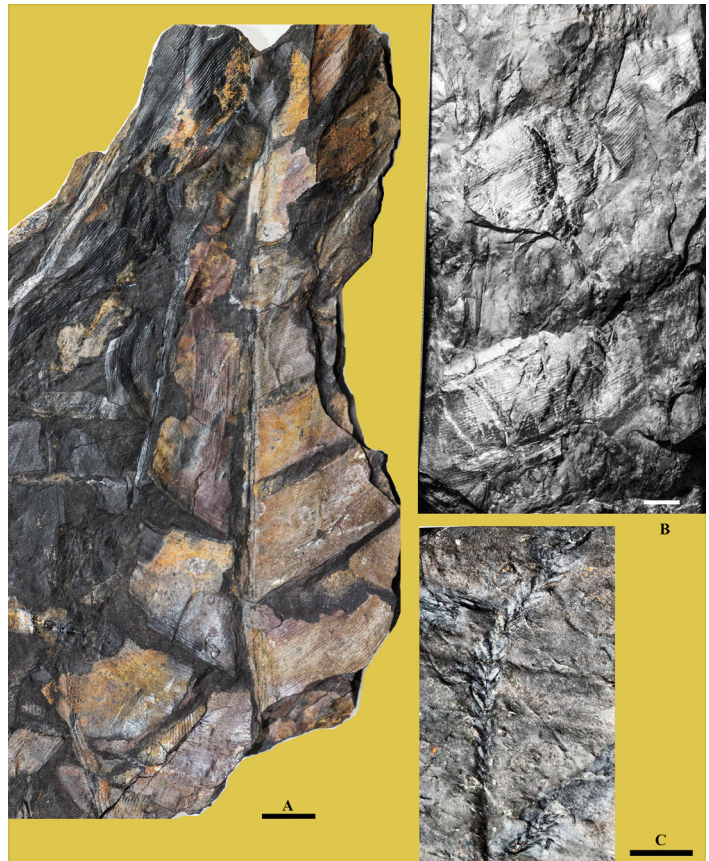
A) *Nilssonia pterophylloides*; B) *Podozamites distans*; C) *Todites fakhrii*; D) *Lobifolia rotundifolia*; E) *Williamsonia* sp.; F) cf. *Androstrobus* sp. Scale bar is 1cm.

Plate 5



A) *Nilssonia feriziensis*; B) *Elatides* sp. cf. *E. thomasi*; C, D) *Elatides thomasi*; E) *Cyparissidium* sp.; F) *Pagiophyllum insigne*. Scale bar is 1 cm.

Plate 6



A) *Nilssonia macrophylla*; B) *Nilssonia* sp. cf. *N. macrophylla*; C) *Cyparissidium* sp. Scale bar is 1cm.

کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۷۷، چینه‌شناسی ژوراسیک ایران، جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران، تهران، ۳۵۵ ص.
- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۹۳، فرهنگ چینه‌شناسی ایران. جلد چهارم. ژوراسیک. نشر رُهی، تهران، ۵۴۴ ص.
- آقاباتی، س.ع. و حقی‌پور، ع.، ۱۳۵۷، نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی طبرستان، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش ۳، شماره ۱۷، شماره ۴.
- خلیلی‌زاده، ح.، عاشوری، ع. و قادری، ع.، ۱۳۹۹، ماکروفسیل‌های گیاهی سازند هجدک و تحلیل آب و هوای دیرینه در برش چینه‌شناسی سراپرده، شمال کرمان (ایران مرکزی). علوم زمین خوارزمی، جلد ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان، ص ۲۹۴-۲۶۵.
- سعادت‌نژاد، ج.، قادری، ع. و نعمی‌قصابیان، ن.، ۱۳۸۸، مطالعه و معرفی ماکروفسیل‌های گیاهی نوآرسین-باژوسین منطقه گراخک شاندیز، شمال خاور ایران. رخساره‌های رسوبی، جلد ۲، شماره ۲، زمستان، ص ۲۸-۱.
- مهدیزاده، ا.، ۱۳۹۷، زیست‌چینه‌نگاری و تحلیل تطبیقی ماکروفسیل‌های گیاهی ژوراسیک میانی منطقه طبرستان و یزد و تهیه نقشه پراکنش پوشش گیاهی دیرینه. پایان‌نامه دکتری، واحد پردیس بین‌الملل، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۲۲۵.
