

اجزاء رسوبی، بررسی رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی ناحیه بندر انزلی

رضا بهبهانی^{۱*}، غلامرضا حسین‌بار^۱، علی ابراهیمی پرگو^۱، آزاده فیضی‌راد^۱ و شهرزاد پارسی‌نژاد^۲

۱- دفتر بررسی‌های زمین‌شناسی دریایی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

۲- اداره زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کاسپین باختری، رشت، ایران

نویسنده مسئول: rezabehbahani30@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲۵

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

در این مطالعه، رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی دریایی، ساحلی و قاره‌ای بخش جنوبی حوضه خزر جنوبی (بخش میانی استان گیلان؛ بندر انزلی) مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، هفتاد و یک نمونه رسوب سطحی به صورت غیرسیستماتیک از ۳۱۲ نقطه ثبت‌شده از نواحی کم‌ژرفای بستر دریای خزر و خشکی برداشت شد. چهار نوع رسوب شامل گل ماسه‌ای با کمی گراول، ماسه گلی با کمی گراول، ماسه با کمی گراول و ماسه گراولی بیش‌ترین درصد از کل اجزا را تشکیل داده‌اند. بررسی پراش پرتوایکس نشان داده، رسوبات از کانی‌های کلسیت، کوارتز، فلدسپار، میکا و کانی رسی اسمکتیت تشکیل شده‌اند. اجزاء در دو دسته آواری (کوارتز، فلدسپار، میکا، خرده‌سنگ و کانی رسی) و آلی-زیستی (قطعات گیاهی، موجودات دریایی و غیر دریایی (استراکودا، دوکفه‌ای و گاستروپودا)) طبقه‌بندی شده‌اند. به طور کلی، رسوب‌گذاری در سه ناحیه خشکی (قاره‌ای)، حد واسط (کناره) و دریایی (متاثر از دریا) انجام شده است. بخش خشکی از سیستم رودخانه‌ای (کانال فعال، پوینت‌بار، دشت سیلابی و کروس پهن)، دشت ساحلی، تالاب، لاگون دیرینه، مارش و رسوبات شسته‌شده، بخش حد واسط از رسوبات سد کناره‌ای و بخش دریایی از پهنه ساحلی تشکیل شده است. توالی سد کناره‌ای از رسوبات جلوی کناره، پشت کناره و پشته‌های دون سدی مرتبط با ناحیه پشت کناره تشکیل شده است. بایوکلاست‌های غیر دریایی (نظیر دوکفه‌های غیر دریایی *Monodancacaspia* و *Dreissaea polymorpha* و گاستروپودا غیر دریایی نظیر *Lymnaeidae* sp. در محیط‌های تالاب/لاگون، مارش و رسوبات شسته‌شده و بایوکلاست‌های دریایی (نظیر دوکفه‌ای دریایی *Cerastoderma glaucum*) در رسوبات شسته‌شده و محیط‌های کناره (توالی سد کناره‌ای) و پهنه ساحلی مشاهده شده است. تغییرات سطح آب دریا (روند کلی پایین‌آمدن نسبی سطح آب دریا همراه با چرخه‌های نوسانی کوتاه‌مدت بالآمدگی و پایین‌افتادگی سطح آب) از گذشته به حال، سبب جابجایی رخساره‌ها و خط کناره به سمت دریا شده است.

واژگان کلیدی: رسوب سطحی، نوع رسوب، سیستم رودخانه‌ای، بخش دریایی، تغییرات سطح آب دریا

پیشگفتار

احساس می‌شود. لازم به ذکر است که در مطالعات پیشین، بیش‌ترین پژوهش در مورد رسوب‌شناسی، آلودگی زیست محیطی، ژئوشیمی رسوبی، نوسان‌های سطح آب و اقلیم دیرینه در تالاب انزلی انجام شده است (اردبیلی، ۱۳۸۴؛ کریم‌خانی، ۱۳۹۲؛ ابراهیمی‌پرگو و درویشی‌خاتونی، ۱۴۰۲). در حالی که بررسی مجموعه رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی ساحلی، قاره‌ای و دریایی مدرن با یکدیگر و ارتباط بین آن‌ها بسیار کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است و نبود این نوع مطالعات در بخش‌های ساحلی کشور، کاملاً مشهود می‌باشد.

مطالعه رسوبات محیط‌های رسوبی مدرن نظیر بخش‌های کم‌ژرفا و ژرف دریایی (پهنه دریایی^۱ و مناطق دور از ساحل^۲)، خط کناره^۳، دشت ساحلی^۴ و سیستم‌های رودخانه‌ای^۵، اطلاعات بسیار ارزشمندی برای شناسایی دقیق و تفکیک محیط‌های رسوبی دیرینه دریایی، ساحلی و قاره‌ای از یکدیگر به پژوهشگران ارائه می‌دهد. با توجه به این‌که در پژوهش‌های پیشین، مطالعات زیادی در ارتباط با محیط‌های رسوبی مدرن در بخش‌های شمالی و جنوبی کشور انجام نشده است، نیاز به انجام این نوع مطالعات

⁴ Coastal plain
⁵ Fluvial system

¹ Shoreface
² Offshore
³ Shoreline

واحدهای زمین‌ریخت‌شناسی (زمین‌چهره‌های^{۱۲}) دریایی کم‌ژرفا، کرانه ساحلی^{۱۳}، خط ساحلی، تپه‌های ماسه‌ای (سدهای ماسه‌ای)، مناطق نسبتاً مسطح با شیب کم، تالاب، دشت ساحلی با پوشش جنگلی و کشاورزی، کانال و بستر-های رودخانه غالباً دارای اشکال پیچان‌رودی (مئاندری^{۱۴}) شناسایی شده‌اند. یکی از اشکال خاص مناطق ساحلی بندر انزلی، تپه‌های ماسه‌ای عرضی هستند که به موازات خط ساحلی توسعه یافته‌اند.

در این پژوهش، چهارگوش بندر انزلی به مختصات جغرافیایی عرض شمالی ۳۷ درجه، ۲۹ دقیقه و ۵۹ ثانیه و طول خاوری ۴۹ درجه، ۱۴ دقیقه و ۵۹ ثانیه (گوشه شمال باختری)، عرض شمالی ۳۷ درجه، ۲۹ دقیقه و ۵۹ ثانیه و طول خاوری ۴۹ درجه، ۲۹ دقیقه و ۵۷ ثانیه (گوشه شمال خاوری)، عرض شمالی ۳۷ درجه، ۱۴ دقیقه و ۵۲ ثانیه و طول خاوری ۴۹ درجه، ۲۹ دقیقه و ۵۷ ثانیه (گوشه جنوب خاوری) و عرض شمالی ۳۷ درجه، ۱۴ دقیقه و ۵۴ ثانیه و طول خاوری ۴۹ درجه، ۱۴ دقیقه و ۵۹ ثانیه (گوشه جنوب باختری) مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).

به سبب موقعیت استان گیلان در بین ارتفاعات البرز و منبع رطوبتی دریای خزر و برخورداری از رژیم اقلیمی معتدل خزری، نوسان دما بین شب و روز و بین زمستان و تابستان زیاد نیست. به همین جهت تعداد روزهای یخبندان در شهرهای استان گیلان نسبت به بسیاری از استان‌های کشور در حد کم‌تری قرار دارد. دمای این استان بین حدود ۲/۵- درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه تا حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد در تیرماه متغیر است (کریم‌خانی و بهبهانی، ۱۳۹۶). هسته بیشینه بارش در سواحل بخش جنوبی دریای خزر در بندر انزلی قرار دارد و از این نقطه به سمت خاور و باختر به تدریج از بارندگی کاسته می‌شود. میانگین بارندگی در سطح استان حدود ۱۵۰۶ میلی‌متر در سال است (کریم‌خانی و بهبهانی، ۱۳۹۶). حوضه آبریز بخش جنوبی حوضه خزر جنوبی در شمال ایران واقع شده است. بلندترین نقطه این حوضه آبریز، قله دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر و پست‌ترین نقطه آن، ساحل دریای خزر با ارتفاع ۲۸- متر است که به این ترتیب حوضه مزبور دارای شیب زیاد می‌باشد (فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور، ۱۳۸۲). در

تغییرات سطح آب کواترنری دریای خزر، بستگی به شکل و اندازه حوضه و فرایندهای آب و هواشناسی^۶ (خصوصاً توازن آب^۷) دارد (کوریچ و همکاران، ۲۰۲۲). تأثیرات نسبی تغییرات آب و هوایی، تجمع و ذوب صفحه‌های یخی و تطابق ایزوستاتیک^۸ بر تغییرات نسبی سطح آب خزر اثبات شده است (کوریچ و همکاران، ۲۰۲۲). چندین فاز تراز بالای آب طولانی‌مدت^۹ (نظیر آپشرونین، باکونین، خزرین و خلاونین^{۱۰}) در طی کواترنری در دریای خزر شناسایی شده است (یانینا، ۲۰۱۴؛ کریژسمن و همکاران، ۲۰۱۹؛ کوریچ و همکاران، ۲۰۲۲). در حال حاضر سطح آب دریای خزر حدود ۲۵/۵- متر زیر سطح جهانی آب دریا^{۱۱} است و در طی کواترنری دارای نوسان است (کریژسمن و همکاران، ۲۰۱۹). مشاهدات میدانی در این پژوهش نیز نشان‌دهنده ادامه فاز پسروی دریای خزر در عصر حاضر است.

در این نوشتار سعی شده است که در چهارگوش بندر انزلی در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ (مساحت ۶۰۰ کیلومتر مربع)، محیط‌های رسوبی دریایی، حدواسط و قاره‌ای، رسوبات مرتبط با آن‌ها و رخساره‌های رسوبی مورد مطالعه قرار گیرد.

موقعیت زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، جغرافیایی و آب و هوای ناحیه مورد مطالعه

ناحیه مورد مطالعه در بخش جنوبی حوضه خزر جنوبی و در پهنه ساختاری البرز واقع شده است. حوضه خزر جنوبی که از سوی جنوب با پهنه ساختاری البرز، در سوی باختر بلندی‌های تالش و از سوی خاور در همسایگی پهنه ساختاری کپه‌داغ قرار می‌گیرد، در لبه جنوبی و باختری خود توسط سامانه گسلی فشاری و در بخش جنوب خاوری با گسله راست‌الغز چپ‌بر محدود می‌شود (جکسون و همکاران، ۲۰۰۲). حوضه خزر جنوبی بازمانده بخشی از حوضه‌های اقیانوسی قدیمی پالتوتیس (دونین - کربونیفر) و نتوتیس (ژوراسیک میانی - کرتاسه آغازین) است. مطالعات لرزه‌ای در حوضه خزر جنوبی مبین وجود پوسته ضخیم بازالتی است که رسوبات به‌طور مستقیم روی آن تشکیل شده‌اند (جکسون و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به مشاهدات صحرائی و پیمایش در منطقه مورد مطالعه،

^{۱۱} Global sea-level

^{۱۲} Landforms

^{۱۳} Beach

^{۱۴} Meander

^۶ Hydro-climatological processes

^۷ Water balance

^۸ Isostatic adjustment

^۹ Prolonged Caspian Sea highstand phases

^{۱۰} Apsheonian, Bakunian, Khazarian and Khvalynian

نمونه ضربدر ۱۰۰) و با توجه به رده‌بندی فولک (فولک، ۱۹۷۴)، نوع رسوب تعیین شده است. برای مطالعه بافت رسوبی باید ویژگی‌هایی همانند اندازه و شکل اجزای رسوبی به همراه طرز قرار گرفتن ذرات (فابریک) رسوب مورد مطالعه قرار گیرد که در این پژوهش، ویژگی‌های بافتی شامل اندازه و شکل (کرویت و گردشگری) ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات مورد ارزیابی قرار گرفته است. جورشدگی رسوبات نیز با توجه به نتایج دانه‌بندی و مشاهده چشمی تعیین شده است. به منظور تکمیل مطالعات، در محدوده اندازه‌های ۲ میلی‌متر تا ۱۲۵ میکرون توسط میکروسکوپ نیکون (مدل اس ام زد ۱۵۰۰)۲۳، بررسی‌های مورفوسکوپی و مورفومتری انجام شده است. همچنین، برای شناسایی دقیق نوع خرده‌سنگ‌های موجود در رسوبات، ۲۳ برش نازک تهیه شد و با میکروسکوپ پلاریزان نیکون (مدل ای ۲۰۰) مورد بررسی قرار گرفتند. سنجش میزان پراش اشعه‌ایکس^{۲۴} برای شناسایی ترکیب کانی‌شناسی ذرات رسوبی بر روی نمونه‌های کل^{۲۵} رسوبی (نمونه) توسط دیفراکتومتر اشعه‌ایکس مدل زیمنس (دی ۵۰۰۰)۲۶ (ولتاژ ۴۰ کیلوولت، شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر، لامپ کاتدی مس و زاویه دو تتای^{۲۷} ۴-۷۰ درجه آنگستروم) در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی انجام شده است. همچنین برای تعیین میزان گردشگری و کرویت ذرات رسوبی آواری از نمودار مقایسه‌ای گردشگری و کرویت برای ذرات در اندازه ماسه پاورس (پاورس، ۱۹۵۳) استفاده شده است. در ضمن، برای شناسایی رخساره‌های رسوبی، پارامترهای تنوع جنس رسوبات^{۲۸}، میانگین اندازه ذرات غالب^{۲۹}، جورشدگی^{۳۰}، رنگ، نوع رسوب و اجزای غالب تشکیل‌دهنده^{۳۱} در نظر گرفته شده است. با توجه به مشاهدات صحرایی، رخساره‌های رسوبی شناسایی شده و موقعیت واحدهای رسوبی در توالی (مقایسه با واحدهای فوقانی و تحتانی)، محیط‌های رسوبی منطقه مورد مطالعه تعیین شده است.

