

پالینوستراتیگرافی، آب و هوا و محیط دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم (البرز شرقی)

افسانه ده‌بزرگی^{۱*}، سعیده سنماری^۲

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

*پست الکترونیک: dehbozorgi@sci.ikiu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۲۹

چکیده

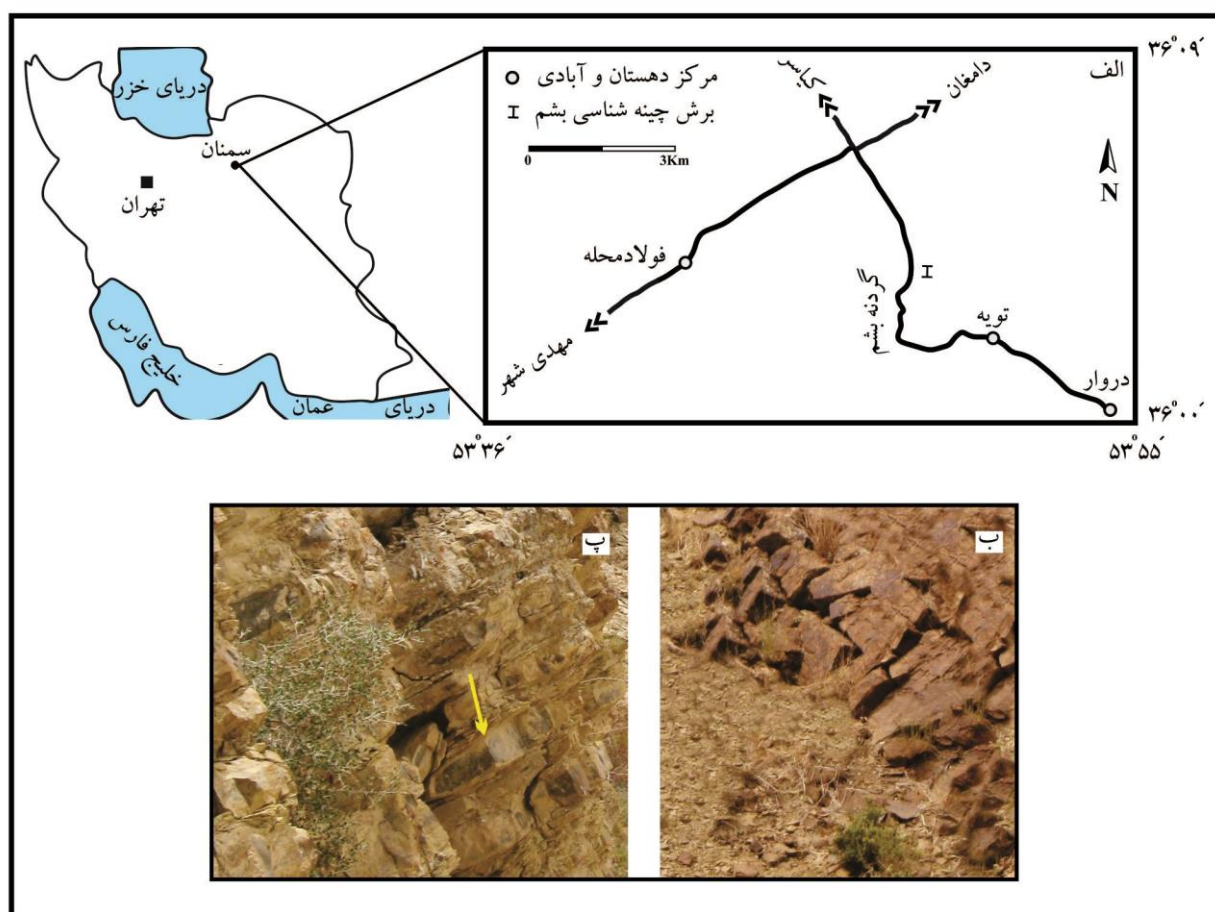
توالی کاملی از سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم در البرز شرقی مورد مطالعه قرار گرفت. این مجموعه حاوی پالینومورف‌های متنوع با حفظ‌شدگی نسبتاً خوب بوده که سیستم‌های داینوفلاژله و میوسپورها (اسپور و پولن‌ها) از اجزای غالب آن است. اسپور چارج و اکریتارک‌ها با فراوانی کمتر، از دیگر اجزای این پالینوفلورا هستند. نهشته‌های ژوراسیک میانی در این برش متشکل از مارن، سنگ آهک رسی و مقدار کمی از میان‌لایه‌های سنگ آهک چرتی است. در گردنه بشم سازند دلیچای به طور ناپیوسته روی سازند شمشک قرار گرفته و به طور پیوسته و هم‌شیب توسط سنگ آهک‌های ضخیم سازند لار پوشیده شده است. بر اساس گسترش زمانی داینوفلاژله‌های کلیدی سه پالینوزون *Cribopteridinium crispum* Total Range Biozone (بازوسین پسین)، *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone (باتونین - کالوین پیشین)، *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (کالوین پیشین - میانی) معرفی شد. به علاوه با توجه به حضور داینوسیست‌های شاخص مانند *Mendicodinium groenlandicum* و *Systematophora areolata* در قسمت‌های بالایی برش مطالعه شده سن سازند دلیچای در این برش چینه‌شناسی، بازوسین پسین - کالوین پسین تشخیص داده شده است که با سن تعیین شده توسط آمونیت‌ها در همین برش مطابقت دارد. پالینوزون‌های ارائه شده نیز، با پالینوزون‌های ژوراسیک میانی در شمال‌غربی اروپا و مناطق همجوار آن انطباق دارد. داده‌های پالینولوژی حکایت از غلبه یک محیط دریایی نسبتاً کم‌عمق و کم‌اکسیژن دارد که در فواصلی از پایین به سمت بالای برش چینه‌شناسی با افزایش نسبی در عمق حوضه همراه بوده است. به علاوه بر اساس داده‌های موجود، آب و هوایی معتدل تا گرم برای سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم پیشنهاد شد.

واژه‌های کلیدی: پالینوستراتیگرافی؛ آب و هوای دیرینه؛ ژوراسیک میانی؛ محیط دیرینه؛ البرز شرقی؛ سازند دلیچای.

مقدمه

نهشته شده‌اند (Berberian & King, 1981؛ Assereto, 1966) و ضخامت آن از چندین متر تا بیش از سه هزار متر متغیر است. مرز زیرین این گروه با ناپیوستگی سیمیرین پیشین (تریاس پسین) و مرز بالایی آن با رویداد سیمیرین میانی (ژوراسیک میانی)

نهشته‌های ژوراسیک در صفحه ایران معرف دو چرخه رسوبی بزرگ هستند و جداگانه به نام‌های گروه شمشک و مگو معرفی شده‌اند. گروه شمشک به سن ژوراسیک پیشین/میانی بوده و شامل شیل و ماسه سنگ‌های زغال‌دار است که در محیط کولابی و مردابی نزدیک به ساحل



سحل ۱: الف) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم؛ ب) ماسه‌سنگ‌های فرم نا فوه‌ای رند سازند سمسند؛ پ) سنگ آهک‌های چرتی سازند لار

روش مطالعه

سانتریفیوژ شدند. اسلایدهای دائمی پس از عبور نمونه‌ها از الک ۲۰ میکرون تهیه و با میکروسکوپ نوری در بزرگنمایی‌های ۴۰ و ۱۰۰ مطالعه شدند. تعداد ۳ اسلاید برای هر نمونه و در مجموع ۷۲ اسلاید تهیه شد که از آن میان پالینومورف‌های با حفظ‌شدگی متوسط تا خوب برای عکس‌برداری انتخاب شدند. گسترش چینه‌شناسی داینوسیست‌های موجود مورد بررسی قرار گرفت و زیست‌زون‌ها بر اساس آن‌ها ارائه گردید. به منظور انجام مطالعات آماری مربوط به بازسازی محیط دیرینه در برش مطالعه شده نیز ۱۵ میدان دید در ۳ اسلاید از هر نمونه به طور تصادفی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. سپس برای هر نمونه درصد فراوانی عناصر و شاخص‌های تفسیر محیطی محاسبه و نمودارهای مربوطه رسم شد.

سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم با ضخامت ۲۱۲ متر دربردارنده تناوبی از مارن سبز رنگ، سنگ آهک رسی و مقدار کمی میان لایه سنگ آهک‌های چرتی می‌باشد. ۲۴ نمونه با فواصل مناسب از طبقات مارنی و سنگ آهک رسی این سازند جهت انجام مطالعات پالینولوژی برداشت شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از روش Phipps & Playford (1984) مورد آماده‌سازی قرار گرفتند. از اسید کلریدریک ۵۰٪ و اسید فلئوئوریدریک ۳۳٪ جهت انحلال ترکیبات کربناته، اکسیدهای آهن و ترکیبات سیلیکاته استفاده شد. نمونه‌ها برای جلوگیری از تشکیل ژل سیلیکاته با اسید کلریدریک ۱۰٪ جوشانده و سپس با محلول زینک کلراید با وزن مخصوص $1/9 \text{ gr/cm}^3$

Ctenidodinium combazii, *Ctenidodinium continuum*, *Ctenidodinium ornatum*, *Dichadogonyaulax sellwoodii*, *Gonyaulacysta jurassica*, *Pareodinia ceratophora*, *Tubotuberella apatela*, *Tubotuberella dangeardii*.

***Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone**

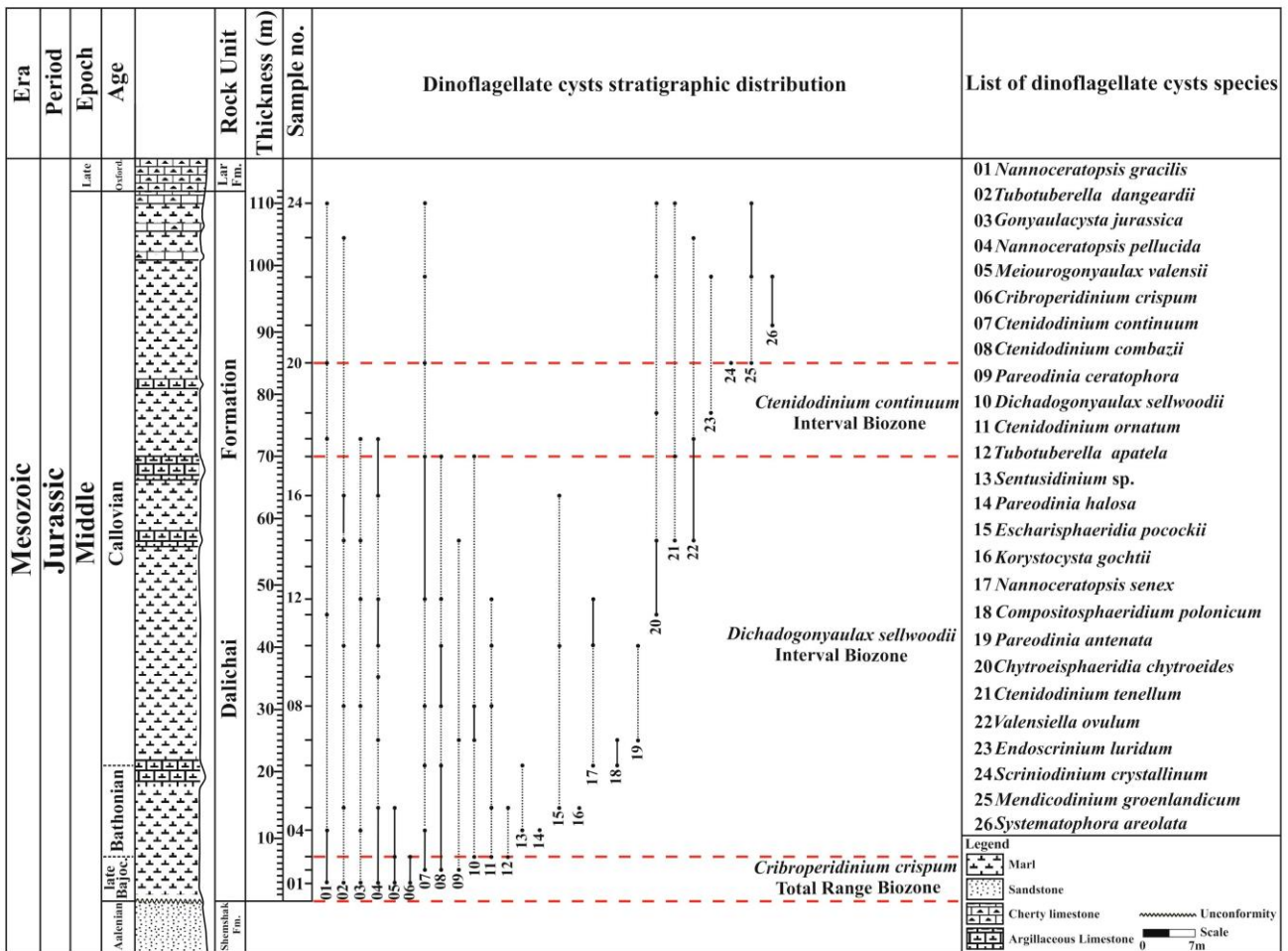
این زیست‌زون به ضخامت ۶۳ متر از نمونه ۴ تا ۱۷ در فاصله بین آخرین حضور *Cribroperidinium crispum* و آخرین حضور *Ctenidodinium combazii* قرار گرفته و مشخص کننده باتونین تا کالوین پیشین می‌باشد. این زیست‌زون با *Ctenidodinium sellwoodii* Zone مربوط به شمال‌غربی اروپا (Riding & Thomas, 1992؛ Poulsen & Riding, 2003) و همچنین با *Ctenidodinium combazii* - *Ctenidodinium sellwoodii* Zone معرفی شده در انگلستان (Woollam & Riding, 1983) مطابقت دارد. داینوسیست *Dichadogonyaulax sellwoodii* گونه شاخص باتونین - کالوین پیشین در انگلستان و مصر می‌باشد (Riding, 1987) و حداکثر محدوده زمانی *Ctenidodinium combazii* نیز در کالوین پیشین قرار دارد (Riding & Thomas, 1992؛ Poulsen & Riding, 2003). این گونه همچنین از کالوین پیشین پرتغال (Smelror *et al.*, 1991) گزارش شده است. با توجه به محدوده زمانی *Ctenidodinium combazii* و ظهور گونه‌های داینوسیست شاخص کالوین مانند *Compositosphaeridium polonicum* به نظر می‌رسد مرز باتونین و کالوین در نمونه شماره ۶ و به فاصله ۲۱ متری از قاعده برش قرار داشته باشد. تغییر نام این زیست‌زون به دلیل تغییر نام گونه‌های شاخص (Lentin & Williams, 2004) می‌باشد. داینوسیست‌های موجود در این زیست‌زون نسبت به زیست‌زون اول تنوع بیشتری دارند و گونه‌های *Ctenidodinium* فراوانی بالایی دارند.

پالینوستراتیگرافی و تعیین سن

۲۶ گونه داینوفلاژله متعلق به ۱۸ جنس در نهشته‌های سازند دلچای در برش چینه‌شناسی بشم شناسایی شدند. داینوسیست‌های شناسایی شده با مجموعه‌های گزارش شده از بخش‌های غربی و شمال‌غربی اروپا (Woollam & Riding, 1983؛ Smelror *et al.*, 1991؛ Riding & Poulsen & Riding, 1992؛ Thomas, 1992) تا حدود زیادی مطابقت دارد. گسترش چینه‌شناسی داینوسیست‌های شاخص (شکل ۲) به تشخیص سه زیست‌زون قابل انطباق با زیست‌زون‌های استاندارد (Riding & Thomas, 1992؛ Poulsen & Riding, 2003) به شرح زیر منجر گردید:

***Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone**

این زیست‌زون از *Acanthaulax crispa* Total Range Biozone معرفی شده برای لایه‌های بازوسین پیشین تا پسین (Riding & Thomas, 1992) و بازوسین پسین (Woollam & Riding, 1983) در انگلستان گرفته شده است. محدوده آن در حدفاصل اولین حضور و آخرین حضور داینوسیست *Acanthaulax crispa* (*Cribroperidinium crispum*) تعریف شده (Riding & Thomas, 1992) که در بازوسین پسین فراوان بوده است (Wiggan *et al.*, 2017). این زیست‌زون از نمونه شماره ۱ با ظهور *Cribroperidinium crispum* آغاز و تا نمونه شماره ۳ با آخرین حضور این گونه خاتمه یافته و ۷ متر از برش مورد مطالعه را دربرمی‌گیرد. در این زیست‌زون گونه‌های *Nannaooceratopsis pellucida* و *Nannaooceratopsis gracilis* به فراوانی حضور داشته و گونه *Meiourogonia valensii* که گونه کلیدی بازوسین پسین می‌باشد (Riding & Thomas, 1992) نیز در این محدوده وجود دارد. گونه‌های دیگر این زیست‌زون عبارتند از:



شکل ۱۱. منسرس چینه‌شناسی دینوفلجرات‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم

ovulum ظاهر شده و به زیست‌زون بعدی ادامه می‌یابند. اولین و آخرین حضور گونه‌های زیر نیز در این زیست‌زون قرار دارد:

Compositosphaeridium polonicum, *Escharisphaeridia pocockii*, *Korystocysta gochtii*, *Nannoceratopsis senex*, *Pareodinia antenata*, *Pareodinia halosa*, *Sentusidinium sp.*

***Ctenidodinium continuum* Interval Biozone**

این زیست‌زون به ضخامت ۱۵ متر، از نمونه شماره ۱۸ تا نمونه شماره ۲۰، در حدفاصل آخرین حضور *Ctenidodinium combazii* و اولین حضور *Scriniodinium crystallinum* معرفی گردیده و مشخص کننده زمان کالوین پیشین تا میانی می‌باشد

گونه‌های *Ctenidodinium*, *Ctenidodinium combazii*, *Ctenidodinium ornatum*, *Ctenidodinium continuum*, *Gonyaulacysta*, *Dichadogonyaulax sellwoodii*, *Nannoceratopsis gracilis*, *jurassica*, *Pareodinia*, *Nannoceratopsis pellucida* و *Tubotuberella apatela*, *ceratophora* از زیست‌زون اول به این زیست‌زون ادامه یافته‌اند. در انتهای این زیست‌زون گونه‌های *Dichadogonyaulax sellwoodii* و *Ctenidodinium combazii* ناپدید می‌شوند. همچنین در اواخر این زیست‌زون *Chytroeisphaeridia tenellum*, *Valensiella* و *Chytroeisphaeridia chytroeides*

معرفی شده است (Ghasemi-Nejad *et al.*, 2012)؛ هاشمی یزدی، ۱۳۹۴؛ ده‌بزرگی و همکاران، ۱۳۹۷؛ سجادی و همکاران، ۱۳۹۷). در این مطالعه و برخی دیگر از مطالعات صورت گرفته بر روی سازند دلیچای (ده‌بزرگی، ۱۳۹۲؛ Mafi *et al.*, 2014)، شواهدی از وجود هیچ یک از زیرزیست‌زون مورد اشاره یافت نشد (جدول ۱).

مقایسه پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم بر مبنای داینوفلاژله‌ها با ایران و سایر نقاط جهان

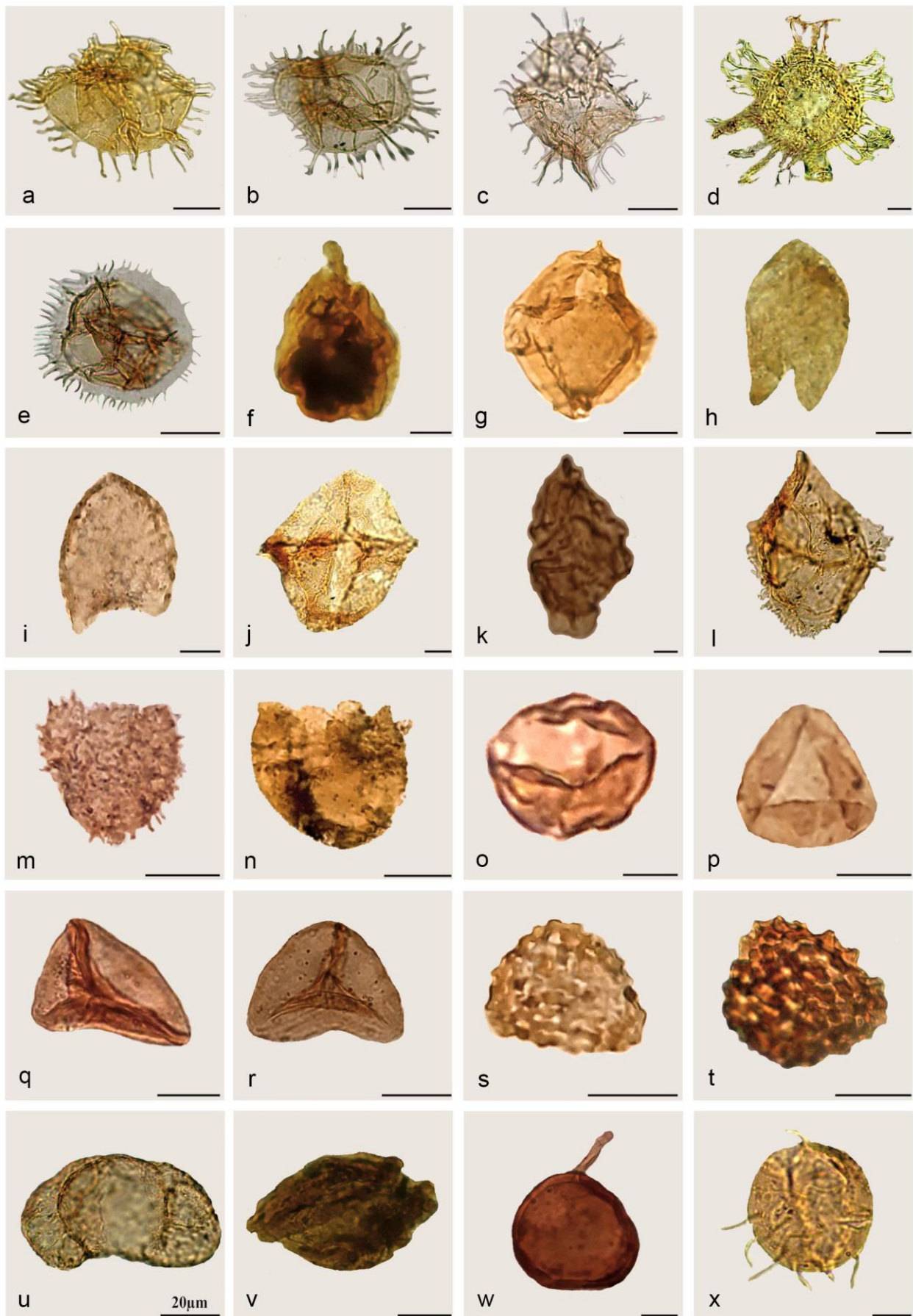
با توجه به الگوی پراکندگی چینه‌شناسی داینوسیست‌ها در رسوبات ژوراسیک میانی سازند دلیچای در شمال و شمال شرق ایران زیست‌زون‌های جهانی قابل انطباق با زیست‌زون‌های استاندارد (Thomas & Riding, 1992؛ Poulsen & Riding, 2003) ارائه شده است. تعیین سن سازند دلیچای بر مبنای پالینومورف‌های دریایی در محدوده البرز مرکزی استان سمنان توسط صباغیان (۱۳۸۸) و Ghasemi-Nejad *et al.* (2012) در برش چینه‌شناسی راهبند مهدیشهر، ده‌بزرگی (۱۳۹۲) در برش چینه‌شناسی شرف، هاشمی یزدی (۱۳۹۴) در برش‌های چینه‌شناسی بلو، یونجه‌زار و پل دختر، محمدخانی و زارعی (۱۳۹۷) در برش چینه‌شناسی درجزین و ده‌بزرگی و همکاران (۱۳۹۷) در برش چینه‌شناسی پل دختر انجام پذیرفته است. این سازند در محدوده البرز شرقی توسط هاشمی یزدی (۱۳۹۴) در برش‌های چینه‌شناسی لوان، تپال و طالو و در محدوده البرز غربی توسط درمنکی فراهانی (۱۳۹۵) و سجادی و همکاران (۱۳۹۷) در برش چینه‌شناسی گویداغ نیز مطالعه شده است. در تمامی این مطالعات زیست‌زون‌های استاندارد (Riding & Thomas, 1992؛ Poulsen & Riding, 2003) ارائه و محدوده زمانی سازند دلیچای با ژوسین پسین - کالوین تشخیص داده شده است (جدول ۱).

