مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

مطالعهٔ تنوع و تراکم فرامینیفرهای کفزی در سواحل بندرعباس؛ نشانگری جهت شناخت اثرات فاضلاب ورودی بر زیست‌بوم ساحلی طی سدهٔ گذشته

محمد علی حمزه[1]*، صمد حمزه ئی[1]

[1] پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۴
اصلاح: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۹

کلمات کلیدی:
آلودگی ساحلی
بندرعباس
خلیج فارس
زیست نشانگر
مغزه‌ی رسوبی

چکیده

در این مطالعه، تغییرات تنوع و تراکم فرامینیفرهای کفزی رسوبات در ۴۴ نمونه از یک مغزه‌ی رسوبی تعیین سن شده بوسیله‌ی کربن ۱۴ به منظور بررسی اثرات فعالیت‌های انسانی بر روی آلودگی رسوبات و ایجاد پدیده‌ی فقر اکسیژن در رسوبات بستر ساحل بندرعباس مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج نشان داد در سده‌ی گذشته به دلیل ساخت و سازهای ساحلی، گسترش نواحی مسکونی و تغییرات خورها، میزان ورودی ماسه به رسوبات ساحل منطقه حدود ۵٪ افزایش داشته است. تغییرات تراکم گونه‌های مختلف فرامینیفرها نیز به وضوح از تغییرات محیطی در سده‌ی اخیر تبعیت می‌کند. دهه‌های اخیر فراوانی نسبی جنس‌های فرصت طلب با پوسته‌ی شفاف از جمله *Ammonia*، *Asterorotalia* و *Cribroelphidium* و همچنین انواع مخروطی شکل مانند *Bulimina* و *Bolivina* که توانایی بالاتری در زیست در محیط-های آلوده با اکسیژن کمتر دارند افزایش ۱۰۰ تا ۲۰۰ درصدی نشان می‌دهند. از طرف دیگر، کاهش بیش از ۱۵۰ درصدی اقسام با پوسته‌ی ضیخم‌تر (میلیولیدها مانند جنس‌های *Quinqueloculina* و *Massilina*) در این زمان، مبین تغییرات محیطی‌ای است که توسط انسان به محیط زیست سواحل شهر بندرعباس تحمیل شده است. روی هم رفته به نظر می‌رسد افزایش چشمگیر ورود فاضلاب و رواناب حاصل از توسعه‌ی شهری و صنعتی بندرعباس تأثیر زیادی بر زیست بوم ساحلی شهر داشته است که می‌بایست با اتخاذ تصمیمات مدیریتی صحیح این روند هر چه سریعتر اصلاح گردد.

مقدمه

نواحی ساحلی از جایگاه ویژه‌ای جهت مطالعات زیست‌محیطی و سلامت جوامع بشری برخوردارند. این مناطق به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه، شدیداً تحت تنش و افت کیفیت محیطی هستند. مهم‌ترین مسیر ورود آلودگی در سواحل شهری ورود فاضلاب شهری و صنعتی یا کشاورزی از طریق خورها و کانال‌ها و همچنین لوله‌های فاضلاب است که دلیل اصلی افزایش انسانی تغذیه گرایی آب[1] در نواحی ساحلی است که خسارت‌های متنوع اقتصادی-اجتماعی را بر ساکنین این نواحی تحمیل می‌کند. نشانه‌های این تنش شامل افزایش بی‌رویهٔ زیست‌تودهٔ جلبکی (که گاهی مسمومیت‌زا هستند) و به‌تبع آن کاهش

[1]Eutrophication

*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: hamzeh@inio.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

اکسیژن محلول در آب است که منجر به تخریب زیست‌بوم‌های مهم مانند بسترهای علفی دریایی و مرجانی و تغییر تنوع زیستی دریایی می‌گردد (Middelburg and Levin, 2009). یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های محققین محیط‌زیست جهت ارائهٔ راهکارهای مستدل برای مراجع تصمیم‌گیرنده، نبود داده‌های جامع تغییرات شرایط محیطی در یک دورهٔ طولانی‌مدت قبل و بعد از دست‌کاری محیط‌زیست توسط انسان و همچنین شناخت شرایط محیطی طبیعی زمینه[۲] است (Blais *et al.*, 2015). مغزه‌های رسوبی[۳] بایگانی‌های بسیار ارزشمندی هستند که به‌طور غیر مستقیم شرایط محیطی فوق را برای ما ثبت و بازسازی می‌کنند (Gooday *et al.*, 2009) و می‌توان با بازخوانی آن‌ها شرایط محیطی گذشته را بازسازی نمود. گستره‌ای از نشانگرهای زیست‌شناسی و رسوب‌شناسی در مغزه‌های رسوبی وجود دارد که می‌توانند برای بازسازی روند تغییرات افزایش مواد مغذی آب و فقر اکسیژن در طی زمان بکار گرفته شوند. ازجمله مهم‌ترین این نشانگرها، بقایای حفظ‌شدهٔ موجودات کف زی (اغلب فرامینیفرها[۴] و استراکدها[۵]) و رسوب‌شناسی (مانند ساخت و بافت رسوبات) هستند (Gooday *et al.*, 2009). از میان تمامی میکروفسیل‌های موجود در طبقات رسوبی، فرامینیفرهای کف‌زی به دلیل تنوع و تراکم زیاد، حساسیت به تغییرات شرایط محیطی و میزان بالای حفظ‌شدگی در رسوبات همواره به‌عنوان مناسب‌ترین زیست‌نشانگر تغییرات زیست‌محیطی در محیط‌های مختلف رسوبی مورد استفاده قرارگرفته‌اند (Murray, 2006).

مطالعات گسترده‌ای در زمینهٔ ارزیابی نشانگرهای وقوع پدیدهٔ فقر اکسیژن در آب‌های ساحلی سرتاسر جهان انجام‌شده است (Boesch, 2002; Brouwer *et al.*, 2015) که بخش زیادی از این مطالعات معطوف به خلیج مکزیک (Rabalais *et al.*, 1996) و خلیج چساپیک[۶] (Kemp *et al.*, 2005) است. تحقیقات نشان می‌دهد پدیدهٔ فقر اکسیژن در شمال خلیج مکزیک و چساپیک در قرن بیستم افزایش‌یافته که دلیل اصلی آن تولیدات زیستی افسارگسیختهٔ حاصل از غلظت بالای ریزمغذی‌های انسان‌زاد در آب و کاهش جریان آب است. در کشور ما تمرکز چندانی حول این موضوع مطالعاتی وجود نداشته است. مطالعات اجمالی منطقه‌ای نشان می‌دهد گسترش پدیدهٔ فقر اکسیژن در سواحل شهر بندرعباس در چند دههٔ اخیر افزایش چشمگیری داشته که علت عمدهٔ آن رشد فزایندهٔ زیست‌تودهٔ جلبکی است (Moradi and Kabiri, 2012, Saeedi *et al.*, 2012, Sale *et al.*, 2011). این افزایش تولید زیستی به‌نوبهٔ خود حاصل افزایش بسیار زیاد غلظت مواد مغذی انسان‌زاد در آب‌های ساحلی و همچنین ایجاد اختلال در گردش آب در سواحل منطقه به دست انسان است (Middelburg and Levin, 2009).

برداشت مغزه‌های رسوبی در طی گشت تحقیقاتی PGE1801 (زمستان ۱۳۹۶) که در سرتاسر آب‌های خلیج‌فارس توسط پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی برگزار شد، نمونه‌های ارزشمندی جهت بررسی تغییرات محیطی خلیج‌فارس ازجمله سواحل بندرعباس در اختیار محققین این پژوهشگاه قرار داد. در این تحقیق با استفاده از تعدادی نشانگرهای رسوب‌شناسی (رنگ، لایه‌بندی، مرز لایه‌ها، میزان به‌هم‌خوردگی رسوبات در اثر فعالیت موجودات، میزان مواد آلی و ارزیابی بافت کلی رسوب به‌وسیلهٔ دانه‌بندی) و فسیل‌شناسی (شناسایی نوع و میزان فرامینیفرها و ماکرو فسیل‌ها) بایگانی‌شده در مغزهٔ رسوبی برداشته از نزدیکی سواحل بندرعباس (محدودهٔ لنگرگاه) در گشت تحقیقات PGE1801، تاریخچهٔ شرایط محیطی ساحل بندرعباس از نقطه‌نظر آلودگی به‌وسیلهٔ مواد آلی حاصل از فاضلاب شهری و میزان دسترسی به اکسیژن بررسی می‌گردد. هدف این بررسی، دستیابی به نتایج اساسی زیر است:

۱. شناخت شرایط محیطی ساحل بندرعباس از نظر رسوب‌شناسی و زیست‌شناسی قبل از حضور جامعهٔ شهری.
۲. زمانی آغاز افزایش مواد مغذی آب و پدیدهٔ فقر اکسیژن احتمالی در سواحل بندرعباس.
۳. اثرات تغییرات محیطی ایجادشده در ساحل پس از گسترش شهرنشینی بر روی زیست‌بوم و جانداران کف‌زی ازجمله فرامینیفرها.