- مهدیزاده، ا.، واعظ‌جواد، ف.، عاشوری، ع. و قادری، ع.، ۱۳۹۷، معرفی ماکروفسیل‌های گیاهی و زیست‌چینه‌نگاری منطقه کالشور در جنوب غرب طبرستان، نشریه علوم زمین دانشگاه خوارزمی، جلد ۴، شماره ۲، ص ۲۴۰-۲۱۳.
- مهدیزاده، ا.، واعظ‌جواد، ف.، عاشوری، ع. و قادری، ع.، ۱۳۹۹، زیست‌چینه‌نگاری ماکروفسیل‌های گیاهی سازند هجدک منطقه چاه‌رخنه، جنوب غرب طبرستان و تحلیل آب و هوای دیرینه، مجله دانش زمین، دانشگاه شهید بهشتی، شماره ۴۳، ص ۱۱۲-۸۹. doi: 10.52547/esrj.11.3.89
- واعظ‌جواد، ف.، ۱۳۸۷، ماکروفسیل‌های گیاهی ایران. سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ص ۲۳۶.
- واعظ‌جواد، ف.، ۱۳۹۲، معرفی ماکروفسیل‌های گیاهی منطقه جعفرآباد، غرب طبرستان و تفسیر آب و هوای دیرینه آن، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، جلد ۵۱، شماره ۲، ص ۸۶-۶۷.
- واعظ‌جواد، ف.، ۱۳۹۴، معرفی ماکروفسیل‌های گیاهی و زیست‌چینه‌نگاری برش کالشان، شمال غرب طبرستان و تحلیل آب و هوای دیرینه، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، جلد ۶۱، شماره ۴، ص ۱۰۵-۱۲۳.
- واعظ‌جواد، ف. و پورلطیفی، ع.، ۱۳۸۳، معرفی چند ماکروفسیل گیاهی از گل‌مکان، شمال خاور ایران. فصلنامه علوم زمین، بهار و تابستان، دوره یازدهم، پیاپی ۵۲-۵۱، ص ۱۰۷-۹۸.
- واعظ‌جواد، ف. و عباسی، ن.، ۱۳۹۱، معرفی ماکروفسیل‌های گیاهی منطقه بلده (البرز مرکزی)، تعیین سن و بیوستراتیگرافی آنها، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، جلد ۴۸، شماره ۳، ص ۶۴-۳۷.
- واعظ‌جواد، ف. و نامجو، ش.، ۱۳۹۴، زیست‌چینه‌نگاری سازند هجدک در کوچک‌ملی شمالی، باختر طبرستان، تحلیل آب و هوایی آن و تطابق با سایر فلوریزون‌های هم‌ارز ایران، نشریه علمی-پژوهشی دیرینه‌شناسی، دوره ۳، شماره ۲، ص ۲۲۰-۲۴۳.
- واعظ‌جواد، ف. و عباس‌زاده، م.، ۱۴۰۰، زیست‌چینه‌نگاری ماکروفسیل‌های گیاهی مزینو، جنوب باختر طبرستان، خاور ایران مرکزی و تحلیل دیرینه بوم‌شناسی آن. فصلنامه علوم زمین، زمستان، دوره سی‌ودوم، پیاپی ۱۲۶، شماره ۴، ص ۲۲۶-۲۰۹. doi: 10.22071/GSJ.2022.307599.1937

References

- Abbink, O.A., van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., and Visscher, H., 2004. A sporomorph ecogroup model of the Northwest European Jurassic – Lower Cretaceous: concepts and framework. *Nether. J. Geos. / Geol. Mijnbouw*, 83, 17-38.
- Aghanabati, S.A., 1998. *Jurassic stratigraphy of Iran. Vol. 1, Geological Survey of Iran, 355p (In Persian)*.
- Aghanabati, S.A., 2014. *Stratigraphic Lexicon of Iran. Vol. 4, Jurassic. Geol. Sur. Iran, Rahi Pub., Tehran. 544 p (In Persian)*.
- Aghanabati, S.A., and Haghi-Pour, A., 1978. *Geological map of Tabas, 1: 250000, No. 17, Report 3 (4), Geol. Sur. Iran, Tehran (In Persian)*.