(Riding & Thomas, 1992). این زیست‌زون با *Ctenididinium continuum* Interval Biozone نوشته Riding & Thomas (1992) و زیست‌زون *Ctenidodinium continuum* Zone در نوشته Poulsen & Riding (2003) مربوط به شمال‌غربی اروپا و زیست‌زون *Ctenidodinium ornatum - Ctenidodinium continuum* Zone معرفی شده در انگلستان (Woollam & Riding, 1983) متعلق به کالوین پیشین - میانی مطابقت دارد. دیگر گونه‌های همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Chytroeisphaeridia chytrooides,
Chytroeisphaeridia continuum,
Chytroeisphaeridia tenellum, *Endoscrinium luridum*,
Gonyaulacysta jurassica,
Nannoceratopsis gracilis, *Nannoceratopsis pellucida*,
Tubotuberella dangeardii, *Valensiella ovulum*.

گونه‌های *Mendicodinium groenlandicum* و *Scriniodinium crystallinum* در انتهای این زیست‌زون ظاهر می‌شوند. حضور داینوسیست‌های *Mendicodinium groenlandicum* و *Systematophora areolata* در قسمت انتهایی برش معرف زمان کالوین پسین می‌باشد (Woollam, 1980؛ Riding & Thomas, 1997؛ Borges *et al.*, 2011). در مجموع سن سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم بر اساس داینوسیست‌های شناسایی شده و کلیدی، با ژوسین پسین - کالوین پسین است که با سن تعیین شده توسط آمونیت‌ها در همین برش چینه‌شناسی (حسین زاده، ۱۳۹۰) مطابقت دارد. تصویر تعدادی از پالینومورف‌ها در شکل ۳ آورده شده است.

از میان زیرزیست‌زون‌های a، b و c معرفی شده توسط Riding & Thomas (1992) و به واسطه آخرین حضور گونه‌های *Cribroperidinium crispum* و *Carpathodinium predae*، در برخی از مطالعات پیشین سازند دلیچای زیرزیست‌زون a با سن باتونین پیشین تا میانی



← شکل ۳: تصویر منتخبی از پالینومورف‌های شناسایی شده در این پژوهش

a-b. *Ctenidodinium combazii* Dupin 1968; c. *Dichadogonyaulax sellwoodii* (Sarjeant) Stover & Evitt 1978; d. *Systematophora areolata* Klement 1960; e. *Ctenidodinium continuum* Gocht 1970; f. *Pareodinia ceratophora* Deflandre 1947; g. *Cribroperidinium crispum* (Wetzel) Fenton 1981; h. *Nannoceratopsis pellucida* (Deflandre) emend. Evitt 1961; i. *Nannoceratopsis gracilis* Alberti emend. Evitt 1962; j. *Meiourgonyaulax valensii* Sarjeant 1966; k. *Tubotuberella dangeardii* (Sarjeant) Stover & Evitt 1978 emend. Sarjeant 1982; l. *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris & Sarjeant 1965; m. *Sentusidinium* sp.; n. *Escharisphaeridia pocockii* (Sarjeant) Erkmen & Sarjeant 1980; o. *Chytroesphaeridia chrooides* (Sarjeant) Downie & Sarjeant 1965; p. *Cyathidites australis* Couper 1953; proximal focus; q-r. *Dictyophyllidites mortonii* (de Jersey) Playford & Dettmann 1965; proximal foci.; s-t. *Klukisporites variegatus* Couper 1958, proximal foci.; u. *Alisporites lowoodensis* de Jersey 1963, median focus; v. *Ricciisporites tuberculatus* Lundblad 1954, median focus; w. Fungal spore; x. *Micrhystridium* sp.

جدول ۱: مقایسه پالینوزون‌های سازند دلچای در برش چینه‌شناسی بشم با سایر نقاط ایران

(۱) سجادی و همکاران، (۱۳۹۷؛ ۲) Ghasemi-Nejad et al., 2012 (۳) هاشمی‌یزدی، (۴) ده‌بزرگی و همکاران، (۵) ده‌بزرگی، ۱۳۹۲؛

(۶) محمدخانی و زارعی، (۱۳۹۷؛ ۷) Mafi et al., 2014 (۸) رضازاده بلوری، ۱۳۹۶

Era	Period	Epoch	Age	Alborz Basin					Binalud NE Iran	
				West	Center		East			
				1	2, 3 & 4	5 & 6	3	Present study		7 & 8
Mesozoic	Jurassic	Late	Oxford.						<i>Ctenidodinium tenellum</i> (local)	
			Early							
		Middle	Callovian	Late	Not zoned	Not zoned	Not zoned	Not zoned	Not zoned	<i>Ctenidodinium continuum</i>
				Middle	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	
				Early						
	Bathonian	Late	Early	<i>Dichadogonyaulax sellwoodii</i>	a	<i>Dichadogonyaulax sellwoodii</i>	a	<i>Dichadogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Dichadogonyaulax sellwoodii</i>	
			Middle							
			Early							
	Bajoc.	Late	Early	<i>Cribroperidinium crispum</i>		<i>Cribroperidinium crispum</i>		<i>Cribroperidinium crispum</i>	<i>Cribroperidinium crispum</i>	
			Middle							
			Late							

پالینوزون رسمی شناسایی شده در برش‌های یاد شده، سن باژوسین پسین - آکسفوردین پیشین را برای سازند دلچای ارائه نمودند (جدول ۱). رئوفیان و همکاران (۱۳۹۴) نیز در همین منطقه داینوسیت‌های باژوسین پسین - باتونین را در برش‌های چینه‌شناسی فریزی، قرونه، دهنه اجاق، چهار برج و ناویا مورد بررسی قرار دادند.

گونه‌های داینوسیستی سازند دلچای تاحدوی با نهشته‌های هم‌سن دیگر نقاط دنیا از جمله پرتغال (Borges et al., 2011; Correia et al., 2019)، آلمان (Wiggin et al., 2017)، مصر (Zobaa et al., 2013)، استرالیا (Mantle &

Skupien et al. 2015) بخش سوم سازند دلچای در تلماده نزدیک ساری در البرز مرکزی را بر اساس گسترش داینوسیست‌ها مطالعه و با ارائه زیست‌زون استاندارد Riding & Thomas, 1992؛ Poulsen & Riding, 2003) سن را آالنین - باژوسین پیشین گزارش نمودند.

در رشته کوه‌های بینالود در شمال شرق ایران نیز Mafi et al. (2014) و رضازاده بلوری (۱۳۹۶) با معرفی یک زیست‌زون محلی (*Ctenidodinium tenellum*) Acme zone به سن آکسفوردین پیشین) علاوه بر سه

می‌توان به احتمال وجود یک ارتباط دریایی در ژوراسیک میانی بین شمال و شمال شرق ایران با شمال غرب اروپا اشاره کرد (Riding, 2014). بر اساس نقشه‌های دیرینه جغرافیایی موجود (Thierry, 2000) صفحه ایران در ژوراسیک میانی در عرض‌های جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی و در حاشیه شمال شرقی اقیانوس نتوتیس قرار داشته است (Wilmsen *et al.*, 2009b, 2010). این موضوع به واسطه فونای آمونیتی نیز تأیید شده است (Seyed-Emami *et al.*, 2008).

(Riding, 2012)، قطر (Ibrahim *et al.*, 2003)، شمال غربی اروپا (Poulsen & Riding, 2003؛ Smelror, 1993)، شمال سیری (Beisel *et al.*, 2002)، مصر (Mahmoud & Riding & Thomas, 1983)؛ چین (Mao & Bian, 2000) و انگلستان (1992) نیز مطابقت دارد. در جدول ۲ به برخی از این پالینوزون‌ها اشاره شده است. به طور کلی بر مبنای پالینوزون‌های ارائه شده و شباهت گونه‌های داینوسیستی،

جدول ۲: مقایسه پالینوزون‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم با سایر نقاط جهان

Era	Period	Epoch	Age	England		Subboreal Northwest Europe	Egypt				Qatar	China	Iran	
				Wollam & Riding, 1983	Riding & Thomas, 1992	Poulsen & Riding, 2003	Mahmoud & Moawad, 2000	Zobaa <i>et al.</i> , 2013	Ibrahim <i>et al.</i> , 2002	Ied & Lashin, 2016	Ibrahim <i>et al.</i> , 2003	Zhu & Hi, 2007	Present study	
Mesozoic	Jurassic	Late	Oxfordian	<i>Wanaea fimbriata</i>	<i>Wanaea fimbriata</i> (Wfi)	<i>Wanaea fimbriata</i>	DSJ20	<i>Gonyaulacysta jurassica</i> - <i>Korystocysta kettonensis</i> Assemblage Zone	<i>Systematophora penicillata</i> - <i>Escharisphaeridia pocockii</i> Assemblage Zone (part)	<i>Wanaea digitata</i>	<i>Gonyaulacysta jurassica</i> - <i>Lithodinia jurassica</i> Assemblage Zone	<i>Pareodinia ceratophora</i> - <i>Nanoceratopsis Pellucida</i>		
			Early	<i>Wanaea thysanota</i>	<i>Wanaea thysanota</i> (Wth)	<i>Wanaea thysanota</i>	DSJ19							
		Middle	Callovian	Late	<i>Ctenidodinium ornatum</i> - <i>Ctenidodinium continum</i>	<i>Ctenidodinium continum</i> (Cco)	<i>Ctenidodinium continum</i>							DSJ18
				Early	<i>Ctenidodinium combacii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i>							DSJ17
			Middle	c										
			Early	b										
	Bathonian	Late	a	DSJ16										
		Early	DSJ15											
	Bajoc.	Late	<i>Acanthaulax crispa</i>	<i>Acanthaulax crispa</i> (Acr)	<i>Cribroperidinium crispum</i>	DSJ14	<i>Pareodinia ceratophora</i>	<i>Gonyaulacysta pectinifera</i> - <i>Escharisphaeridia pocockii</i> Assemblage Zone (II)	<i>Chlamydomorphella ectabulata</i> - <i>Rhynchodiniopsis cladophora</i> Assemblage Zone (IV)	<i>Ctenidodinium continum</i> - <i>Dichadogonyaulax sellwoodii</i> Assemblage Zone (III)	<i>Dicadogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Cribroperidinium crispum</i>		
		Early	DSJ13											

Allameh & Ghasemi-Nejad, Skupien *et al.*, 2015

(Farmani *et al.*, 2020؛ Sharifi *et al.*, 2018؛ 2016).