[2]Baseline
[3]Sediment core
[4]Foraminifera
[5]Ostracoda
[6]Chesapeake Bay

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

مواد و روش‌ها

محدودهٔ موردمطالعه

شهر بندرعباس مرکز استان هرمزگان یک شهر بندری تجاری بزرگ در امتداد آب‌های خلیج‌فارس است که مساحتی حدود ۱۰۰ کیلومترمربع را دربر می‌گیرد (Dadras *et al.*, 2015). ارتفاعات شمال شهر که متعلق به منتهی‌الیه جنوب‌شرقی زاگرس هستند شامل سنگ‌آهک و ماسه‌سنگ‌های آهکی ائوسن تا پلیستوسن می‌باشند. گنبدهای نمکی فراوان منطقه نیز حاوی سنگ‌های آذرین متنوعی است (Molinaro *et al.*, 2004).

جمعیت بندرعباس بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ بیش از ۶۸۰ هزار نفر اعلام شده است که به نسبت سال ۱۳۹۰ بیش از ۲۳٪ رشد نشان می‌دهد و بر اساس نرخ رشد جمعیتی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۱۰ جمعیت این شهر به حدود ۸۲۰ هزار نفر برسد (HSY, 2017). از طرف دیگر سواحل استان هرمزگان در طی سال‌های اخیر همواره جزء سه مقصد اصلی گردشگری کشور بوده است (Pour Ahmad *et al.*, 2016). در سال‌های اخیر شهر بندرعباس به دلیل قرارگیری در کنار بنادر بزرگ صادرات و واردات و صنایع کوچک و بزرگ دچار رشد فزاینده‌ای شده است و در حال حاضر دارای بالاترین نرخ رشد شهری در بین شهرهای با جمعیت بیش از ۵۰۰ هزار نفر در کشور است. مهم‌ترین فعالیت‌های اقتصادی شهر را صنایع سنگین (شامل بنادر تجاری و صیادی، پالایشگاه‌های نفت و گاز و دیگر صنایع) شامل می‌گردد که حدود ۷۴٪ نیروی فعال کار را در خود جای داده‌اند (HSY, 2017).

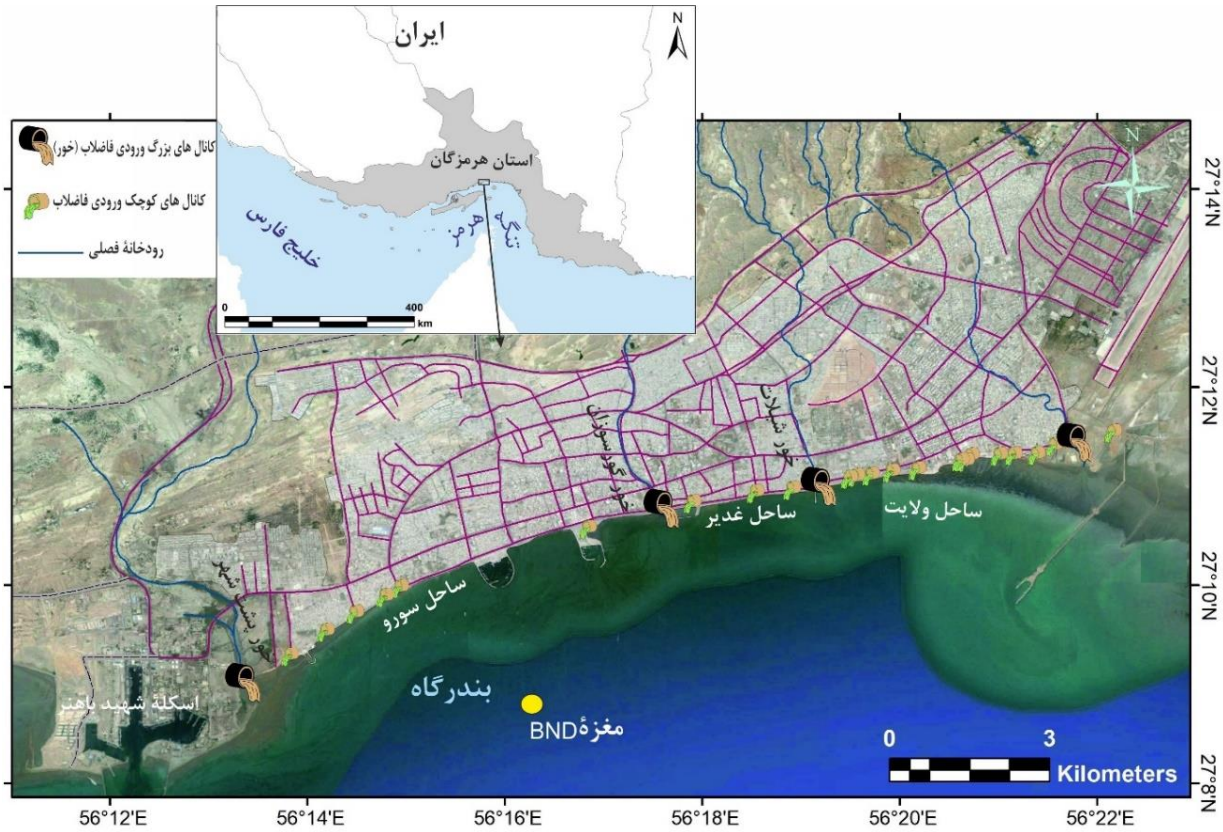
بر اساس پایش میدانی نوار ساحلی در این بررسی ۴ خور مهم و بیش از ۲۰ کانال و تعداد زیادی شیارهای کوچک فاضلاب شهری و خانگی را با دبی مجموع حدود ۷۰۰ لیتر بر ثانیه وارد نواحی ساحلی می‌کنند (شکل ۱) که بخش زیادی از آن تصفیه نشده است. خور گورسوزان مهم‌ترین خور از نظر انتقال پساب به داخل نوار ساحلی است که علی‌رغم اظهارات مسئولین آب و فاضلاب، بخش مهمی از فاضلاب ورودی آن به ساحل تصفیه نشده است. همچنین مطالعات میدانی انجام‌شده در این تحقیق نشان می‌دهد در بعضی از ساعات نیمه‌شب فاضلاب تصفیه نشده وارد خور می‌گردد. میزان BOD فاضلاب تصفیه‌شده نیز بالاتر از حد مجاز جهت تخلیه در سواحل است (Mansourri, 2016).

نمونه‌برداری و مطالعات آزمایشگاهی

مغزهٔ رسوبی BND به طول ۱۱۰ سانتیمتر و قطر ۵ سانتیمتر در عمق ۵ متری آب در فاصلهٔ ۳ کیلومتری از ساحل شهر بندرعباس (لنگرگاه) در 56°.273517 طول شرقی و 27°.146100 عرض شمالی در دی‌ماه ۱۳۹۶ به‌وسیلهٔ دستگاه مغزه گیر وزنی در گشت تحقیقاتی PGE1801 کاوشگر خلیج‌فارس برداشته شد (شکل ۱). پس از انتقال به آزمایشگاه زمین‌شناسی مرکز اقیانوس‌شناسی هرمزگان در بندرعباس، مغزه در امتداد محور طولی برش داده شد و مطالعات ابتدایی شامل عکس‌برداری و توصیف دقیق مشاهدات رسوب‌شناسی و ساخت‌های رسوبی روی آن انجام گرفت (Schnurrenberger *et al.*, 2001). برای انجام آزمایش‌های دانه‌بندی، تعیین کل مادهٔ آلی و میزان کربنات کلسیم آلی نیز یک سانتیمتر مکعب نمونه با فاصلهٔ ۲/۵ سانتیمتری برداشت شد. میزان کل مواد آلی به روش سوزاندن در کوره (دمای ۴۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت) و کربنات کلسیم به روش انحلال به‌وسیلهٔ اسید هیدروکلریک یک نرمال اندازه‌گیری شد. جهت دانه‌بندی لیزری رسوبات، از دستگاه دانه‌بندی لیزری FRITSCH استفاده گردید. بخش ماسه‌ای رسوبات (پس از عبور داده شدن ذرات سیلت و رس از الک ۶۳ میکرون)، به‌وسیلهٔ میکروسکوپ پلاریزان زایس مجهز به دوربین دیجیتال مطالعه و تصویربرداری گردید.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]



شکل ۱. تصویر ماهواره‌ای سواحل بندرعباس و محل برداشت مغزهٔ BND

جهت انجام مطالعات فسیل‌شناسی در واحد حجم از هر ۲/۵ سانتیمتر یک نمونه به حجم ده سانتیمتر مکعب برداشته شد و از الک ۶۳ میکرون با فشار آب کم عبور داده شد (Scott *et al.*, 2007). نمونهٔ باقی‌مانده روی الک داخل سینی مدرج جهت شناسایی و شمارش فرامینیفرها توسط استریو میکروسکوپ نیکون مدل SMZ 1500 مجهز به دوربین دیجیتال قرار داده شد و تعداد گونه‌های فرامینیفر شمارش گردید. برای گزارش میزان کل و درصد تراکم هر گونه حداقل ۳۰۰ عدد فرامینیفر در هر نمونه شمارش شد (Murray, 2006). نام فرامینیفرها بر اساس مهم‌ترین مراجع نام‌گذاری فرامینیفرها (Haynes, 1981, Loeblich and Tappan, 1988) نام‌گذاری و با توجه به جدیدترین نام‌های پیشنهادی وب‌سایت World Foraminifera Database بازنگری گردید.