- Alavi, M., Vaziri, H., Seyed-Emami, K., and Lasemi, Y., 1997. The Triassic and associated rocks of the Nakhlak and Aghdarband areas in central and northeastern Iran as remnants of the southern Turanian active continental margin. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 109 (12), 1563–1575.
- Ameri, H., 2018. The Bajocian–Bathonian plant fossil from the Hojedk formation, Lenjan section, Kerman, Iran. *Arab. J. Geosc.*, 11 (66), 2–11. doi:10.1007/s12517-017-3339-8.
- Assereto, R., 1966. The Jurassic Shemshak Formation in Central Elburz (Iran). *Riv. Ital. Paleon. Strat.*, 72 (4), 1133-1182.
- Badihagh, M. T., Sajjadi, F., Farmani, T., and Uhl, D., 2019. Middle Jurassic palaeoenvironment and palaeobiogeography of the Tabas Block, Central Iran: palynological and palaeobotanical Investigations. *Palaeobiod. Palaeoenvir.*, 99, 379–399. doi:10.1007/s12549-018-0361-0.
- Barbacka, M., 2009. Sphenophyta from the Early Jurassic of the Mecsek Mountains, Hungary. *Acta Palaeob.*, 49(2), 221–231.
- Barnard, P.D.W., and Miller, J.C., 1976. Flora of the Shemshak Formation (Elburz, Iran), Part 3: Middle Jurassic (Dogger) plants from Khatumbargah, Vasekgah and Imam Manak. *Palaeontogr. B*, 155: 31-117.
- Batten, D.J., 1974. Wealden palaeoecology from the distribution of plant fossils. *Proc. Geol. Assoc.*, 85(4), 433-458.
- Beckett, P.H., 1956. Coal deposits near Kerman, South Persia. *Econ. Geol.*, 51, 197-198.
- Berberian, N., and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canad. J. Earth Sci.*, 18, 210-265.
- Berra, F., Angiolini, L., Zanchi, A., Vezzoli, G., Zanchetta, S., Bergomi, M., Vachard, D., Javadi, H. R., and Kouhpeyma, M., 2017. The upper Palaeozoic Godar-e-Siah Complex of Jandaq: Evidence and significance of a North Palaeotethyan succession in Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, V. 138, pp. 272-290.
- Brongniart, A.T., 1828b-1838. Histoire des végétaux fossiles, ou Recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermes dans les diverses couches du globe. vol. I. G. Dufour et E. D’Ocagne, Paris. 488 p.
- Bunbury, C., 1851. On some Fossil Plants from the Jurassic Strata of the Yorkshire Coast. *Quart. J. Geol. Soc.*, 7, 179-194.
- Christenhusz, M.J.M., Reveal, J.L., Farjon, A., Gardner, M.F., Mill, R.R., and Chase, M.W., 2011. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa*, 19, 55–70.
- Costamagna, L.G., Kustatscher, E., Scanu, G.G. Del Rio, M., Pittau, P., and van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., 2017. A palaeoenvironmental reconstruction of the Middle Jurassic of Sardinia (Italy) based on integrated palaeobotanical, palynological and lithofacies data assessment. *Palaeobio. Palaeoenvir.*, 98 (2), doi: 10.1007/s12549-017-0306-z.
- Doludenko, M.P., and Orlovskaja, E.R., 1976. Jurassic Flora of the Karatau. *Akad. Nauk SSSR, Transac.*, 284, 262 p.
- Fakhr, M.S., 1975. Contribution a l’étude de la flore rheto-liassique de la formation de Shemshak de l’Elburz (Iran). Ph. D Thesis, Uni. Pierre et Marie Curie Paris VI; Publication du Laboratoire de Paleobotanique de l’Université Paris VI, no. 2; 421 p.
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M., and Seyed-Emami, K. 2009. Lithostratigraphy of the Upper Triassic-Middle Jurassic Shemshak Group of northern Iran. *Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, 312, 120-160.
- Halle, T.G., 1913. The Mesozoic flora of Graham Land. *Wissensch. Ergeb. Schwed. Sudp.-Exp.*, 3 (14), 123 p.
- Harris, T.M., 1961. The Yorkshire Jurassic Flora, I. Thallophyta-Pteridophyta. *Trust. Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, London, 212 p.
- Harris, T.M., 1964. The Yorkshire Jurassic Flora Vol. II: Caytoniales, Cycadales & Pteridosperms. *Trust. Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, London, 191 p.