ناحیه مورد مطالعه، شهرهای بندر انزلی، تولم، صومعه‌سرا و آب‌کنار و رودخانه‌های اصلی و فرعی پسیخان‌رود، پیش‌رود، ماسوله‌رود (ماسوله رودخان)، نهنگ-روگا، پیربازار-روگا، سوسر-روگا، کولیور-روگا، سفیدرود و سیاه درویشان و واقع شده است. با توجه به نرخ زیاد بارندگی و وجود رودخانه‌های فعال زیاد در ناحیه مورد مطالعه، نقش فرسایش در تامین رسوبات آواری از واحدهای زمین‌ساختی مرتفع البرز کاملاً آشکار است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۷۱ نمونه رسوب سطحی (۵۶ نمونه در این پژوهش و ۱۵ نمونه از نمونه‌های نقشه یک پنجاه هزارم ژئوشیمی رسوبی و آلاینده‌های زیست‌محیطی بندر انزلی (ابراهیمی‌پرگو و درویشی خاتونی (۱۴۰۲)) به صورت غیرسیستماتیک از ۳۱۲ نقطه (ایستگاه اطلاعاتی پیمایش شده) ثبت شده از نواحی کم‌ژرفای بستر دریای خزر (ژرفای آب کم‌تر از ۲۵ متر) و خشکی (محیط‌های کناره، دشت ساحلی، تالاب/لاگون، سیستم رودخانه‌ای و سد کناره‌ای) محدوده مورد مطالعه برداشته شد. مبنای نمونه‌برداری نیز رخساره‌های رسوبی و محیط‌های رسوبی گوناگون شناسایی شده می‌باشد. مطالعات رسوب‌شناسی (بررسی اندازه ذرات^{۱۵}، ترکیب کانی‌شناسی^{۱۶}، شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده، تعیین نوع رسوب^{۱۷}، تعیین میزان گردشگری^{۱۸}، تعیین میزان کرویت^{۱۹} و شناسایی رخساره‌های رسوبی^{۲۰}) بر روی نمونه‌هایی که توسط نمونه‌گیر فکی^{۲۱} (نمونه‌های دریایی و تالابی) و بیلچه دستی (نمونه‌های خشکی) برداشت شد، صورت گرفت (شکل ۱). به منظور انجام مطالعات رسوب‌شناسی، نمونه‌های برداشت‌شده توسط دستگاه الک و لرزاننده مرطوب فریتچ (مدل آنالایست ۳ پرو)^{۲۲} (برای ذرات بالای ۶۳ میکرون) در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی مورد آنالیز قرار گرفتند. بر اساس وزن بدست‌آمده در هر رده رسوبی، درصد وزنی هر رده محاسبه (حاصل تقسیم وزن هر رده بر وزن کل

²⁴X-Ray diffraction (XRD)

²⁵Bulk samples

²⁶Siemens (D 5000)

²⁷2-Theta (θ)

²⁸ Homogeneous-heterogeneous

²⁹Mean dominant particle size

³⁰Sorting

³¹ Major constituents

¹⁵Grain-size

¹⁶Mineral composition

¹⁷ Sediment type

¹⁸ Roundness

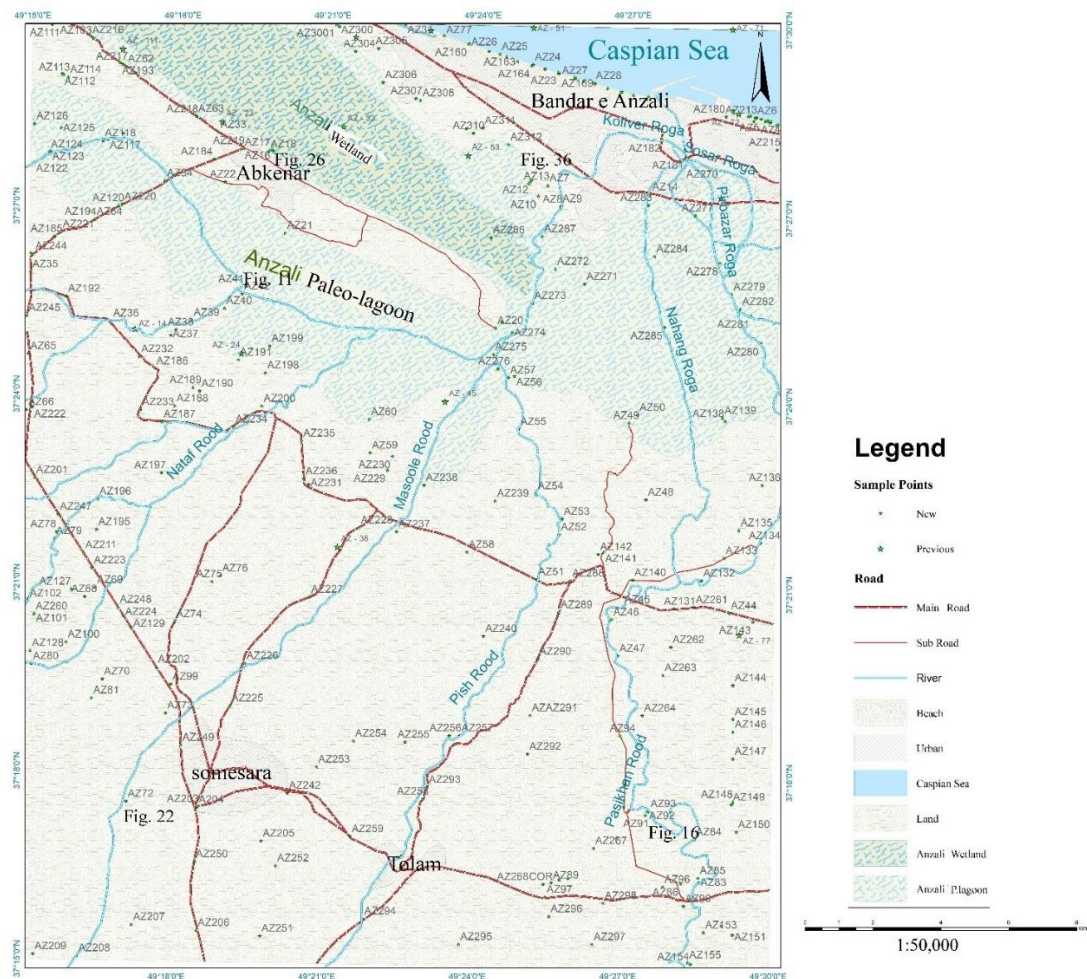
¹⁹ Sphericity

²⁰Sedimentary facies

²¹Van Veen Grab

²²Vibratory sieve shaker (Fritsch-analysette 3 Pro)

²³Nikon (SMZ 1500)



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقاط (ایستگاه‌های) بررسی شده (AZ) در ناحیه مورد مطالعه. نمونه‌های برداشت شده پیشین مربوط به نقشه ژئوشیمی رسوبی و آلاینده‌های زیست‌محیطی بندر انزلی (مقیاس ۱/۵۰۰۰۰) (ابراهیمی‌پرگو و درویشی‌خاتونی، ۱۴۰۲) است.

Fig. 1. Geographical location and studied points (stations) (AZ) in the studied area. The previous samples are related to sedimentary geochemistry and environmental pollutants of the Bandar-e Anzali map (scale 1/50000) (EbrahimiPargou and DarvishiKhatooni, 2023).

نتایج

اندازه ذرات، گردشگری، کرویت و انواع رسوبات

نتایج حاصل از دانه‌سنجی، گردشگری، کرویت، انواع رسوب و محیط رسوبی نمونه‌های مطالعه شده در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. بر اساس اندازه ذرات مطالعه شده، پراکنش اجزای رسوبی در قالب سه گروه در اندازه‌های ذرات در حد گراول، ماسه، سیلت و رس (ذرات در اندازه گل) تقسیم می‌شود (شکل ۳). عمده ذرات رسوبی در منطقه مورد مطالعه بر روی ضلع گل-ماسه و به مقدار کم‌تر بر روی ضلع ماسه-گراول واقع شده‌اند، چونکه دو جزء گل-ماسه بخش زیادی از کل اجزاء را به خود

اختصاص داده‌اند (شکل ۳). رسوبات بستر کانال رودخانه‌ها غالباً از ذرات در اندازه ماسه و گراول تشکیل شده‌اند (به استثنای بخشی از رودخانه پیش‌رود در توله‌شهر با بستر گل ماسه‌ای (شکل ۲)). رسوبات دشت سیلابی^۱ عمدتاً از ذرات در اندازه گل، رسوبات پوینت‌بار غالباً از ذرات در اندازه ماسه، رسوبات کروس‌پهن^۲ عمدتاً از ذرات در اندازه ماسه، پهنه ساحلی^۳ عمدتاً از ذرات در اندازه ماسه، رسوبات بخش کناره^۴ از توالی سد کناره‌ای^۵ غالباً از ذرات در اندازه گراول و ماسه و رسوبات بخش پشته دون سدی^۶ (دون ماسه‌ای^۷) از ذرات در اندازه ماسه تشکیل شده است. نتایج بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان‌دهنده وجود چهار

⁵ Shore barrier
⁶ Barrier dune ridge
⁷ Sand dune

¹ Flood plain
² Crevasse splay
³ Shoreface
⁴ Shore deposit

گراول‌گلی، گراول ماسه‌ای‌گلی، گل‌ماسه‌ای، گل با کمی گراول و ماسه‌گلی گراولی نیز در این نمونه‌ها به مقدار کم‌تر (در حدود ۲۳ درصد) مشاهده شده است (شکل ۴). در محیط‌های رسوبی مطالعه شده، پراکندگی انواع رسوبات متفاوت است (شکل ۵).

نوع رسوب عمده بر اساس تقسیم‌بندی فولک (فولک، ۱۹۷۴) شامل: گل‌ماسه‌ای با کمی گراول، ماسه‌گلی با کمی گراول، ماسه با کمی گراول و ماسه‌گراولی می‌باشد که مجموعاً ۷۷ درصد از کل اجزا را تشکیل داده‌اند. همچنین انواع رسوب ماسه، گراول‌ماسه‌ای، گل‌گراولی، ماسه‌گلی،

جدول ۱. وزن‌های رده‌های رسوبی (برحسب گرم) بدست‌آمده از دستگاه الک - لرزاننده، گردش‌گی - کروییت غالب ذرات رسوبی آواری، نوع رسوب و محیط رسوبی

Table 1. The sedimentary fraction weights (in grams) obtained from the sieve-shaker device, dominant roundness-sphericity of the clastic sediment particles, sediment type and depositional environment.

Sample No.	Weight Sa.(gr)	W 2mm	W 1mm	W 500 μ	W 250 μ	W 125 μ	W 63 μ	W < 63 μ	Roundness	Sphericity	Sediment Type	Depositional Environment
AZ-115	100.11	5.15	17.91	18.31	20.35	21.45	4.12	11.98	SR	Low-moderate	gmS	Shore
AZ-124 A	100.13	0.6	0.36	1.05	2.97	7.17	4.53	80.86	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-124 B	100.01	3.97	2.14	8.6	37.27	29.4	4.12	14.08	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Point bar
AZ-132 A	100.22	0.07	0.34	0.82	0.11	0.53	1.6	92.42	SA-SR	Low-moderate	(g)M	Flood plain
AZ-132 B	100.16	0.04	0.2	2.3	0.93	2.96	11.84	80.03	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-155 A	100.01	0.08	0.12	1.2	3.05	20.18	29.92	45.8	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-196 A	100.1	2.65	3.71	2.75	1.98	7.43	2.64	79.19	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-196 B	100.21	0.1	0.05	1.1	2.48	3.43	5.9	83.94	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-241	100.16	-	0.47	0.77	0.83	7.25	17.24	70.66	SA-SR	Low-moderate	sM	Fluvial channel
AZ-268 A	100.04	3.42	1.9	2.83	2.05	53.88	13.63	22.2	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-268 B	100.44	6.15	0.15	0.25	0.24	1.25	1.69	80.55	SA-SR	Low-moderate	gM	Flood plain
AZ-268 C	100.01	1.6	0.93	0.59	0.81	9.38	3.52	79.79	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-274 A	100.05	1.87	0.78	2.67	6.03	16.41	11.44	54.77	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Wetland/Lagoon
AZ-274 B	100.13	32.27	11.03	15.2	16.83	12.35	5.13	4.2	SA-SR	Low-moderate	gS	Washover deposit
AZ-274 C	100.02	0.51	0.79	0.93	1.42	5.15	16.67	70.02	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-277 A	100.03	0.02	0.02	0.34	1.81	57.8	21.39	14.02	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Washover deposit
AZ-277 B	100.07	0.24	0.26	0.86	9.11	70.14	16.9	0.7	SR	Low-moderate	(g)S	Washover deposit
AZ-277 C	100.13	3.97	2.11	1.86	6.27	32.23	10.86	29.63	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Washover deposit
AZ-279 A	100.31	0.2	0.51	1.08	1.94	8.37	4.87	77.1	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Wetland/Lagoon
AZ-279 B	100.02	0.13	0.28	0.64	2.25	23.59	20.28	46.28	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Washover deposit
AZ-301	100.1	14.18	8.78	13.52	16.53	38.78	6.27	0.47	SR	Low-moderate	gS	Shore
AZ - 9B	100.3	44.5	15.82	10.02	13.44	13.33	0.78	1.82	SR	Low-moderate	sG	Backshore
AZ - 9C	100.12	2.27	4.54	11.77	26.09	51.41	2.37	0.82	SR	Low-moderate	(g)S	Backshore
AZ - 11A	100.49	37.35	24.7	9.95	7.39	8.72	4.6	8.46	SR	Low-moderate	sG	Backshore
AZ - 11B	100.14	13.82	32.61	17.01	11.38	16.12	1.75	6.43	SR	Low-moderate	gS	Backshore
AZ - 17A	100.13	0.42	0.55	4.35	28.31	55.22	7.61	2.29	SR	Low-moderate	(g)S	Washover deposit
AZ - 19A	100.58	0.34	3.85	5.43	6.76	9.99	10.57	64.86	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Wetland/Lagoon
AZ - 22A	100.56	8.29	3.66	9.15	10.46	7.96	25.82	31.06	SR	Low-moderate	gmS	Crevasse splay
AZ - 22B	100.11	1.85	3.05	5.45	5.66	5.57	1.37	69.08	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ - 22C	100.13	4.22	3.45	10.14	23.08	15.78	8.65	34.41	SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ - 29A	100.26	5.5	19.78	27.53	22.26	20.23	0.8	1.98	SA-SR	Low-moderate	gS	Foreshore
AZ - 39A	100.02	0.09	0.17	0.51	1.37	5.98	31.59	56.68	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Wetland/Lagoon