تعیین سن به روش کربن ۱۴

جهت تعیین سن توالی‌ها، دو نمونه دوکفه‌ای (*Transkeia raveyensis*) متعلق به عمق‌های ۳۰ و ۸۰ سانتیمتری جهت تعیین سن به روش کربن ۱۴ به آزمایشگاه معتبر پزنان لهستان ارسال گردید. نتایج حاصل از تعیین سن با کاربرد نرم‌افزار کالیب ۷.۰.۴ تصحیح گردید (Reimer, 2013) و سن مخزن دریایی مقدار ارائه‌شده برای دریای عربی و خلیج‌فارس ΔR=۱۹۰± ۲۵ برای آن در نظر گرفته شد (Southon *et al.*, 2002). سن‌ها بر اساس میانگین احتمال خطای یک سیگما گزارش شدند (جدول ۱). تمامی سن‌های این مقاله به‌صورت سال کالیبره شده قبل از حال حاضر (cal yr BP) ارائه‌شده است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

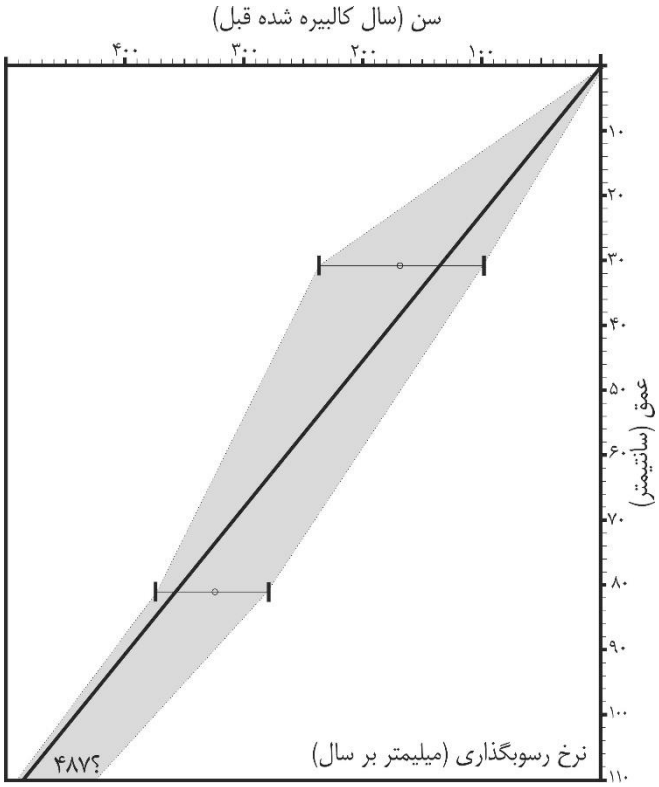
جدول ۱. دو نمونه دوکفه‌ای انتخاب‌شده جهت تعیین سن به روش رادیو کربن

شماره نمونه	نوع نمونه	وزن نمونه (گرم)	عمق (سانتیمتر)	سن (سال قبل)	میانگین سن کالیبره شده (سال قبل)
BND-30	دوکفه‌ای (*Transkeia raveyensis*)	۰/۲۱	۳۰	۷۱۰±۳۰	۱۶۸
BND-80	دوکفه‌ای (*Transkeia raveyensis*)	۰/۰۱۷	۸۰	۸۷۰±۳۰	۳۲۶

نتایج

سن مغزه

خصوصیات کلی رسوب‌شناسی مغزهٔ مورد مطالعه تقریباً یکسان است (گل و گل رسی بدون لایه‌بندی با رنگ یکنواخت) که بیانگر حاکمیت شرایط محیط طبیعی در محل برداشت مغزه است. بر این اساس نمودار تعیین سن با فرض یکنواخت بودن نرخ رسوب‌گذاری بین افق‌های تعیین سن شده رسم گردیده است (شکل ۲). با فرض سن صفر برای لایهٔ سطحی خط تغییرات سن مغزه بین سه افق صفر، ۳۰ و ۸۰ سانتیمتری رسم گردید و تا انتهای مغزه امتداد داده شد و بر این اساس نرخ رسوب‌گذاری مغزه ۲/۳ میلی‌متر بر سال تعیین گردید.



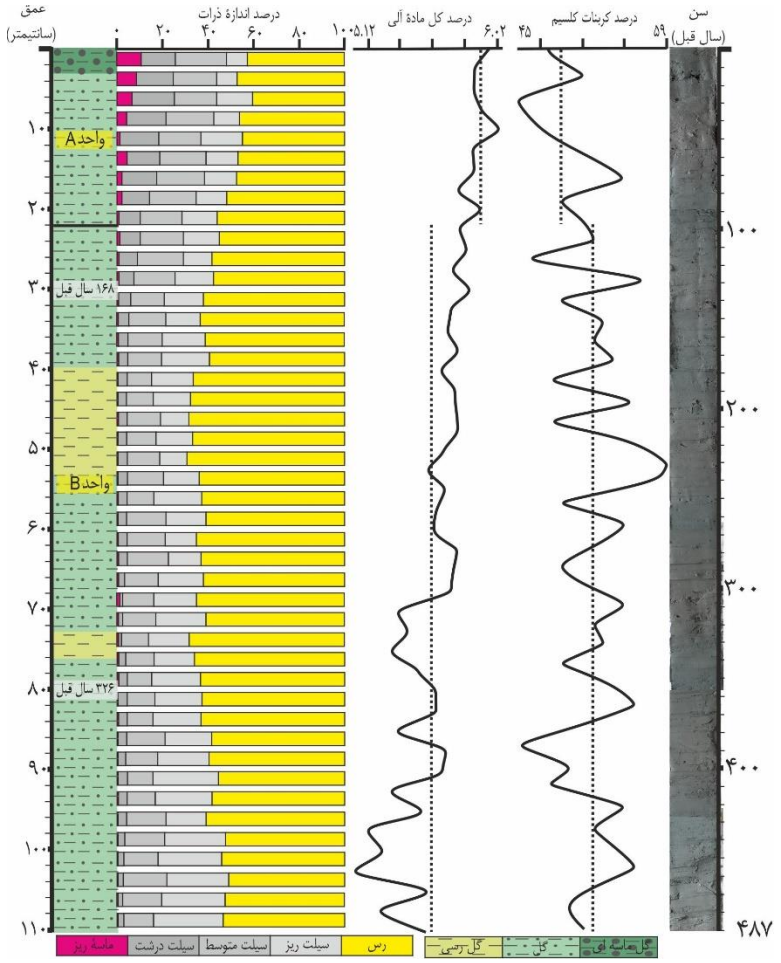
شکل ۲. نمودار سن-عمق مغزهٔ BND

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

رسوب‌شناسی مغزه

در کل تغییرات کلیهٔ پارامترهای رسوب‌شناسی مانند، رنگ، دانه‌بندی و سایر خصوصیات ظاهری در مغزهٔ BND بسیار ناچیز و تدریجی است، به صورتی که لایه‌بندی در رسوبات دیده نمی‌شود. از این جهت به‌هم‌ریختگی رسوبات در اثر فعالیت‌های جانداران کف‌زی نیز قابل‌مشاهده نیست. این نتایج نشان از حاکمیت محیط طبیعی تقریباً یکنواخت در طی چند سدهٔ گذشته دارد. رسوبات عمدتاً شامل گل با رنگ زیتونی (5Y/5/3) است. در عمق ۴۰ تا ۵۵ سانتیمتری نیز رسوبات کمی وارد محدودهٔ گل رسی می‌شود. با توجه به نمودار سن-عمق، رسوبات ۲۰ سانتیمتر بالایی مغزه که با روند رو به رشد میزان ماسه مشخص می‌شوند (شکل ۳). در طی صد سال گذشته و هم‌زمان با روند افزایش تمرکز جمعیتی در سواحل منطقه نهشته شده‌اند. بنابراین جهت مقایسهٔ شرایط قبل و بعد تمرکز جمعیت در سواحل منطقه، ۲۰ سانتیمتر بالایی مغزه به‌عنوان واحد A و ۹۰ سانتیمتر زیرین واحد B در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳). در بخش A علاوه از آغاز روند افزایش میزان ماسه، درصد کل مادهٔ آلی نیز افزایش جزئی نشان می‌دهد. این میزان در نیمهٔ بالایی مغزه ۵/۷٪ است که حدود ۰/۵٪ بیش از این میزان در نیمهٔ پایینی است. تغییرات میزان کربنات کلسیم روند چندان مشخصی را نشان نمی‌دهد، اما میانگین آن در واحد A (۴۹٪) کمتر از واحد B (۵۲٪) است.



