

بررسی تاریخچه شکل گیری و تکامل جنگل های مانگرو سیریک و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی و تراز نسبی آب دریا

محمدعلی حمزه*: عضو هیات علمی پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
مهرشاد طاهری؛ استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی ایستگاه پژوهشی دریای خزر، نوشهر، مازندران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰

چکیده

در این مطالعه داده های فیزیکی-شیمیایی شامل دانه بندی، مغناطیس پذیری، درصد کربن آلی، رنگ، چگالی و تخلخل و زیست شناسی (تنوع و فراوانی فرامینیفرهای بسترزی) یک مغزه رسوبی تعیین سن شده از خور آذینی مورد استفاده قرار گرفت تا تغییرات محیطی و تراز آب مانگرو سیریک طی ۲۷۰۰ سال گذشته بازسازی شود. داده ها نشان داد طی دوره زمانی ۲۷۰۰-۱۸۰۰ سال قبل روند افت تراز آب و کاهش رطوبت موجب گردید تا محیط حاشیه ای ساحلی با میزان بارندگی بیشتر از حال حاضر بدل به محیط کم عمق پلایایی با روند کاهش ورودی آب شیرین شود. در دوره زمانی ۱۸۰۰-۱۴۰۰ سال قبل تثبیت تراز آب موجب گسترش کانال های جزرومدی شد که محیط را برای رشد جنگل های مانگرو مهیا نمود. در این زمان کاهش نسبی دما موجب افزایش نسبی بارش های مدیترانه ای گردید. طی ۱۴۰۰ سال گذشته، رشد و توسعه جنگل مانگرو در منطقه آغاز گردید. این دوره مبین خشکی نسبی با نوسان اقلیمی زیاد در منطقه است. این مطالعه نشان می دهد طی دوره های گرم تر، حرکت رو به شمال بادهای غربی موجب کاهش بارش های زمستانه در منطقه می گردد.

واژه های کلیدی: آذینی، بارش های زمستانه مدیترانه ای، چنل، حرا، فرامینیفر.

مقدمه

مانگروها گیاهان شور پسندی هستند که در نواحی کم شیب محیط های بین جزرومدی وسیع در اقلیم های حاره ای عرض های میانی تا متوسط (کمتر از ۳۰ درجه شمالی و جنوبی) می رویند. این گیاهان نیازمند محیط های حفاظت شده در برابر امواج و دامنه جزرومدی زیاد جهت تبادل مواد غذایی هستند. از این رو دشت های ساحلی، خلیج های کوچک، دلتاها و خورها که اغلب محل برخورد آب شیرین رودخانه و آب شور دریا هم هستند، بهترین محیط زیست را برای رویش این درختان فراهم می کنند (Dalrymple and Choi, 2007). از دیدگاه تغییرات اقلیمی و محیطی، جنگل های مانگرو

محیط‌های ساحلی پویایی هستند که شرایط اقلیمی و تراز آب منجر به ایجاد شرایط محیطی شیمیایی، فیزیکی و زیستی متنوعی در بازه‌های زمانی مختلف در آن‌ها می‌شود که در رسوبات آن‌ها ثبت می‌گردد (Weckström et al., 2017). از آنجا که جنگل‌های مانگرو زیست‌بوم‌های منحصر به نواحی بین جزرومدی هستند و در محدوده خط ساحلی رشد می‌کنند، تغییرات تراز آب اثرات زیادی بر روی جغرافیا و پراکنش آن‌ها دارد. بنابراین زمان تثبیت نسبی جهانی سطح آب دریا از حدود ۶۰۰۰ سال قبل (Bernier et al., 1995) تاکنون را می‌توان زمان کلی شکل‌گیری و تکامل مانگروهای کنونی دانست (Weckström et al., 2017). شناخت تکامل و تغییرات محیطی خورها و جنگل‌های مانگرو مرتبط با آن‌ها یکی از بهترین روش‌ها جهت شناخت و بازسازی شرایط محیطی از گذشته تا به امروز است. مطالعات بازسازی شرایط محیطی دیرینه سعی دارد تا شرایط فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی را بر مبنای تفسیر اطلاعات ذخیره‌شده در توالی رسوبات بازسازی نماید. در مقیاس جهانی، مطالعه تغییرات طولانی‌مدت محیطی در جنگل‌های مانگرو، همواره در سایه مطالعات مشابه در خشکی‌ها و دریاچه‌ها قرار داشته است (Weckström et al., 2017). درحالی‌که روش‌های مطالعه تغییرات محیطی گذشته در محیط دریاچه‌ای یک علم کاملاً بالغ و شناخته‌شده است، کاربرد این روش‌ها در محیط مانگرو همچنان یک موضوع جدید است. در سال‌های اخیر، مطالعه زیست‌بوم‌شناسی دیرینه در مانگروها در برخی کشورها به سرعت رشد یافته و جزء علوم فناوریانه در حال ارتقاء در مورد طبیعت پویا و متغیر این محیط به شمار می‌رود (Weckström et al., 2017). تحقیقات زیادی نشان می‌دهد مطالعات بازسازی محیط دیرینه مانگروها علاوه بر کاربردهای ذکرشده در محیط‌های دریاچه‌ای، می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد تغییرات تراز سطح آب دریا (Cearreta et al., 2002; Horton and Culver, 2008)، تغییر میزان آب رودخانه ورودی به محیط ساحلی و در نتیجه ارزیابی میزان بارش در حوضه آبریز (Saenger et al., 2006; Prasad et al., 2007; Hamzeh and Farahi, 2020) و همچنین زمان و فراوانی وقایع و مخاطرات ساحلی مانند سونامی و توفان‌های حاره‌ای (Goff et al., 2001; Sawai et al., 2008) به دست دهد. اخیراً نگرانده تغییرات محیطی دو هزار سال اخیر ثبت‌شده در رسوبات جنگل حرای قشم (Hamzeh and Farahi, 2020)، خلیج نابیند (Hamzeh et al., 2024) و گواتر (حمزه و همکاران ۱۴۰۳) را مورد بررسی قرار داده است. اما با این وجود همچنان اطلاعات محدودی در مورد زمان پیدایش و نحوه تکامل جنگل‌های مانگرو ایران و به‌خصوص بخش شرقی تنگه هرمز به‌عنوان محدوده انتقالی بین سامانه‌های اقلیمی مونسونی و مدیترانه‌ای موجود است که ضرورت انجام این پروژه را بارز می‌سازد.

در این مطالعه سعی شد تا با بررسی رسوب‌شناسی و زیست‌بوم‌شناسی مغزه رسوبی برداشت‌شده از جنگل مانگرو سیریک (خور آذینی)، زمان شکل‌گیری و گسترش این زیست‌بوم‌های ارزشمند ساحلی و همچنین ارتباط آن با تغییرات اقلیمی-محیطی و تراز سطح آب دریا در چند هزار سال گذشته بازسازی گردد. این دست مطالعات می‌تواند به سئوالات مهمی در زمینه شرایط گذشته و حال حاضر این نواحی و پیش‌بینی شرایط احتمالی آینده پاسخ گفته و کارشناسان و برنامه‌ریزان را در اتخاذ تصمیمات مدیریتی صحیح یاری نماید.