ادامه جدول ۱

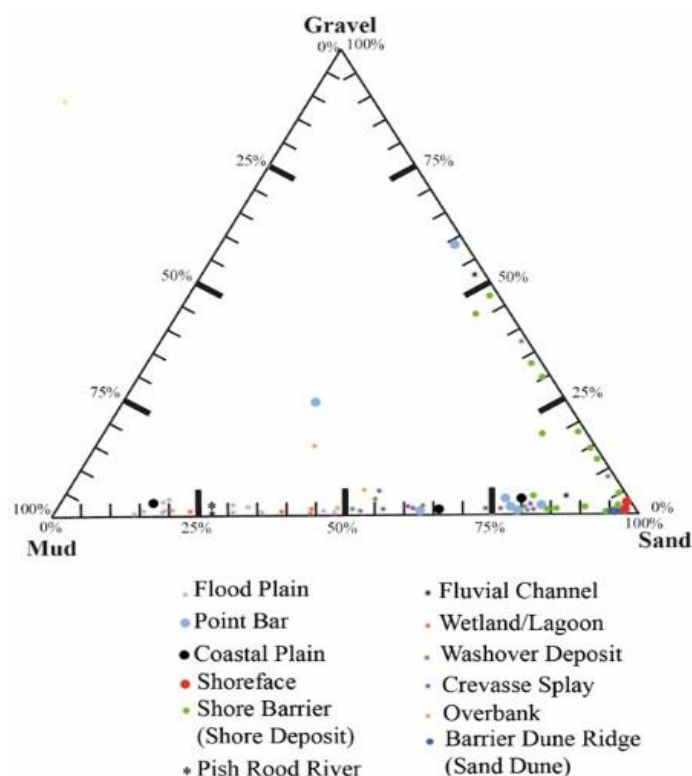
Continuation of table 1

Sample No.	Weight Sa.(gr)	W 2mm	W 1mm	W 500 μ	W 250 μ	W 125 μ	W 63 μ	W < 63 μ	Roundness	Sphericity	Sediment Type	Depositional Environment
AZ-42A	100.65	0.14	0.47	8.87	35.53	28.63	7.54	17.61	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Coastal plain
AZ-42B	100.16	4.23	1.26	1.18	2.1	3.02	4.31	80.41	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Coastal plain
AZ-46	100.08	0.8	0.31	0.41	0.56	24.84	31.95	38.92	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-47A	100.69	58.94	15.29	7.92	5.77	6.07	1.66	4.24	SA-SR	Low-moderate	msG	Point bar
AZ-49A	100.13	7.91	2.89	2.37	1.33	7.23	25.68	45.75	SA-SR	Low-moderate	gM	Overbank
AZ-49B	100.85	2.98	0.7	1.3	2.82	30.14	33.84	25.26	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Washover deposit
AZ-49C	100.84	0.29	0.17	0.26	0.39	3.76	35.48	55.57	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Wetland/Lagoon
AZ-52A	100.04	0.2	0.44	0.8	2.15	15.94	24.55	47.41	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-52B	100.7	0.44	0.09	0.51	3.25	17.8	22.16	52.03	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-53A	100.15	36.99	10.62	4.22	4.48	3.72	0.74	34.98	SA-SR	Low-moderate	mG	Point bar
AZ-57A	100.31	0.27	0.26	0.34	6.95	41.22	34.7	13.21	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-57B	100.54	0.02	0.11	0.24	3.41	43.45	29.53	22.71	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-66A	100.11	0.02	0.06	2.14	31.94	38.9	6.51	19.89	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Point bar
AZ-69A	100.09	23.47	2.5	3.47	1.92	2.97	7.08	54.09	SA-SR	Low-moderate	gM	Overbank
AZ-72A	100.15	3.23	1.21	0.88	2.91	12.43	7.78	66.65	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-72B	100.24	0.65	1.68	3.02	6.78	11.28	6.49	62.43	SA-SR	Low-moderate	(g)sM	Flood plain
AZ-72C	100.12	1.79	1.02	0.72	2.47	26.71	31.04	32.71	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-76A	100.65	0.23	0.1	0.16	2.1	24.9	47.39	22.3	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Crevasse splay
AZ-81	100.19	51.75	15.77	13.36	6.39	3.96	3.64	3.18	SA-SR	Low-moderate	sG	Fluvial channel
AZ-84	100.65	0.09	0.29	6.16	28.42	35.41	8.14	19.03	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Point bar
AZ-92A	100.53	0.03	0.4	0.47	0.82	18.88	30.22	48.72	SA-SR	Low-moderate	(g)mS/ (g)sM	Overbank
AZ-92B	100.11	-	0.02	0.28	11.73	36.53	14.3	35.15	SA-SR	Low-moderate	mS	Point bar
AZ-93	100.3	< 0/00	0.03	0.24	6.85	51.17	22.98	17.31	SR	Low-moderate	mS	Point bar (aeolian sand)
AZ-97	100.55	0.15	0.15	2.14	11.9	76.77	3.68	3.78	SR	Low-moderate	(g)S	Barrier dune ridge/Sand dune



شکل ۲. رسوبات گل ماسه‌ای تشکیل‌دهنده بخشی از بستر کانال رودخانه پیش‌رود در تولم‌شهر (نگاه به سمت شمال خاور). قسمتی از کانال نیز از ذرات در اندازه گراول تشکیل شده است.

Fig. 3. Sandy mud sediments forming a part of the PishRoad river channel bed in Tolam-shahr (looking towards northeast). Part of the channel is also composed of gravel-size particles.



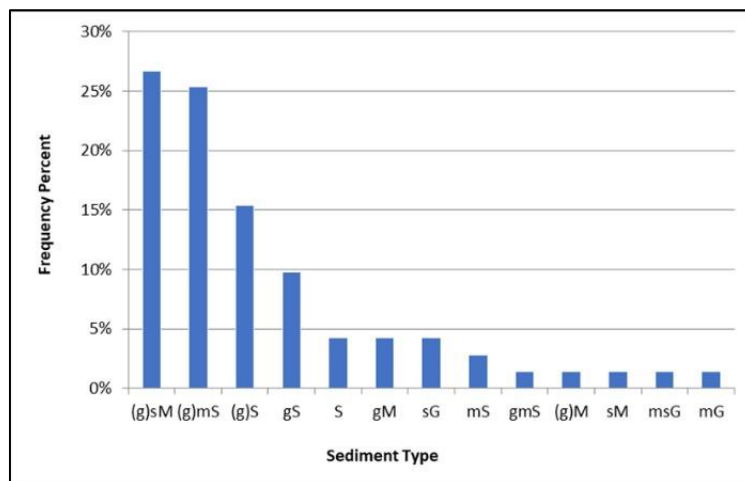
شکل ۳. موقعیت نمونه‌های برداشت شده از محیط‌های رسوبی گوناگون ناحیه مورد مطالعه بر روی سه ضلعی گراول - ماسه - گل. عمده اجزای تشکیل دهنده در ضلع ماسه - گل قرار گرفته‌اند.

Fig. 2. The position of the samples collected from different depositional environments of the studied area on the gravel-sand-mud triangle. Most of the components are located on the sand-mud side.

جدول ۲. وزن‌های رده‌های رسوبی (بر حسب گرم) بدست آمده از دستگاه الک - لرزاننده، گردشگری - کرویت غالب ذرات رسوبی آواری، نوع رسوب و محیط رسوبی نمونه‌های برداشت شده پیشین.

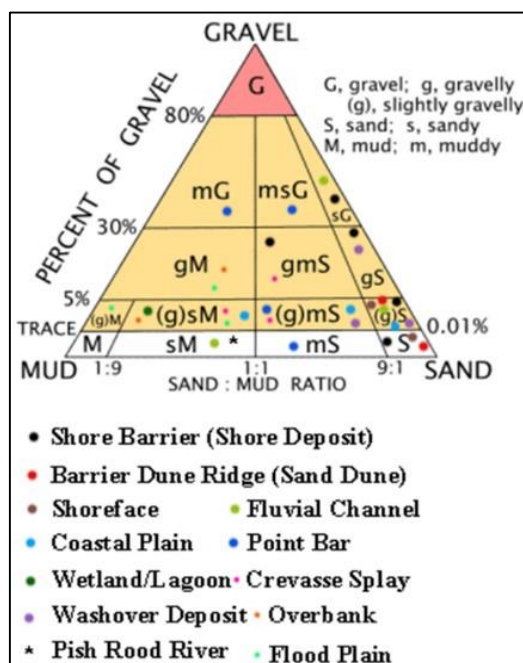
Table 2. The sedimentary fraction weights (in grams) obtained from the sieve-shaker device, dominant roundness-sphericity of the clastic sediment particles, sediment type and depositional environment of the previous samples.

Sample No.	Weight Sa. (gr)	W 2mm	W 1mm	W 500 μ	W 250 μ	W 125 μ	W 63 μ	W < 63 μ	Roundness	Sphericity	Sediment Type	Depositional Environment
AZ - 14	100.05	2.69	5.37	21.56	32.55	28.75	3.79	4.32	SA-SR	Low-moderate	(g)S	Fluvial channel
AZ - 22	100.27	7.87	3.44	14.26	20.63	44.89	4.46	1.62	SA-SR	Low-moderate	gS	Shore
AZ - 24	100.29	2.12	5.56	12.99	30.38	31.78	5.18	7.35	SA-SR	Low-moderate	(g)S	Backshore
AZ - 31	100.08	1.17	14.91	37.52	27.89	13.92	1.24	1.04	SR	Low-moderate	(g)S	Backshore
AZ - 32	100.12	2.96	3.51	7.69	19.33	36.65	13.08	12.41	SA-SR	Low-moderate	(g)mS	Washover deposit
AZ - 36	100.27	0.17	0.07	1.65	19.86	52.8	14.32	9.67	SA-SR	Low-moderate	(g)S	Backshore
AZ - 41	100.24	0.35	< 0.00	0.03	0.24	73.62	23.59	0.95	SA-SR	Low-moderate	(g)S	Foreshore
AZ - 45	100.08	-	0.12	4.92	37.01	54.37	1.87	0.87	SA-SR	Low-moderate	S	Backshore
AZ - 51	100.06	0.35	-	-	1.12	84.28	13.16	0.04	SA-SR	Low-moderate	(g)S	Shoreface
AZ - 53	100.25	29.8	17.27	9.6	15.04	23.12	2.12	2.2	SA-SR	Low-moderate	gS	Backshore
AZ - 71	100.03	-	-	0.009	1.37	82.28	14.73	0.54	SA-SR	Low-moderate	S	Shoreface
AZ - 72	100.07	-	0.06	0.6	6.88	82.62	8.42	0.24	SA-SR	Low-moderate	S	Barrier dune ridge/Sand dune
AZ - 73	100.01	4.47	0.73	1.28	29.97	57.75	2.6	2.32	SA-SR	Low-moderate	(g)S	Washover deposit
AZ - 77	100.04	1.44	0.26	0.68	25.55	46.16	12.67	9.08	SA-SR	Low-moderate	(g)mS/(g)S	Coastal plain
AZ - 111	100.5	25.69	9.82	12.46	10.46	34.86	3.51	0.86	SR	Low-moderate	gS	Shore



شکل ۴. فراوانی انواع رسوبات در محدوده مورد مطالعه. رسوبات گل‌ماسه‌ای با کمی گراول و ماسه‌گلی با کمی گراول از سایر انواع رسوبات فراوان‌تر هستند.

Fig. 4. Abundance of sediments types in the studied area. Slightly gravelly sandy mud and slightly gravelly muddy sand deposits are more abundant than other types of sediments.



شکل ۵. فراوانی انواع رسوبات در محیط‌های رسوبی گوناگون مطالعه شده
Fig. 5. The abundance of sediments types in different sedimentary environments

کانی‌های کوارتز، میکا و فلدسپار در محیط‌های دشت ساحلی، کروس‌پهن، کانال و پوینت‌بار فراوان‌تر هستند.

اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات

به طور کلی از آنجا که رسوب‌گذاری در محدوده مورد مطالعه حاصل برهم‌کنش فرآیندهای حمل و نقل مواد و رسوب‌گذاری ذرات خارج از حوضه و درون حوضه است، اجزاء در دو دسته آواری و آلی - زیستی^۱ تقسیم شده‌اند.