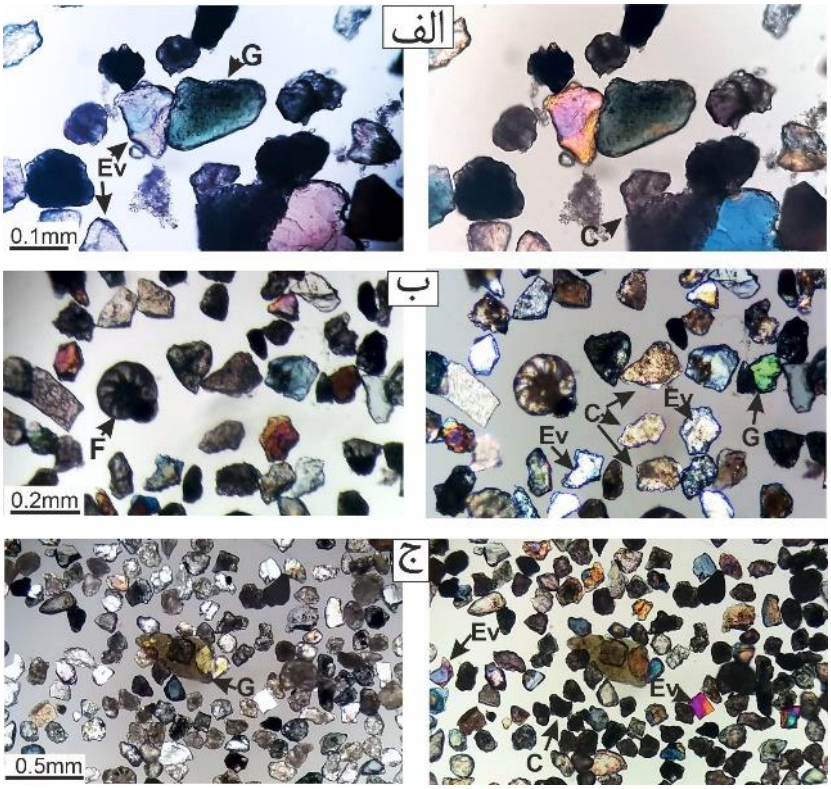
شکل ۳. تغییرات دانه‌بندی و میزان مواد آلی رسوبات مغزهٔ رسوبی (BND).

بر اساس طبقه‌بندی فولک (Folk, 1954) بیش از ۹۰٪ رسوبات مغزه در بخش رسوبات گلی و ۷٪ در محدودهٔ گل رسی جای می‌گیرند (عمق ۴۰ تا ۵۵ و ۷۲ تا ۷۷ سانتیمتری). تنها در بخش ۲/۵ سانتیمتری بالایی مغزه، میزان ماسه از ۱۰ تجاوز می-

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

کند (۱۰/۸٪) که منجر به تغییر نام رسوب به گل ماسه‌ای می‌شود. در ۲۰ سانتیمتر بالایی مغزه میزان ماسه از حدود ۱۰٪ شروع شده و با روند کاهشی مشخص در عمق ۲۰ سانتیمتری به حدود ۱٪ می‌رسد. از این عمق به بعد این میزان به‌صورت کم و بیش ثابت بین ۰/۵ تا ۱٪ تا عمق ۱۱۰ سانتیمتری ادامه می‌یابد. میزان کل سیلت به‌خصوص سیلت دانه‌درشت نیز در بخش بالاتر از عمق ۲۰ سانتیمتر مغزه بیشتر از بخش زیرین آن است (حدود ۴ برابر).

بر اساس بررسی رسوب‌شناسی، بخش اعظم رسوبات منطقه شامل رسوبات کربناتی و تبخیری است (حدود ۸۰٪). میزان کانی‌های سیلیسی آواری در طول مغزه تقریباً ثابت است و به ۱۰٪ نمی‌رسد. میزان بقایای گیاهی رسوبات بسیار ناچیز است. ۵-۱۰٪ رسوبات بخش ۲۰ سانتیمتری بالایی مغزه را پوسته‌های کربنات کلسیم تشکیل می‌دهند. در واحد B میزان این پوسته‌ها کمی افزایش پیدا می‌کند و به حدود ۱۰-۱۵٪ می‌رسد. میزان کانی گلاکونیت موجود در رسوبات در واحد A کمی بیش از ۵٪ است، درحالی‌که این میزان در واحد B کمی کاهش نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۴. تصاویر تهیه‌شده از بخش ماسه‌ای رسوبات مغزهٔ BND. حضور کانی گلاکونیت (G) در زیر نور معمولی (سمت چپ) و پلاریزه (سمت راست). کانی‌های کربناتی (C) و تبخیری (Ev) در رسوبات مشخص‌شده است؛ تصویر الف، ب و ج به ترتیب متعلق به عمق‌های ۵، ۷/۵ و ۱۵ سانتیمتری است.

تنوع و تراکم فرامینیفرها

به‌طورکلی در ۲ واحد رسوبی موجود در مغزهٔ مورد بررسی، ۳۵ گونهٔ مختلف فرامینیفر متعلق به ۱۶ جنس، ۱۱ خانواده و ۵ راسته شناسایی گردید. از بین آن‌ها ۲۷ گونه دارای پوستهٔ شفاف (هیالین)، ۷ گونه دارای پوستهٔ مات (پورسلانوز) و یک گونه دارای پوستهٔ آگلوتینه است (جدول ۲ و شکل ۵). در افق‌های سطحی رشد دانه‌های پیریت درون پوسته‌های فرامینیفرها دیده می‌شود. در شکل ۵ تصویر تمامی فرامینیفرهای شناسایی‌شده در این تحقیق آمده است.

تعداد گونه‌های فرامینیفرها در طول مغزه نسبتاً ثابت است و بین ۳۰ تا ۳۵٪ در نوسان است. بر اساس شکل ۶ تعداد کل پوسته‌های فرامینیفر در بخش بالایی مغزه از حدود ۴۱۰۰ تا بیش از ۱۰.۰۰۰ در نوسان است که دو برابر این مقدار نسبت به واحد زیرین است. درصد پوسته‌های شفاف در واحد A (۸۸-۹۵٪؛ میانگین ۹۲٪) نسبت به واحد B (۷۵-۹۰٪؛ میانگین ۸۳٪) افزایش چشمگیری نشان می‌دهد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

گونه‌های متعلق جنس‌های شفاف *Ammonia*، *Elphidium*، *Cribroelphidium*، *Nonion* و *Bolivina* در نمونه‌های واحد A به نسبت واحد زیرین افزایش چشمگیری نشان می‌دهد. این افزایش در مورد *Fissurina* با شدت کمتری مشهود است. درصد افزایش میانگین تراکم در۲۰ سانتیمتر بالایی مغزه نسبت به بخش زیرین آن برای گونه‌های *Nonion* ۱۹۰، *Ammonia* ۱۷۰ ، *Bolivina* ۱۴۰، *Asterorotalia* و *Elphidium* ۶۰ ، *Bulimina* ۴۰ و *Cribroelphidium* ۳۰ است. این میزان برای *Fissurina* تنها حدود۱۰٪ است. هرچند بر اساس جدول ۲ فروانی جنس *Porosononion* در بخش پایینی مغزه حدود ۳۷٪ بیشتر از بخش بالایی است. اما بر اساس شکل روند تغییرات مشخصی را در طول مغزه از خود نشان نمی‌دهد. میزان تراکم sp *Trochammina* به‌عنوان تنها گونهٔ آگلوتینه از بخش‌های فوقانی مغزه تا بخش‌های میانی آن بالا است و پس از آن حدود ۵۰٪ کاهش نشان می‌دهد. برعکس شرایط فوق، تراکم گونه‌های فرامینیفر با پوستهٔ مات (متعلق به راستهٔ *Miliolida* به‌خصوص جنس *Quinqueloculina*) در بخش‌های پایینی مغزه، حدود یک و نیم برابر بیشتر از بخش بالایی آن است. این افزایش برای *Spiroloculina* تنها حدود ۱۰٪ است.