پالینوفاسیس

به منظور بازسازی محیط دیرینه حوضه رسوبی سازند دلیچای، درصد فراوانی نسبی سه گروه اصلی عناصر پالینولوژی شامل مواد آلی بی‌شکل^۱، پالینومورف‌های دریایی^۲ و فیتو کلاست‌ها^۳ محاسبه (جدول ۳) و نتایج

محیط دیرینه

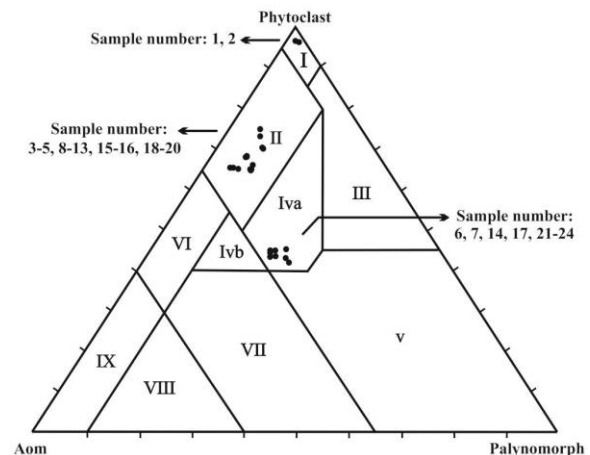
در تعیین رخساره و بازسازی محیط دیرینه حوضه رسوبی از الگوی پراکندگی پالینومورف‌ها و دیگر خرده‌های آلی استفاده می‌گردد (Tyson, 1993). در نتیجه در کنار مطالعات معمول رسوب‌شناسی، یکی دیگر از راه‌های تفسیر محیط دیرینه، مطالعه مواد آلی موجود در اسلایدهای پالینولوژیکی است. با استفاده از این روش محیط دیرینه نهشته‌های مزوزوئیک ایران در پهنه‌های ساختاری مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است (برای مثال:

1- Amorphous Organic Matter (AOM)

2- Marine Palynomorph (MP)

3- Phytoclast (PH)

حاصل به نمودار سه گانه Tyson (1993) منتقل شد (شکل ۴).



شکل ۴: نمایش جایگاه نمونه‌های مطالعه شده در برش چینه‌شناسی بشم،

سازند دلچای روی نمودار سه‌گانه (Tyson, 1993)

I. Highly proximal shelf or basin; II. Marginal dysoxic-anoxic basin; III. Heterolithic oxic shelf (proximal); IV. Shelf to basin transition; V. Mud-dominated oxic shelf (distal); VI. Proximal suboxic-anoxic shelf; VII. Distal dysoxic-anoxic shelf; VIII. Distal anoxic shelf; IX. Distal suboxic-anoxic basin.

کوتیکول، پوست درخت، خرده‌های برگ و ریشه گیاهان هستند که از محیط خشکی وارد حوضه رسوب گذاری می‌شوند (Tyson, 1995). در طول ستون چینه‌شناسی برش بشم، سه نوع پالینوفاسیس (IV, II, I) تشخیص داده شد (شکل ۴ و ۵).

پالینوفاسیس I: در حدفاصل نمونه‌های مارنی ۱-۲ یعنی از قاعده برش تا ۵ متری برش چینه‌شناسی مطالعه شده دیده می‌شود. نسبت بالایی از عناصر خشکی به دریایی و فیتو کلاست‌ها (شکل ۶) به همراه حضور داینوفلاژله‌های نوع پروکسیمیت معرف یک محیط بسیار کم عمق نزدیک ساحل است.

پالینوفاسیس II: این پالینوفاسیس در طول ستون برش چینه‌شناسی مطالعه شده غالب‌ترین نوع پالینوفاسیس است که در حدفاصل نمونه‌های ۳-۵، ۸-۱۳، ۱۵-۱۶ و ۱۸-۲۰ مشاهده می‌شود. پالینومورف‌های دریایی کمترین مقدار (کمتر از ده درصد)، AOM به میزان ۱۹ تا ۲۹ درصد و فیتو کلاست تا ۷۵ درصد کل عامل‌های پالینوفاسیس را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۶). Tyson (1993) پالینوفاسیس II را یک محیط کم عمق حاشیه‌ای کم اکسیژن تا بدون اکسیژن معرف می‌نماید.

پالینوفاسیس IVa: این پالینوفاسیس در نمونه‌های ۶، ۷، ۱۴، ۱۷ و حدفاصل نمونه‌های ۲۱-۲۴ در برش چینه‌شناسی بشم قرار دارد. AOM به میزان ۲۹ تا ۳۳ درصد، پالینومورف‌های دریایی ۲۳ تا ۲۸ درصد و فیتو کلاست ۴۲ تا ۴۵ درصد می‌باشند. Tyson (1993) برای این پالینوفاسیس یک محیط دیرینه حدواسط بین مناطق کم عمق تا عمیق را معرف می‌نماید.

مواد آلی بی‌شکل یا AOM، مواد آلی فاقد ساختمان هستند که خصوصیات آن‌ها متأثر از عواملی نظیر منشأ، محیط، رسوب گذاری و درجه بلوغ حرارتی می‌باشد. AOM به دو دسته AOM شفاف^۴ و AOM تیره^۵ تقسیم‌بندی می‌شود (Batten, 1996). مقادیر بالای AOM شفاف که از تجزیه پالینومورف‌های دریایی حاصل می‌گردد معرف حفظ‌شدگی بالای فیتوپلانکتون‌ها در محیط‌های فاقد اکسیژن یا با اکسیژن کم می‌باشد (Tyson, 1995)، در حالی که AOM تیره از محیط خشکی سرچشمه گرفته و حضور فراوان آن معرف یک محیط اکسیژن‌دار است (Bombardiere & Gorin, 2000). پالینومورف‌های دریایی شامل داینوفلاژله‌ها، آستر داخلی پوسته روزن‌داران، اکریتارک‌ها و اسکلوکودونت‌ها می‌باشند (Tyson 1995)؛ (Batten, 1996). فیتو کلاست‌ها شامل ذراتی همچون اسپورها، پولن‌ها و قطعاتی نظیر چوب سیاه و قهوه‌ای،

4- Transparent AOM (T AOM)

5- Opaque AOM (O AOM)

جدول ۳: درصد فراوانی گروه‌های اصلی عناصر پالینولوژی و برخی عناصر فاکتورهای تفسیر محیطی

علائم اختصاری: Ph) Phytoclast (MP) Marine Palynomorph (AOM) Amorphous Organic Matter (P1) Equidimensional Opaque Palynomacerals (P2) Blade-shaped Opaque Palynomacerals (T) Terrestrial (M) Marine (O AOM) Transparent AOM (T AOM) Marine (M) Terrestrial (T) Blade-shaped Opaque Palynomacerals (P2)

شماره نمونه	فاکتورهای اصلی (%)			پالینوماسرال (%)		خشکی و دریایی (%)		مواد ارگانیکی بی‌شکل (%)	
	Ph	MP	AOM	P1	P2	T	M	T AOM	O AOM
۱	۹۶	۲	۲	۸۵	۱۵	۸۰	۲۰	۶۲	۳۸
۲	۹۵	۴	۱	۸۰	۲۰	۷۵	۲۵	۶۵	۳۵
۳	۷۵	۶	۱۹	۷۵	۲۵	۸۵	۱۵	۷۰	۳۰
۴	۷۳	۷	۲۰	۷۰	۳۰	۷۵	۲۵	۶۵	۳۵
۵	۷۰	۹	۲۱	۶۵	۳۵	۷۵	۲۵	۶۰	۴۰
۶	۴۵	۲۶	۲۹	۴۰	۶۰	۳۰	۷۰	۸۳	۱۷
۷	۴۳	۲۵	۳۲	۴۵	۵۵	۳۵	۶۵	۶۲	۳۸
۸	۶۶	۹	۲۵	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۶۵	۳۵
۹	۶۵	۹	۲۶	۷۰	۳۰	۷۵	۲۵	۵۹	۴۱
۱۰	۶۸	۷	۲۵	۷۵	۲۵	۷۰	۳۰	۵۳	۴۷
۱۱	۷۰	۹	۲۱	۸۰	۲۰	۷۵	۲۵	۶۵	۳۵
۱۲	۶۸	۸	۲۴	۶۲	۳۸	۸۵	۱۵	۷۰	۳۰
۱۳	۶۵	۹	۲۶	۸۰	۲۰	۷۵	۲۵	۷۴	۲۶
۱۴	۴۳	۲۷	۳۰	۴۱	۵۹	۴۰	۶۰	۸۷	۱۳
۱۵	۶۵	۶	۲۹	۶۰	۴۰	۷۰	۳۰	۷۰	۳۰
۱۶	۶۸	۸	۲۴	۷۵	۲۵	۶۰	۴۰	۶۵	۳۵
۱۷	۴۲	۲۸	۳۰	۴۰	۶۰	۴۵	۵۵	۸۴	۱۶
۱۸	۶۵	۷	۲۸	۶۵	۳۵	۶۵	۳۵	۷۰	۳۰
۱۹	۶۵	۶	۲۹	۷۰	۳۰	۷۰	۳۰	۶۵	۳۵
۲۰	۶۵	۹	۲۶	۷۰	۳۰	۷۰	۳۰	۶۳	۳۷
۲۱	۴۵	۲۳	۳۲	۴۵	۵۵	۴۵	۵۵	۷۶	۲۴
۲۲	۴۴	۲۳	۳۳	۳۵	۶۵	۴۰	۶۰	۸۱	۱۹
۲۳	۴۳	۲۵	۳۲	۴۰	۶۰	۴۵	۵۵	۸۵	۱۵
۲۴	۴۵	۲۴	۳۱	۳۵	۶۵	۳۸	۶۲	۸۰	۲۰

فراوانی پالینوماسرال‌ها به میزان نزدیکی به منشأ مربوط می‌باشد. پالینوماسرال‌ها با شکل تیغه‌ای شناوری بهتری نسبت به پالینوماسرال‌های هم‌بعد داشته و نسبت آنها معرف روند پروکسیمال - دیستال محیط رسوب گذاری می‌باشد (Tyson 1995; Van der Zwan, 1990). همچنین افزایش گردشگی و جورشدگی در پالینوماسرال‌های هم‌بعد و کوچک، مشخصه رسوبات دیستال است در حالی که اجزای تیغه‌ای شکل بزرگ به سمت پروکسیمال فراوان می‌شوند (Gorin & Steffen, 1991).

به منظور به دست آوردن نتیجه دقیق‌تر، درصد فراوانی برخی عامل‌های تفسیر محیطی از جمله نسبت پالینوماسرال‌های هم‌بعد^۶ به تیغه‌ای شکل^۷، نسبت عناصر خشکی^۸ به دریایی^۹، نسبت مواد آلی بی‌شکل شفاف به تیره و نسبت داینوفلاژله‌های گونیالاکوئید^{۱۰} به سایر فرم‌های داینوسیستی نیز محاسبه و نمودارهای مربوطه رسم شد (جدول ۳ و شکل ۶).

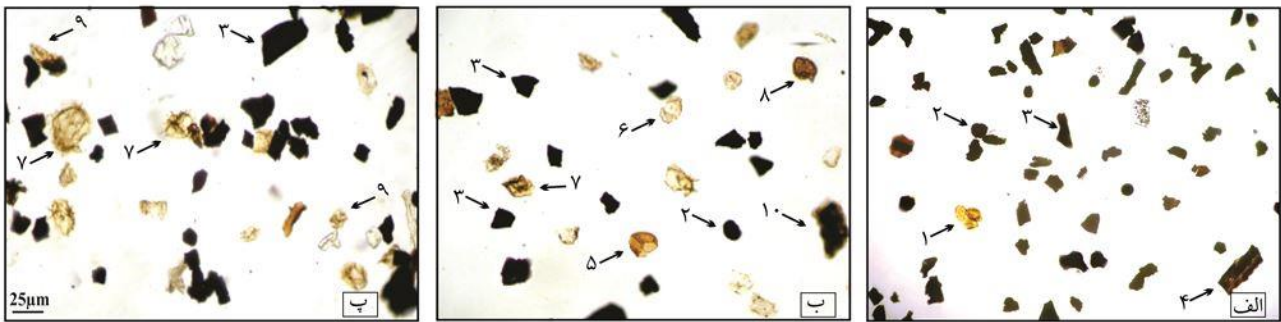
6- Equidimensional Opaque Palynomacerals: P1