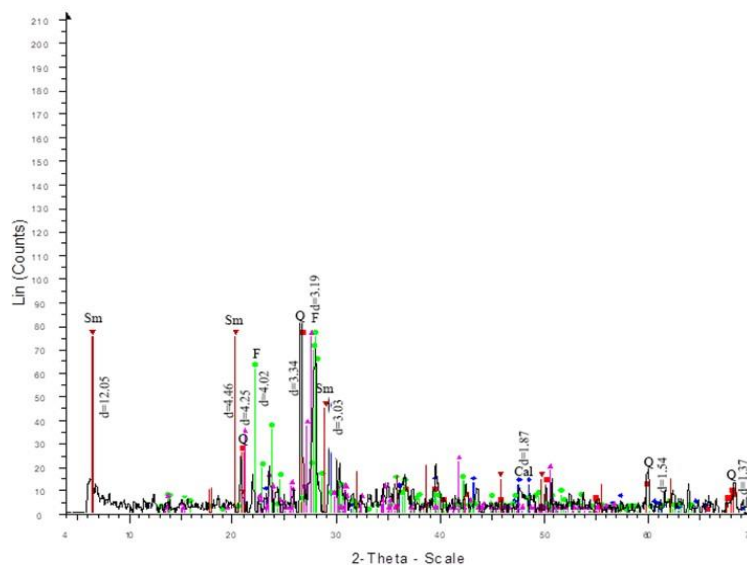
ترکیب کانی‌شناسی

بر پایه بررسی‌های پراش پرتو ایکس، رسوبات مورد مطالعه از کانی‌های کلسیت، کوارتز، فلدسپار، میکا و کانی‌رسی اسمکتیت تشکیل شده‌اند (شکل ۶). در محیط‌های دریایی و حد واسط (کناره)، کانی کلسیت فراوان‌تر از سایر محیط‌های رسوبی معرفی شده است. کانی اسمکتیت در محیط‌های رسوبی دشت سیلابی و تالاب/لاگون دیرینه و

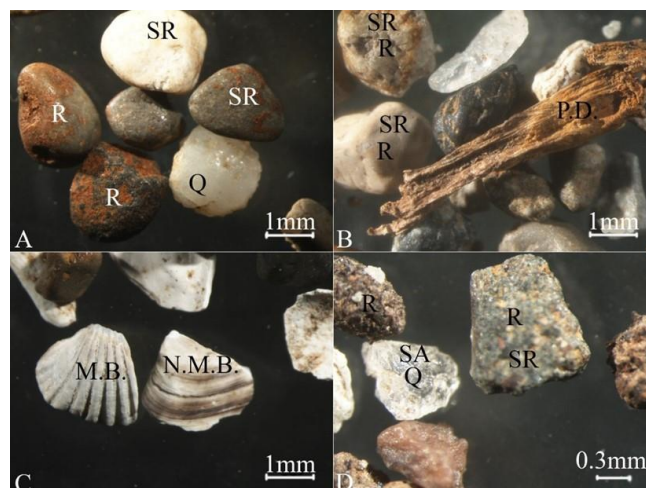
^۱Organic-biogenic

کم‌تر از انواع چرتی، شیلی، پلوتونیک و دگرگونی تشکیل شده‌اند. (شکل‌های ۷ و ۸). محیط‌های رسوبی شناسایی شده از نظر انواع خرده‌سنگ‌ها تفاوت قابل توجهی نشان نمی‌دهند. در ضمن، رسوبات مطالعه شده در محیط‌های رسوبی گوناگون دارای طیف وسیعی از ذرات آواری گردشده، نیمه‌گردشده تا نیمه‌زاویه‌دار (عمدتاً نیمه گردشده تا نیمه‌زاویه‌دار) هستند (جدول‌های ۱ و ۲) (شکل ۷).

ذرات آواری شامل کوارتز، فلدسپار، میکا، خرده‌سنگ و کانی رسی هستند. به استثنای کانی‌رسی (در اندازه رس) و خرده‌سنگ‌ها (در اندازه گراول-ماسه)، سایر ذرات آواری در اندازه ماسه تا رس می‌باشند. اجزای آلی-زیستی در اندازه ماسه و گراول از قطعات گیاهی، موجودات دریایی و غیردریایی (آب شیرین) (استراکودا^۲، دوکفه‌ای^۳ و گاستروپودا^۴) تشکیل شده‌اند. خرده‌سنگ‌ها در محیط‌های گوناگون عمدتاً از انواع ماسه‌سنگی، ولکانیکی و به مقادیر



شکل ۶. دیگرام پراش پرتو ایکس در نمونه AZ-71 (محیط پهنه ساحلی). Q = کوارتز، Sm = اسمکتیت، Cal = کلسیت، F = فلدسپات.
Fig. 6. X-ray diffraction diagram in sample AZ-71 (shoreface). Q = quartz, Sm = smectite, Cal = calcite, F = feldspar.

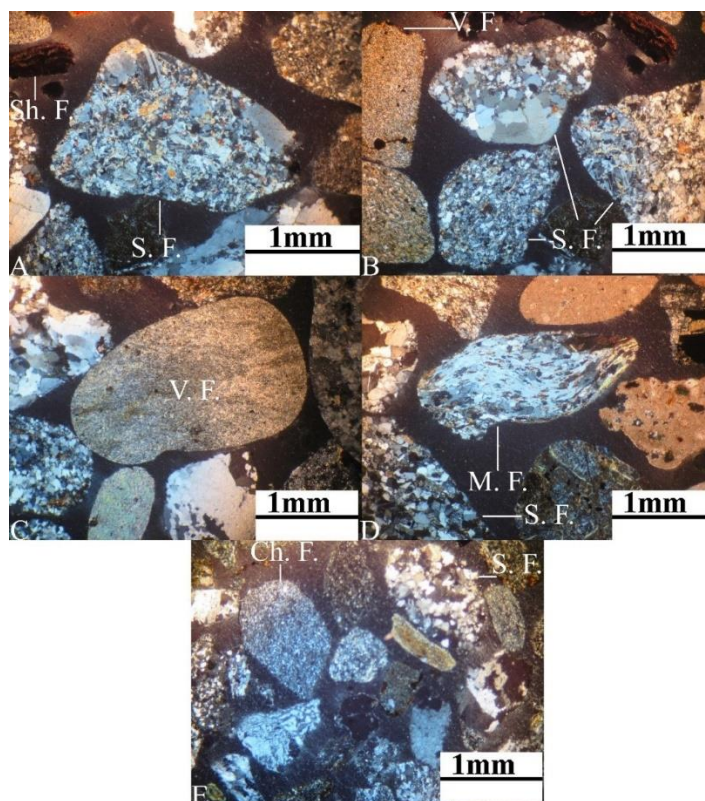


شکل ۷. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات ناحیه مورد مطالعه، A- خرده‌سنگ (R) و ذره کوارتز (Q) در نمونه AZ-9B (رده ۱ میلی‌متر). B- خرده‌سنگ (R) و خرده‌گیاهی (P.D.) در نمونه AZ-22B (رده ۲ میلی‌متر). C- دوکفه‌ای دریایی (M.B.) و غیردریایی (N.M.B.) در نمونه AZ-17A (رده ۱ میلی‌متر). D- خرده‌سنگ (R) و ذره کوارتز (Q) در نمونه AZ-19A (رده ۵۰۰ میکرون). به ذرات نیمه‌گردشده (SR) و نیمه‌زاویه‌دار (SA) توجه شود.
Fig. 7. Sediments components. A- Rock-fragment (R) and quartz grain (Q) in sample AZ-9B (1 mm fraction). B- Rock-fragment (R) and plant debris (P.D.) in sample AZ-22B (2 mm fraction). C- Marine (M.B.) and non-marine (N.M.B.) bivalves in sample AZ-17A (1 mm fraction). D- Rock-fragment (R) and quartz grain (Q) in sample AZ-19A (500 micronfraction). Pay attention to semi-rounded (SR) and semi-angular (SA) particles.

⁴Gastropoda

²Ostracoda

³Bivalve



شکل ۸. خرده‌سنگ‌های تشکیل‌دهنده سیستم رودخانه‌ای؛ A- خرده‌شیلی (Sh. F.) و خرده‌ماسه‌سنگی (S. F.) در نمونه AZ-53A (زیرمحیط پوینت بار) (XPL). B- خرده‌ماسه‌سنگی (S. F.) و خرده‌ولکانیکی (V. F.) در نمونه AZ-53A (زیرمحیط پوینت بار) (XPL). C- خرده‌ولکانیکی (V.F.) در نمونه AZ-53A (زیرمحیط پوینت بار) (XPL). D- خرده‌دگرگونی (M. F.) در نمونه AZ-14 (زیرمحیط کانال فعال) (XPL). E- خرده‌چرتی (Ch. F.) و خرده‌ماسه‌سنگی (S. F.) در نمونه AZ-142A (زیرمحیط کروس پهن) (XPL).

Fig. 8. The rock-fragments of fluvial system. A- Shale fragment (sh.f.) and sandstone fragment (S.F.) in sample AZ-53A (point bar sub-environment) (XPL). B- Sandstone fragment (S. F.) and volcanic fragment (V. F.) in sample AZ-53A (point bar sub-environment) (XPL). C- Volcanic rock-fragment (V.F.) in sample AZ-53A (point bar sub-environment) (XPL). D- Metamorphic fragment (M.F.) in sample AZ-14 (active channel sub-environment). E. chert fragment (Ch.F.) and sandstone fragment (S.F.) in sample AZ-142A (Crevasse splay) (XPL).

رخساره‌های رسوبی

رخساره رسوبی^۱، مجموعه‌ای از رسوبات با ویژگی‌های زیستی، فیزیکی و شیمیایی مشخص که در محیط‌های رسوبی خاصی نهشته شده‌اند، می‌باشد (نیکولز، ۲۰۰۹). رخساره‌های شناسایی شده غالب (فراوان) در محیط‌های رسوبی گوناگون ناحیه مورد مطالعه در جدول ۳ ذکر شده است.

بحث

شناسایی محیط‌های رسوبی ناحیه مورد مطالعه دارای پیچیدگی‌ها و تنوع زیادی است. بطور کلی، رسوب‌گذاری در این پژوهش در سه ناحیه خشکی^۲ (قاره‌ای)، حد واسط^۳ و دریایی^۴ انجام شده است. بخش خشکی از سیستم رودخانه‌ای^۵ (کانال، پوینت بار، دشت سیلابی و کروس پهن)،

فقط در نمونه‌های AZ-11B, AZ-11A, AZ-9B, AZ-9C, AZ-31, AZ-301, AZ-111, AZ-115 (رسوبات ناحیه کناره)، نمونه AZ-97 (دون ماسه‌ای)، نمونه AZ-93 (ماسه بادی بخش فوقانی توالی پوینت بار)، نمونه‌های AZ-22A و AZ-22C (کروس پهن) و نمونه‌های AZ-17A و AZ-277B (رسوبات شسته شده)، عمدتاً از ذرات آواری نیمه‌گردشده تشکیل شده‌اند. لازم به ذکر است که محیط‌های رسوبی ذکر شده، علاوه بر ذرات نیمه‌گردشده دارای ذرات آواری نیمه‌زاویه‌دار و گردشده نیز در سایر نمونه‌ها هستند. با توجه به توضیح‌های ارائه شده، به دلیل وجود طیف گوناگونی از ذرات آواری با گردشگی‌ها و کرویت‌های متفاوت، این پارامتر کمک مناسبی به شناسایی محیط‌های رسوبی در ناحیه مورد مطالعه نمی‌کند.

^۴ Marine
^۵ Fluvial system

^۱ Sedimentary facies
^۲ Land
^۳ Transitional

رسوبی (انواع رسوبات و اجزای تشکیل‌دهنده، میانگین اندازه ذرات غالب و جورشدگی رسوبات) و ساختارهای رسوبی^{۱۱} قابل تشخیص، محیط‌های رسوبی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. لازم به ذکر است که ساختارهای رسوبی (لایه‌بندی با زاویه بسیار کم، لامیناسیون مورب^{۱۲} و سطح فرسایشی^{۱۳}) بسیار کمی در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است. لامیناسیون مورب مشاهده شده، بسیار ضعیف می‌باشد که تشخیص آن با پیچیدگی‌هایی همراه بوده است. در ضمن در برخی از نمونه‌های حاشیه رودخانه‌ای، امکان تفکیک دشت‌سیلابی از کروس پهن میسر نبوده است. به همین خاطر از واژه خارج از کانال^{۱۴} استفاده شده است. همچنین در برخی از مناطق دورتر از کرانه ساحلی، امکان تفکیک محیط جلوی کناره و پشت کناره در توالی سد کناره‌ای فراهم نبوده است. به همین خاطر از واژه رسوبات کناره^{۱۵} استفاده شده است.

دشت ساحلی، تالاب/لاگون و رسوبات شسته‌شده؛ بخش حد واسط از رسوبات سد کناره‌ای^۶ و بخش دریایی از پهنه ساحلی^۷ تشکیل شده است. توالی سد از رسوبات جلوی کناره^۸، پشت کناره^۹ و پشت‌های دون سدی^{۱۰} مرتبط با ناحیه پشت کناره تشکیل شده است.

در نواحی مورد مطالعه، با توجه پوشش گیاهی، پوشش جنگلی، گسترش کشاورزی و توسعه شهرسازی، تشخیص و تفکیک محیط‌های رسوبی از یکدیگر بسیار مشکل می‌باشد. برای کاهش این ابهام، به مطالعه و بررسی ترانشه‌ها و دیواره‌های طبیعی رخنمون‌یافته و ترانشه‌های حاصل از فعالیت‌های عمرانی از قبیل راه‌سازی و جای‌گذاری خطوط برق، لوله‌های گاز، آب و فاضلاب پرداخته شده است. در مواردی نیز با بیل و بیلچه به حفاری کم‌ژرفا (ژرفای ۴۰ تا ۷۰ سانتی‌متری) مبادرت شده است. بر پایه مشاهدات میدانی- صحرایی، بررسی رخساره‌های

جدول ۳. رخساره‌های شناسایی شده غالب و محیط‌های رسوبی در ناحیه مورد مطالعه (به استثنای پوینت‌بار). لازم به ذکر است که رخساره شناسایی شده برای محیط مرداب مشابه با محیط‌های تالاب/لاگون دیرینه است.

Table 3. Dominant identified facies and depositional environments in the studied area (with the exception of point bar). It should be noted that the identified facies for the marsh environment is similar to the wetland/ paleo-lagoon environments.