جدول ۲. تقسیم‌بندی انواع فرامینیفرهای شناخته‌شده در مغزهٔ BND

گونه	جنس	خانواده	راسته
Ammonia beccarii (Linnaeus, 1758)	*Ammonia*	Ammoniidae	**Rotaliida**
A. tepida (Cushman, 1926)			
A. parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)			
Ammonia sp1, sp2, sp3			
Asterorotalia sp1, sp2	*Asterorotalia*		
Cribroelphidium excavatum (Terquem, 1875)	*Cribroelphidium*	Elphidiidae	
Cribroelphidium sp1, sp2			
Elphidium advenum (Cushman, 1922)	*Elphidium*		
Porosononion sp.	*Porosononion*		
Bolivina dilatata Reuss, 1850	*Bolivina*	Bolivinitidae	
Bolivina striatula Cushman, 1922			
Bolivina spathulata (Williamson, 1858)			
Bolivina sp.			
Bulimina sp1, sp2	*Bulimina*	Buliminidae	
Nonion sp1, sp2, sp3, sp4, sp5.	*Nonion*	Nonionidae	
Fissurina sp1, sp2	*Fissurina*	Ellipsolagenidae	**Polymorphinida**
Lagena sp.	*Lagena*	Lagenidae	**Lagenida**
Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758)	*Quinqueloculina*	Hauerinidae	**Miliolida**
Quinqueloculina sp1, sp2, sp3	*Quinqueloculina*		
Massilina laevigata (Cushman & Todd, 1944)	*Massilina*		
Spiroloculina sp.	*Spiroloculina*	Spiroloculinidae	
Cornuspira sp.	*Cornuspira*	Cornuspiridae	
Trochammina sp.	*Trochammina*	Trochamminidae	**Lituolida**

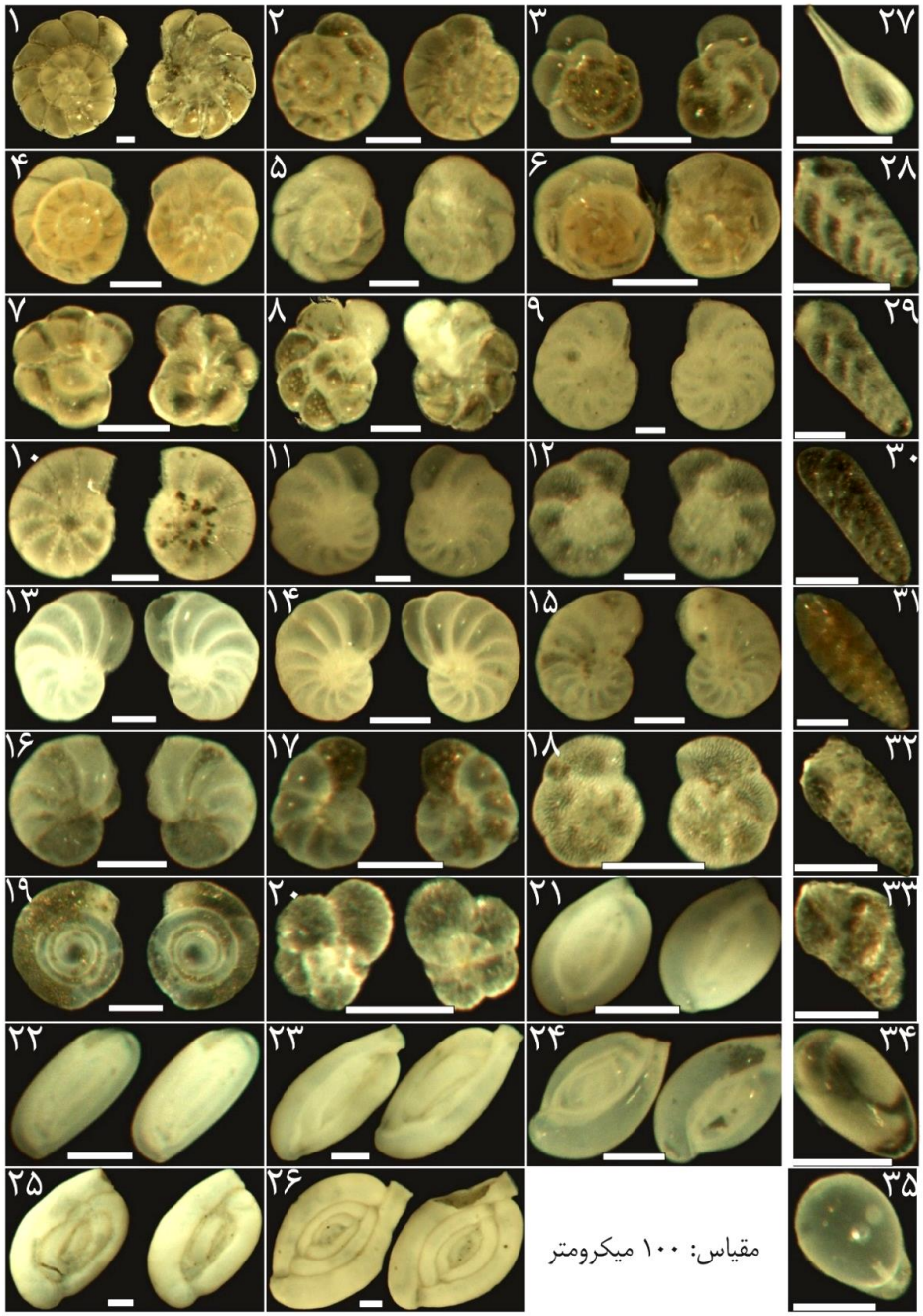
در این بررسی الگوی تغییرات خانواده‌های *Ammoniidae* و *Elphididae* به‌عنوان نشانگری جهت افزایش آلودگی به‌وسیلهٔ مواد آلی انسان‌زاد استفاده شد (Gupta *et al.*, 1996) (شکل ۶). بر این اساس شاخص A-E به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$(N_A/N_A+N_E) \times 100$

که در آن N_A تعداد نمونه‌های *Ammoniidae* و N_E تعداد نمونه‌های *Elphididae* در نمونه است. با توجه به شکل ۶ میانگین میزان این اندیس در واحد A ۸۱ و در واحد B ۶۹ است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

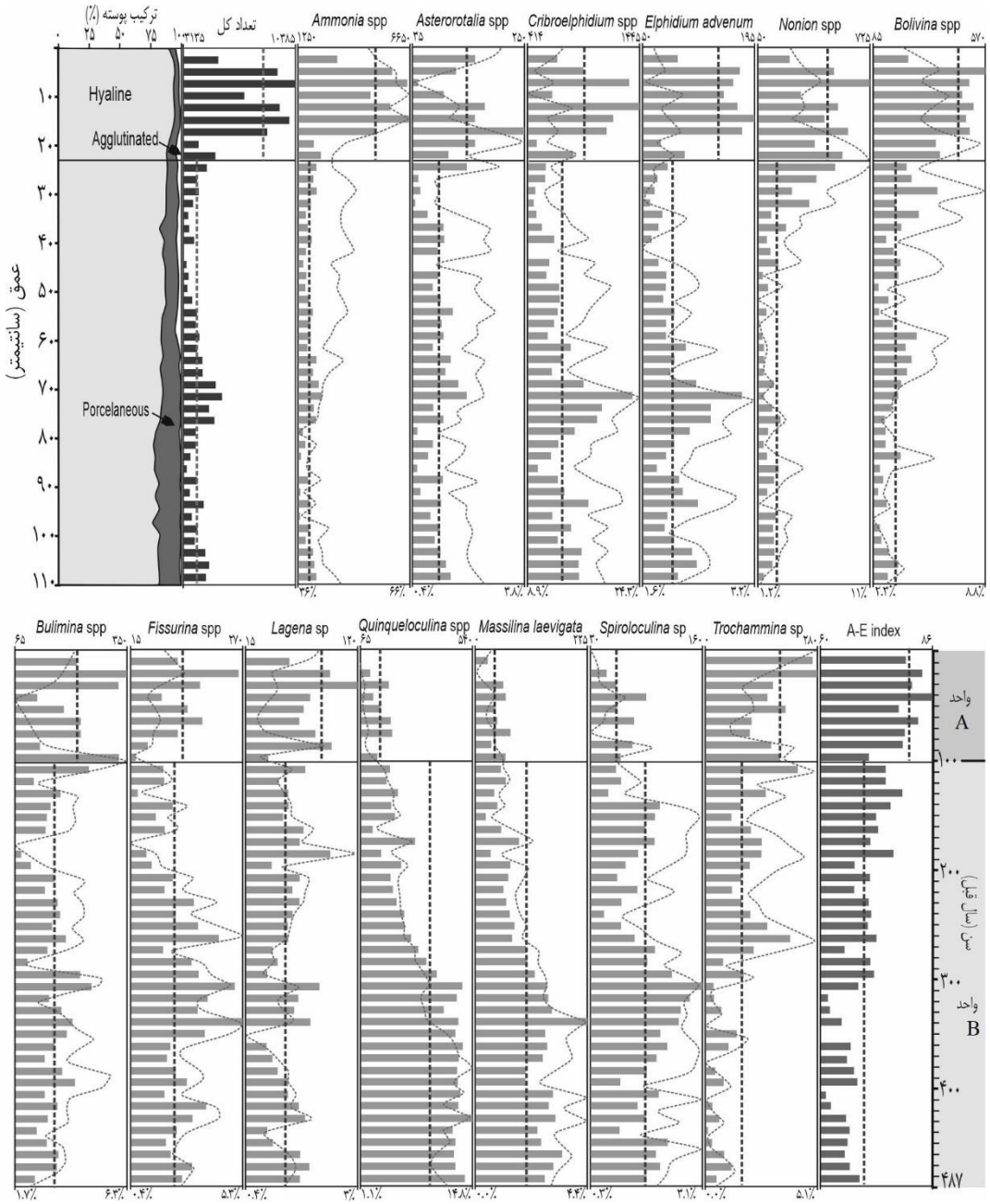
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]