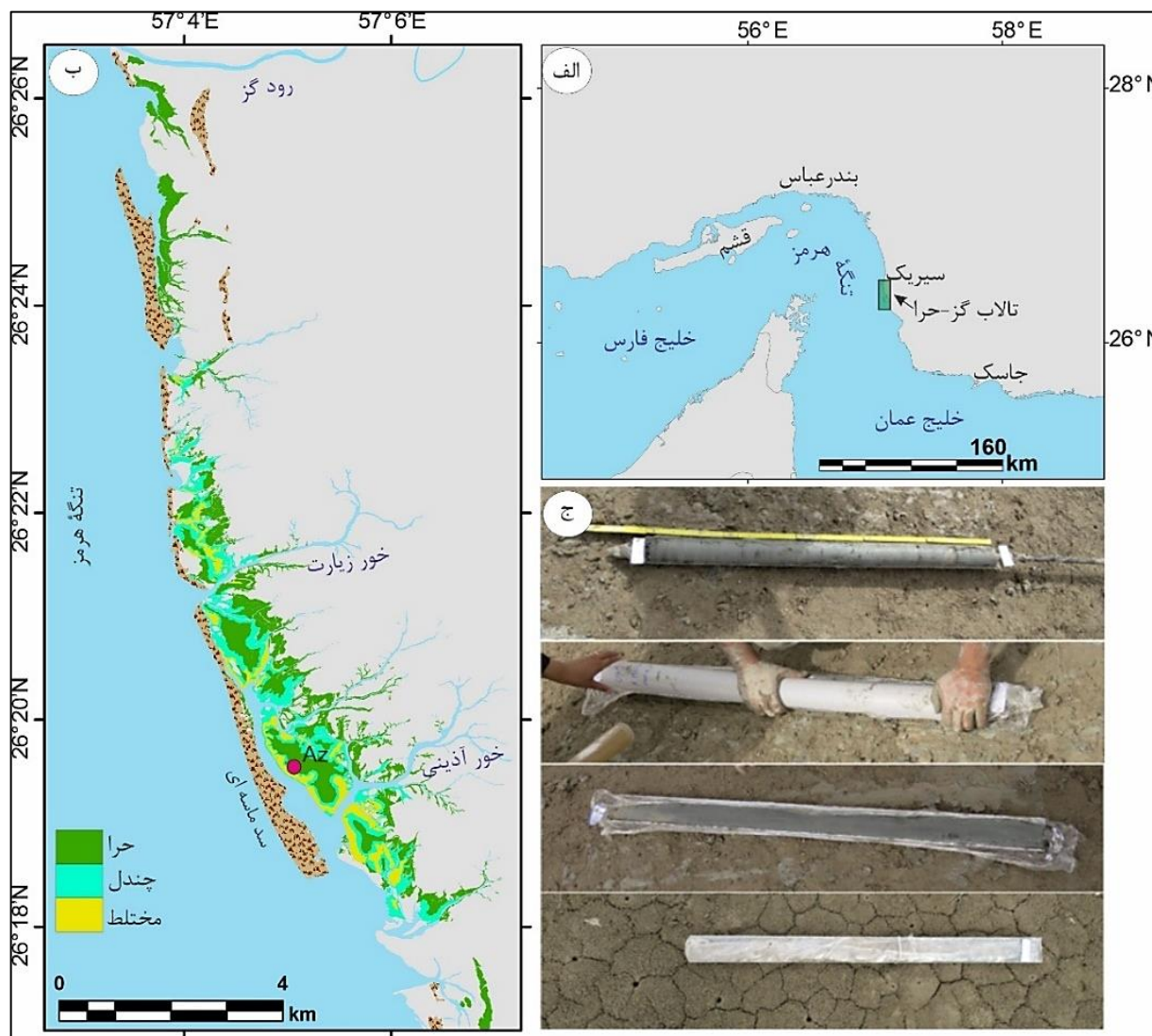
محدوده مورد مطالعه

خورهای منطقه سیریک حدفاصل بین عرض‌های $26^{\circ}15'$ تا $26^{\circ}25'$ شمالی و طول‌های $57^{\circ}4'$ تا $57^{\circ}8'$ شرقی با گستره 3500 کیلومترمربع در استان هرمزگان در 75 کیلومتری جنوب شرقی میناب در محل اتصال دریای عمان و تنگه هرمز واقع شده است. رویشگاه مانگرو سیریک حدفاصل دو رودخانه گز و حیوی در خورهای پاچور، نخل، زیارت، گارندهو، زیارت، گناری و کرتان حضور دارد که صرف‌نظر از دو خور نخست در دیگر خورها اجتماعات حرا و چنل را می‌توان در کنار یکدیگر مشاهده نمود (شکل ۱) (دانه‌کار و همکاران ۱۳۸۸). جنگل‌های مانگرو این محدوده در ردیف یکی از مناطق حفاظت‌شده و همچنین یکی از تالاب‌های بین‌المللی کشور قرار دارند. رویشگاه سیریک از منحصربه‌فردترین جامعه‌های مانگرو در کشور و در استان هرمزگان است که و تنها جنگل مانگرو کشور است که در آن توده‌های چنل در کنار اجتماعات حرا جنگلی آمیخته را پدید آورده است؛ و علاوه بر ساختار جنگلی متفاوت جلوه‌های زیستی متمایزی از دیگر رویشگاه‌های مانگرو کشور در این ناحیه وجود دارد (دانه‌کار و همکاران ۱۳۸۸). در این مطالعه از واژه مانگرو پایینی به‌عنوان مرز بین حاشیه جنگل‌های مانگرو و کانال جزرومدی یا خط ساحلی و مانگرو بالایی به‌عنوان بخش تحت تسلط درختان (بخش بالایی محدوده جزرومدی) استفاده می‌شود. مانگرو میانی محل گسترش ریشه‌های هوایی درختان حرا (بخش میانی محدوده بین جزرومدی) است (Weckström et al., 2017).

میزان بارندگی در این ناحیه کم است و به‌طور میانگین تعداد روزهای بارانی در سال معمولاً کمتر از 15 روز است (دانه‌کار و همکاران ۱۳۸۸). مجموع بارندگی‌های منطقه در سال به‌ندرت از 200 میلی‌متر تجاوز می‌کند و پرباران‌ترین ماه‌های سال بهمن و اسفند با 24 درصد و 22 درصد بارش سالانه و ماه‌های شهریور و تیر با 17 درصد و $3/5$ درصد بارش سالانه کم‌بارش‌ترین ماه‌های سال می‌باشند. ماه‌های اسفند و شهریور بیشترین رطوبت نسبی و آبان و آذرماه از کمترین رطوبت نسبی برخوردار است (Tabari et al., 2011).

مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت برداشت نمونه مغزه رسوبی از مغزه گیر روسی با قطر داخلی 7 سانتیمتر و به‌صورت برداشت دو مغزه یک متری و نیم متری (جمعاً یک و نیم متر) استفاده گردید (شکل ۱ ج). مغزه گیر روسی نوعی از مغزه‌گیرهای شبیه محفظه فشنگ خور است که برای برداشت رسوبات زیر سطح در بخش‌های کم‌عمق یا کمی خارج از آب خورها، دریاچه‌ها و باتلاق‌ها استفاده می‌شود (Ellison, 2005). این مغزه گیر دارای روش نمونه‌برداری جانبی هستند که نمونه‌های رسوب را بدون فشرده‌سازی یا کوتاه‌شدگی طول توالی رسوبی درون مغزه برداشت می‌کنند. به دلیل آنکه مغزه از نواحی با میزان مواد آلی زیاد و نسبتاً فقیر از اکسیژن برداشته می‌شود، دور مغزه کاملاً توسط پلاستیک سلفون پیچیده شده و مغزه داخل پلاستیک لوله‌ای قرار گرفت و دو سر پلاستیک کاملاً بسته شد تا دور از دسترس هوا قرار گیرند و هیچ‌گونه رطوبتی از مغزه خارج نگردد. مغزه‌ها دور از نور و در دمای کمتر از 4 درجه سانتی‌گراد و بیش از دمای انجماد نگهداری شد تا در اثر یخ‌زدگی و انبساط حجم آب داخل رسوب، ساختار مغزه دچار به‌هم‌ریختگی نشود.



شکل ۱: نقشه موقعیت جنگل مانگرو سیریک در شرق تنگه هرمز (الف)، موقعیت خورهای منطقه و محل برداشت مغزه (ب) و تصویر مغزهای رسوبی برداشته شده (ج).

پس از انتقال مغزه‌ها به آزمایشگاه زمین‌شناسی مرکز اقیانوس‌شناسی خلیج فارس بندرعباس، بررسی‌های مقدماتی بر روی نمونه‌ها صورت گرفت. در این آزمایشگاه با توجه به امکانات موجود، مطالعات مغناطیس‌پذیری، تعیین رنگ و عکس‌برداری از مغزه‌های برداشت‌شده انجام شد. مغناطیس‌پذیری مغزه‌های دست‌نخورده با کمک دستگاه Bartington (MS2C) با قطر دهانه اسکنر ۱۰ سانتیمتر و میزان حساسیت $SI \times 10^{-6} \times 6$ اندازه‌گیری شد. فاصله بین دو اندازه‌گیری متوالی در این تحقیق یک سانتیمتر در نظر گرفته شد و از روش نگاشت نیمه مغزه استفاده گردید. در این روش نیم مغزه‌ها به صورت دست‌نخورده و درون نیم لوله پی‌وی‌سی از داخل سنجنده حلقه‌ای عبور داده شد و اندازه‌گیری انجام شد.

در این بررسی ۶۰ نمونه رسوب جهت مطالعات رسوب‌شناسی (فاصله ۲/۵ سانتیمتر) برداشته شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها برای دانه‌بندی، حدود یک سانتی مترمربع از هر زیرنمونه را جدا کرده و در ظروف جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در دمای حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خشک شود. سپس جهت جدا کردن مواد آلی که باعث چسبندگی ذرات به یکدیگر می‌شود، نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار داده شد تا بدین‌وسیله مواد آلی موجود در آن سوزانده شود (Konet and Vanderberge, 1997).

قبل از شروع عملیات دانه‌بندی، حدود ۱۰ میلی‌لیتر سدیم هگزا متافسفات ۰/۰۵ مولار به مخلوط رسوب و آب مقطر اضافه گردید و مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد تا از هرگونه لخته شدن رسوبات جلوگیری شود. جهت دانه‌بندی لیزری رسوبات از دستگاه دانه‌بندی لیزری Horiba و به روش‌تر استفاده گردید. ۱۰ سانتی‌متر مکعب رسوب توسط سرنگ که قبلاً سر آن بریده‌شده برداشته شد و جهت خشک شدن در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. وزن آب تبخیر شده به‌عنوان تخلخل رسوب گزارش شد. سپس با تقسیم اختلاف وزن ایجادشده بر حجم اولیه رسوب مقدار چگالی خشک رسوب (گرم بر سانتی‌متر مکعب) به‌دست آمد (Danovaro, 2009). جهت اندازه‌گیری کربن آلی، ۳ گرم از نمونه خشک‌شده رسوب در یک بشر ریخته و اسید هیدروکلریک ۱ نرمال به آن اضافه شد (Danovaro, 2009). پس‌از آن آب و اسید موجود بر هر نمونه با سرنگ مکیده شد به این صورت نمونه حاصل از این بخش جهت اندازه‌گیری درصد کربن آلی توسط دستگاه CHN آنالایزر آماده گردید. نمونه‌هایی که بدین طریق آماده شد توسط دستگاه Costech 4010 (دستگاه آنالیز عنصری CHNS) جهت تعیین درصد کربن مورد آنالیز قرار گرفت.