Sedimentary Facies	Depositional Environment	Sedimentary Facies	Depositional Environment
Non-homogenous medium to fine-grained poorly to moderately sorted gray to brown (g)mS/(g)sM/(g)S with rock-fragment	Coastal plain	Non-homogenous coarse to fine-grained poorly to moderately sorted gray to brown (g)S/gS/gmS/msG/mG/sG with rock-fragment and marine bioclast	Backshore
Non-homogenous fine-grained moderately to well sorted gray to brown (g) S/S with rock-fragment and marine bioclast	Shoreface	Non-homogenous medium to fine-grained moderately sorted gray (g)S/gS with rock-fragment and marine bioclast	Foreshore
Non-homogenous fine-grained well sorted gray to brown S/(g)S with rock-fragment	Barrier dune ridge (sand dune)	Non-homogenous fine-grained poorly to moderately sorted brown/cream/black (g)M/(g)sM/gM with rock-fragment and plant debris	Flood plain
Non-homogenous very coarse to fine-grained moderately sorted creamy brown to gray sM/(g)S/sG with rock-fragment	Meandering river active channel	Non-homogenous fine-grained poorly sorted brown/black/brownish cream/grayish green (g)mS/gmS with rock-fragment and plant debris	Crevasse splay
Non-homogenous medium-grained poorly to moderately sorted gray/brownish gray/brownish cream gS/(g)S/(g)mS with non-marine/marine bioclast and rock-fragment	Washover deposit	Non-homogenous fine-grained poorly sorted gray to brown (g)sM with non-marine bioclast, plant debris and rock-fragment	Wetland/Paleo-lagoon/Marsh

مجزا می‌شوند (سلی، ۱۹۹۶؛ نیکولز، ۲۰۰۹؛ ردینگ، ۲۰۱۳). لازم به ذکر است که گاهی اوقات، استفاده نادرست و اشتباه از واژه‌های ساحل^۱، کرانه ساحلی^۲ و خط کناره^۳

محیط‌های رسوبی

محیط‌های رسوبی به بخشی از سطح زمین اطلاق می‌شود که از نظر فیزیکوشیمیایی و زیستی از مناطق مجاور خود

¹³ Truncation (erosional) surface

¹⁴ Overbank

¹⁵ Shore deposit

¹ Coast

² Beach

³ Shoreline

⁶ Shore barrier

⁷ Shoreface

⁸ Foreshore

⁹ Backshore

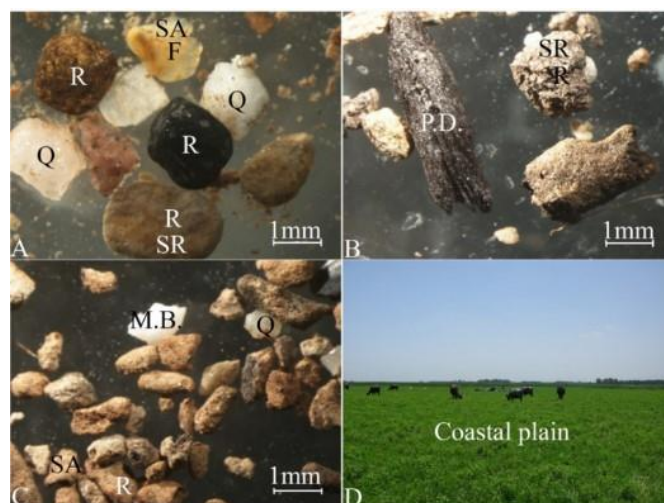
¹⁰ Barrier dune ridge

¹¹ Sedimentary Structure

¹² Cross-lamination

مناطق دور از ساحل^۹، ناحیه ژرف‌تر از قاعده موج در شرایط آرام است (مورالس، ۲۰۲۲). لازم به ذکر است که در این پژوهش منظور از ساحل و خط ساحلی، تعریف بکار رفته برای کناره و خط کناره است. در ضمن، در این پژوهش، خط کناره معادل حد بالای آب در نظر گرفته شده است.

در پژوهش‌ها انجام می‌شود. ساحل از مناطق بالادست تا خط ساحلی^۴ (منطقه تاثیر توفان)؛ کناره^۵، منطقه‌ای از حد پایین آب^۶ (دولان و همکاران، ۱۹۸۰) یا حد بالای آب^۷ (اس پی ام، ۱۹۸۴) تا حد امواج توفانی (خط ساحلی)؛ پهنه ساحلی، از خط کناره تا قاعده موج در شرایط آرام^۸ و



شکل ۹. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات دشت ساحلی؛ A- خرده‌سنگ (R)، ذره فلدسپار (F) و ذره کوارتز (Q) در نمونه AZ-42A (رده ۱ میلی‌متر). B- خرده‌سنگ (R) و قطعه گیاه (P.D.) در نمونه AZ-42A (رده ۱ میلی‌متر). C- کوارتز (Q)، خرده دوکفه‌ای دریایی (M.B.) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-42B (رده ۱ میلی‌متر). D- محیط رسوبی دشت ساحلی با پوشش گیاهی فراوان (نگاه به سمت جنوب). به ذرات نیمه‌گردشده (SR) و نیمه‌زاویه‌دار (SA) توجه شود.

Fig. 9. Components of coastal plain sediments. A- Rock-fragment (R), feldspar grain (F) and quartz grain (Q) in sample AZ-42A (1 mm fraction). B- Rock-fragment (R) and plant debris (P.D.) in sample AZ-42A (1 mm fraction). C- Quartz (Q), marine bivalve fragment (M.B.) and rock-fragment (R) in sample AZ-42B (1 mm fraction). D- coastal plain depositional environment with abundant vegetation (looking towards south). Pay attention to semi-rounded (SR) and semi-angular (SA) particles.

ریزدانه تشکیل شده است. این نهشته‌ها، عمدتاً از خرده‌سنگ و به مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز و فلدسپار، قطعات گیاهی و به مقادیر بسیار کمیاب از قطعات شکسته شده دوکفه‌ای دریایی تشکیل شده است (شکل ۹). با توجه به رطوبت و بارندگی فراوان در منطقه، اغلب این نهشته‌ها با پوشش گیاهی پوشیده شده‌اند (شکل D۹). اکثر ذرات تشکیل‌دهنده محیط رسوبی دشت ساحلی، نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گردشده و دارای کرویت کم-متوسط (میان‌ه) هستند (شکل‌های ۹ A و C). وجود قطعات دوکفه‌ای دریایی شکسته شده به مقدار بسیار کم، نشان‌دهنده طغیان آب دریا در دشت ساحلی توسط توفان است (شکل C۹). در ناحیه مورد مطالعه، توالی دشت ساحلی، درشت‌شونده به سمت بالا^۱ است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

دشت ساحلی

مناطق پست و مسطح مجاور دریاها هستند. این مناطق جزء محیط قاره‌ای می‌باشند که در آن‌ها فرایندهای رسوبی رودخانه‌ای، آبرفتی، بادی و تغییرات خاک‌زایی قابل تشخیص می‌باشد (نیکولز، ۲۰۰۹). دشت‌های ساحلی، هنگامی تحت تاثیر محیط دریایی مجاور قرار می‌گیرند که امواج بلند توفانی باعث طغیان گسترده آب دریا شود (نیکولز، ۲۰۰۹). رسوبات مرتبط با طغیان توفان‌ها را می‌توان به وسیله شواهدی مانند وجود ذرات بایوکلاستی جانوران دریایی در میان رسوباتی که ویژگی‌های قاره‌ای دارند، مشخص نمود. در ناحیه مورد مطالعه، دشت ساحلی از رخساره غالب ماسه گلی/گل ماسه‌ای با کمی گراول/ماسه با کمی گراول خاکستری-قهوه‌ای رنگ با جورشدگی ضعیف-متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه متوسط-

⁸Fair weather wave base

⁹Offshore

¹Coarsening-upward

⁴Coastline

⁵Shore

⁶Mean low water level

⁷Mean high water level



شکل ۱۰. توالی درشت‌شونده به سمت بالا در دشت ساحلی (نگاه به سمت شمال).

Fig. 10. Coarsening upward sequence in the coastal plain (looking towards north).

Thickness (cm)	Sample No.	Lithology	Sediment Type		Structure	Depositional Environment	
			(g) s M	(g) m S			
20	AZ - 42A					with Bioclastic Fragments	Medium to fine-grained poorly to moderately sorted (g)mS
30	AZ - 42B					Coastal Plain	Medium-grained poorly to moderately sorted (g)sM

شکل ۱۱. ستون رسوب‌شناسی و محیط‌رسوبی دشت ساحلی در ناحیه مورد مطالعه. لازم به ذکر است که در بخش فوقانی توالی، خرده‌های بایوکلاستی (دوکفه‌ای دریایی) مشاهده شده است.

Fig. 11. Sedimentological and depositional environment column of the coastal plain. It should be noted that in the upper part of the sequence, bioclast fragments (marine bivalve) were observed.

درشت‌دانه و ۳- گل‌ماسه‌ای قهوه‌ای کرمی رنگ با جورشدگی متوسط در اندازه ریزدانه (رودخانه پیش‌رود در تولمشهر؛ شکل ۲) تشکیل شده است (جدول ۳). این نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ و به مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز، میکا، فلدسپار و دوکفه‌ای‌های غیردریایی (آب شیرین) تشکیل شده است. اکثر ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات کانال رودخانه‌ای، دارای کرویت کم- متوسط و نیمه‌زاویه‌دار- نیمه‌گردشده هستند (جدول ۱) (شکل ۱۲).

پوینت‌بار

به دلیل عدم تقارن در مقطع رودخانه مئاندری، رسوب‌گذاری در بخش داخلی صورت می‌گیرد و به این رسوبات، پوینت‌بار گفته می‌شود (میل، ۲۰۱۳). نهشته‌های پوینت‌بار در ناحیه مورد مطالعه، از رخساره‌های غالب ۱- ماسه‌گلی/ماسه‌گلی با کمی گراول خاکستری تا قهوه‌ای رنگ با جورشدگی ضعیف- متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه متوسط-ریزدانه و ۲- گراول

سیستم رودخانه‌ای

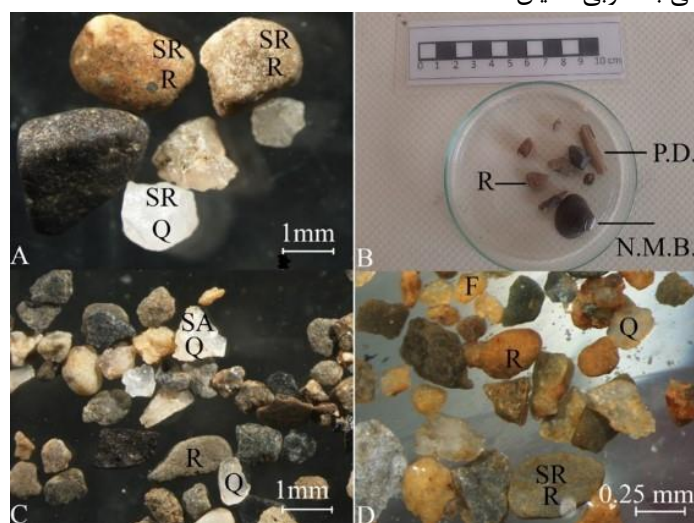
کانال فعال رودخانه مئاندری

رودخانه‌های مئاندری در مناطقی تشکیل می‌شوند که گرادیان (شیب) کم، سرعت جریان آهسته‌تر و رسوبات ریزدانه‌تر از سیستم کانالی بریده بریده هستند (نیکولز، ۲۰۰۹؛ میل، ۲۰۱۳). در این نوع رودخانه‌ها، سرعت جریان کم‌تر و دارای جریان یکنواخت و دائمی است. به علت کاهش شیب، رسوبات ریزدانه‌تر و اکثر رسوبات در حد ذرات در اندازه ماسه و گل می‌باشند. میزان ذرات در اندازه گراول نسبت به رودخانه‌های بریده‌بریده در این نوع رودخانه‌ها کم‌تر است (نیکولز، ۲۰۰۹؛ میل، ۲۰۱۳).

رسوبات کانال فعال رودخانه‌ای در ناحیه مورد مطالعه دارای رخساره‌های متنوعی است. این نهشته‌ها از رخساره‌های ۱- ماسه با کمی گراول خاکستری رنگ با جورشدگی متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه متوسط-ریزدانه، ۲- گراول ماسه‌ای خاکستری رنگ با جورشدگی متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه بسیار

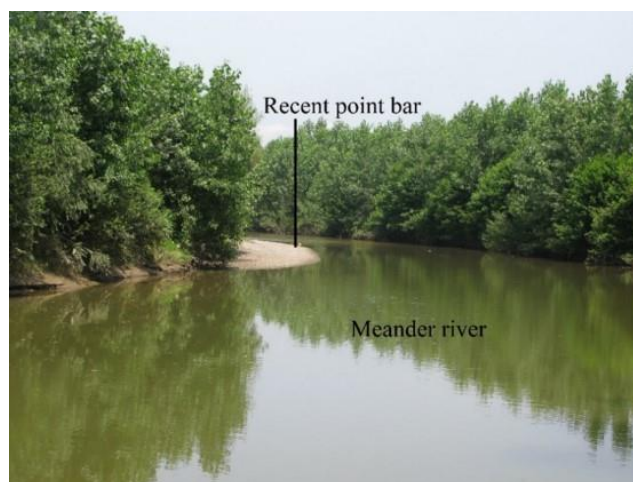
سطح فرسایشی، نشان‌دهنده جابجایی و حرکت جانبی کانال و خارج از آب بودن پوینت‌بار برای زمان نسبتاً طولانی است. سپس، بر اثر طغیان آب بر روی آن، رسوبات خارج از کانال نهشته شده است. همچنین، بر اثر خارج بودن از آب رسوبات پوینت‌بار برای زمان نسبتاً طولانی، بخش فوقانی پوینت‌بار حاوی ذرات در اندازه ماسه (عمدتاً ماسه ریز و بسیار ریز) سست و اکسید شده (خاکستری نارنجی-رنگ) (نمونه AZ-93) می‌باشد که احتمالاً توسط باد جابجا شده‌اند (شکل ۱۸). همچنین، در پوینت‌بار، لامیناسیون-های مورب ضعیف مشاهده شده است (شکل ۱۸).

گلی/گراول ماسه‌ای گلی خاکستری رنگ با جورشدگی ضعیف و میانگین غالب ذرات در اندازه بسیار درشت-ریزدانه تشکیل شده است (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). این نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ و به مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز، میکا، فلدسپار، قطعات گیاهی و دوکفه‌ای‌های غیردریایی (آب شیرین) تشکیل شده است (شکل ۱۵). در توالی‌های قائم رخنمون‌یافته رودخانه‌ای دیرینه در ناحیه مورد مطالعه، به خوبی زیرمحیط‌های پوینت‌بار و خارج از کانال نمایان شده است (شکل‌های ۱۶ و ۱۷). بین بخش فوقانی زیرمحیط پوینت‌بار و بخش تحتانی زیرمحیط خارج از کانال، سطح فرسایشی به خوبی نمایان است.