7- Blade-shaped Opaque Palynomacerals: P2

8- Terrestrial

9- Marine

10- Gonyaulacoid

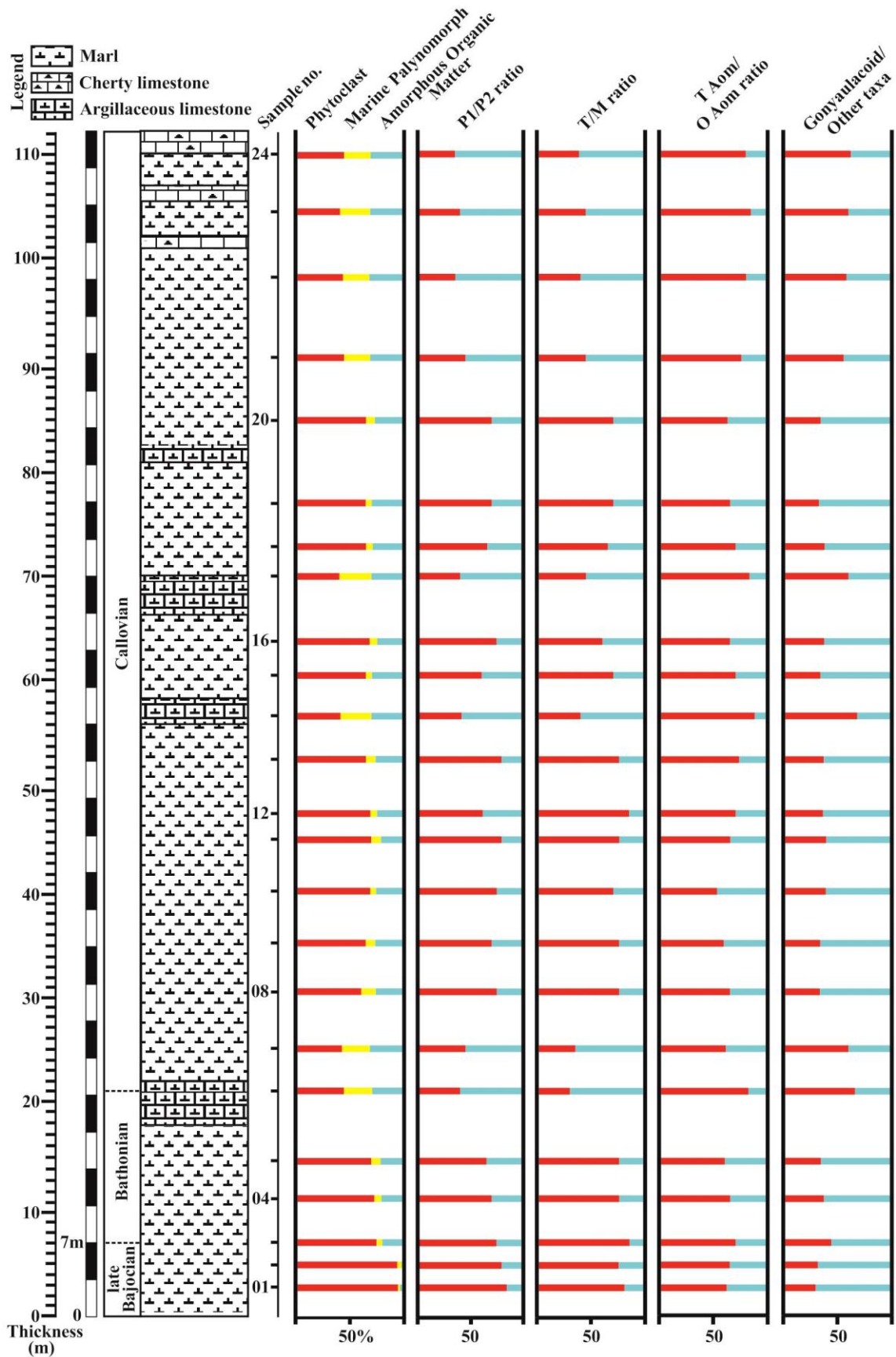


شکل ۵: پالینوفاسیس و عناصر پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم؛ الف) پالینوفاسیس I، ب) پالینوفاسیس II، پ) پالینوفاسیس IVa. ۱- تتراد، ۲- پالینوماسرال‌های هم‌بعد، ۳- پالینوماسرال‌های تیغه‌ای شکل، ۴- بافت گیاهی، ۵- اسپور، ۶- پولن، ۷- داینوسیست، ۸- اسپور قارچ، ۹- AOM شفاف، ۱۰- AOM تیره

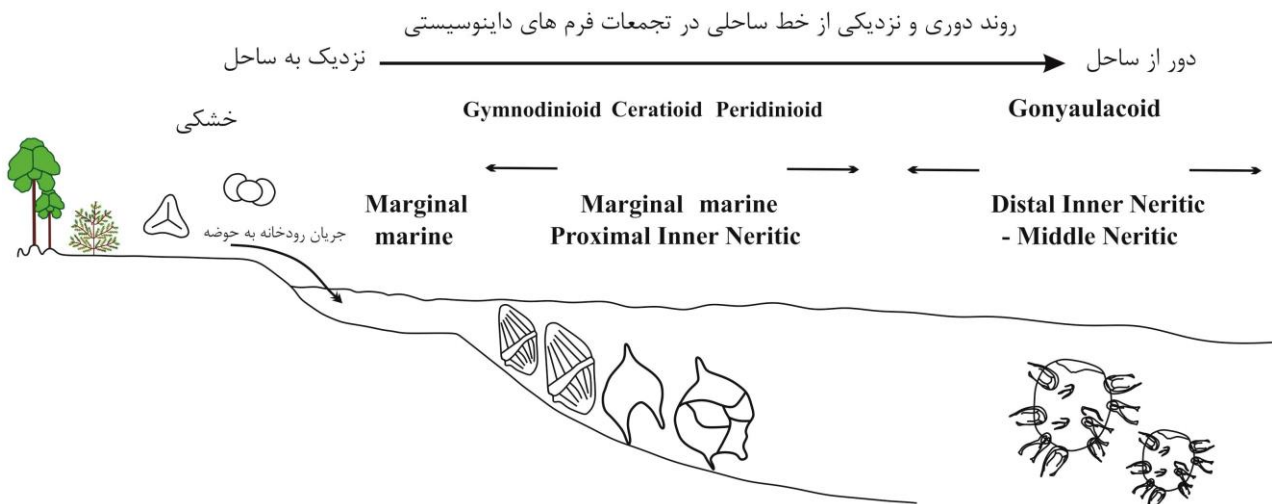
می‌باشد (Sluijs *et al.*, Pross & Brinkhuis, 2005). این گروه معرف پیش‌روی آب بوده و در محدوده بازوسین - باتونین با شروع پیش‌روی آب متنوع می‌شوند. این تنوع در عرض‌های جغرافیایی پایین تا متوسط در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی مشاهده شده است (Wiggan *et al.*, 2018). سایر فرم‌های داینوسیستی شامل فرم‌های پریدینوئید^{۱۱}، ژیمنودینوئید^{۱۲} و سراتیوئید^{۱۳} است. فرم‌های پریدینوئید غالباً داینوفلاژله‌های هتروتروف هستند که در مناطق با مواد غذایی فراوان و آب‌های گرم زندگی می‌کنند (Sluijs *et al.*, 2005) و فراوانی آن‌ها معرف محیط کم‌عمق حاشیه‌ای می‌باشد (Tahoun *et al.*, 2017). فرم‌های ژیمنودینوئید نیز معرف محیط دریایی حاشیه‌ای (May, 1977) و فرم‌های سراتیوئید معرف محیط دریایی کم‌عمق و محصور می‌باشد (Leerveld, 1995). شکل ۷ مدلی شماتیک از موقعیت فرم‌های داینوسیستی پریدینوئید، گونیاکونید، ژیمنودینوئید و سراتیوئید و همچنین میوسپورها (اسپور و پولن‌ها) را نسبت به روند دیستال - پروکسیمال حوضه نشان می‌دهد.

AOM به تغییرات سطح آب وابسته است و رسوب‌گذاری مناسب با حجم اکسیژن پایین شرایطی هستند که سبب حفاظت بهتر AOM شفاف می‌شوند. عدم رسوب‌گذاری در شرایط اکسیژن‌دار باعث فعالیت باکتری‌های هوازی شده و AOM تیره را به وجود می‌آورند (Waveren & Visscher, 1994). در نتیجه فراوانی AOM شفاف نشان دهنده شرایط بدون اکسیژن یا کم‌اکسیژن و فراوانی AOM تیره حاکی از شرایط اکسیژن‌دار است. نسبت AOM شفاف به AOM تیره معرف میزان اکسیژن در محیط رسوبی می‌باشد. اگر مقدار این نسبت بیش از یک باشد نشان دهنده شرایط کم‌اکسیژن و احتمالاً نرخ مناسب رسوب‌گذاری است (Zonneveld *et al.*, 1997; Batten, 1996; Bombardiere & Gorin, 2000). بدیهی است مقادیر کمتر از یک نیز معرف شرایطی اکسیدان هستند. عامل دیگری که می‌توان در تفسیر تغییرات سطح آب از آن استفاده کرد درصد داینوفلاژله‌های گونیاکونید نسبت به سایر فرم‌های داینوسیستی می‌باشد. گونیاکونیدها داینوفلاژله‌های اتوتروفی می‌باشند که در محیط‌های نسبتاً آرام زیسته (Powell *et al.*, 1992) و در مناطقی که تولید زیستی پایین است زندگی می‌کنند. کمبود آنها در محیط معرف فراوانی جریان‌ات فراچاهنده

11- Peridinioid
12- Gymnodinioid
13- Ceratioid



شکل ۶: تغییرات عناصر اصلی پالینولوژی و عوامل محیطی در برش چینه‌شناسی بشم؛ علائم اختصاری: P1 (Equidimensional Opaque Palynomacerals)، P2 (Marine (M) • Terrestrial (T) • Opaque AOM (O AOM) • Transparent AOM (T AOM) • Amorphous Organic Matter (AOM) • Blade-shaped Opaque Palynomacerals)



شکل ۷: موقعیت پالینومورف‌ها در محیط دریایی (برگرفته از Garzon et al., 2012; Tahoun et al., 2018)

بالای فیتو کلاست اپیک سیاه دیده می‌شود (Skupien et al., 2015). از قاعده برش به سمت بالا، در فواصلی حوضه شاهد تغییرات مقطعی سطح آب بوده است که به تغییر میزان پالینومورف‌های دریایی و ورودی ماده از خشکی منجر شده است (شکل ۶).

رخساره مارنی قاعده سازند دلیچای معرف آغاز پیش‌روی دریا می‌باشد. از نمونه ۳ افزایش تدریجی در میزان پالینومورف‌های دریایی و کاهش در مقادیر فیتو کلاست و نسبت عناصر خشکی به دریایی روی می‌دهد (شکل ۶). شروع این شواهد در نمونه ۳ معرف شروع پیش‌روی آب در ابتدای باتونین است. در محدوده نمونه‌های ۳-۵، ۸-۱۳، ۱۵-۱۶ و ۱۸-۲۰ یک محیط کم‌عمق حاشیه‌ای کم‌اکسیژن تا فاقد اکسیژن (پالینوفاسیس II) بر محیط رسوبی دیرینه حاکم بوده است. نسبت عناصر خشکی به دریایی و پالینوماسرال‌های اپیک هم‌بعد نسبت به تیغه‌ای شکل^{۱۵} نیز بالا می‌باشد که وجود محیط دریایی نسبتاً کم‌عمق را تأیید می‌کند. نسبت AOM شفاف به تیره بیشتر از یک می‌باشد، اما وجود هرچند اندک AOM تیره نشان دهنده آن است که شرایط کاملاً فاقد اکسیژن نبوده است (شکل ۶).