- Harris, T.M., 1979. The Yorkshire Jurassic Flora, V. Coniferales. *Trust. Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, London, 166 p.
- Jacob, K., and Shukla, B.N., 1955. Jurassic plant from the Saighan series of northern Afghanistan and their palaeoclimatological palaeogeographical significance. *Mem. Geol. Sur. India, Palaeon. Indica, N. Sr.*, 33(2), 1-64.
- Khalilzadeh, H., Ashouri, A., and Ghaderi, A., 2017. *Plant macrofossil from Hojedk Formation and its palaeoclimate analysis in the Sarapardeh section, North Kerman (Central Iran). Kharazmi Geos.*, 6 (2), 265-294. (In Persian).
- Kilpper, K., 1964. Über eine Rat-Lias Flora aus dem nordlichen Abfall des Alburz Gebirges in Nord Iran, I: Bryophyta – Pteridophyta. *Palaeontogr. B*, 114(1-3), 1-78.
- Krassilov, V.A., 1977. Contributions to the knowledge of Caytoniales. *Rev. Palaeob. Palyn.*, 24: 155–178.
- Kremp, G.O.W., and Ames, H.T., 1962. Catalog of fossil spores and pollen. Volume 14: Mesozoic and Tertiary Spores and Pollen. University Park, Pennsylvania.
- Kustatscher, E., Van Konijnenburg-van Cittert, J. H. A., and Roghi, G., 2010. Macrofloras and palynomorphs as possible proxies for palaeoclimatic and palaeoecological studies: A case study from the Pelsonian (Middle Triassic) of Kuhwiesenkopf/Monte Pra della Vacca (Olang Dolomites, N-Italy). *Palaeogeog., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 290, 71–80.

- Macleod, S.E., and Hills, L.V., 1991. Worldwide stratigraphy distribution of selected Jurassic-Cretaceous plant macrofossils and their significance to the northern Bowser, British Columbia, Canada. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 70, 47-65.
- Makarewiczówna, A., 1928. Étude sur la flore fossile du Lias inférieur des environs d'Ostrowiec, Pologne. *Trav. Soc. Sci. Lett. Wilno*, 4, 94-145 (In Polish with French summary).
- Mehdizadeh, A., 2019. *Biostratigraphy and corresponding analysis of Middle Jurassic plant macrofossils of Tabas and Yazd areas*. Ph. D Thesis. International Campus, University of Ferdowsi, Mashhad, 225p. (In Persian).
- Mehdizadeh, A., Vaez-Javadi, F., Ashouri, A., and Ghaderi, A., 2019. *Biostratigraphy of Hojedk Formation in Calshur area, southwest Tabas based on plant macrofossils and palaeoclimate analysis*. *J. Kharazmi Geos.*, 4 (2), 213-240. (In Persian).
- Mehdizadeh, A., Vaez-Javadi, F., Ashouri, A., and Ghaderi, A., 2020. *Biostratigraphy of Hojedk Formation in Chahrehkneh, southwest Tabas based on plant macrofossils and palaeoclimate analysis*. *Geos. Res.*, 43, 89-112. (In Persian). doi: 10.52547/esrj.11.3.89.
- Möller, H., 1902. Bidrig till Botnholms fossila flora, Pteridoofyter. *Lund Univ. Arsskr.*, 38 (2, 5), 63 p.
- Münster, G.Z., 1836. Über einige neue Pflanzen in der Keuper-Formation bei Bayreuth. *N. Jahr. Miner., Geol., Geol. Petrefak.*, 7, 509-517.
- Nathorst, A.G., 1879. Om Floren Skanes Kolförande Bildningar. I. Floren vid Bjuf. Andra Häftet. *Sver. Geol. Unders. C*, 33, 55-82.
- Phillips, J., 1875. Illustrations of the Geology of Yorkshire: or, a description of the strata and organic remains. Part I, The Yorkshire Coast (3rd ed.). London: R. Etheridge.
- Poliansky, B., Safranov, D.S., and Sikstel, T.A., 1975. Obertriassische und jurassische Ablagerungen des Südost-Iran (Kermaner Region). *Bull. MOIP, Geol. Surv.*, 50 (6), 5-15. (In Russian).
- Presl, G.B., 1838. In Sternberg, P.N., Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt. Leipzig, Prag.
- Rees, P.M., 1993. Caytoniales in Early Jurassic Floras from Antarctica. *Geobios*, 26: 33-42.