ده سانتی مترمربع نمونه رسوب از تمامی ۶۰ نمونه گرفته‌شده از الک ۶۳ میکرون با فشار آب کم عبور داده شد تا ذرات ریز سیلت و رس از رسوبات و بقایای گیاهی و جانوری جدا گردد و درعین‌حال پوسته‌های صدفی جانداران آسیب نینند. جهت مطالعه فرامینیفرها از استریو میکروسکوپ Optika مجهز به دوربین دیجیتال استفاده گردید. برای این کار نمونه‌ها داخل سینی مدرج جهت شناسایی و شمارش فرامینیفرها قرار داده شد و نمونه‌ها در حد گونه شناسایی و تعداد هرگونه شمارش گردید. برای گزارش میزان کل و درصد فراوانی هرگونه حداقل ۳۰۰ عدد فرامینیفر در هر نمونه شمارش شد (Murray, 2006). نام فرامینیفرها با بر اساس مهم‌ترین مراجع نام‌گذاری فرامینیفرها (Haynes, 1981; Loeblich and Tappan, 1988) نام‌گذاری و با توجه به جدیدترین نام‌های پیشنهادی وب‌سایت* WORMS و World Foraminifera Database بازنگری گردید. جهت تعیین سن مغزه یک نمونه رسوب از عمق ۱۴۵ سانتیمتری برداشته شد و تعیین سن رادیوکربن بر روی مواد آلی رسوب در آزمایشگاه رادیو کربن پزنان لهستان انجام گردید.

* - World Register of Marine Species (www.marinespecies.org)

یافته‌های پژوهش

- تعیین سن مغزه

در مغزه AZ تنها یک نمونه در بخش پایینی مغزه یعنی عمق ۱۴۶-۱۴۴ تعیین سن گردید (جدول ۱). از این جهت نمودار سن-عمق این مغزه چندان دقیق نیست و در تفاسیر می‌بایست مدنظر قرار گیرد. با در نظر گرفتن سن صفر در سطح منحنی سن-عمق آن رسم گردید. میانگین نرخ تجمع رسوب مغزه حدود ۰/۶ میلی‌متر بر سال است. با توجه به اینکه تنها یک نمونه از بخش پایینی مغزه تعیین سن گردید، محدوده‌های سنی بکار رفته تفاسیر داده‌ها دارای دقت بالایی نیست و به صورت حدودی بیان می‌شود.

جدول ۱. نتیجه سن سنجی آزمایشگاهی رادیو کربن و سن کالیبره شده با احتمال خطای یک سیگما برای مغزه جنگل مانگرو آذینی

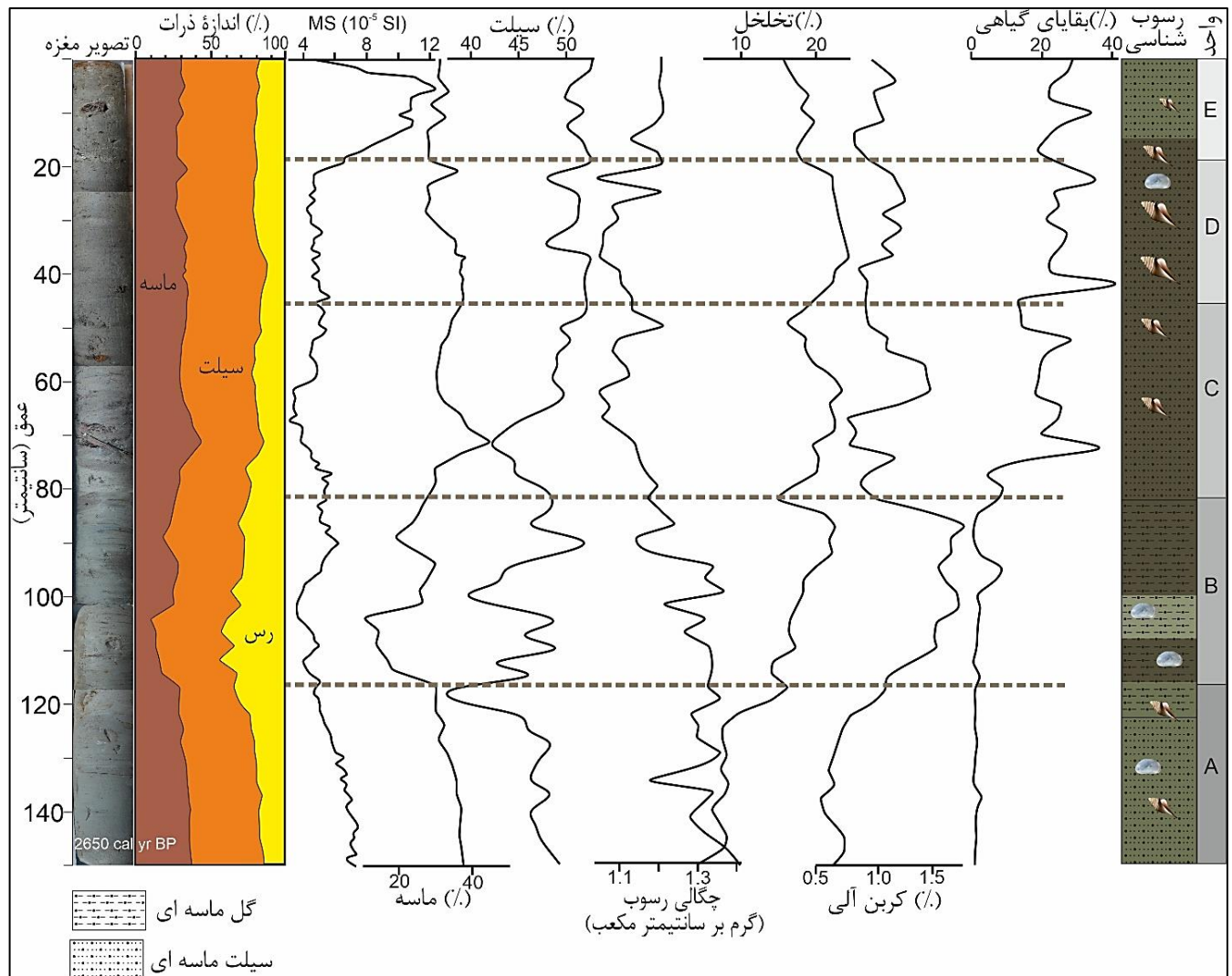
شماره نمونه	شماره آزمایشگاه	عمق (سانتیمتر)	سن کربن ۱۴	ΔR	سن کالیبره شده (1 σ)
AZ145	Poz16808	144-146	3085±35	46±53	2649±102

- شناسایی واحدهای رسوبی

در این بخش با توجه به خصوصیات ظاهری مانند رنگ و بافت رسوب، میزان بقایای گیاهی و از همه مهم‌تر داده‌های مغناطیس‌پذیری مغزه AZ به ۵ واحد رسوبی تقسیم گردید. متغیرهای رسوب‌شناسی محاسبه‌شده در مغزه را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد. گروه اول شامل دانه‌بندی، مغناطیس‌پذیری، میزان کربن و بقایای گیاهی است که همگی وابسته به تغییرات محیط رسوب‌گذاری هستند؛ درحالی‌که گروه دوم شامل تخلخل و چگالی رسوب علاوه بر محیط رسوبی وابسته به تغییرات پس از ته‌نشست رسوب مانند فشردگی رسوب هستند. بر این اساس میزان چگالی و تخلخل رسوبات مغزه AZ از بالا به پایین به ترتیب روند کاهشی و افزایشی نشان می‌دهد. رسوبات مغزه AZ تنوع چندانی ندارند و همگی از سیلت ماسه‌ای و گل ماسه‌ای تشکیل شده‌اند. به نظر می‌رسد تغییرات خصوصیات فیزیکی مانند چگالی و تخلخل حاصل از تغییرات میزان بقایای گیاهی است (شکل و جدول ۲). به‌طور کلی در نمونه‌های مغزه رسوبی AZ ۶۶ گونه مختلف فرامینیفر متعلق به ۲۴ جنس و ۲۰ خانواده شناسایی گردید (جدول ۳). از بین آن‌ها، ۴۴ گونه دارای پوسته هیالین (شفاف)، ۱۳ گونه دارای پوسته پورسلانوز (سرامیکی) و ۹ گونه دارای پوسته آگلوتینه (ذرات رسوبی به هم چسبیده) است (جدول ۳). با توجه به خصوصیات ذکرشده، مغزه رسوبی AZ به پنج واحد A، B، C، D و E تقسیم گردید. در زیر به بررسی خصوصیات اجمالی آن‌ها از واحدهای رسوبی قدیمی‌تر به جدیدتر پرداخته می‌شود:

واحد رسوبی A: این واحد رسوبی با ضخامت ۳۲/۵ سانتیمتر از عمق ۱۵۰ تا ۱۱۷/۵ سانتیمتری مغزه را در برمی‌گیرد و از سیلت ماسه‌ای با میزان متوسط ماسه ۳۴٪ (۳۰-۳۷٪) تشکیل شده است که پس از واحد C، بیشترین میزان ماسه در کل مغزه را تشکیل می‌دهد.