بازسازی محیط دیرینه سازند دلیچای در برش چین‌شناسی بشم

آخرین ردیف‌های سازند شمشک در منطقه، ماسه‌سنگ‌های قرمز تا قهوه‌ای رنگی است که در زیر ردیفی از مارن و سنگ آهک رسی قاعده سازند دلیچای قرار گرفته است. با بررسی پالینوفاسیس‌های مشخص شده (شکل ۴ و ۵) و نمودارهای حاصل از درصد فراوانی عناصر اصلی پالینولوژیکی و شاخص‌های پالینوفاسیسی (شکل ۶) در طول ستون چین‌شناسی برش بشم مشخص می‌شود که با توجه به نسبت بالای عناصر خشکی به دریایی^{۱۴}، مقادیر بالای فیتو کلاست و میزان پایین پالینومورف‌های دریایی در ابتدای برش چین‌شناسی، یک محیط بسیار کم عمق نزدیک ساحل (پالینوفاسیس I) برای سازند دلیچای در این برش در انتهای بازوسین پیشنهاد می‌شود. نسبت بالای فیتو کلاست‌ها، فقر پالینومورف‌های دریایی و نسبت بالای پالینوماسرال‌های هم‌بعد معرف پایین بودن سطح آب دریا می‌باشد (Gedl & Ziaja, 2012). داینوفلاژله پروکسیمیت *Nanoceratopsis* در ابتدای برش در مقاطع به فراوانی وجود دارد. این جنس در پالینوفاسیس‌های حاوی درصد

فراهانی، ۱۳۹۶؛ هاشمی یزدی و همکاران، ۱۳۹۶). اسپور و پولن‌های شناسایی شده از سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم، ۸۵ درصد منسوب به پتروفیتا^{۱۶}، ۵٪ سیکادوفیتا^{۱۷}، ۴٪ کنیفروفیتا^{۱۸}، ۳٪ زینکگوفیتا^{۱۹}، ۲٪ پتریدواسپرموفیتا^{۲۰} و ۱٪ لیکوفیتا بودند. این موضوع نشان دهنده غلبه بی‌چون و چرای سرخس‌ها در ترکیب پوشش گیاهی مناطق اطراف محیط تشکیل نهشته‌های سازند دلیچای در این برش چینه‌شناسی می‌باشد. سرخس‌ها در طول دوران مزوزوئیک در محیط‌های گرم و مرطوب از قبیل مرداب‌های زغالی و سواحل رودخانه‌ها فراوان بودند (Abbink *et al.*, 2004). امروزه نیز این گیاهان در زیستگاه‌های مناطق استوایی تا نیمه‌استوایی یافت شده و معرف آب و هوایی گرم و مرطوب می‌باشند (Vakhrameev, 1991؛ Jansson *et al.*, 2008). بر این اساس می‌توان آب و هوایی گرم و مرطوب را در زمان نهشته شدن رسوبات سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم انتظار داشت. از طرف دیگر، سایر مطالعات صورت گرفته بر روی سازند دلیچای فراوانی این گروه‌ها را در محدوده سمنان، دامغان و شاهرود امروزی نشان می‌دهد (ده‌بزرگی، ۱۳۹۲؛ هاشمی یزدی، ۱۳۹۴). سجادی و درمنکی فراهانی (۱۳۹۶) سازند دلیچای در منطقه گویداغ در ۱۴ کیلومتری جنوب شرقی مراغه را مورد مطالعه قرار دادند و تنها ۱۱ درصد سرخس در برش مورد مطالعه گزارش کردند. بر همین اساس به نظر می‌رسد که پالینوفلورای سازند دلیچای در همه وسعتی که امروزه رخنمون آن باقی است از روند مشابهی پیروی نکرده است.

در نمونه‌های ۶، ۷، ۱۴، ۱۷ و حد فاصل نمونه‌های ۲۴-۲۱ (پالینوفاسیس IVa) که از طبقات سنگ آهک رسی و مارنی برداشت شده‌اند، نسبت به پالینوفاسیس III، افزایش بیشتری در میزان پالینومورف‌های دریایی، کاهش در مقادیر فیتوکلست، کاهش نسبت عناصر خشکی به دریایی، افزایش میزان پالینوماسرال‌های تیغه‌ای، افزایش گردش‌دگی و جورشدگی در پالینوماسرال‌های هم‌بعد و کوچک و کاهش در نسبت AOM شفاف به تیره روی داده است (شکل ۶). این موضوع معرف افزایش در سطح آب و عمق نسبی حوضه در این فواصل می‌باشد. همچنین درصد داینوفلاژله‌های گونیا لاکوئید نسبت به سایر فرم‌های داینوسیستی افزایش یافته است که مؤید پیش‌روی آب می‌باشد. در نمونه شماره ۶ و ۷ وجود این شرایط معرف بالاآمدگی سطح آب در ابتدای کالوین است. این شرایط در انتهای برش چینه‌شناسی در فاصله نمونه‌های ۲۱ تا ۲۴ نیز برقرار است. بالاآمدگی سطح آب در قسمت‌های رأسی سازند به پیش‌روی آب و افزایش نسبی عمق محیط دیرینه منجر شده است. حضور داینوفلاژله کوریت و اکریتارک دارای خارهای بلند در قسمت‌های انتهایی سازند این نتیجه‌گیری را تأیید می‌کند. به طور خلاصه می‌توان گفت داده‌های پالینولوژی حکایت بر غلبه یک محیط دریایی نسبتاً کم‌عمق و کم‌اکسیژن دارد که در فواصلی از پایین به سمت بالای برش چینه‌شناسی با افزایش نسبی در عمق حوضه همراه بوده است.

آب و هوای دیرینه

گیاهان والد و شرایط اقلیمی آن‌ها

مطالعات پیشین سازند دلیچای بر اساس گیاهان والد بر وجود آب و هوایی گرم و مرطوب در زمان نهشته شدن این سازند دلالت دارد (هاشمی یزدی، ۱۳۸۷، ۱۳۹۴؛ نویدی ایزد، ۱۳۹۲؛ ده‌بزرگی، ۱۳۹۲؛ سجادی و درمنکی

16- Pterophyta
17- Cycadophyta
18- Coniferophyta
19- Ginkgophyta
20- Pteridospermophyta

داینوسیست‌های شاخص دما

عرض جغرافیایی یکی از عوامل مهم در پراکندگی داینوفلاژله‌ها می‌باشد. تعداد زیادی از داینوفلاژله‌های متعلق به ژوراسیک به سه گروه اصلی فرم‌های آب سرد، فرم‌های مربوط به آب حدواسط یا معتدل و داینوسیست‌های شاخص آب گرم تقسیم‌بندی شده‌اند (Riding & Hubbard, 1999). داینوفلاژله‌های شاخص آب حدواسط یا معتدل بیشترین سهم را در بین داینوسیست‌های شناسایی

شده در برش چینه‌شناسی بشم داشتند. به دنبال آن داینوفلاژله‌های شاخص آب گرم و در آخر داینوفلاژله‌های مربوط به آب سرد شناسایی شده است. کمترین فراوانی و تنوع در میان گونه‌های شناسایی شده در برش چینه‌شناسی مطالعه شده مربوط به داینوفلاژله‌های آب سرد بوده است (جدول ۴). در نتیجه، می‌توان آب و هوایی معتدل تا گرم را در زمان نهشته شدن رسوبات سازند دلیچای در محدوده بشم امروزی متصور بود.

جدول ۴: داینوسیست‌های شاخص دما در برش چینه‌شناسی بشم

گونه‌های شناسایی شده	طبقه‌بندی
<i>Compositosphaeridium polonicum</i> , <i>Ctenidodinium continuum</i> , <i>Ctenidodinium ornatum</i> , <i>Gonyaulacysta jurassica</i> , <i>Korystocysta gochti</i> , <i>Mendicodinium groenlandicum</i> , <i>Nannoceratopsis pellucida</i> , <i>Pareodinia ceratophora</i> , <i>Scriniodinium crystallinum</i> , <i>Tubotuberella dangardii</i>	داینوسیست‌های شاخص آب حدواسط یا معتدل
<i>Chytroeisphaeridia chytroeides</i> , <i>Endoscrinium luridum</i> , <i>Pareodinia halosa</i> , <i>Systematophora areolata</i> , <i>Tubotuberella apatela</i>	داینوسیست‌های شاخص آب گرم
<i>Nannoceratopsis gracilis</i> , <i>Nannoceratopsis senex</i>	داینوسیست‌های شاخص آب سرد

نتیجه‌گیری

پالینومورف‌های دریایی به همراه مقادیری از اسپورها، پولن‌ها و اکریتارک‌ها پالینوفلورای سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم در محدوده ساختاری البرز شرقی را تشکیل می‌دهند. با مطالعه گسترش چینه‌شناسی داینوسیست‌های شاخص در این برش چینه‌شناسی سه پالینوزون قابل انطباق با زیست‌زون‌های استاندارد شناسایی شد. به علاوه با توجه به حضور داینوسیست‌های شاخص مانند *Mendicodinium groenlandicum* و *Systematophora areolata* در بخش‌های بالایی برش مطالعه شده، سن سازند دلیچای در این برش چینه‌شناسی با ژوسین پسین - کالوین پسین تشخیص داده شده است که با سن تعیین شده توسط آمونیت‌ها در همین برش مطابقت دارد. نتایج حاصل از مطالعه خرده‌های آلی و بررسی شاخص‌های پالینولوژیکی در برش چینه‌شناسی بشم حکایت بر غلبه یک محیط دریایی نسبتاً کم‌عمق و کم‌اکسیژن دارد که در فواصلی از پایین به

سمت بالای برش چینه‌شناسی با افزایش نسبی در عمق حوضه همراه بوده است. دو عامل مهم داینوسیست‌های شاخص دما و همچنین گیاهان والد اسپورها و پولن‌های شناسایی شده در تعیین آب و هوای دیرینه سازند دلیچای به کار برده شد. بر همین اساس و به دلیل حضور داینوفلاژله‌های شاخص آب و هوای معتدل تا گرم و همچنین فراوانی سرخس‌ها در محیط اطراف تشکیل نهشته‌های سازند دلیچای در این برش چینه‌شناسی، آب و هوای معتدل تا گرم برای آن پیشنهاد شد.

سپاس‌گزاری

از آقای مهندس حسن مافی به دلیل مشارکت در عملیات صحرائی سپاس‌گزاری می‌شود. نظرات ارزشمند داوران محترم در بهبود این مطالعه نقش مؤثری داشته که بدین وسیله از ایشان نیز قدردانی می‌شود.

منابع

- اصغر نیا روشن، ز.، مجیدی فرد، م.ر.، رئوفیان، ا.، کهنسال قدیم‌وند، ن.، ۱۳۹۷. سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری سازند دلیچای در جنوب شهرستان بابل (البرز شمالی). رخساره‌های رسوبی، ۱۱(۲): ۱۶۳-۱۸۰.
- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- حسین‌زاده، ک.، ۱۳۹۰. چینه‌نگاری زیستی سازند دلیچای در ناحیه تویه‌دروار (باختر دامغان) با توجه خاص به آمونیت‌ها - البرز شرقی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام‌نور مرکز تهران، ۱۲۲ ص.
- خاکی، و.، ۱۳۸۰. پالینوستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک بالایی منطقه کوه سفید کوه‌های سلطانیه در جنوب شرق زنجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۴۴ ص.
- درمنکی فراهانی، س.، ۱۳۹۵. پالینولوژی سازند دلیچای در جنوب شرق (برش گویداغ) و شمال غرب (برش آهق) مراغه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۸۸ ص.
- ده‌بزرگی، ا.، ۱۳۹۲. پالینولوژی و پالئوآکولوژی ژوراسیک میانی (سازندهای دلیچای و بغمشاه) در شرق سمنان، منطقه جام. رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۳۲۰ ص.
- ده‌بزرگی، ا.، هاشمی یزدی، ف.، سجادی هزاوه، ف.، ۱۳۹۷. پالینوستراتیگرافی و محیط رسوبی دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی پل دختر، البرز مرکزی. دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، ۶(۱۱): ۳۵-۴۸.
- رضازاده بلوری، ع.، ۱۳۹۶. زیست چینه‌نگاری سازند دلیچای در شمال شرق دره زو شمال شرق جاجرم بر مبنای فرامینفرها و داینوفلاژله‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۱۵ ص.
- رئوفیان، ا.، ۱۳۹۳. بررسی ردیف‌های ژوراسیک میانی تا بالائی در حوضه‌ی ساختاری - رسوبی بینالود بر مبنای مطالعات چینه‌شناسی، فسیل‌شناسی (زیای آمونیتی) و محیط رسوبی. رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۲۰ ص.
- رئوفیان، ا.، مافی، آ.، سیدامامی، ک.، عاشوری، ع.، ۱۳۹۴. زیست چینه‌نگاری بخش‌های قاعده‌ای سازند دلیچای بر مبنای زیای آمونیتی و داینوسیست‌ها در رشته کوه‌های بینالود. نهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صص ۵۳-۵۸.
- سجادی هزاوه، ف.، درمنکی فراهانی، س.، ۱۳۹۶. پالینوستراتیگرافی و پالئوآکولوژی نهشته‌های ژوراسیک میانی در جنوب شرقی مراغه. بر اساس پالینومورف‌های خشکی. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۶۷: ۴۱-۶۴.
- سجادی هزاوه، ف.، سمیه درمنکی فراهانی، س.، هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۹۷. پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ، جنوب شرقی مراغه، بر مبنای داینوفلاژله‌ها. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۷۰: ۹۱-۱۰۸.
- صباغیان، ح.، ۱۳۸۸. پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در کوه راهبند مهدی شهر، البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۲۰ ص.
- فریزی کرمانی، م.، ۱۳۸۲. پالینوستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک میانی و بالایی در برش فریزی (پهنه بینالود) شمال غربی مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۷۲ ص.