شکل ۵. تصویر استریو میکروسکوپی بخش جلویی (سمت چپ) و پشتی (سمت راست) پوسته‌های فرامینیفرهای شناسایی‌شده در افق‌های مغزهٔ BND. ۱- *Ammonia beccarii*، ۲- *A. parkinsoniana*، ۳- *A. tepida*، ۴- *A.* sp1، ۵- *A.* sp2، ۶- *A.* sp3، ۷- *Asterorotalia* sp1، ۸- *A.* sp2، ۹- *Elphidium advenum*، ۱۰- *Cribroelphidium excavatum*، ۱۱- *C.* sp1، ۱۲- *C.* sp2، ۱۳- *Nonion* sp1، ۱۴- *N.* sp2، ۱۵- *N.* sp3، ۱۶- *N.* sp4، ۱۷- *N.* sp5، ۱۸- *Porosononion* sp، ۱۹- *Cornuspira* sp، ۲۰- *Trochammina*، ۲۱- *Quinqueloculina seminula*، ۲۲- *Q. striatula*، ۲۳- *Q.* sp1، ۲۴- *Q.* sp2، ۲۵- *Q.* sp3، ۲۶- *Massilina laevigata*، ۲۷- *Spiroloculina* sp، ۲۸- *Lagena* sp، ۲۹- *Bolivina dilatata*، ۳۰- *B. spathulata*، ۳۱- *B.* sp1، ۳۲- *Bulimina* sp1، ۳۳- *B.* sp1، ۳۴- *Fissurina* sp1، ۳۵- *F.* sp2

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]



شکل ۶. درصد فروانی پوسته‌های مختلف فرامینیفرها و توزیع عمقی اندیس A-E و تعداد کل و گونه‌های مختلف فرامینیفرهای شناسایی‌شده در مغزه. میله‌ها بیانگر تعداد و منحنی خط‌چین معرف درصد تراکم گونه‌ها است. محدودهٔ تغییرات فروانی و درصدها بین حداقل و حداکثر آن‌ها در مغزه تعیین‌شده است. خط‌چین‌های مستقیم معرف میانگین فراوانی هر پارامتر در واحدهای A و B است.

بحث

ارزیابی شرایط محیطی نواحی ساحلی قبل از دخالت‌های انسانی اهمیت ویژه‌ای جهت شناخت میزان تأثیر انسان بر محیط طبیعی دارد. از آنجا که نواحی ساحلی محیط‌های بسیار پیچیده و متنوعی هستند، نمی‌توان یک نوع شرایط محیطی طبیعی برای سواحل مختلف در نظر گرفت و آن را به‌تمامی نواحی تعمیم داد. بنابراین بهترین راه یافتن شرایط محیط طبیعی هر منطقه بازسازی شرایط محیطی آن محل قبل از حضور انسان است. بررسی مغزه‌های رسوبی تعیین سن شده بهترین روش برای شناخت تمایز بین محیط‌های طبیعی و انسانی در هر منطقه است (Birch *et al.*, 2017).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

Hosseinzade و همکاران (2011) قالب توسعهٔ فضای شهر بندرعباس را بر اساس دوره‌های زمانی و با توجه به‌عکس هوایی به‌صورت زیر ارائه دادند:

الف: مرحلهٔ اولیه تا قبل از سال ۱۳۰۰ که می‌توان شهر را به شکل روستاهایی تصور کرد که به‌موازات هم مستقرشده‌اند که باعث شکل‌گیری اولیهٔ شهر بندرعباس گردیده‌اند.

ب: مرحلهٔ دوم از سال ۱۳۰۰ تا ۱۳۴۵ شکل‌گیری کند توسعهٔ فضایی و فیزیکی شهر روی داده و با افزایش جمعیت، شهر نیز گسترش پیداکرده است.

ج: مرحلهٔ سوم، ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۵ را می‌توان مهم‌ترین دوره در رشد فیزیکی شهر نام نهاد. ساخت‌وساز در اراضی خالی، استقرار صنایع بزرگ در سطح ملی، انجام اصلاحات ارضی، مهاجرت بی‌رویهٔ روستاییان، افزایش قیمت جهانی نفت، بروز جنگ تحمیلی و ... ازجمله عوامل توسعهٔ شهر در این دوره گردیده است.

د: مرحلهٔ چهارم، از سال ۱۳۷۵ تاکنون که با کاهش نرخ رشد جمعیت و کاهش مهاجرت‌ها مشخص می‌شود.

با توجه به نشانگرهای ثبت‌شده در مغزهٔ BND شرایط محیطی صدسال اخیر (زمان پیدایش بدنهٔ اصلی شهر (Hosseinzade *et al.*, 2011) با قبل از آن مقایسه می‌گردد.

محیط طبیعی قبل از دخالت انسان

یکنواختی نرخ رسوب‌گذاری و یا جنس رسوب محیط رسوبی ثبت‌شده در مغزهٔ BND نشان می‌دهد طی چند سدهٔ اخیر، عوامل طبیعی تغییرات چندانی بر محیط رسوبی سواحل بندرعباس اعمال نکرده است. تحقیقات انجام‌شده بروی تغییرات شرایط محیطی منطقه در چند سدهٔ اخیر نیز مبین همین نکته است (Hamzeh *et al.*, 2021; Gharibreza *et al.*, 2015) این یکنواختی به‌نوبهٔ خود موجب شده تا لایه‌بندی چندان محسوسی در مغزهٔ رسوبی چه پیش از تأثیر فعالیت‌های انسانی و چه پس‌ازآن مشاهده نگردد. بنابراین لایه‌بندی رسوبات منطقه نمی‌تواند در شناخت اثرات تغییرات میزان اکسیژن بر رسوبات منطقه کارگشا باشد. رسوبات مغزهٔ مورد مطالعه عموماً از کربنات‌های تخریبی حاصل فرسایش سازندهای ساحلی تشکیل‌شده‌اند. بالا بودن نسبی درصد کربنات کلسیم نمونه‌ها نیز مؤید این مطلب است. میزان رسوبات سیلیکاتی در رسوبات به نسبت کانی‌های کربناتی بسیار کم است و بیشتر حاصل فرسایش سازندهای مرتبط با گنبدهای نمکی هستند.

تجمع فرامینیفرهای سواحل بندرعباس در این دورهٔ حدود ۴۰۰ ساله، تقریباً یکنواخت بوده و به‌طور متوسط حدود ۴۰۰۰ فرامینیفر در هر ۱۰ سانتیمتر مکعب حضورداشته است که بیش از ۸۰٪ آن‌ها را گونه‌های شفاف تشکیل می‌دادند. *Amminia*، *Cribroelphidium* و *Quinquelocullina* به ترتیب با ۴۴، ۱۸ و ۹٪ جنس‌های غالب فرامینیفرها و جنس‌های *Nonion*، *Bolivina*، *Bulimina*، *Massilina* و *Spiroloculina* گونه‌های ثانویه را شکل می‌دادند. تجمع‌هایی این‌چنینی که در آن‌گونه‌های فرصت‌طلب (*Ammonia* و *Cribroelphidium*) غالب هستند و گونه‌های مات در رتبه‌های بعدی قرار دارند، شاخص نواحی ساحلی نسبتاً عمیق است (Murray, 2006). نکتهٔ قابل‌تأمل کاهش تدریجی میزان گونه‌های مات به‌ویژه *Quinqueloculina* و *Massilina* است که می‌تواند حاکی کاهش تراز نسبی سطح آب در منطقه باشد (Dalongeville *et al.*, 1987). مطالعات Gharibreza و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان می‌دهد در طی چند سدهٔ گذشته در استان هرمزگان به‌طور متوسط هر صدسال یک واقعهٔ پس‌روی خط ساحلی کامل شده و یک خط ساحلی در بازه‌ای به عرض ۲۰۰ متر توسعه پیداکرده است. اما در کل این تغییرات بسیار ناچیز بوده و در کل شرایط محیطی طبیعی دستخوش تغییرات چندانی قرار نگرفته است.

شرایط محیطی پس از دخالت انسان

این بخش از رسوبات هم‌زمان با دوره‌های رشد فیزیکی شهر ته‌نشین شده است. این زمان مصادف با ساخت‌وساز گستردهٔ اراضی خالی درون شهر، استقرار صنایع بزرگ در سطح ملی و افزایش سریع جمعیت است که موجب توسعهٔ شهر در این دوره

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

گردیده است (Hosseinzade *et al.*, 2011). در سال‌های اخیر گسترش بسیار سریع جمعیتی در بندرعباس به‌عنوان مرکز توسعهٔ جنوب کشور موجب تشدید بار آلودگی حاصل از فاضلاب شهری و تخریب زیست‌بوم حساس آب‌های ساحلی منطقه شده است. دو دلیل عمده شامل افزایش میزان ورود فاضلاب شهری به ساحل و کاهش قدرت امواج و محدود شدن گردش آب در ساحل به دلیل احداث موج‌شکن‌های متعدد (موج‌شکن نخل ناخدا)، معضل آلودگی ساحلی را تشدید نموده و محیطی شبیه مانداب با رسوبات لجن مانند در سواحل شهر بندرعباس ایجاد نموده است که از دیدگاه ژئوشیمیایی، شرایط مناسبی جهت کاهش اکسیژن محلول در آب و افزایش غلظت انواع آلاینده‌ها در رسوبات و آب‌های ساحلی است.