بالعکس میزان سیلت این واحد (میانگین: ۴۶٪، محدوده: ۳۶-۴۹) بعد از واحد C دارای کمترین مقدار در کل مغزه است. رنگ رسوبات آن سبز زیتونی است (5Y-5/2) که به نسبت سایر بخش‌ها روشن‌تر است. میزان استراکود در این بخش بیش از سایر بخش‌هاست. میانگین میزان مغناطیس‌پذیری این واحد $SI \times 10^{-5}$ ۶/۳ است (بیشترین میزان در طول مغزه بعد از واحد E) که ۱۱ درصد بیش از میانگین کل مغزه است. روند کاهشی میزان ماسه، سیلت و مغناطیس‌پذیری این واحد به سمت بالا کاملاً مشهود است که همراه با روند کاهشی کربن آلی و تخلخل است. میزان افزایش چگالی رسوب علاوه بر روند کلی که پیش‌تر اشاره شد دارای همبستگی با افزایش اندازه ذرات است.



شکل ۲: نمایش تغییرات پارامترهای مختلف رسوب‌شناسی در امتداد مغزه Az

در واحد A با اختلاف زیاد بیشترین تنوع (میانگین ۱۷ گونه در ده سانتیمتر مکعب) و فراوانی (میانگین ۱۰۰۰۰ فرامینیفر در ده سانتیمتر مکعب) فرامینیفرها از هر سه گروه هیالین، پورسلانوز و آگلوتینه دیده می‌شود. گونه‌های هیالین با تغییر ناچیز در طول واحد تحت تسلط جنس‌های *Elphidium spp.*, *Ammonia spp.* و تا حدودی *Bolivina spp.* است. نوع پورسلانوز نیز دارای تنوع گونه‌ای زیاد *Quinqueloculina spp.* (۱۰ گونه) است و در نوع آگلوتینه تنها دو گونه *Trochammina inflata* و *Arenoparrella sp.1* دارای فراوانی قابل ملاحظه هستند. کلیه گونه‌های فرامینیفر نوع پورسلانوز و همچنین گونه‌های هیالین مربوط به نواحی دریایی و تا حدی عمیق‌تر مانند جنس‌های *sp.* *Lenticulina*, *Uvigerina spp.*, *Cassidulina sp.* و *Asterorotalia sp.* تنها در این واحد مشاهده می‌شوند. این گونه‌ها معرف محیط دریایی و ساحلی باز هستند. با توجه به خصوصیات ذکر شده به نظر می‌رسد این واحد رسوبی به نسبت دیگر واحدها در عمق بیشتری تشکیل شده است و معرف محیط ساحلی ماسه‌ای کم‌عمق بین جزرومدی تا زیر جزرومدی است که در ارتباط کامل با آب‌های آزاد تنگه هرمز و دریای عمان است.

واحدهای رسوبی B: این واحد رسوبی دارای ضخامت ۳۷/۵ سانتیمتر (از عمق ۱۱۷/۵ تا ۸۰ سانتیمتری) است و به دلیل کاهش میزان ماسه و مخصوصاً سیلت نسبت به واحد زیرین نوع رسوبات آن از سیلت ماسه‌ای به گل ماسه‌ای تغییر می‌کند. میزان ماسه (۱۰-۳۰٪، میانگین ۲۲٪)، سیلت (۳۸-۵۴٪، میانگین ۴۶٪)، مغناطیس پذیری ($SI \times 10^{-5} = 4/7 - 7/5$)، میانگین $SI \times 10^{-5} = 6/3$ در این واحد روند نزولی به خود می‌گیرد که مطابق با روند افزایشی تخلخل و مواد آلی رسوبات است. روند کاهش میزان چگالی رسوب (۱/۳۷-۱/۱۴)، میانگین (۱/۲۶٪) همچنان ادامه پیدا می‌کند که حاصل وقایع پس از رسوب‌گذاری (فشردگی رسوب) است. رنگ رسوبات این واحد تیره‌تر از واحد پایینی است (۴/۲-۵Y) که دقیقاً مطابق روند کاهش میزان ماسه و مغناطیس پذیری است. مانند واحد قبل پوسته‌های استراکد در این واحد به‌وفور دیده می‌شود، اما از میزان خرده‌های صدف کمی کاسته می‌شود. میزان بقایای گیاهی این واحد نیز مانند واحد قبل ناچیز است. با ورود به واحد B تنوع و فراوانی گونه‌ها دچار کاهش ناگهانی می‌گردد. در این واحد گونه‌های جنس *Ammonia spp.* به‌تنهایی بیش از ۵۰ درصد گونه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. پس از آن گونه‌های متعلق به جنس‌های *Elphidium spp.*, *Hyalinea* و *Bolivina spp.* در گروه هیالین و گونه‌های *T. inflata* و *Arenoparrella sp.1* با درصدهای کمتر از ۱۰ حضور دارند. این گردهمایی‌ها معرف کم‌عمق شدن آب و تغییر به سمت یک محیط پلایایی است (Murray, 2006). در کل این واحد معرف کاهش تراز آب و ایجاد محیط کم‌عمق پلایایی-لاگونی است.

واحد رسوبی C: این واحد رسوبی با ضخامت ۳۵ سانتیمتر (از عمق ۸۰ تا ۴۵) سانتیمتری حاوی سیلت ماسه‌ای سبز زیتونی است. در این واحد روند کاهش ماسه، سیلت، مغناطیس پذیری و افزایشی کربن آلی و تخلخل تقریباً متوقف می‌شود، اما روند کاهش چگالی همچنان ادامه می‌یابد. این واحد دارای بیشترین میزان ماسه (میانگین ۳۸٪) و در عین حال کمترین میزان مغناطیس پذیری به همراه واحد D (میانگین $SI \times 10^{-5} = 4/7$) است (شکل و جدول ۲).

در این واحد تا سطح علی‌رغم افزایش بقایای گیاهی، میزان کربن آلی نسبت به واحد قبل حدود ۴۰٪ کاهش پیدا می‌کند. افزایش بقایای گیاهی از این واحد تا سطح منجر به کاهش چگالی رسوبات گردیده است.

جدول ۲: میزان پارامترهای مختلف رسوب‌شناسی در واحدهای رسوبی مختلفه مغزه AZ.

Total	A	B	C	D	E	واحد رسوبی	
150-0	150-117.5	117.5-80	80-45	45-20	20-0	عمق	(سانتیمتر)
150	32.5	37.5	35	25	20	ضخامت	(سانتیمتر)
	5Y5/2-OG	5Y4/2-OG	5Y4/2-OG	5Y4/2-OG	5Y5/2-OG	رنگ	(مانسل)
30.2	34.4	22.2	37.6	33.0	30.0	ماسه	میانگین
10.2-44.8	29.6-37.4	10.2-30.0	29.8-44.8	30.0-37.0	27.4-35.6	(درصد)	محدوده
47.5	45.8	46.5	43.5	48.5	50.8	سیلت	میانگین
35.7-54.2	49.2-35.7	37.9-54.2	41.5-51.5	45.0-51.7	45.8-53.3	(درصد)	محدوده
22.3	20.2	31.4	18.9	18.4	19.2	رس	میانگین
13.5-45.0	13.5-34.1	22.2-45.0	13.7-26.3	15.1-22.0	16.7-21.2	(درصد)	محدوده
5.64	6.31	4.73	4.69	4.50	7.24	مغناطیس پذیری	میانگین
3.10-12.5	4.69-7.45	3.59-6.20	3.80-5.77	3.10-5.63	4.16-12.5	($\times 10^{-5}$ SI)	محدوده
1.04	0.69	1.42	0.90	1.05	1.02	کربن آلی	میانگین
0.53-1.69	0.53-1.05	0.85-1.69	0.76-1.11	0.74-1.40	0.81-1.20	(درصد)	محدوده
17.1	8.5	18.1	20.7	21.2	19.8	تخلخل	میانگین
4.2-24.4	4.2-16.1	14.2-22.5	19.7-22.5	16.2-24.4	16.1-23.5	(درصد)	محدوده
1.21	1.32	1.26	1.14	1.10	1.15	چگالی	میانگین
1.03-1.40	1.18-1.40	1.14-1.37	1.11-1.16	1.04-1.21	1.03-1.21	(گرم بر سانتیمتر مکعب)	محدوده
38.1-100	65.9-84.1	71.9-100.0	77.8-92.8	38.1-88.3	50.8-100.0	گونه‌های هیالین	میانگین
79.3	72.4	92.0	82.6	69.9	80.7	(درصد)	محدوده
0.0-34.2	0.0-34.2	0.0-3.5	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	گونه‌های پورسلانوز	میانگین
4.5	19.1	0.2	0.0	0.0	0.0	(درصد)	محدوده
0.0-62.0	0.0-16.3	0.0-28.2	7.3-22.3	11.8-62	0.0-49.3	گونه‌های آگلوتینه	میانگین
16.1	8.5	7.8	17.4	30.1	19.3	(درصد)	محدوده
310-16860	4010-16860	560-11310	2880-5740	310-6880	600-6250	تعداد فرامینفرها	میانگین
4530	9908	2584	4605	2237	3346	(درصد)	محدوده
2-22	11-22	7-15	6-9	2-12	2-11	تعداد گونه‌ها	میانگین
10	17	9	8	6	7	(درصد)	محدوده
1.1-2.6	0.9-1.9	0.4-2.0	0.2-2.0	0.2-3.9	2.0-3.9	اندیس فیشر	میانگین
1.5	1.4	1.1	1.3	1.7	3.2	(درصد)	محدوده