- محمدخانی، خ.، زارعی، ا.، ۱۳۹۷. پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش درجزین شمال سمنان. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۷۳: ۲۱-۳۸.
- نوییدی‌ایزد، ن.، ۱۳۹۲. پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی دیکتاش، شمال شرق سمنان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران، ۲۲۰ ص.
- وزیری، س.ح.، مجیدی‌فرد، م.ر.، جهانی، د.، جمشیدی، ا.، ۱۳۸۷. چینه‌نگاری سنگی و زیستی سازند دلیچای در شمال باختری امامزاده هاشم (برش فیل زمین)، البرز مرکزی. فصلنامه علوم زمین، ۳ (۴): ۸۳-۹۶.
- هاشمی‌یزدی، ف.، ۱۳۸۷. پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش بلو، شمال سمنان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران، ۱۲۹ ص.
- هاشمی‌یزدی، ف.، ۱۳۹۴. پالینولوژی و پالئوآکولوژی سازند دلیچای در حوضه البرز مرکزی - شرقی و سازند هجدک در شرق ایران مرکزی. رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۳۲۲ ص.
- هاشمی‌یزدی، ف.، ده‌بزرگی، ا.، سجادی‌هزاوه، ف.، هاشمی‌شیخ‌آبادی، س.ح.، ۱۳۹۶. استفاده از گروه‌های اسپورومورفی (SEGs) در بازسازی محیط رسوبی سازند دلیچای در دو برش چینه‌شناسی شرف (البرز مرکزی) و تپال (البرز شرقی). پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۶۸: ۱-۱۴.
- هاشمی‌یزدی، ف.، سجادی‌هزاوه، ف.، هاشمی‌شیخ‌آبادی، س.ح.، ۱۳۹۷. پالینوستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک میانی (دوگر) البرز مرکزی و شرقی. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۷۲: ۲۱-۳۶.
- Abbink, O.A., Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A., & Visscher, H., 2004. A sporomorph ecogroup model for the Northwest European Jurassic-Lower Cretaceous: concepts and framework. *Netherlands Journal of Geosciences, Geologie en Mijnbouw*, 83: 17-38.
- Allameh, M., & Ghasemi-Nejad, E., 2016. Palynology and Palynofacies of Santonian–Maastrichtian strata (Abtalkh Fm.) in eastern Koppeh-Dagh Basin, NE of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 9 (3): 1-10.
- Assereto, R., 1966. The Jurassic Shemshak Formation in Central Elburz (Iran). *Rivista Italiano Paleontologia Stratigraphia*, 72 (4): 1133-1182.
- Batten, D.J., 1996. Upper Jurassic and Cretaceous miospores. Chapter 26A, Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation. In: Jansonius J., & McGregor, D.C., (eds.), *Palynology: Principles and Application. American Association Stratigraphic Palynologists Foundation*, 3: 1011-1064.
- Beisel, A.L., Zanin, Y.N., Zamirailova, A.G., Ilyina, V.I., Lebedeva, N.K., Levchuk, L.K., Levchuk, M.A., Meledina, S.V., Nikitenko, B.L., Shurygin, B.N., & Yan, P.A., 2002. Reference section for the Upper Jurassic and Callovian in Northern West Siberia. *Russian Geology Geologiya and Geophysics*, 43 (9): 763-777.
- Berberian, M., & King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Bombardiere, L., & Gorin, G.E., 2000. Stratigraphical and lateral distribution of sedimentary organic matter in Upper Jurassic carbonates of SE France. *Sedimentary Geology*, 132: 177-203.
- Borges, M.E.N., Riding, J.B., Fernandes, P., & Pereira, Z., 2011. The Jurassic (Pliensbachian to Kimmeridgian) palynology of the Algarve Basin and the Carrapateira outlier, southern Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 163 (3-4): 190-204.
- Correia, V.F., Riding, J.B., Henriques, M.H., Fernandes, P., Pereira, Z., & Wiggan, N.J., 2019. The Middle Jurassic palynostratigraphy of the northern Lusitanian Basin, Portugal. *Newsletters on Stratigraphy*, 52 (1): 73-96.
- Dehbozorgi, A., Sajjadi, F., & Hashemi, H., 2013. Middle Jurassic palynomorphs of the Dalichai Formation, central Alborz Ranges, northeastern Iran: Paleoecological inferences. *Science China Earth Sciences*, 56: 2107-2115.

- Farmani, T., Ghasemi-Nejad, E., Beiranvand, B., & Maleki-Porazmiani, S., 2020. Biozonation, Paleobathymetry and paleoenvironmental study of the Gurpi Formation in southwestern Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 12 (1): 54-68.
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K., Cecca, F., & Majidifard, M.R., 2005. The upper Shemshak Formation (Toarcian - Aalenian) of the Eastern Alborz (Iran): Biota and palaeoenvironments during transgressive - regressive cycle. *Facies*, 51: 365-384.
- Garzon, S., Warny, S., & Bart, P.J., 2012. A palynological and sequence-stratigraphic study of Santonian–Maastrichtian strata from the Upper Magdalena Valley Basin in central Colombia: supplement 1. *Palynology*, 36: 112-133.
- Gedl, P., & Ziaja, J., 2012. Palynofacies from Bathonian (Middle Jurassic) ore - bearing clays at Gnaszyn, Kraków - Silesia Homocline, Poland, with special emphasis on sporomorph eco-groups. *Acta Geologica Polonica*, 62 (3): 325-349.
- Ghasemi-Nejad, E., Sabbaghiyan, H., & Mosaddegh, H., 2012. Paleobiogeographic implications of late Bajocian-late Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts from the Central Alborz Mountain, northern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 43: 1-10.
- Gorin, G.E., & Steffen, D., 1991. Organic facies as a tool for recording eustatic variations in marine fine-grained carbonates-example of the Berriasian stratotype at Berrias (Ardèche, SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 85: 303-320.
- Ibrahim, M.I.A., Kholeif, S.E., & Al-Saad, H., 2003. Dinoflagellate cyst biostratigraphy and paleoenvironment of the Lower-Middle Jurassic succession of Qatar, Arabian (Persian) Gulf. *Revista Española de Micropaleontología*, 35 (2): 171-194.
- Jansson, I.M., McLoughlin, S., Vajda, V., & Pole, M., 2008. An Early Jurassic flora from the Clarence-Moreton Basin, Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 150: 5-21.
- Leerveld, H., 1995. Dinoflagellate cysts from the lower cretaceous Rio Argos succession (SE Spain). *LPP Contribution Series*, 2: 1-176.
- Lentin, J.K., & Williams, G.L., 2004. Index of fossil dinoflagellates. *American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series*, 42: 1-909.
- Mafi, A., Ghasemi-Nejad, E., Ashouri, A., & Vahidinia, M., 2014. Dinoflagellate cysts from the Upper Bajocian-Lower Oxfordian of the Dalichai Formation in Binalud Mountains (NE Iran): their biostratigraphical and biogeographical significance. *Arabian Journal of Geosciences*, 7 (9): 3683-3692.
- Mahmoud, M.S., & Moawad, A.M., M. 2000. Jurassic-Cretaceous (Bathonian to Cenomanian) palynology and stratigraphy of the West Tiba-1 borehole, northern Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 30 (2): 401-416.
- Mantle, D.J., & Riding, J.B., 2012. Palynology of the Middle Jurassic (Bajocian-Bathonian) Wanaea verrucosa dinoflagellate cyst zone of the North West Shelf of Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 180: 41-78.
- Mahboub, I., & Slimani, H., 2020. Middle Eocene dinoflagellate cysts from the Tsoul section, eastern External Rif, Morocco: biostratigraphy and paleoenvironmental interpretations. *Arabian Journal of Geosciences*, 13: 1-197.
- Mao, Sh., & Bian, L., 2000. Middle Jurassic dinoflagellate cysts from Qiangtong, northern Tibet. *Geoscience (Journal of the Graduate School, University of Geosciences, China)*, 14 (2): 115-122.
- May, F.E., 1977. Functional morphology, paleoecology, and systematics of Dinogymnium tests. *Palynology*, 1: 103-121.
- Phipps, D., & Playford, G., 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. Department of Geology. University of Queensland. *Papers*, 11 (1): 1-23.
- Poulsen, N.E., & Riding, J.B., 2003. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. In: Ineson, J.R., & Surlyk, F., (eds.), The Jurassic of Denmark and Greenland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 1: 115-144.
- Powell, A.J., Dodge, J.D., & Lewis, J., 1992. The palynological expression of post-Palaeogene upwelling: a review. In: Summerhayes, C.P., Prel, W.L., & Emeis, K.C., (eds.), Upwelling Systems: Evolution since the Early Miocene. *Geological Society, Special Publication*, 64: 215-226.

- Pross, J., & Brinkhuis, H., 2005. Organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene; a synopsis of concepts. *Paläontologische Zeitschrift*, 79 (1): 53-59.
- Riding, J.B., 1987. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Nettleton Bottom Borehole (Jurassic: Hettangian to Kimmeridgian), Lincolnshire, England. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 46: 231-266.
- Riding, J.B., & Thomas J.E., 1992. Dinoflagellate cysts of the Jurassic System. In: Powell, A.J., (ed.), A stratigraphic index of dinoflagellate cysts. British Micropalaeontological Society Publications Series. *Chapman and Hall, London*: 7-97.
- Riding, J.B., & Thomas, J.E., 1997. Marine palynomorphs from the Staffin Bay and Staffin Shale formations (Middle–Upper Jurassic) of the Trotternish Peninsula, NW Skye. *Scottish Journal of Geology*, 33: 59-74.
- Riding, J.B., & Hubbard, N.L.B., 1999. Jurassic (Toarcian to Kimmeridgian) Dinoflagellate Cysts and Paleoclimates. *Palynology*, 23: 15-30.
- Riding, J.B., 2014. The literature on Triassic, Jurassic and earliest Cretaceous dinoflagellate cysts: supplement 2. *Palynology*, 38: 334-347.
- Seyed-Emami, K., Fürisch, F.T., Wilmsen, M., Majidifard, M.R., & Skekarifard, A., 2008. Lower and Middle Jurassic ammonoids of the Shemshak Group in Alborz, Iran and their palaeobiogeographical and biostratigraphical importance. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53 (2): 237-260.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G., Raoufian, A., & Shafeizad, M., 2013. Middle and Late Jurassic ammonites from the Dalichai Formation west of Shahrud (East Alborz, North Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 267 (1): 43-66.
- Sharifi, M., Ghasemi-Nejad, E., Sarfi, M., Yazdi-Moghadam, M., Tarjani Salehani, M., & Akhtari, M., 2018. Marine palynology and environmental interpretation of the Lower Cretaceous (Barremian?–Aptian) rock units in the Koppeh-Dagh Ba sin, NE Iran. *Geological Quarterly*, 62 (1): 1-10.
- Skupien, P., Pavluš, J., Falahatgar, M., & Javidan, M., 2015. Middle Jurassic organic-walled dinoflagellate cysts and palynofacies from Telma-Dareh, south of Sari, northern Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 223: 128-137.
- Sluijs, A., Pross, J., & Brinkhuis, H., 2005. From greenhouse to icehouse; organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene. *Earth-Science Reviews*, 68: 281-315.
- Smelror, M., Arhus, N., Meléndez, G.L.M. & Lardies, M.D., 1991. A reconnaissance study of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates and acritarchs from the Zaragoza region (NE Spain) and Figueira da Foz (Portugal). *Revista Española de Micropaleontología*, 23: 47-82.
- Smelror, M., 1993. Biogeography of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates: arctic, NW Europe and circum Mediterranean regions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 102: 121-160.
- Stöcklin, J., & Setudehnia, A., 1991. Stratigraphic Lexicon of Iran. Part I, Central, North and East Iran. *Geological Survey of Iran*, Report No. 18: 1-338.
- Tahoun, S.S., Deaf, A.S., & Mansour, A., 2017. Palynological, palaeoenvironmental and sequence stratigraphical analyses of a Turonian-Coniacian sequence, Beni Suef Basin, Eastern Desert, Egypt: implication of *Pediastrum* rhythmic signature. *Marine and Petroleum Geology*, 88: 871-887.
- Tahoun, S.S., Deaf, A.S., & Ied, I.M., 2018. The use of cyclic stratigraphic pattern of peridinioid and gonyaulacoid dinoflagellate cysts in differentiating potential thick monotonous carbonate reservoirs: A possible ecostratigraphic tool under test. *Marine and Petroleum Geology*, 96: 240-253.
- Thierry, J., 2000. Middle Callovian (157–155 Ma). In: Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju-Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., Crasquin, S., & Sandulescu, M., (eds.), Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical Maps. *CCGM/CGMW, Paris*: 1-97.
- Tyson, R.V., 1993. Palynofacies analysis. In: Jenkins D.G. (ed.), Applied Micropaleontology. *Kluwer Academic Publishers. Dordrecht*: 153-172.
- Tyson, R.V., 1995. Sedimentary organic matter; organic facies and palynofacies. *Chapman and Hall, London*, 615 p.
- Vakhrameev, V.A., 1991. Jurassic and Cretaceous floras and climates of the earth. *Cambridge University Press, Cambridge*, 318 p.