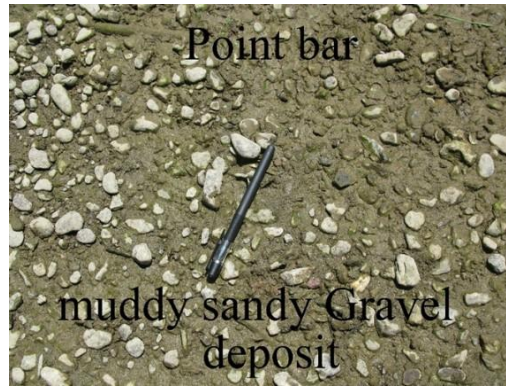
شکل ۱۲. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات کانال فعال مئاندری: A- خرده‌سنگ (R)، ذره فلدسپار (F) و ذره کوارتز (Q) در نمونه AZ-14 (رده ۵۰۰ میکرون). B- خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-81 (رده ۱ میلی‌متر). C- دوکفه‌ای غیردریایی (N.M.B.) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-81 (رده ۲ میلی‌متر). D- خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-241 (رده ۱ میلی‌متر). به ذرات نیمه‌گردشده (SR) و نیمه‌زاویه‌دار (SA) توجه شود.

Fig. 12. Components of meandering active channel sediments. A- Rock-fragment (R), feldspar grain (F) and quartz grain (Q) in sample AZ-14 (500 micronfraction). B- Rock-fragment (R) in sample AZ-81 (1 mm fraction). C- Non-marine bivalve (N.M.B.) and rock-fragment (R) in sample AZ-81 (2 mm fraction). D- Rock-fragment (R) in sample AZ-241 (1 mm fraction). Pay attention to semi-rounded (SR) and semi-angular (SA) particles.



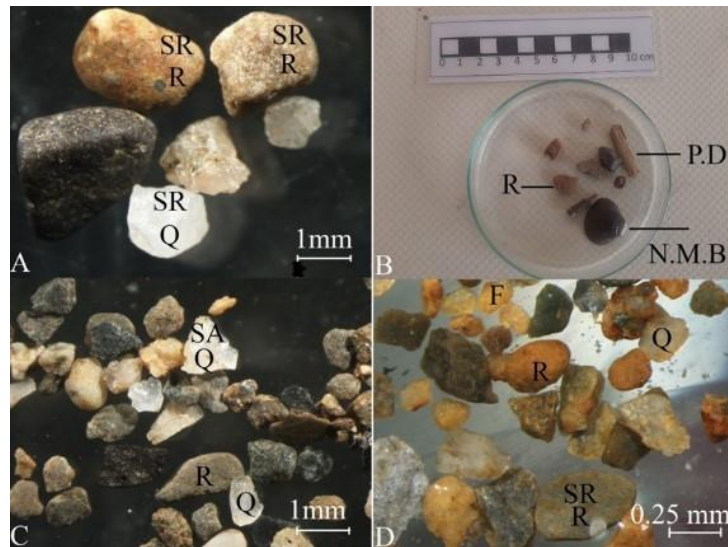
شکل ۱۳. کانال مئاندری رودخانه سفیدرود و پوینت‌بار امروزی در حال تشکیل (نگاه به سمت شمال).

Fig. 13. The meandering channel of the Sefid Rood River and recentpoint bar (looking towards north).



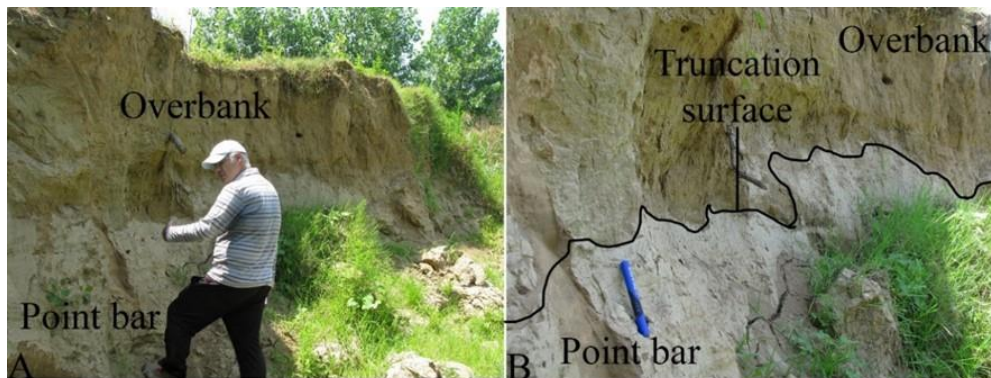
شکل ۱۴. نهشته گراول ماسه‌ای گلیپوینت بار امروزی رودخانه هندخاله.

Fig. 14. Muddy sandy Gravel Deposit of Hendkhaleh River recentpoint bar.






شکل ۱۵. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات پوینت‌بار؛ A- خرده‌سنگ (R) و ذره کوارتز (Q) در نمونه AZ-47A (رده ۱ میلی‌متر). B- دوکفه‌ای غیردریایی (N.M.B.)، خرده‌سنگ (R) و قطعه گیاه (P.D.) در نمونه AZ-53A (رده ۲ میلی‌متر). C- ذره کوارتز (Q) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-92B (رده ۵۰۰ میکرون). D- خرده‌سنگ (R)، ذرات کوارتز (Q) و فلدسپار (F) در نمونه AZ-93 (رده ۵۰۰ میکرون). به ذرات نیمه‌گردشده (SR) و نیمه‌زاویه‌دار (SA) توجه شود.

Fig. 15. Components of Point Bar sediments. A- Rock-fragment (R) and quartz grain (Q) in sample AZ-47A (1 mm fraction). B- Non-marine bivalve (N.M.B.), rock-fragment (R) and plant debris (P.D.) in sample AZ-53A (2 mm fraction). C- Quartz particle (Q) and rock-fragment (R) in sample AZ-92B (500 micronfraction). D- Rock-fragment (R), quartz (Q) and feldspar (F) grains in sample AZ-93 (500 micronfraction). Pay attention to semi-rounded (SR) and semi-angular (SA) particles.



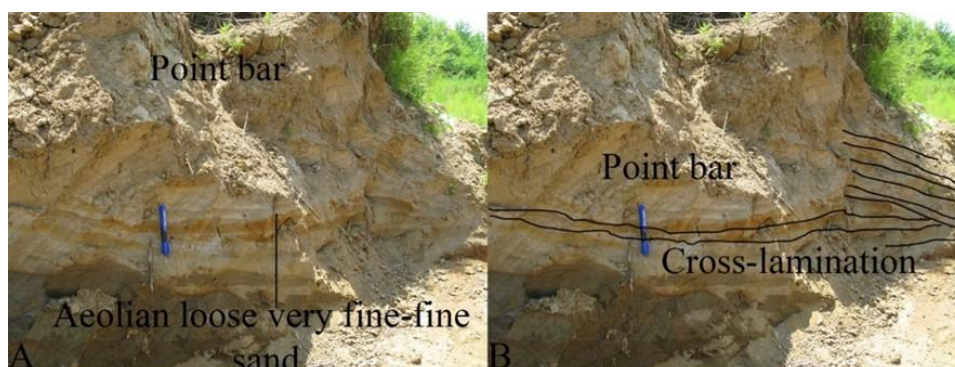
شکل ۱۶. A- مرز فرسایشی بین پوینت‌بار و ناحیه خارج از کانال دیرینه در مجاورت رودخانه پسیخان (نگاه به سمت باختر) و B- نمای نزدیک تصویر A.

Fig. 16. A- Truncation surface between point bar and overbank of paleo-channel in the Pasikhan River margin (looking towards west). B- Close view of image A.

Thickness (cm)	Sample No.	Lithology	Sediment Type		Structure/Component	Depositional Environment	
			(g) s M	m S/S			
110	AZ - 92A				(Plant)	Overbank (Flood Plain?)	 Fine-grained poorly to moderately sorted (g)sM  Coarse to fine grained poorly sorted mS  Fine-grained well sorted S
15	AZ - 93				(Truncation Surface)	Aeolian Sand	
70	AZ - 92B				(Weak Cross-Lamination)	Point Bar	

شکل ۱۷. ستون رسوب‌شناسی و محیط رسوبی سیستم رودخانه‌ای (پوینت بار و ناحیه خارج از کانال) در مجاورت رودخانه پسیخان. لازم به ذکر است که در پوینت بار، لامیناسیون مورب ضعیف و در مرز بین پوینت بار و منطقه خارج از کانال، سطح فرسایشی و در ناحیه خارج از کانال، قطعات گیاهی مشاهده شده است.

Fig. 17. Sedimentological and depositional environment column of the fluvial system (point bar and overbank) in the Pasikhan River margin. It should be noted that in Point Bar, weak cross lamination and in the boundary between Point Bar and the overbank, truncation surface and in the overbank, plant debris were observed.



شکل ۱۸. A- لامیناسیون مورب ضعیف و ذرات در اندازه ماسه ریز- بسیار ریز سست احتمالاً بادی در نهشته‌های بخش فوقانی پوینت بار دیرینه در مجاورت رودخانه پسیخان (نگاه به سمت خاور) و B- ترسیم مجدد لامیناسیون مورب در تصویر A

Fig. 18. A- Weak cross lamination and wind-blown loose very fine to fine sand size particles in the upper part deposits of Paleo-point bar in the Pasikhan River margin (looking towards the east). B- Redrawing of the cross lamination in image A

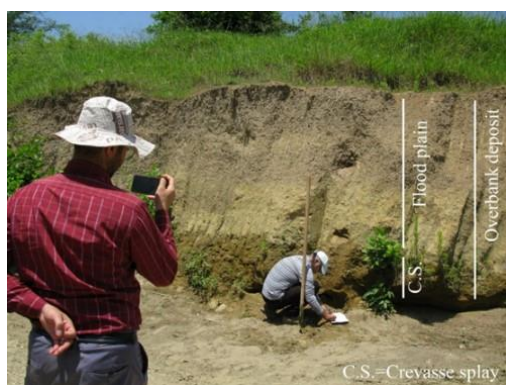
در دشت سیلابی، بر اثر طغیان آب و خروج آن از کانال در مناطق مجاور رودخانه، رسوبات معلق ریزدانه رسوب می‌کنند (میال، ۲۰۱۳). در هنگام طغیان آب و شکسته

ناحیه خارج از کانال (دشت سیلابی و کروس پهن) رسوبات خارج از کانال از رسوبات خاکریز طبیعی^۱، دشت سیلابی و کروس پهن تشکیل شده است (نیکولز، ۲۰۰۹).

¹Natural levee

گراول/گل با کمی گراول کرم، سیاه تا قهوه‌ای رنگ با جورشدگی ضعیف-متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه ریزدانه تشکیل شده است (جدول ۳ و شکل ۱۹). این نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ و قطعات گیاهی و به مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز، میکا و فلدسپار تشکیل شده است (شکل ۲۰).

شدن خاکریز طبیعی یا مصنوعی کانال‌های رودخانه‌ای، ذرات نسبتاً درشت در اندازه ماسه و به مقدار کم‌تر ذرات در اندازه گل (ذرات در اندازه سیلت و رس) وارد دشت سیلابی رودخانه‌ها می‌گردند و زیرمحیط کروس‌پهن را در نزدیکی کانال تشکیل می‌دهند (میال، ۲۰۱۳؛ برنس و همکاران، ۲۰۱۷). نهشته‌های دشت سیلابی در ناحیه مورد مطالعه، از رخساره غالب گل‌گراولی/گل‌ماسه‌ای با کمی



شکل ۱۹. نهشته‌های ناحیه خارج از کانال دیرینه (دشت سیلابی و کروس‌پهن) در مجاورت ماسوله رودخان (نگاه به سمت شمال).

Fig. 19. Paleo-overbank deposits (floodplain and crevasse splay) in the MasooleRoodkhan margin (looking towards north).



شکل ۲۰. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات دشت سیلابی؛ A- خرده‌سنگ (R) و ذره کوارتز (Q) در نمونه AZ-72A (رده ۵۰۰ میکرون). B- ذرات کوارتز (Q)، فلدسپار (F) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-72B (رده ۵۰۰ میکرون). C- ذره کوارتز (Q)، قطعه گیاه (P.D.) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-124A (رده ۱ میلی‌متر). D- میکا (M) و قطعات گیاه (P.D.) در نمونه AZ-52B (رده ۵۰۰ میکرون). به ذرات نیمه‌گردشده (SR) و نیمه‌زاویه‌دار (SA) توجه شود.

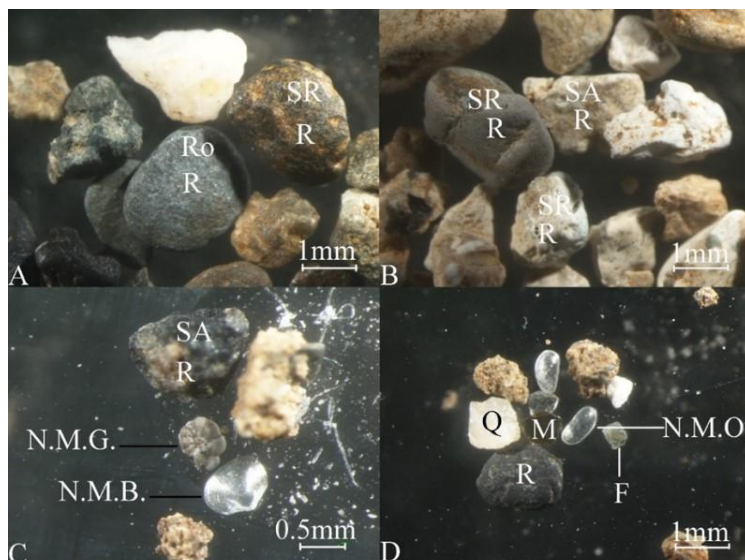
Fig. 20. Components of floodplain sediments. A- Rock-fragment (R) and quartz grain (Q) in sample AZ-72A (500 micronfraction). B- Quartz (Q), feldspar (F) and rock-fragment (R) particles in sample AZ-72B (500 micronfraction). C- Quartz grain (Q), plant debris (P.D.) and rock-fragment (R) in sample AZ-124A (1 mm fraction). D- Mica (M) and plant debris (P.D.) in sample AZ-52B (500 micronfraction). Pay attention to semi-rounded (SR) and semi-angular (SA) particles.