در واحد C مجدداً فراوانی فرامینیفرها افزایش پیدا می‌کند، اما این میزان از حدود ۵۰ درصد واحد A فراتر نمی‌رود. میزان تنوع گونه‌ای این واحد با واحد قبل تقریباً یکسان است و افزایش فراوانی گونه‌ها تفاوت را رقم می‌زند. در این واحد همچنان سهم گونه‌های *Ammonia* spp. حدود ۵۰ درصد است. حضور گونه‌های متعلق به جنس *Cibicides* spp. و همچنین افزایش میزان گونه‌های جنس *Bolivina* spp. تفاوت گونه‌های هیالین این دو واحد را رقم می‌زند. در این واحد همچنین تنوع و فراوانی گونه‌های آگلوتینه افزایش پیدا می‌کند، به طوری که چهار گونه به جنس‌های *Trochammina* spp. و *Arenoparrella* اضافه می‌گردد. این شرایط معرف افزایش سطح آب از طریق افزایش تراز آب یا گسترش کانال‌های جزرومدی است. به نظر می‌رسد این واحد مبین بخش پایینی مانگرو در مجاورت کانال جزرومدی است. همچنین حضور بقایای ریشه درختان و سایر خرده‌های گیاهی به‌علاوه خصوصیات رسوب‌شناسی و فسیل‌شناسی فوق در این واحد نشان می‌دهد این واحد در محیط بخش پایینی مانگرو (نزدیک کانال جزرومدی) ته‌نشین شده است.

واحد رسوبی D: رنگ و نوع رسوبات این واحد رسوبی ۲۵ سانتیمتری مشابه واحد قبلی است با این تفاوت که میزان ماسه و مغناطیس‌پذیری آن کاهش ناچیزی پیدا می‌کند (حدود ۱۴٪ کاهش). هم‌زمان میزان کربن آلی و تخلخل رسوبات کمی افزایش نشان می‌دهد. روند کاهشی میزان ماسه از واحد زیرین به سمت بالا در این بخش به اوج خود می‌رسد و از ۳۳٪ در واحد قبلی به ۱۸٪ و نهایتاً در واحد بالایی به ۱۲٪ می‌رسد و بالعکس میزان رس آن افزایش می‌یابد. میزان مغناطیس‌پذیری این بخش نیز با روندی مشابه به میانگین $10^{-5} \times 3/2$ می‌رسد که نصف میانگین کل مغز است. روند افزایش میزان ماده آلی و تخلخل و روند کاهشی میزان چگالی رسوب که از واحد زیرین آغاز شده در این واحد ادامه پیدا می‌کند.

شرایط گردهمایی فسیل‌های فرامینیفر واحد D تقریباً مشابه واحد B است با این تفاوت که میزان تنوع و فراوانی گونه‌ها کمی کاهش نشان می‌دهد. در این واحد دو گونه هیالین و آگلوتینه *Cibicides*, *B. dilatata* *Ammonia* spp. و *Arenoparrella mexicana* sp.2 درصد اصلی را تشکیل می‌دهند. در کل شواهد رسوب‌شناسی و فسیل‌شناسی این واحد معرف محیط میانی مانگرو (بین مانگرو پایینی و بالایی) است (Murray, 2006).

واحد رسوبی E: مشخصه اصلی این واحد رسوبی سطحی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متری افزایش ناگهانی و زیاد میزان مغناطیس‌پذیری است. میانگین میزان مغناطیس‌پذیری این واحد $10^{-5} \times 7/2$ است که ۳۰ درصد بیش از میانگین آن در مغزه است. اما این افزایش در میزان ماسه مشاهده نمی‌شود. سایر پارامترهای این واحد کم‌وبیش مشابه واحد قبلی هستند. حضور مقدار زیادی خرده‌های صدف *Saccostrea* sp. نشان می‌دهد رسوبات این واحد در محیط مانگرو بالایی ته‌نشین شده‌اند.

در واحد سطحی E تعداد پوسته های فرامینیفر افزایش زیادی نشان می دهد. فرامینیفرهای این واحد به ترتیب فراوانی

شامل جنس های *Trochammina* spp. *Arenoparrella* spp. *Bolivina* spp. *Cibicides* spp. *Ammonia* spp. و

Elphidium spp. است که بیانگر حضور و گسترش درختان مانگرو در بخش بالایی جنگل است.

جدول ۳: لیست گونه های مختلف فرامینیفر شناسایی شده در توالی رسوبی مغزه Az.

Order	Family	Genus	Species	Test type	
Rotaliida	Ammoniididae	Ammonia	<i>Ammonia convexa</i> (Collins, 1958)	H	
			<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus, 1758)	H	
			<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny, 1839)	H	
			<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926)	H	
			<i>Ammonia</i> sp.1	H	
			<i>Ammonia</i> sp.2	H	
			<i>Asterotalia dentata</i> (Parker & Jones, 1865)	H	
			<i>Criboelphidium incertum</i> (Williamson, 1858)	H	
			<i>Elphidium excavatum</i> (Terquem, 1875)	H	
			<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll, 1798)	H	
	<i>Elphidium advenum</i> (Cushman, 1922)	H			
	<i>Elphidium limpidum</i> He, Hu & Wang, 1965	H			
		Porosonion	<i>Porosonion</i> sp.1	H	
		Nonionidae	Nonion	<i>Nonion</i> sp.1-2	H
		Cibicididae	Cibicides	<i>Cibicides</i> sp.1-2	H
		Discorbinellidae	Hanzawaia	<i>Hanzawaia</i> sp.1-2	H
		Pseudoparrellidae	Epistominella	<i>Epistominella</i> sp.	H
		Cassidulinidae	Cassidulina	<i>Cassidulina laevigata</i> d'Orbigny, 1826	H
		Planulinidae	Hyalinea	<i>Hyalinea</i> sp.1-2	H
		Buliminidae	Bulimina	<i>Bulimina gibba</i> Fornasini, 1902	H
			<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny, 1826	H	
	Bolivinitidae	Bolivina	<i>Bolivina abbreviata</i> Heron-Allen & Earland, 1924	H	
			<i>Bolivina dottiana</i> Coryell & Mossman, 1942	H	
			<i>Bolivina globulosa</i> Cushman, 1933	H	
			<i>Bolivina dilatata</i> Reuss, 1850	H	
			<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922	H	
			<i>Bolivina</i> sp.1-3	H	
Vaginulinida	Uvigerinidae	Uvigerina	<i>Uvigerina</i> sp.1-3	H	
	Vaginulinidae	Lenticulina	<i>Lenticulina</i> sp.1-4	H	
	Polymorphinida	Laryngosigma	<i>Laryngosigma</i> sp.	H	
	Lagenida	Ellipsolagenidae	Oolina	<i>Oolina</i> sp.	H
		Fissurina	<i>Fissurina</i> sp.	H	
Miliolida	Hauerinidae	Quinqueloculina	<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus, 1758)	1. P	
			<i>Quinqueloculina limbata</i> d'Orbigny in Fornasini, 1905	6. P	
			<i>Quinqueloculina</i> sp.1-8	8. P	
		Spiroloculinidae	Spiroloculina	<i>Spiroloculina communis</i> Cushman & Todd, 1944	10. P
				<i>Spiroloculina</i> sp.1-2	14. P
		Cribrulinoididae	Adelosina	<i>Adelosina</i> sp.	16. P
Lituolida	Lituolidae	Ammobaculites	<i>Ammobaculites</i> sp.	19. A	
	Trochamminidae	Arenoparrella	<i>Arenoparrella mexicana</i> (Kornfeld, 1931)	24. A	
			<i>Arenoparrella</i> sp.1	28. A	
			<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)	30. A	
			<i>Trochammina</i> sp.1-3	33. A	
Textulariida	Textulariidae	Textularia	<i>Textularia earlandi</i> Parker, 1952	1. A	
			<i>Textularia</i> sp.1	6. A	