در این بخش مغزه به‌خصوص ده سانتیمتر بالایی آن، میزان ماسهٔ موجود در رسوبات کمی افزایش نشان می‌دهد. هرچند این میزان همواره کمتر از ۱۰٪ باقی می‌ماند. به نظر می‌رسد این تغییرات تا حدودی می‌تواند مرتبط با کاهش تراز و پس‌روی خط ساحلی آب دریا بر اساس تغییرات یخچالی-ائوستاتیک باشد (Gharibreza *et al.*, 2015) که موجب ته‌نشست ذرات درشت‌تر معرف رخسارهٔ نزدیک ساحل در لایه‌های بالایی مغزه می‌گردد. اما به نظر می‌رسد مهم‌ترین عامل افزایش میزان ماسه در دهه-های اخیر ساخت‌وسازهای ساحلی مانند اسکله‌ها و موج‌شکن‌هایی نظیر بندر شهید باهنر، اسکلهٔ پشت شهر و... و همچنین لایروبی باشد. رواناب‌های سطح شهر نیز می‌تواند مسئول این افزایش تلقی گردد. با استفاده از همبستگی بالای بین میزان درصد ماسه و مغناطیس پذیری (حدود ۰.۷۷) و عناصر جزئی سمی نیز Hamzeh and Farahi Ghasre-Aboonasr (۲۰۲۰) نشان دادند فعالیت‌های انسانی نقش اصلی را در افزایش میزان ماسه در چند دههٔ اخیر داشته است. از سوی دیگر، فراوانی بیشتر کانی گلاکونیت مشاهده‌شده بخش بالایی نیز بیانگر حاکمیت بیشتر شرایط احیایی در دهه‌های اخیر است (شکل ۴). گلاکونیت که یک کانی سیلیکاتی پتاسیم، آهن، آلومینیوم و منیزیم آبدار است که رشد آن در رسوبات ساحلی در شرایط اکسیژن کم یا بدون اکسیژن سرعت می‌یابد (Gooday *et al.*, 2009). افزایش هم‌زمان درصد دانه‌های گلاکونیت در ذرات رسوبی با قطر بیش از ۶۳ میکرون با فرامینیفرهای مقاوم در برابر فقر اکسیژن در مغزه برداشته‌شده از رسوبات تحت اثر فقر اکسیژن در خلیج مکزیک در اواخر دههٔ ۱۹۳۰ و اوایل ۱۹۴۰ نشان داد که این کانی می‌تواند به‌عنوان نشانگر فقر اکسیژن حاصل از فعالیت‌های انسانی مورد بررسی قرار گیرد (Nelsen *et al.*, 1994). رشد فزایندهٔ فرامبوئیدهای پیریتی (گردهمایی ذرات کوچک با قطر مساوی یا کمتر از ۵ میکرون) درون پوسته فرامینیفرها که بیانگر شرایط فقیر از اکسیژن است (Brunner *et al.*, 2006) نیز نشانگر فقر اکسیژن در این بخش در اثر انتشار زیاد مواد آلی انسان‌زاد است.

مهم‌ترین اثرات انسانی در تجمع فرامینیفرهای کف‌زی سواحل بندرعباس، افزایش چشمگیر تعداد پوسته‌ها به‌خصوص در ۵ تا ۶ دههٔ اخیر است. مشابه این روند در خور سنت لارنس کانادا مشاهده گردید (Thibodeau *et al.*, 2006) که در آن از دههٔ ۱۹۶۰ پوسته‌های فرامینیفر این سواحل رشد چشمگیری نشان داد. محققین علت این امر را افزایش زیاد مواد آلی انسان‌زاد در سواحل منطقه و آغاز روند شرایط فقر اکسیژن فصلی عنوان کردند. بااین‌حال باید عنوان کرد که تجمع‌های فرامینیفرها در محیط‌های با شرایط فقیر شدید و دائمی اکسیژن دچار کاهش تنوع گونه‌ای و حضور تعدادی گونه‌های مقاوم در برابر فقر اکسیژن می‌شوند. در این شرایط انواع شفاف (*Rotaliida*)، به‌خصوص خانوادهٔ *Ammoniidae* و همچنین *nonionid* ها، *uvigerinid* ها، *buliminid* ها و *bolivinid* ها معمولاً غالب هستند، درحالی‌که گونه‌های آگلوتینه و پورسلانوز (*miliolid*) غیرمعمول هستند (Gooday *et al.*, 2009). تغییرات تراکم گونه‌های فرامینیفرها در نمونه‌های رسوبی مورد مطالعه نیز از همین روند تبعیت می‌کند. جنس‌های *Bulimina*، *Bolivina*، *Ammonia*، *Asterorotalia*، *Nonion* و *Elphidium* با پوستهٔ شفاف در این بخش از مغزه سهم بیشتری از فرامینیفرها را به خود اختصاص می‌دهند، درحالی‌که جنس‌های *Quinqueloculina* و *Spiroloculina* کاهش چشمگیری از خود نشان می‌دهند. درصد این گونه‌های فرصت‌طلب (با پوستهٔ شفاف متخلخل و نیاز اکسیژن کمتر) در رسوبات نهشته شده در دورهٔ پس از اثرات انسانی ۱۰٪ بیشتر از تراکم آن‌ها در شرایط طبیعی است. از میان گونه‌های شفاف نیز گونه‌های خانوادهٔ *Ammoniidae* که به‌عنوان گونه‌های بسیار مقاوم در شرایط فقر اکسیژن معروف است در رسوبات جوان‌تر حضور چشمگیری دارند. Karlsen و همکاران (۲۰۰۰) تغییرات درصد *Ammonia* در مغزه‌های خلیج چساپیک در یک دورهٔ زمانی ۵۰۰ ساله را گزارش نمود. آن‌ها افزایش قابل‌ملاحظهٔ این‌گونه را در

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

اواخر قرن بیستم در برابر کاهش تراکم *Elphidium selseynsis* و *Ammobaculites* را به تغییرات محیطی حاصل از افزایش استفاده از کودها، غنی‌شدگی مواد مغذی در آب‌های ساحلی و تهی‌شدگی اکسیژن محلول در آب ارتباط دادند. تغییرات *Ammonia* مدرکی بر فقدان فصلی اکسیژن در برخی زیست‌بوم‌ها بین ۱۹۰۰ و ۱۹۶۰ در نظر گرفته شد که با بررسی تغییرات تراکم برخی استراکدها نیز همخوانی داشت. علاوه بر آن، افزایش چشمگیر درصد تراکم جنس‌های *Bulimina* و *Bolivina* در دهه‌های اخیر نیز شاخص مهمی از افزایش ورود مواد آلی به رسوبات است. این روند در مطالعات مشابه در بسیاری نقاط دیگر نیز نشان داده شده است (Thibodeau *et al.*, 2006; Nelsen *et al.*, 1994; Jorissen *et al.*, 2007) در مقابل، کاهش حدود ۱۰درصدی از ۱۴٪ به ۴٪) گونه‌های با دیوارهٔ شیری‌رنگ (پورسلانوز) که توانایی تحمل افزایش مواد آلی و کاهش اکسیژن را ندارند نیز مبین اثرات آلودگی انسانی در دهه‌های اخیر است (Gooday *et al.*, 2009; Gupta *et al.*, 1996). در نهایت افزایش ۱۵ درصدی شاخص A-E در دورهٔ تشدید فعالیت‌های انسانی نسبت به دوران حاکمیت شرایط طبیعی در مغزهٔ مورد مطالعه نیز داده‌های پیشین را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق که برای اولین بار توالی زمانی تغییرات محیطی قبل و بعد از فعالیت‌های انسانی در رسوبات ساحل بندرعباس توسط مطالعات رسوب‌شناسی و بیولوژی مورد بررسی قرار گرفت، نشان داد فعالیت‌های انسانی در حال ایجاد اثرات جبران‌ناپذیری بر زیست‌بوم ساحلی منطقه است. ساخت‌وسازهای ساحلی و گسترش رواناب شهری قرن اخیر اثرات قابل‌توجهی بر میزان ذرات ماسهٔ ورودی به رسوبات ساحلی داشته است. افزایش شهرنشینی و ایجاد اثرات منفی زیست‌محیطی بر روی سواحل منطقه همچنین نقش زیادی در تغییرات تراکم و تنوع فرامینیفرهای کف‌زی منطقه داشته است؛ به‌طوری‌که در این دوره نسبت گونه‌های فرصت‌طلب و مقاوم در برابر آلودگی مانند خانواده‌های *Ammoniidae* و همچنین *nonionid* ها، *uvigerinid* ها، *buliminid* ها و *bolivinid* افزایش فراوانی داشته است. درحالی‌که گونه‌های آگلوتینه و پورسلانوز (*miliolid*) غیر کاهش زیادی نشان دادند. با توجه به نتایج قابل‌توجه تحقیق جاری، لزوم افزایش هر چه سریع‌تر راندمان تصفیهٔ فاضلاب شهری بندرعباس جهت کاهش ورود پساب آلوده به سواحل منطقه، استفاده از روش‌های نوین دفع فاضلاب در ساحل مانند Outfall، وضع قوانین سخت‌گیرانه‌تر جهت صنایع ساحلی جهت جلوگیری از آلودگی ساحل و عدم احداث موج‌شکن‌های بزرگ که منجر به کاهش جریان آب موازی ساحل می‌گردد را نشان می‌دهد.