است (شکل ۱۹). این نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ و قطعات گیاهی و به مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز، میکا، فلدسپار، دوکفه‌ای غیردریایی، گاستروپودا و استراکودا غیردریایی تشکیل شده است (شکل ۲۱). معمولاً

نهشته‌های کروس‌پهن در ناحیه مورد مطالعه، از رخساره غالب ماسه‌گلی با کمی گراول/ماسه‌گلی‌گراولی کرم قهوه‌ای، سیاه، سبز خاکستری تا قهوه‌ای رنگ با جورشدگی ضعیف و میانگین غالب ذرات در اندازه ریزدانه تشکیل شده

مشاهده است و برخی از آن‌ها فاقد این قطعات هستند. در ضمن، برخی از نمونه‌ها دارای قطعات سالم و شکسته بیوکلاست‌های (دوکفه‌ای، استراکودا و گاستروپودا) غیردریایی (آب شیرین) هستند (شکل ۲۱).

نهشته‌های ریزدانه‌تر دشت سیلابی با ضخامت بیش‌تر و نهشته‌های دانه‌درشت‌تر کروس‌پهن با ضخامت کم‌تر بصورت متناوب در توالی‌های قائم رخنمون‌یافته دیرینه مشاهده شده است (شکل‌های ۱۹ و ۲۲). لازم به ذکر است که در این زیرمحیط، قطعات گیاهی در برخی از رخنمون‌ها



شکل ۲۱. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات کروس پهن؛ A- خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-26A (رده ۱ میلی‌متر). B- خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-22C (رده ۱ میلی‌متر). C- دوکفه‌ای غیردریایی (N.M.B.)، گاستروپودا غیردریایی (N.M.G.) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-155A (رده ۵۰۰ میکرون). D- میکا (M)، ذره کوارتز (Q)، ذره فلدسپار (F) و استراکودا غیردریایی (N.M.O.) در نمونه AZ-155A (رده ۵۰۰ میکرون). به ذرات نیمه‌گرد شده (SR)، گرد شده (R) و نیمه‌زاویه‌دار (SA) توجه شود.

Fig. 21. Components of crevasse splay sediments. A- rock-fragment (R) in sample AZ-26A (1 mm fraction). B- rock-fragment (R) in sample AZ-22C (1 mm fraction). C- Non-marine bivalves (N.M.B.), non-marine Gastropoda (N.M.G.) and rock-fragment (R) in sample AZ-155A (500 micron fraction). D- Mica (M), quartz particle (Q), feldspar particle (F) and non-marine ostracoda (N.M.O.) in sample AZ-155A (500 micron fraction). Pay attention to semi-rounded (SR), rounded (R) and semi-angular (SA) particles.

در ارتباط است (گوننس و ولفین، ۲۰۰۴؛ کنیش و پرل، ۲۰۱۰). بنابراین، لاگون‌های ساحلی به صورت بخشی یا کاملاً بسته هستند. این وضعیت، بستگی به گسترش سد درون خشکی دارد که تبادل آب بین خشکی و حوضه آبی را کنترل می‌کند. لاگون‌های ساحلی عموماً در سواحل پست و کم‌ارتفاع و به موازات ساحل ایجاد می‌شوند (کنیش و پرل، ۲۰۱۰). به دلیل ارتباط محدود با اقیانوس یا دریای باز، آب لاگون عموماً شورتر از آب دریاها است (نیکولز، ۲۰۰۹). در مناطقی که میزان بارش، زیاد و رواناب شیرین به صورت محلی از دشت ساحلی یا رودخانه‌های کوچک به لاگون وارد می‌شود (مشابه ناحیه مورد مطالعه)، آب دارای شوری کمی بوده و لب‌شور است.

تالاب، مارش، لاگون دیرینه و رسوبات شسته‌شده تالاب به محیطی بین خشکی و آب اطلاق می‌گردد که از نظر شکل و اندازه، وجود آب، خاک‌های هیدریک، آب و هوا و گیاهان سازش‌یافته با شرایط محیطی قابل تقسیم بوده و به راحتی می‌توان آن را شناسایی کرد (کوان، ۱۹۹۵). مرداب (مارش)، یکی از انواع تالاب بدون پیت بوده که توسط جذرومد، آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی تغذیه شده و دارای گیاهان و درختان بدون چوب^۱ است (گور، ۱۹۸۳) (شکل ۲۳). لاگون یا لاگون ساحلی^۲، توده-های آب دریایی یا لب‌شور کم‌رُفا هستند که توسط جزیره سدی^۳، اسپیت^۴، ریف^۵ و یا کرانه ماسه‌ای^۶ از حوضه آبی (اقیانوس یا دریا) جدا شده و حداقل به وسیله یک یا چندین کانال (مجرای جذرومدی^۷) با اقیانوس یا دریای باز

^۱ Reef

^۲ Sand bank

^۳ Tidal inlet

^۱ Herbaceous (non-woody)

^۲ Coastal lagoon

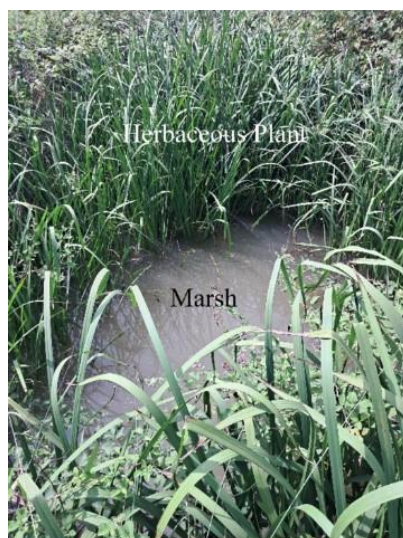
^۳ Barrier island

^۴ Spit

Thickness (cm)	Sample No.	Lithology	Sediment Type		Component	Depositional Environment
			(g) m S	(g) s M		
200	AZ - 72A	[Lithology symbol: horizontal dashes]				Fine-grained poorly to moderately sorted (g)sM
	AZ - 72B	[Lithology symbol: horizontal dashes]			Plant	Fine-grained poorly sorted (g)mS Flood Plain
30	AZ - 72C	[Lithology symbol: irregular shapes]			Plant	Crevasse Splay

شکل ۲۲. ستون رسوب‌شناسی و محیط‌رسوبی ناحیه خارج از کانال (زیرمحیط‌های کروس پهن و دشت سیلابی) در مجاورت رودخانه ماسوله (ماسوله رودخان). لازم به ذکر است که در هر دو زیرمحیط، قطعات گیاهی مشاهده شده است.

Fig. 22. Sedimentological and depositional environment column of the overbank (crevasse splay and flood plain sub-environments) in the Masoole River (Masoolerudkhan) margin. It should be noted that plant debris were observed in both sub-environments.

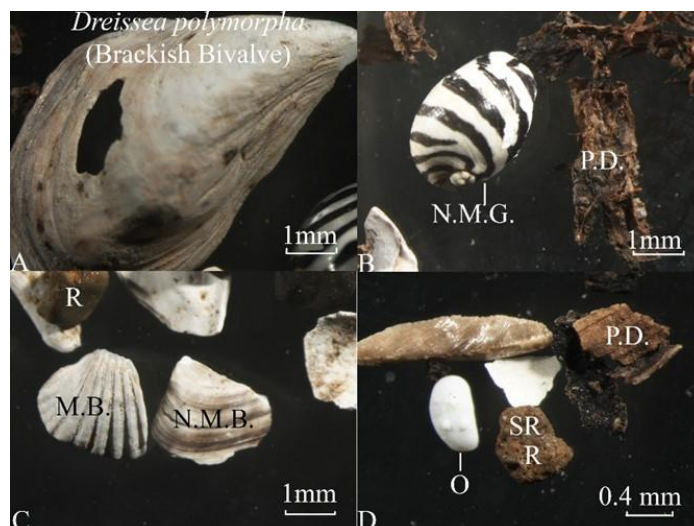


شکل ۲۳. محیط مرداب و گیاهان بدون چوب در ناحیه سوفیان‌ده-روگا در مجاورت رودخانه نهنگ-روگا (لاگون دیرینه انزلی) (نگاه به سمت خاور).

Fig.23. Marsh environment and herbaceous plants in SofiandehRoga area (NahangRoga River margin, Anzali paleo-lagoon) (looking towards east).

قابل تفکیک است (شکل ۱). رسوبات تخریبی ریزدانه ورودی به لاگون دارای دو منشا هستند (نیکولز، ۲۰۰۹):
 ۱- مواد معلق موجود در آب دریا که از سد ساحلی عبور می‌کنند. ۲- توسط جریان‌های رودخانه‌ای از دشت ساحلی مجاور منشا می‌گیرند. ذرات با اندازه بزرگ‌تر (عمدتاً ذرات در اندازه ماسه و گراول)، هنگامی می‌توانند وارد لاگون شوند که توفان، رسوبات بخش فوقانی سد ساحلی را به صورت رسوبات شسته‌شده (لایه‌های با ضخامت کم ماسه‌ای-گراولی)، حرکت داده و به درون محیط لاگون انتقال دهد. در ضمن بادهایی که به سمت ساحل می‌وزند، نیز، ذرات در اندازه ماسه را از دون‌های موجود در طول سد برداشته و به درون آب لاگون انتقال می‌دهند و رسوبات شسته‌شده را ایجاد می‌کنند (نیکولز، ۲۰۰۹).

بکارگیری واژه تالاب/لاگون دیرینه در مورد حوضه آبی درون خشکی ناحیه بندر انزلی بدین علت است که در حال حاضر به دلیل پایین‌آمدن سطح آب دریای خزر، ارتباط محیط دریایی (ورود جریان آب از دریا به محیط فوق‌الذکر) با محیط تالاب/لاگون قطع شده است و آب آن از جریان‌های رودخانه‌ای و بارندگی تامین می‌شود و شرایط تالابی را پیدا کرده است. اما منشا این محیط در گذشته، یک لاگون ساحلی بوده است که آب دریا از طریق مجرای ورودی میان سد ساحلی و یا نشت از سد، وارد لاگون شده است. همچنین آب شیرین نیز از طریق دشت ساحلی مجاور (سیستم‌های رودخانه‌ای) و بارندگی وارد محیط لاگون شده است. نتیجتاً در ابتدا (زمان گذشته) محیط لاگون و امروزه تالاب محسوب می‌شود. در حال حاضر، دو محدوده تالاب و لاگون دیرینه انزلی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲۴. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات شسته‌شده (A تا C) و محیط تالاب/لاگون دیرینه/مارش (D). A- دوکفه‌ای لب‌شور (*Dreisssea polymorpha*) در نمونه AZ-17A (۲ میلی‌متر). B- قطعه گیاهی (P.D.) و گاستروپودا غیردریایی (N.M.G.) در نمونه AZ-17A (۲ میلی‌متر). C- دوکفه‌ای غیردریایی (N.M.B.)-دریایی (M.B.) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-17A (۱ میلی‌متر). D- قطعه گیاهی (P.D.)، استراکودا (O) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-19A (۲۵۰ میکرون). به ذرات آواری نیمه‌گردشده (SR) توجه شود.

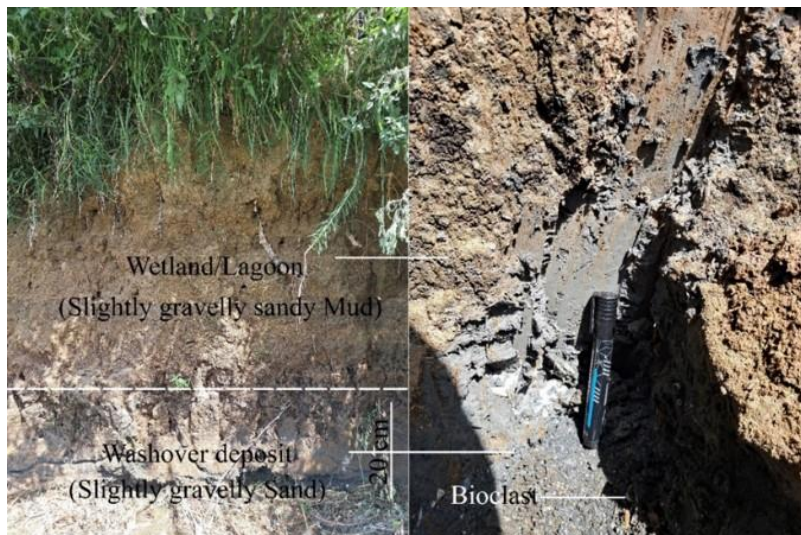
Fig. 24. Constituents of the washover deposits (A to C) and the wetland/paleo-lagoon/marsh environment (D). A- Brackish bivalve (*Dreisssea polymorpha*) in sample AZ-17A (2 mm fraction). B- Plant debris (P.D.) and Non-marine gastropods (N.M.G.) in sample AZ-17A (2 mm fraction), C- non-marine (N.M.B.)-marine (M.B.) bivalves and rock-fragment (R) in sample AZ-17A (1 mm fraction). D- plant debris (P.D.), ostracoda (O) and rock-fragment (R) in sample AZ-19A (250 micronfraction). Pay attention to semi-rounded (SR) clastic particles.

نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ، قطعات گیاهی، بایوکلاست (استراکودا، دوکفه‌ای و گاستروپودا) غیردریایی و به مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز، میکا و فلدسپار تشکیل شده است (شکل ۲۴). نهشته‌های شسته‌شده در ناحیه مورد مطالعه، از رخساره غالب ماسه گراولی/ماسه با کمی گراول/ماسه گلی با کمی گراول خاکستری-خاکستری قهوه‌ای-کرم قهوه‌ای رنگ با جورشدگی ضعیف-متوسط و میانگین

نهشته‌های تالاب/لاگون دیرینه/مارش در ناحیه مورد مطالعه، از رخساره غالب گل‌ماسه‌ای با کمی گراول خاکستری-قهوه‌ای رنگ با جورشدگی ضعیف و میانگین غالب ذرات در اندازه ریزدانه تشکیل شده است (جدول ۳). اردبیلی (۱۳۸۴) بیان کرد که رسوبات بستر تالاب از نوع سیلت ماسه‌ای است که به سمت باختر تالاب و نیز از سطح به ژرفا، به سیلت رسی تغییر پیدا می‌کند. رخساره‌های این

فلدسپار تشکیل شده است (شکل ۲۴). در توالی‌های قائم رخنمون یافته در ناحیه مورد مطالعه، به خوبی محیط‌های تالاب/لاگون دیرینه و رسوبات شسته‌شده نمایان شده است (شکل‌های ۲۵ و ۲۶).