H: Hyaline, P: Porcelaneous, A: Agglutinated

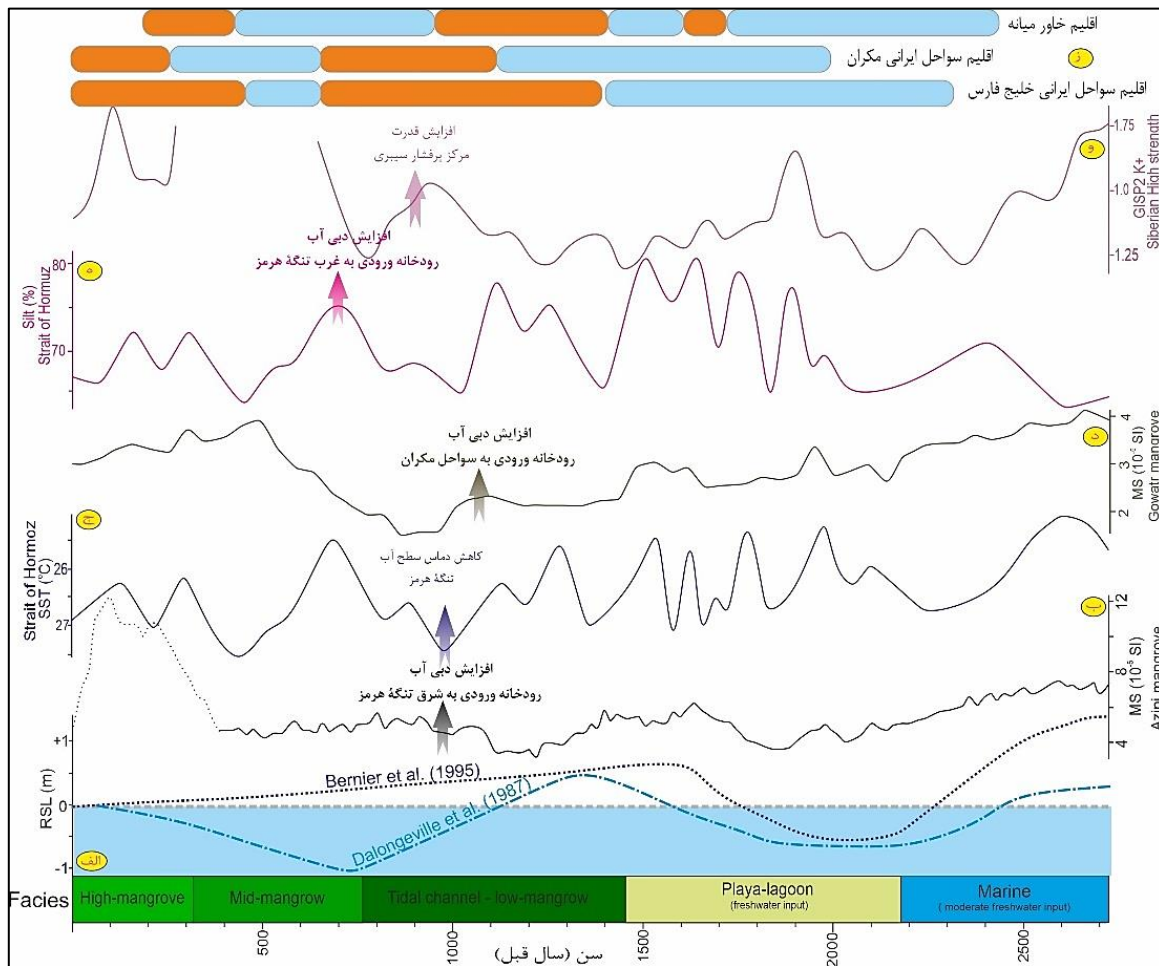
۲۷۰۰-۱۸۰۰ سال پیش: روند افت تراز آب و کاهش رطوبت

قدیمی‌ترین بخش مغزه رسوبی حاضر مربوط به ۲۷۰۰ سال قبل است. منحنی‌های تغییرات سطح دریا مربوط به خلیج فارس که اغلب بر اساس سن‌های رادیوکربن رسوبات دریایی در سواحل جنوبی خلیج فارس به دست آمده است، نشان می‌دهد که تراز نسبی دریا در حدود ۲۷۰۰ سال قبل حدود ۰/۵ تا ۱ متر بالاتر از حال بوده که به مرور در محدوده زمانی بین ۲۰۰۰ تا ۱۸۰۰ سال قبل به تراز کنونی یا حتی کمی کمتر از آن رسیده است (Damien et al., 2020; Bernier et al., 1995). بالا بودن میزان مغناطیس‌پذیری رسوبات و روند کاهش آن در طی این دوره به همراه حضور گونه‌های متعلق به نواحی ساحلی-دریایی کم‌عمق مانند جنس‌های *Asterorotalia* sp.، *Quiueloculia* spp. و *Spiroloculina* spp. معرف حضور محیط ساحلی کم‌عمق است که در آن به دلیل مغناطیس‌پذیری بالای رسوبات و حضور گونه‌های آگلوتینه، ورودی آب شیرین از سمت خشکی نسبتاً بالا بوده است (Murray, 2006). روند کاهش تراز نسبی آب موجب گردید به مرور از حدود ۲۲۰۰ سال قبل به امروز محیط ساحلی به یک محیط پلایایی تبدیل شود. پورکرمان و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد در زمان امپراتوری اشکانیان سطح آب دریا در خلیج فارس پایین‌تر از حال حاضر بوده است که مصادف با ساخت بندر سیراف است. کاهش شدید در تعداد و تنوع فرامینیفرها و به‌خصوص ناپدید شدن گونه‌های نشانگر نواحی ساحلی که در بالا اشاره شد از جمله مهم‌ترین اسناد کاهش تراز آب و ایجاد محیط پلایایی هستند. برخی مورخان به حضور جنگل‌های مانگرو در سواحل ایرانی و پاکستانی دریای عمان در این دوره اشاره نمودند. اولین گزارش مکتوب از حضور جنگل‌های مانگرو سواحل دریای عمان مربوط به یکی از دریاسالاران اسکندر مقدونی در سفر دریایی از دلتای ایندوس به سمت خلیج فارس در حدود ۲۴۰۰ سال قبل است که طبق توصیفات ایشان به نظر می‌رسد درختان گونه‌های حرا و چندل را مشاهده نموده است (Eggermont, 1975). اما اشاره‌ای به حضور جنگل‌ها در تنگه هرمز و خلیج فارس نکرده‌اند.

مطالعات اقلیم دیرینه نشان می‌دهد این دوره به دلیل بالا رفتن دمای زمستانه به دلیل افزایش تابش خورشیدی روند کاهش بارش‌های مدیترانه‌ای قدرت می‌گیرد، اما همچنان در این دوره میزان بارندگی بیشتر از حال بوده است. این دوره مطابق با دبی بالای آب شیرین ورودی به حوضه خلیج فارس، دریای عمان (شکل ۴) و دریای سرخ است (Hamzeh et al., 2021; Miller et al., 2016; Arz et al., 2003). در این زمان همچنین دریاچه‌های زاگرس مانند زریبار، مهارلو و پریشان دوران نسبتاً مرطوب‌تری نسبت به حال را تجربه نمودند (Djamali et al., 2009). در این زمان حوضه هلیل رود و همچنین مکران نیز شرایط نسبتاً مساعد اقلیمی را تجربه نمود (Gurjazkaite et al., 2018; Miller et al., 2016). اما روند کاهش ورودی آب رودخانه‌ها به نواحی ساحلی خلیج فارس و دریای عمان که همراه با افزایش دمای سطح آب خلیج فارس و کاهش قدرت مرکز پرفشار سیبری که نشانه‌ای بر روند گرم‌تر شدن هوا در منطقه و کاهش بارش‌های زمستانه مدیترانه‌ای است در این دوره کاملاً مشهود است.

۱۸۰۰-۱۴۰۰ سال پیش: تثبیت تراز آب و افزایش نسبی بارش‌های مدیترانه‌ای

در این بازه زمانی با توجه پایین بودن تراز آب و پس از افزایش ناچیز آن در سواحل پلایایی کم شیب منطقه کانال‌های جزرومدی متعددی شکل گرفت که این کانال‌ها به‌نوبه خود شرایط را برای رشد و توسعه درختان مانگرو مهیا ساخت. بر اساس مطالعات پورکرمان و همکاران (۲۰۲۱) اوایل این دوره تراز نسبی آب خلیج فارس کمی افزایش پیدا کرد که شرایط را برای گسترش کانال‌های جزرومدی فراهم نمود. افزایش مجدد گونه‌های هیالین به‌خصوص گونه‌های فرصت‌طلب مانند *Bolivina* spp. و *Amminia* spp. *Elphidium* spp. مبین حضور مجدد محیط حاشیه‌ای کم‌عمق در این محدوده است. نکته قابل توجه این است دو محیط مانگرو خوران (بخش قشم) (Hamzeh and Farahi 2020) و سیریک تقریباً هم‌زمان در حدود ۱۴۰۰ س.ق. شروع به رشد و شکوفایی نمودند که به دلیل نزدیکی این دو ناحیه به یکدیگر داده‌های تعیین سن این پژوهش را تصدیق می‌کند. در حدود ۱۶۰۰ س.ق. تا اواخر این دوره، محیط کنونی مانگرو نایبند معرف یک محیط کم‌عمق ساحلی-لاگونی بوده است. مطالعات پورکرمان و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد در این زمان جریان‌های موازی ساحل موجب شکل‌گیری سدهای ماسه‌ای در خلیج نایبند گردیده که منجر به شکل‌گیری محیطی کم‌عمق لاگونی در پستان گردیده است. به نظر می‌رسد این رویداد در این زمان در محدوده مورد مطالعه نیز روی داده است که موجب ایجاد محیطی مناسب جهت رشد جنگل مانگرو گردیده است.