- Rees, P.M.A., Ziegler, A.M., and Valdes, P.J., 2000. Jurassic phytogeography and climates: new data and model comparisons. In Hubert, B.T., MacLeod K.G. and Wing S.L. (eds.), *Warm Climates in Earth History*. Cambridge University Press, London, 480 p.
- Saadat-Nejad, J., Ghaderi, A., and Naeemi-Ghassab, N., 2010. *Study Toarcian-Bajocian plant macrofossils of Gerakhak Shandiz, northeast Iran. Sedimentary Facies*, 2 (2), 1-28. (In Persian).
- Sadovnikov, G., 1976. The Mesozoic flora of Alborz & Central Iran & its stratigraphy importance. *Nation. Iran. Steel Corp.*, 144 p. Unpublished report.
- Sadovnikov, G.N., 1980. Die mesozoische Flora der Kohleformation des Alborz. *Proceed. USSR Acad. Sci., Geol. Ser.*, 9, 82-96 (In Russian).
- Schweitzer, H.J., and Kirchner, M., 1998. Die rhäto-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans. 11. Pteridospermophyta und Cycadophyta I. Cycadales. *Palaeontogr. B*, 248 (1-3): 1-85.
- Schweitzer, H.J., and Kirchner, M., 2003. Die rhäto-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans 13. Cycadophyta. III. Bennettitales. *Palaeontogr. B*, 264 (1-6), 1-166.
- Schweitzer, H.J., Kirchner, M., and van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., 2000. The Rhaeto-Jurassic flora of Iran and Afghanistan. 12. Cycadophyta II. Nilssoniales. *Palaeontog. B*, 279 (1-6), 1-108.
- Schweitzer, H.J., van Konijnenburg- van Cittert, J.H.A., and van der Burg, J., 1997. The Rhaeto-Jurassic flora of Iran and Afghanistan. 10. Bryophyta, Lycophyta, Sphenophyta, Pterophyta-Eusporangiate and Protileptosporangiate. *Palaeontog. B*, 243, 103-192.
- Sengör, A.M.C., 1979. Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications. *Nature*, 279, 590-593.
- Sengör, A.M.C., 1990. A new model for late Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for Oman. *Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, 49 (1), 797-831.
- Seward, A.C., 1898-1919. *Fossil Plants for students of botany and geology*. Vol. 1, Cambridge, 452 p.
- Seward, A.C., 1900. The Yorkshire Coast, in: *The Jurassic Flora*. Vol. 1. London, 341 p.
- Seward, A.C., 1911. The Jurassic flora of Sutherland. *Trans. Roy. Soc. Edinb.*, 47, 643-709.
- Shahabpour, J., 1998. Liesegang blocks from sandstone beds of the Hojedk Formation, Kerman, Iran. *Geomorphology*, 22, 93-106.
- Srivastava, S.K., 1987. Jurassic spore-pollen assemblages from Normandy (France) and Germany. *Geobios*, 20: 5-79.
- Takin, M., 1972. Iranian geology and continental drift in the Middle East. *Nature*, 235, 147-150.
- Taylor, E.L., and Taylor, T.N., 2009. Seed ferns from the Late Paleozoic and Mesozoic: any angiosperm ancestors lurking there? *Amer. J. Bot.*, 96: 237-251.
- Taylor, E.L., Taylor, T.N., and Krings, M., 2009. *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Academic Press, London.
- Thomas, H.H., 1925. The Caytoniales, a new group of Angiospermous planta from the Jurassic rocks of Yorkshire. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, 213, 299-363.
- Vaez Javadi, F., 2014a. Triassic and Jurassic Floras and Climate of Central-East Iran. Geological Survey of Iran- Rahi publication, Tehran, 290 p.
- Vaez Javadi, F., 2014b. *Plant macrofossils of the Jafar Abad, west Tabas and its palaeoclimate analysis*. *Res. Strat. Sed.*, 51 (2), 67-86 (In Persian).

- Vaez Javadi, F., 2016. *Plant macrofossils and biostratigraphy of the Calshaneh section, north west Tabas and its palaeoclimate analysis*. Res. Strat. Sed., 61 (4), 105-123 (In Persian).
- Vaez-Javadi, F., 2008. *Plant macrofossils of Iran*. Department of Environment of Iran, 236 p. (In Persian).