سپاسگزاری

این تحقیق بر پایهٔ داده‌های طرح تحقیقاتی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی با عنوان "بررسی تاریخچهٔ نوسان میزان اکسیژن محلول در آب‌های ساحلی بندرعباس با استفاده از نشانگرهای بیوژئوشیمیایی" به شمارهٔ ۰۴-۰۴۰-۰۱-۰۱۲-۳۹۶ انجام‌شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری محققین شرکت‌کننده در گشت‌های تحقیقاتی PGE که در برداشت مغزهٔ رسوبی همکاری داشته‌اند تشکر انجام دهند.

منابع

Birch, G.F. 2017. Determination of sediment metal background concentrations and enrichment in marine environments–a critical review. Science of the total environment. 580: 813-831.

Blais, J.M., Rosen, M.R. and Smol, J.P. 2015. Environmental Contaminants: Using natural archives to track sources and long-term trends of pollution, Springer, Dordrecht, Netherlands.

Boesch, D.F. 2002. Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. Estuaries and Coasts. 25(4): 886-900.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

Brouwer, M.G., Wolthers, M., Hazeleger, J.H., Rossi, F., Lourens, L.J., Middelburg, J.J. and Duijnstee, I.A. 2015. Differential response of intertidal *foraminifera* to community recovery following experimentally induced hypoxia. Journal of Foraminiferal Research. 45(3): 220-234.

Brunner, C.A., Beall, J.M., Bentley, S.J. and Furukawa, Y. 2006. Hypoxia hotspots in the Mississippi Bight. Journal of Foraminiferal Research. 36(2): 95-107.

Dadras, M., Shafri, H.Z., Ahmad, N., Pradhan, B. and Safarpour, S. 2015. Spatiotemporal analysis of urban growth from remote sensing data in Bandar Abbas city, Iran. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. 18(1): 35-52.

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 the Near East, British Archaeological Reports, International Series. 379: 567–583.

Folk, R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. The Journal of Geology. 62(4): 344-359.

Gharibreza, M.R., Choopani, S., Masumi, H.R. 2015. The evolutionary trend of coastal lines of Hormozgan province from the middle Holocene. Quaternary of Iran. 1: 57-67 (in Persian).

Gooday, A., Jorissen, F., Levin, L., Middelburg, J., Naqvi, S., Rabalais, N., Scranton, M. and Zhang, J. 2009. Historical records of coastal eutrophication-induced hypoxia. Biogeosciences. 6(8): 1707-1745.

Gupta, B.K.S., Turner, R.E. and Rabalais, N.N. 1996. Seasonal oxygen depletion in continental-shelf waters of Louisiana: Historical record of benthic *foraminifers*. Geology. 24(3): 227-230.

Hamzeh, M.A., and Farahi Ghasre Aboonar, S. 2020. Assessing historical trends on dissolved oxygen variations in coastal waters of Bandar Abbas, using biogeochemical proxies. Research project, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science. Code: 04-40-01-012-396 (in persian).

Hamzeh, M.A., Koochaknejad, E. and Hamzei, S. 2021. Historical eutrophication and pollution records off Bandar Abbas coast (North of Strait of Hormuz) using benthic foraminiferal ecology and geochemistry of trace elements from a sediment core. Regional Studies in Marine Science. 47: 101929.

Haynes, J.R. 1981. Foraminifera. Springer. 433p.

Hosseinzade, M.M., Nowhegar, A. Esmaeili, R., Afshar, R. 2011. Investigating the process of physical development of Bandar Abbas city and the factors influencing immigration and expanding marginalization in it. 11th congress of geographers of Iran. Tehran, Iran (in Persian).

HSY. 2017. Hormozgan Statistical Yearbook. Hormozgan Governor's Deputy for Planning and Employment. 556p (in Persian)

Jorissen, F., Fontanier, C., and Thomas, E. 2007. Paleoceanographical proxies based on deep-sea benthic *foraminiferal* assemblage characteristics, in: Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography, edited by: Hillaire-Marcel, C. and de Vernal, A., Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. 263–325.

Karlsen, A.W., Cronin, T.M., Ishman, S.E., Willard, D.A., Kerhin, R., Holmes, C.W. and Marot, M. 2000. Historical trends in Chesapeake Bay dissolved oxygen based on benthic *foraminifera* from sediment cores. Estuaries and Coasts. 23(4): 488-508.

Kemp, W.M., Boynton, W.R., Adolf, J.E., Boesch, D.F., Boicourt, W.C., Brush, G., Cornwell, J.C., Fisher, T.R., Glibert, P.M. and Hagy, J.D. 2005. Eutrophication of Chesapeake Bay: historical trends and ecological interactions. Marine Ecology Progress Series. 303: 1-29.

Loeblich, A.R., Tappan, H. 1988. *Foraminiferal* Genera and Their Classification. Springer Science Business Media New York. 2045p.

Mansourri, G. 2016. Providing Appropriate Solutions for Treatment and Sewage of Wastewaters in Cargo Terminals of Shorelines: An Emphasis on Terminal Bandar. Open Journal of Ecology. 6(2): 84-92.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]

Middelburg, J. and Levin, L. 2009. Coastal hypoxia and sediment biogeochemistry. Biogeosciences. 6(7): 1273-1293.

Molinaro, M., Guezou, J.C., Leturmy, P., Eshraghi, S., de Lamotte, D.F. 2004. The origin of changes in structural style across the Bandar Abbas syntaxis, SE Zagros (Iran). Marine Petroleum Geology. 21: 735–752.

Moradi, M. and Kabiri, K. 2012. Red tide detection in the Strait of Hormuz (east of the Persian Gulf) using MODIS fluorescence data. International journal of remote sensing. 33(4): 1015-1028.

Murray, J.W. 2006. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press. 426p.

Nelsen, T.A., Blackwelder, P., Hood, T., McKee, B., Romer, N., Alvarez-Zarikian, C. and Metz, S. 1994. Time-based correlation of biogenic, lithogenic and authigenic sediment components with anthropogenic inputs in the Gulf of Mexico NECOP study area. Estuaries and Coasts. 17(4): 873-885.

Pour Ahmad, A., Ferdowsi, S., Shah Mohammadi, H. 2016. Investigation of maritime tourism indicators in coastal provinces of Iran. Marine science and technology. 78: 55-64 (in Persian).

Rabalais, N. N. Turner, R. E., Justi´c, D., Dortch, Q., Wiseman Jr., W. J., and Sen Gupta, B. K. 1996. Nutrient changes in the Mississippi River and system responses on the adjacent continental shelf, Estuaries. 19: 386–407.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon. 55: 1869–1887.

Saeedi, H., Ashja Ardalan, A., Hassanzadeh Kiabi, B. and Zibaseresht, R. 2012. Metal concentrations in razor clam Solen dactylus (Von Cosel, 1989)(Bivalvia: Solenidae), sediments and water in Golshahr coast of Bandar Abbas, Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 11(1): 165-183.

Sale, P.F., Feary, D.A., Burt, J.A., Bauman, A.G., Cavalcante, G.H., Drouillard, K.G., Kjerfve, B., Marquis, E., Trick, C.G. and Usseglio, P. 2011. The growing need for sustainable ecological management of marine communities of the Persian Gulf. AMBIO: A Journal of the Human Environment. 40(1): 4-17.

Schnurrenberger, D.W., Kelts, K.R., Johnson, T.C., Shane, L.C. and Ito, E. 2001. National lacustrine core repository (LacCore). Journal of Paleolimnology. 25(1): 123-127.

Scott, D.B., Medioli, F.S. and Schafer, C.T. 2007. Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators. Cambridge University Press. 177p.

Southon, J., Kashgarian, M., Fontugne, M., Metivier, B. and Yim, W.W. 2002. Marine reservoir corrections for the Indian Ocean and Southeast Asia. Radiocarbon. 44(1): 167-180.

Thibodeau, B., de Vernal, A., and Mucci, A. 2006. Recent eutrophication and consequent hypoxia of the Lower St. Lawrence Estuary: Micropaleontological and geochemical evidence, Marine. Geology. 231: 37–50.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.1.5.5]