شکل ۴: نمودار مقایسه تغییرات محیطی و اقلیمی مانگرو سیریک از جمله واحدهای شناسایی شده در آن و تغییرات میزان مغناطیس پذیری (ب) با تغییرات تراز نسبی آب خلیج فارس (الف)، دمای سطح آب غرب تنگه هرمز (ج) (Hamzeh et al., 2021)، تغییرات مغناطیس پذیری مغزه مانگرو گواتر به عنوان نشانگر آب ورودی رودخانه باهوکلالت (د) (حمزه و همکاران ۱۴۰۳)، میزان سیلت موجود در مغزه T2S3 به عنوان نشانگر ورودی رسوبات رودخانه‌ای به تنگه هرمز (ه) (Hamzeh et al., 2021)، میزان یون پتاسیم در مغزه یخی گرینلند به عنوان نشانگر شدت مرکز پرفشار سیبری (و) (Mayewski et al., 2004) و دوره‌های مرطوب (آبی) و خشک (نارنجی) سواحل ایرانی خلیج فارس (Hamzeh and Farahi, 2020)، سواحل مکران (Miller et al., 2016) و خاورمیانه (Issar, 2004).

مطالعات دیرینه اقیانوس‌نگاری نشان داد طی این دوره دمای سطح آب خلیج فارس حدود ۲ درجه سانتی‌گراد بیش از حال بوده است. کاهش دمای سطح آب خلیج فارس و به تبع آن افزایش ورودی آب رودخانه‌ها به خلیج فارس که در سده‌های قبل وجود داشت در این زمان به حداکثر خود رسید. این روند کاهشی دمای سطح آب در دریای عمان و مدیترانه نیز قابل‌ردیابی است (Catala` et al., 2019; Siricko et al., 1993). مطالعات تغییرات اقلیمی در خوران نشان می‌دهد در طی این دوره دبی رودخانه‌های ورودی به تنگه هرمز (کل و مهران) بسیار بیشتر از حال بوده است (Hamzeh and Farahi, 2020).

همچنین ورود زیاد آب شیرین و کاهش گردوغبار به سواحل عمان نشان داده شده است (Miller et al., 2016). Arz و همکاران (۲۰۰۳) همچنین نشان داد میزان ورودی آب شیرین به حوضه دریای سرخ در این زمان بیشترین میزان طی ۵۰۰۰ سال گذشته بوده است. چنانچه در بایگانی‌های اقلیمی متعددی همچون رسوبات غار، دریاچه‌ای و دریایی ثبت شده است (Bar-Matthews et al., 1999; Wick et al., 2003; Frumkin et al., 1991) این دوره همچنین مقارن با شرایط اقلیمی بهینه در خاورمیانه است.

۱۴۰۰ سال قبل تا حال: دوره خشکی نسبی با نوسان اقلیمی زیاد

در این دوره تراز نسبی آب تغییرات چندانی متحمل نشده است. مطالعات تغییرات تراز آب خلیج فارس بیانگر دوره پایین بودن تراز آب در این بازه زمانی است. به طور مثال در اوایل این دوره دلتای رود اروند به دلیل کاهش تراز آب به داخل خلیج فارس پیشروی داشته است (Heyvaert and Baeteman, 2007). این دوره مصادف با افزایش شدت بادهای شمال تابستانه و گسترش ماسه‌های بادی در شمال و جنوب خلیج فارس است (Pourkerman et al., 2021; Parker and Goudie, 2008). در محدوده سیریک تغییرات محیط از مانگرو پایینی (تا ۸۰۰ س.ق.) تا میانی (تا ۳۰۰ س.ق.) و بالایی روی داده است. این دوره به‌علاوه سیریک در نواحی گواتر و خوران معرف ادامه رشد و توسعه جنگل‌های مانگرو است. در مانگرو گواتر این دوره بیانگر محیط مانگرو بالایی است که در آن رسوب‌گذاری رودخانه باهوکلات با میزان کمی به نسبت دوره‌های قبل انجام می‌شود. در خلیج نایبند این دوره ۱۴۰۰ ساله مبین تغییرات محیطی از محیط دریایی-لاگونی به پلایایی و نهایتاً مانگرو است. در حدود ۸۰۰ سال قبل محقق گیاه‌شناس ابن بیطار در مورد مانگروهای خلیج فارس مطالبی منتشر کرد (Ibn al-Baytar, 1987). طی ۱۴۰۰ سال قبل شرایط اقلیمی منطقه به سمت خشکی و ناپایداری سوق داده شد. روند افزایش دمای سطح آب خلیج فارس، دریای عمان و دریای مدیترانه به همراه نوسان‌های کوتاه‌مدت زیاد طی این بازه زمانی کاملاً مشهود است. افزایش میانگین دمای سالانه در منطقه که حاصل افزایش ۲ تا ۳ درجه‌ای دما فصول سرد سال است (Lorenz et al., 2006) موجب کاهش شدت بادهای غربی به منطقه بوده است که منبع اصلی ورود بارش‌های مدیترانه‌ای به منطقه را تشکیل می‌دهند. در این دوره کاهش ورودی آب شیرین به نواحی مرکزی خلیج فارس ورود رسوبات گردوغبار به حوضه موجب افزایش میزان مغناطیس‌پذیری رسوبات گردید. بر اساس مطالعات پورکرمان و همکاران (۲۰۲۱) در این زمان باد شمال تابستانه در یک دوره خشک موجب آوردن گردوغبار به منطقه بوده است. این دوره مصادف با کاهش ورودی آب شیرین به خوران است (Hamzeh and Farahi, 2020) که به‌صورت دوره خشکی در دریاچه‌های مهارلو (Djamali et al., 2009) و زریبار (Stevens et al., 2001) قابل مشاهده است. میلر و همکاران نیز نشان دادند که بین ۱۰۵۰ تا ۸۰۰ س.ق. (در دوره گرم میانه اروپا) حوضه مکران دوران خشکی را تجربه کرده است. این دوره هم‌زمان با کاهش بارندگی در خاور نزدیک و خاورمیانه نیز هست (Issar, 2004).

نتیجه‌گیری

این مطالعه برای نخستین بار به مطالعه تغییرات محیطی بخش شرقی تنگه هرمز و زمان شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو سیریک می‌پردازد. این مطالعه نشان می‌دهد اگرچه شرایط اقلیمی نقش بسیار مهمی در رشد و گسترش جنگل‌های مانگرو دارد، اما حضور ریخت‌شناسی ساحل مناسب جنگل‌ها (سواحل کم شیب با دامنه جزرومدی وسیع و دور از دسترس امواج) در تراز مشخص آب نقش اصلی را در این زمینه ایفا می‌کند. بر اساس مطالعات حمزه و همکاران (۱۴۰۳) مانگرو گواتر با حدود ۴۰۰۰ سال سن، با اختلاف قدیمی‌ترین مانگرو کشور است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد جنگل‌های مانگرو حدود ۲۵۰۰ سال پس از گواتر وارد تنگه هرمز گردیده‌اند. این داده‌ها با مطالعات تعیین سن ایجاد جنگل‌های خور خوران دارای همبستگی زیادی است (Hamzeh and Farahi, 2020). این روند کاهش سن جنگل‌های مانگرو از شرق به غرب موجب می‌گردد تا جنگل‌های خلیج نایبند تنها ۲۵۰ سال سن داشته باشند (Hamzeh et al., 2024). از سوی دیگر مطالعات بازسازی اقلیم و اقیانوس‌نگاری دیرینه در پهنه‌های آبی جنوبی کشور و خشکی‌های اطراف آن نشان می‌دهد طی حدود ۳۰۰۰ س.ق. به دلیل تغییرات مدار گردش زمین به دور خورشید، میانگین سالانه دمای سطح آب دریای عمان و خلیج فارس بین ۲-۳ سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است که حاصل افزایش میانگین دمای هوای سالانه است. مطالعات مدل‌سازی اقلیمی نشان می‌دهد طی ۳۰۰۰ س.ق. دمای هوای تابستانه تقریباً تغییر محسوسی نداشته و افزایش دمای میانگین سالانه جنوب کشور حاصل افزایش دمای هوا در زمستان بوده است (Lorenz et al., 2006). این افزایش دما موجب بالا رفتن موقعیت مرکز پرفشار سبیری و همچنین حرکت رو به شمال موقعیت زمستانه بادهای غربی عرض‌های میانی گردیده است که مسئول ایجاد بارندگی‌های زمستانه جنوب ایران می‌باشند. در نتیجه افزایش دمای میانگین سالانه در هزاره‌های اخیر که موجب افزایش دمای سطح آب دریای عمان و خلیج فارس گردیده است، دارای همبستگی زیادی با کاهش بارندگی در خشکی‌های اطراف خلیج فارس گردیده است. بنابراین به نظر می‌رسد که انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین در دهه‌های اخیر موجب تقویت این روند افزایش میانگین دمای سالانه و در نتیجه تقویت روند کاهش بارش‌های زمستانه در جنوب کشور گردد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از طرح پژوهشی صندوق حمایت پژوهشگران با عنوان "تاریخچه پیدایش و تکامل مانگروهای ایران از اواسط هولوسن و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی و تراز آب" به شماره ۹۹۰۱۷۶۷۸ است که در پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی انجام شده است.