- Vaez-Javadi, F., 2011. Middle Jurassic flora from the Dansirit Formation of the Shemshak Group, Alborz, north Iran. Alcheringa, 35 (1), 77-102.
- Vaez-Javadi, F., 2018. Middle Jurassic flora from the Hojedk Formation of Tabas, central east Iran: Biostratigraphy and Palaeoclimate implications. Riv. Ital. Paleont. Stratig., 124 (2), 299-316.
- Vaez-Javadi, F., 2020. Middle Jurassic palynology of the southwest Tabas Block, Central-East Iran. Palynology, 44 (3): 551-562, DOI: 10.1080/01916122.2019.1637954.
- Vaez-Javadi, F., and Abbassi, N., 2012. *Plant macrofossils from Baladeh area (Central Alborz), age determining and biostratigraphy*. Res. Strat. Sed., 48 (3), 37-64. (In Persian).
- Vaez-Javadi, F., and Abbassi, N., 2018. Middle Jurassic biostratigraphy of plant macro and microfossils in Soltanieh Mountains, south of Zanjan, NW Iran. Geosciences, 106, 91-102. (Special journal).
- Vaez-Javadi, F., and Abbaszadeh, M., 2022. *Biostratigraphy of Mazino plant macrofossils, southwest of Tabas, east central Iran and its palaeoecological analysis*. Geosciences, 32 (4), 209-226. (In Persian). .doi: 10.22071/GSJ.2022.307599.1937
- Vaez-Javadi, F., and Mirzaie-Ataabad, M., 2006. Jurassic plant macrofossils from the Hojedk Formation, Kerman area, East-Central Iran. Alcheringa, 30, 63-96.
- Vaez-Javadi, F., and Namjoo, S., 2016. *Plant Macrofossils and Biostratigraphy of the Hojedk Formation at the North Kouchekali, West Tabas and its Climate analysis*. Paleontology, 3(2), 220-243. (In Persian).
- Vaez-Javadi, F., and Pour-Latifi, A., 2004. *Study of Golmakan's plant macrofossils, North East of Iran*. Geosciences, 51/52, 98-107. (In Persian).
- Vakhrameev, V.A., 1991. Jurassic and Cretaceous Floras and Climates of the Earth. Cambridge University Press, Cambridge. 318p.
- Van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., 1971. In situ gymnosperm pollen from Middle Jurassic of Yorkshire. Acta Botan. Neerl., 20, 1-97.
- Van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., 2002. Ecology of some Late Triassic to Early Cretaceous ferns in Eurasia. Rev. Palaeob. Palyn., 119, 113-124.
- Van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., and van der Burgh, J., 1989. The flora from the Kimmeridgian (Upper Jurassic) of Culgower, Sutherland, Scotland. Rev. Palaeob. Palyn., 61: 1-51.
- Ward, L.F., 1905. Status of the Mesozoic floras of the United States. Unit. St. Geol. Sur. Monog., 48, 616 p.
- Watson, J., 1988. The Cheirolepidiaceae. In: Beck, C.B. (ed.), Origin and Evolution of Gymnosperms. pp. 382-447. Columbia University Press, New York, NY.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., and Taheri, J., 2009a. The Shemshak Group (Lower-Middle Jurassic) of the Binalud Mountains, NE Iran: stratigraphy, depositional environments and geodynamic implications. Geol. Soc. London, 312, 175-188.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., and Majidifard, M.R., 2009b. An overview of the stratigraphy and facies development of the Jurassic System on the Tabas Block, east-central Iran. Geol. Soc. London, Spec. Pub. 312, 323-343.
- Zanchi, A., Berra, F., Mattei, M., Ghasemi, M.R., and Sabouri, J., 2006. Inversion tectonics in central Alborz, Iran. Journal of Structural Geology, 28, 2023-2037.
- Zanchi, A., Zanchetta, S., Berra, F., Mattei, M., Granzanti, E., Molyneux, S., Namab, A., and Sabouri, J., 2009. The Eo-Cimmerian (Late? Triassic) orogeny in North Iran. Geol. Soc. London, Spec. Pub., 312, 31-55.
- Zhang, J., Lenz, O.K., Wang, P., and Hornung, J., 2021. The Eco-Plant model and its implication on Mesozoic dispersed sporomorphs for Bryophytes, Pteridophytes, and Gymnosperms. Rev. Palaeob. Palyn., 293: 1-28.