- Van der Zwan, C.J., 1990. Palynostratigraphy and Palynofacies reconstruction of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous of the Draugen Field, offshore Mid Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 62: 157-186.
- Waveren, I., & Visscher, H., 1994. Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediment from a high-productivity area (Banda Sea, Indonesia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 112: 85-111.
- Wiggan, N.J., Riding, J.B., & Franz, M., 2017. Resolving the Middle Jurassic dinoflagellate radiation: the palynology of the Bajocian of Swabia, southwest Germany. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 238: 55-87.
- Wiggan, N.J., Riding, J.B., Fensome, R.A., & Mattioli, E., 2018. The Bajocian (Middle Jurassic): A key interval in the early Mesozoic phytoplankton radiation. *Earth-Science Reviews*, 180: 126-146.
- Wilmsen, M., Fursich, F.T., & Seyed-Emami, K., 2005. The Callovian - Kimmeridgian (Jurassic) carbonate platform phase of northern and east-central Iran. Geophysical Research Abstracts 7: 06855. *EGU General Assembly, Vienna* [Abstract].
- Wilmsen, M., Fursich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., & Taheri, J., 2009a. The Cimmerian Orogeny in northern Iran: tectonostratigraphic evidence from the foreland. *Terra Nova*, 21: 211-218.
- Wilmsen, M., Fursich, F.T., Seyed-Emami, K., & Majidifard, M., R., 2009b. An overview of the stratigraphy and facies development of the Jurassic System on the Tabas Block, east - central Iran. *Geological Society of London. Special Publication*, 312: 323-343.
- Wilmsen, M., Fursich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., & Zamani-Pedram, M., 2010. Facies analysis of a large-scale Jurassic shelf-lagoon: the Kamar-e-Mehdi Formation of east-central Iran. *Facies*, 56: 59-87.
- Woollam, R., 1980. Jurassic dinocysts from shallow marine deposits of the East Midlands, England. *Journal of the University of Sheffield. Geological Society*, 7 (5): 243-261.
- Woollam, R., & Riding, J.B., 1983. Dinoflagellate cyst zonation of the English Jurassic. *Institute of Geological Sciences. Report No. 83 (2)*: 1-42.
- Zobaa, M.K., El Beialy, S.Y., El-Sheikh, H.A., & El Beshtawy, M.K., 2013. Jurassic - Cretaceous palynomorphs, palynofacies, and petroleum potential of the Sharib - 1X and Ghoroud - 1X wells, north Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 78: 51-65.
- Zonneveld, K.A.F., Versteegh, G.J.M., & Lange, G.J., 1997. Preservation of organic-walled dinoflagellate cysts in different oxygen regimes: a 10000-year natural experiment. *Marine Micropaleontology*, 29: 393-405.

Palynostratigraphy, paleoclimate, and paleoenvironment of the Dalichai Formation in the Bashm stratigraphic section (Eastern Alborz)

Dehbozorgi, A.^{1*}, Senemari, S.¹

1- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

2- Associate Professor, Department of Mining Engineering, Faculty of Technical & Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

* Email: dehbozorgi@sci.ikiu.ac.ir

Introduction

The Middle Jurassic strata (Dalichai Formation) is widespread across the Alborz Range. It is chiefly characterized by alternating shale beds, bluish-grey thin to medium bedded limestone, and marl including ammonites, belemnites, and sponge (Steiger, 1966). Various mega- and microfossil faunas are recorded in the formation, including fairly rich ammonites, spores, pollen grains, dinoflagellate cysts, belemnites, bivalves, brachiopods, echinoderms, sponges, bryozoans, and foraminifera. The 212-m-thick Dalichai Formation in the Bashm stratigraphic section, Eastern Alborz, mainly consists of marl, argillaceous limestone, and a few intercalations of cherty limestone. With distinct disconformity, it succeeds the Upper Triassic-Lower Middle Jurassic Shemshak Formation and gradationally underlies the thick-bedded limestone of the Upper Jurassic Lar Formation. This study aimed to make and correlate a palynostratigraphic framework for the studied interval and interpret the palynofacies and paleoclimate of the Dalichai Formation based on palynological data at the Bashm stratigraphic section, Eastern Alborz, northern Iran.

Materials and Methods

In the studied section, twenty-four samples were collected for palynological analysis. All samples were prepared following standard palynological processing procedures (e.g., Phipps & Playford, 1984), comprising treatment with hydrochloric (10-50%) and hydrofluoric (ca. 40%) acids for dissolution of carbonates and silicates, respectively. Thereafter, hot 50% HCl was used to dissolve silica-gel formed during the HF-silicate reaction. Then the solution was neutralized and centrifuged in ZnCl₂ (specific gravity 1.9) for density separation. Neither oxidative nor alkali treatments were applied. Residues were sieved through a 20µm mesh and strew mounted on glass slides using liquid Canada balsam. All the samples, slides, and figured specimens were stored at the Laboratory of Paleontology of the Department of Geology, Faculty of Science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Discussion

The 24 samples examined yield well-preserved, diverse palynofloras consisting predominantly of dinoflagellate cysts and miospores (spores and pollen grains). Fungal spores and acritarchs occur as minor constituents. The presence of some index species of dinoflagellate cysts leads to the identification of three of the North-western European biozones (Woollam & Riding, 1983; Riding & Thomas, 1992; Poulsen & Riding, 2003), i.e., *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone (late Bajocian), *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone (Bathonian to early Callovian) and *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (early to middle Callovian). Moreover, the presence of such dinoflagellate species as *Mendicodinium groenlandicum* and *Systematophora areolata* has been used to attribute a late Callovian age to the upper part of this studied section. Therefore, the late Bajocian - late Callovian age is collectively attributed to the studied section. This age assignment based on palynological data is consistent with the age presented by the ammonites (Hossein Zadeh, 2011) in this stratigraphic section. The erected palynozones correspond largely to those established in Northwestern Europe and reveal the marine connection between North of Iran with Northwest Europe and the Northwestern Tethys during the late Bajocian to late Callovian ages. Quantitative analyses of the palynological data indicate the dominance of a relatively shallow, low-oxygenated marine environment with a relative increase in depth at some intervals upward in the studied section. Such spore species as *Klukisporites*, *Cyathidites*, *Dictyophyllidites*, and *Gleicheniidites* known to have been produced

by Pterophyta dominate the palynofloras. Thus, the contemporaneous coastal vegetation was characterized by the predominance of Pterophyta and minor components of Ginkgophyta, Pteridospermophyta, Coniferophyta, Lycopphyta, and Cycadophyta. Moreover, this reconstruction accompanied by the dominance of warm and intermediate dinoflagellate cysts collectively indicates a mild to warm climate for the Dalichai Formation in the studied section during the Middle Jurassic (late Bajocian - late Callovian). Indeed, according to the paleogeographic maps, in the Middle Jurassic (Middle Callovian), the Alborz Mountains of northern Iran occupied lower latitudes between 20 to 30 degrees north (Thierry, 2000; Seyed-Emami *et al.*, 2008; Wilmsen *et al.*, 2009, 2010). This position confirms this paleoecology for the Dalichai Formation.

Conclusion

All samples examined yield well-preserved, diverse dinoflagellate cyst assemblages. 26 identified dinoflagellate cyst species led to the identification of three biozones: *Cribroperidinium crispum* (late Bajocian), the *Dichadogonyaulax sellwoodii* (Bathonian to early Callovian), and *Ctenidodinium continuum* (early to late Callovian). Due to such dinoflagellate species as *Mendicodinium groenlandicum* and *Systematophora areolata*, a late Callovian age is attributed to the upper part of the studied section. This age assignment is consistent with the age presented by the ammonites in this stratigraphic section. Palynological data designate the dominance of a relatively shallow marine environment with a relative increase in depth at some intervals upward the studied section. The abundance of intermediate and warm water dinoflagellate cysts and ferns in the surrounding area of the Dalichai Formation depositional setting and also fungal spores collectively indicate a mild to warm climate for the Dalichai Formation in the studies section.

Keywords: Palynostratigraphy; paleoclimate; Middle Jurassic; paleoenvironment; Eastern Alborz; Dalichai Formation.

References

- Hossein Zadeh, K., 2011. Ammonites-based Biostratigraphy of the Dalichai Formation in Tuye Darvar (west of Damghan), eastern Alborz. M.Sc. thesis, Payame Noor University of Tehran, 125p. (In Persian).
- Phipps, D., & Playford, G., 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. Department of Geology. University of Queensland. *Papers*, 11(1): 1-23.
- Poulsen, N.E., & Riding, J.B., 2003. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. In: Ineson, J.R., & Surlyk, F., (eds.), The Jurassic of Denmark and Greenland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 1: 115-144.
- Riding, J.B., & Thomas J.E., 1992. Dinoflagellate cysts of the Jurassic System. In: Powell, A.J., (ed.), A stratigraphic index of dinoflagellate cysts. British Micropalaeontological Society Publications Series. *Chapman and Hall, London*: 7-97.
- Seyed-Emami, K., Fürisch, F.T., Wilmsen, M., Majidifard, M.R., & Skekarifard, A., 2008. Lower and Middle Jurassic ammonoids of the Shemshak Group in Alborz, Iran and their palaeobiogeographical and biostratigraphical importance. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53 (2): 237-260.
- Steiger, R., 1966. Die Geologie der West-Firuzkuh-Area (Zentral Elburz/Iran). *Geologisches Institute der Eidgenosischen Technischen Hochschule und der Universitat Zürich*, 68: 1-145.
- Thierry, J., 2000. Middle Callovian (157–155 Ma). In: Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju-Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., Crasquin, S., & Sandulescu, M., (eds.), Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical Maps. *CCGM/CGMW, Paris*: 1-97.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., & Majidifard, M., R., 2009. An overview of the stratigraphy and facies development of the Jurassic System on the Tabas Block, east-central Iran. *Geological Society London. Special Publication*, 312: 323-343.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., & Zamani-Pedram, M., 2010. Facies analysis of a large-scale Jurassic shelf-lagoon: the Kamar-e-Mehdi Formation of east-central Iran. *Facies*, 56: 59-87.
- Woollam, R., & Riding, J.B., 1983. Dinoflagellate cyst zonation of the English Jurassic. *Institute of Geological Sciences. Report No. 83 (2)*: 1-42.