منابع

- حمزه، م.ع.، علیزاده، ح.، نادری بنی، م. ۱۴۰۳. تاریخچه پیدایش و تکامل مانگروه‌های ایران از اواسط هولوسن و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی و تراز آب. طرح پژوهشی صندوق حمایت پژوهشگران. کد: ۹۹۰۱۷۶۷۸.
- دانه‌کار، ا.، محمودی، ب.، تقی زاده، ع.، کامرانی، ا. ۱۳۸۸. بررسی ساختار توده‌های جنگلی مانگرو در رویشگاه سیریک در استان هرمزگان. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب ۶۲ صص ۳۵۹-۳۶۹.
- Arz, H.W., Lamy, F., Pätzold, J., Müller, P.J., Prins, M., 2003. Mediterranean moisture source for an early-Holocene humid period in the northern Red Sea. *Science* 300: 118-121.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A. and Wasserburg, G.J. 1999. The Eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel. *Earth and Planetary Science Letters* 166(1-2): 85-95.
- Berger, J.F., Charpentier, V., Crassard, R., Martin, C., Davtian, G. and López-Sáez, J.A. 2013. The dynamics of mangrove ecosystems, changes in sea level and the strategies of Neolithic settlements along the coast of Oman (6000–3000 cal. BC). *Journal of Archaeological Science* 40(7): 3087-3104.
- Bernier, P., Dalongeville, R., Dupuis, B., De Medwecki, V.J.Q.I., 1995. Holocene shoreline variations in the Persian Gulf: example of the Umm al-Qowayn lagoon (UAE). *Quat. Int.* 29: 95–103.
- Biagi, P., Nisbet, R. and Fantuzzi, T. 2018. Exploiting mangroves: Environmental changes and human interference along the northern coast of the Arabian Sea (Pakistan) during the Holocene. *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan* 49: 1-32.
- Cearreta A, Irabien M, Ulibarri I et al., 2002. Recent salt marsh development and natural regeneration of reclaimed areas in the Plentzia Estuary, n. Spain. *Estuar Coast Shelf Sci* 54:863–886.
- Catal`a, A., Cacho, I., Frigola, J., Pena, L.D., Lirer, F., 2019. Holocene hydrography evolution in the Alboran Sea: a multi-record and multi-proxy comparison. *Clim. pof Past* 15: 927–942.
- Dalongeville, R., Sanlaville, P., Aurenche, O., Evin, J., Hours, F.J.C., 1987. *British Archaeological Reports, International Series*. In: *Confrontation des datations isotopiques avec les données géomorphologiques et archéologiques à propos des variations relatives du niveau marin sur la rive arabe du golfe persique*. *Chronologies in variability. Quat. Res.* 62: 243–255.
- Dalrymple, R.W., Choi, K.J.E.-S.R., 2007. Morphologic and facies trends through the fluvial–marine transition in tide-dominated depositional systems: a schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth-Sci. Rev.* 81: 135–174.
- Damien, A., Kosmas, P. and Éric, F., 2020. Holocene relative sea-level variations and archeological implications, Abu Dhabi western region, United Arab Emirates. *Arabian Journal of Geosciences*, 13: 1-16.
- Danovaro, R. 2009. *Methods for the study of deep-sea sediments, their functioning and biodiversity*. CRC Press.
- Djamali, M., De Beaulieu, J.L., Miller, N.F., Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Lak, R., Sadeddin, N., Akhani, H. and Fazeli, H., 2009. Vegetation history of the SE section of the Zagros Mountains during the last five millennia; a pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18: 123-136.
- Eggermont, P.H.L 1975. Alexanders campaigns in Sind and Baluchistan and the siege of the Brahmin town of Harmatelia. *Orientalia Lovanensia Analecta* 3 (Leuven 1975).
- Ellison, J. (2005) Holocene palynology and sea-level change in two estuaries in Southern Irian Jaya. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220: 291-309.
- Goff JR, Chagué-Goff C, Nichol S., 2001. Palaeotsunami deposits: a New Zealand perspective. *Sediment Geol* 143: 1–6.

- Gurjazkaite, K., Routh, J., Djamali, M., Vaezi, A., Poher, Y., Beni, A.N., Tavakoli, V., Kylin, H., 2018. Vegetation history and human-environment interactions through the late Holocene in Konar Sandal, SE Iran. *Quat. Sci. Rev.* 194: 143–155.
- Hamzeh, M.A., Khosravi, M., Carton, X., Yarahmadi, D. and Safarkhani, E. 2021. Paleoceanography of the Strait of Hormoz and its link to paleoclimate changes since the mid-Holocene. *Continental Shelf Research* 226: 104507.
- Hamzeh, M.A. and Farahi, S. 2020. Palaeoenvironmental changes in the Khuran Estuary of SE coastal Iran during the last two millennia, based on the analysis of a sediment core. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 542: 109563.
- Hamzeh, M.A., Beni, A.N., Lahijani, H.A., Mehdinia, A., Aghadadashi, V. and Koochaknejad, E. 2024. Reconstruction of the sedimentary environment of Nayband Bay during the last 1600 years; implications for relative sea level and climate change in Northern Persian Gulf. *Marine Micropaleontology* 186: 102321.
- Haynes, J. R. 1981. Classification of the Foraminifera. In *Foraminifera*. Springer.
- Heyvaert, V.M.A. and Baeteman, C., 2007. Holocene sedimentary evolution and palaeocoastlines of the Lower Khuzestan plain (southwest Iran). *Marine Geology*, 242(1-3): 83-108.
- Horton BP, Culver SJ, 2008. Modern intertidal foraminifera of the outer banks, North Carolina, USA, and their applicability for sea-level studies. *J Coast Res* 24:1110–1125
- Ibn al-Bitar 1987. *Ibn al_Bitar, Traite des simples*. Translated by L. Lucien (1883), Institut du Monde Arabe (Paris 1987).
- Issar, A.S. 2004. *Climate Changes during the Holocene and Their Impact on Hydrological Systems*. Cambridge University Press, Cambridge. 127p.
- Konert, M. & J. Vandenberghe 1997. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology*, 44: 523-535.
- Limaye, R.B., Kumaran, K.P.N. and Padmalal, D. 2014. Mangrove habitat dynamics in response to Holocene sea level and climate changes along southwest coast of India. *Quaternary International* 325: 116-125.
- Loeblich, J. & H. Tappan. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Lorenz, S.J., Kim, J.H., Rimbu, N., Schneider, R.R., Lohmann, G., 2006. Orbitally driven insolation forcing on Holocene climate trends: evidence from alkenone data and climate modeling. *Paleoceanography* 21 (1).
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karl'en, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Kreveld, S., Holmgren, K., 2004. Holocene climate variability. *Quat. Res.* 62 (3): 243–255.
- Miller, C.S., Leroy, S.A., Collins, P.E. and Lahijani, H.A. 2016. Late Holocene vegetation and ocean variability in the Gulf of Oman. *Quaternary Science Reviews* 143: 120-132.
- Mudroch, A., Azcue, J.M., Mudroch, P. 1997. *Manual of Physico-Chemical Analysis of Aquatic Sediments*. Lewis Publishers, CRC Press, USA (287p).
- Munsell Color Charts. 2000. Revised Washable Edition. Gretag Macbeth, New Windsor, NY (30p).
- Murray, J. 2006. *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, Cambridge, 422 p.
- Parker, A.G., Goudie, A.S., 2008. Geomorphological and palaeoenvironmental investigations in the southeastern Arabian Gulf region and the implication for the archaeology of the region. *Geomorphology* 101: 458-470
- Pourkerman, M. Marriner, N. Morhange, C. Djamali, M. Lahijani, H. Amjadi, S. Vacchi, M. Jelodar, M.E. Spada, G. Tofighian, H. and Beni, A.N. (2021). Late Holocene relative sea level fluctuations and

- crustal mobility at Batanch (Najirum) archaeological site, Persian Gulf, Iran. *Geoarchaeology* 36(5): 740-754.
- Prasad V, Phartiyal B, Sharma A., 2007. Evidence of enhanced winter precipitation and the prevalence of a cool and dry climate during the mid to late Holocene in mainland Gujarat, India. *Holocene* 17(7):889-896
- Saenger C, Cronin T, Thunell R et al., 2006. Modelling river discharge and precipitation from estuarine salinity in the northern Chesapeake Bay: application to Holocene palaeoclimate. *Holocene* 16(4): 467-477
- Sawai Y, Fujii Y, Fujiwara O et al., 2008. Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Suijin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench. *Holocene* 18: 517-528.
- Sirocko, F., Sarnthein, M., Erlenkeuser, H., Lange, H., Arnold, M., Duplessy, J.C. 1993. Century-scale events in monsoonal climate over the past 24,000 years. *Nature* 364: 322-324.
- Stevens, L.R., Wright, H., Ito, E., 2001. Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran. *The Holocene* 11: 747-755.
- Tabari, H., B. S. Somee & M. R. Zadeh (2011) Testing for long-term trends in climatic variables in Iran. *Atmospheric Research*, 100: 132-140.
- Weckström, K. Saunders, K.M. Gell, P.A. and Skilbeck, C.G. eds. 2017. Applications of paleoenvironmental techniques in estuarine studies (Vol. 20). Dordrecht: Springer. 700p.