غالب ذرات در اندازه متوسط‌دانه تشکیل شده است (جدول ۳). این نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ و بایوکلاست (استراکودا، دوکفه‌ای و گاستروپودا) دریایی- غیردریایی و به مقدار کم‌تر از قطعات گیاهی، ذرات کوارتز، میکا و



شکل ۲. نهشته‌های شسته‌شده و تالاب/لاگون دیرینه در مجاورت تالاب انزلی در ناحیه آب‌کنار (نمونه‌های AZ-17A و AZ-19A) (نگاه به سمت باختر).

Fig. 25. Washover and wetland/paleo-lagoon deposits in the Anzali wetland margin (Abkenar area, AZ-19A and AZ-17A samples) (looking towards west).

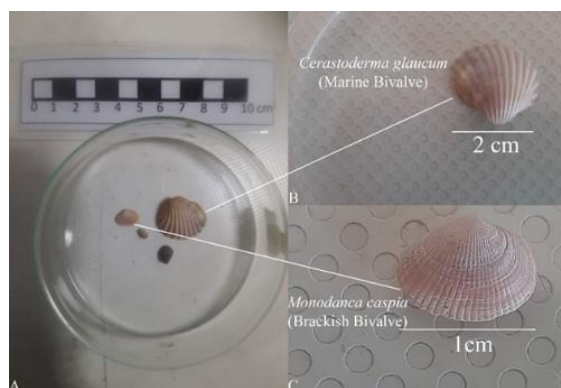
Thickness (cm)	Sample No.	Lithology	Sediment Type		Component	Depositional Environment	Diagram
			(g) s M	(g) S			
50	AZ - 19A	[Diagram: Slightly gravelly sandy mud]	[Diagram: Black box]	[Diagram: White box]	Plant	Wetland/Lagoon	Medium-grained poorly to moderately sorted (g)S
20	Similar to AZ - 17A	[Diagram: Slightly gravelly sand]	[Diagram: White box]	[Diagram: Black box]	Plant	Washover Deposit	Fine grained poorly sorted (g)sM

شکل ۳. ستون رسوب‌شناسی و محیط‌رسوبی توالی رخنمون یافته در ناحیه آب‌کنار (محیط تالاب/لاگون و رسوبات شسته‌شده) در مجاورت تالاب انزلی. لازم به ذکر است که در هر دو محیط، قطعات گیاهی مشاهده شده است.

Fig. 26. Sedimentological and depositional environment column of the outcropped sequence in the Abkenar area (wetland/lagoon environment and washover deposits; Anzali wetland margin). It should be noted that plant debris were observed in both environments.

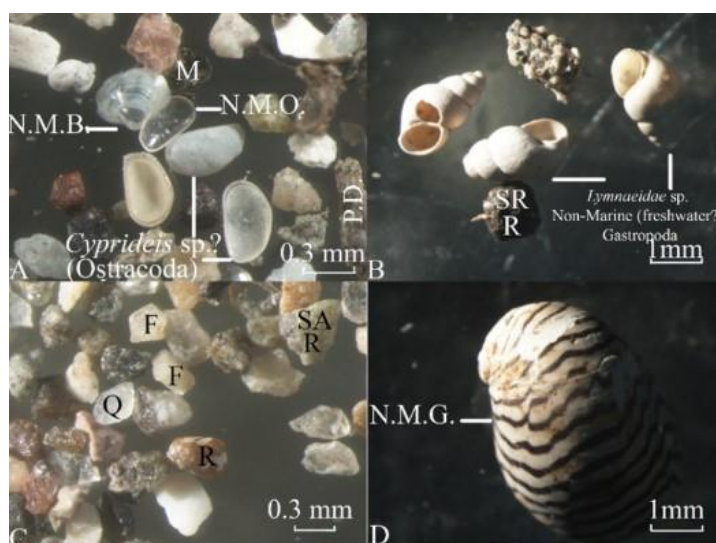
شیرین) مانند استراکودا، دوکفه‌ای و گاستروپودا غیردریایی نظیر *Lymnaeidae* sp. در نهشته‌های با منشأ سد ساحلی (رسوبات شسته‌شده)، امری غیر معمول نیست (شکل ۲۸). در واقع موجودات دریایی- لب‌شور رسوبات شسته‌شده در اثر جریان آب یا وزش باد در طی توفان وارد محیط تالاب/لاگون دیرینه می‌شود و تا حدی با موجودات و اجزای رسوبی این محیط مخلوط می‌شوند.

وجود دوکفه‌ای‌های لب‌شور *Dreisssea* و دوکفه‌ای دریایی *Monodancacaspia polymorpha* و گاستروپودا دریایی نشان‌گر تاثیر نوسان‌های سطح آب دریای خزر و فرایند توفان در ایجاد رسوبات شسته‌شده در محیط تالاب/لاگون دیرینه می‌باشد (شکل‌های ۲۴ و ۲۷). وجود موجودات شاخص آب شیرین و حوضه‌های نسبتاً راکد (تالاب و دریاچه آب



شکل ۲۷. دوکفه‌ای‌های دریایی (*Cerastoderma glaucum*) و لب‌شور (*Monodancacaspia*) در رسوبات شسته‌شده نمونه AZ-277C (رده ۲ میلی‌متر).

Fig. 27. Marine (*Cerastoderma glaucum*) and brackish water (*Monodancacaspia*) bivalves in washover deposits of sample AZ-277C (2 mm fraction).



شکل ۲۸. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات رسوبات شسته‌شده، A- ذره میکا (M)، قطعه گیاه (P.D.)، دوکفه‌ای غیردریایی (N.M.B.) و استراکودا غیردریایی (N.M.O.) در نمونه AZ-277A (رده ۲۵۰ میکرون). B- گاستروپودا غیردریایی (*Lymnaeidae* sp.) و خرده‌سنگ (R) در نمونه AZ-277C (رده ۱ میلی‌متر). C- خرده‌سنگ (R)، ذره کوارتز (Q) و ذره فلدسپار (F) در نمونه AZ-277B (رده ۲۵۰ میکرون). D- گاستروپودا غیردریایی در نمونه AZ-277C (رده ۲ میلی‌متر).

Fig. 28. Components of washoverdeposits. A- Mica grain (M), plant debris (P.D.), non-marine bivalve (N.M.B.) and non-marine ostracoda (N.M.O.) in sample AZ-277A (250 μm fraction). B- Non-marine Gastropoda (*Lymnaeidae* sp.) and rock-fragment (R) in sample AZ-277C (1 mm fraction). C- Rock-fragment (R), quartz grain (Q) and feldspar grain (F) in sample AZ-277B (250 micronfraction). D- Non-marine Gastropoda in sample AZ-277C (2 mm fraction).

کناره

در حاشیه دشت ساحلی بوده و یا سدی را به وجود آورد که در پشت آن یک لاگون بسته قرار گیرد (نیکولز، ۲۰۰۹؛ مورالس، ۲۰۲۲). در مناطقی که دامنه جذرومدی بزرگ‌تر باشد، سیستم‌های سدی گسترش کم‌تری دارند و نهشته‌های مناطق بین جذرومدی مانند پهنه‌های گلی جذرومدی اهمیت می‌یابند (نیکولز، ۲۰۰۹). در ناحیه مورد مطالعه، کناره به بخش‌های جلویی و پشتی طبقه‌بندی می‌شود.

امواج و جذرومد از عوامل موثر بر زمین‌ریخت‌شناسی خطوط ساحلی و گسترش رخساره‌های مختلف رسوبی می‌باشد (نیکولز، ۲۰۰۹). سواحل^۱ مناطق حد فاصل بین خشکی و دریا هستند و محیط ساحلی می‌تواند شامل انواع مناطق مانند دشت‌های ساحلی، کرانه‌ها^۲، منطقه کناره^۳، سد و لاگون باشد. سواحل تحت تاثیر امواج، دارای کرانه‌های سازنده با گسترش خوب می‌باشد. ممکن است

³ Shore zone

¹Coasts

² Beach

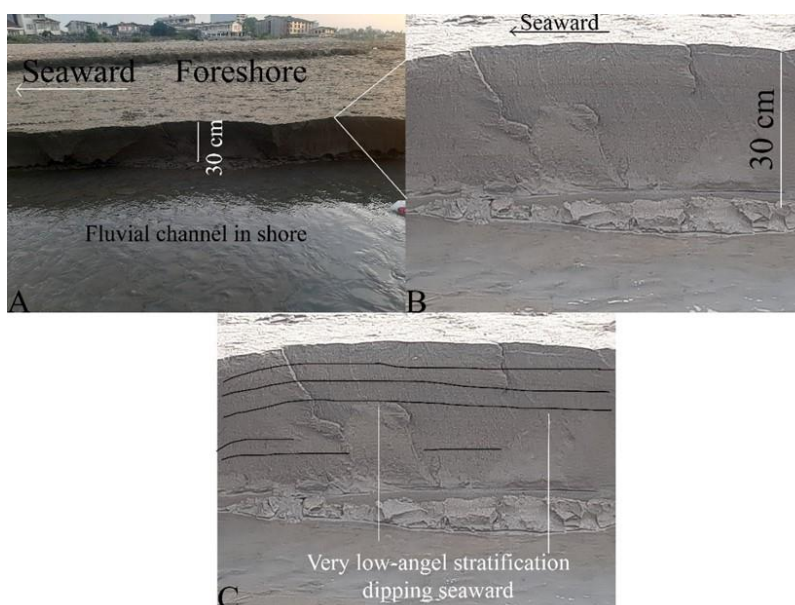
جابجا شده و دارای گردشگی نسبتاً خوبی (عمدتاً نیمه‌گردشده تا نیمه‌زاویه‌دار و به مقدار کم‌تر گردشده) هستند. بر اساس دامنه سطح پایین و بالای آب، ژرفای آب در این ناحیه بین چند ده سانتی‌متر تا چندین متر متغیر است (نیکولز، ۲۰۰۹). در ناحیه جلوی کناره، لایه‌بندی با زاویه بسیار کم با شیب به سمت دریا^۴ مشاهده شده است (شکل ۳۰).

ناحیه جلوی کناره: بخش بین حد پایین و بالای آب (دامنه جذرومد؛ دامنه رفت و برگشت امواج) را ناحیه جلوی کناره می‌گویند (مورالس، ۲۰۲۲) (شکل ۲۹). این بخش رو به دریای محیط کناره، دارای سطحی هموار با شیبی ملایم به سمت دریا است و امواج در آن منطقه حرکت رفت و برگشتی دارند (نیکولز، ۲۰۰۹؛ ردینگ و کالینسون، ۲۰۱۳). در محلی که انرژی امواج به قدر کافی قوی باشند، ذرات در اندازه ماسه و گراول بطور مداوم در این ناحیه



شکل ۲۹. زون ساحلی (خط ساحلی رسوبی) و بخش‌های جزئی‌تر آن در ساحل دریای خزر (بلوار اطبا در بندر انزلی) (نگاه به سمت باختر). حد متوسط پایین و بالای آب به صورت تقریبی ترسیم شده است. بخش جلوی کناره، بین حد پایین و بالای آب و بخش پشتی کناره، از حد بالای آب تا خشکی قرار گرفته است. پهنه ساحلی، از حد پایین آب تا مناطق ژرف‌تر دریا واقع شده است.

Fig. 29. Coastal zone (depositional coastline) and its smaller parts on the Caspian Sea coast (Ateba Boulevard in Bandar-eAnzali) (looking towards west). The Mean high and low water level are roughly drawn. The foreshore is located between the high and low water level and the backshore is located from the low water level to the deeper areas of the sea.



شکل ۳۰. ناحیه جلوی کناره در دیواره حاصل از حفر بستر (ناحیه کناره) توسط رودخانه در بلوار اطبای بندر انزلی؛ A- کانال رودخانه‌ای در ناحیه کناره (نگاه به سمت خاور). B و C- لایه‌بندی با زاویه بسیار کم با شیب به سمت دریا در رسوبات ناحیه جلوی کناره.

Fig. 30. The foreshore in the wall resulting from the bed incision (shore area) by the river in Ateba Boulevard (Bandar-eAnzali). A- Fluvial channel in the shore area (looking towards the east). B and C- Very low-angle stratification dipping seaward in foreshore sediments.

^۴Very low-angel stratification dipping seaward

از رخساره غالب ماسه‌گراولی/ ماسه با کمی گراول خاکستری رنگ با جورشدگی متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه متوسط- ریزدانه تشکیل شده است (جدول ۳). این نهشته‌ها، غالباً از خرده‌سنگ و بایوکلاست (دوکفه‌ای دریایی و استراکودا) و به مقدار کم‌تر از قطعات گیاهی، ذرات کوارتز، فلدسپار و میکا تشکیل شده است (شکل ۳۱).

لازم به ذکر است که اکثر رودخانه‌های ورودی به ناحیه کناره در ناحیه مورد مطالعه، فصلی و غیردائمی هستند. این رودخانه‌ها به علت پایین افتادن سطح آب دریا و جهت برقرای توازن و رسیدن به سطح ایستایی، بستر خود (ناحیه کناره) را، حفر می‌کنند. دیواره حاصل از حفر بستر، بهترین موقعیت برای مشاهده و مطالعه تغییرات رسوبات ناحیه کناره می‌باشد (شکل ۳۰). نهشته‌های ناحیه جلوی کناره،



شکل ۳۱. اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات ناحیه جلوی کناره: A- خرده‌سنگ (R) گردشده در نمونه AZ-29A (رده ۲ میلی‌متر). B- خرده‌سنگ (R)، ذره کوارتز (Q) و ذره فلدسپار (F) در نمونه AZ-29A (رده ۲۵۰ میکرون). C- دوکفه‌ای دریایی (*Cerastoderma glaucum*) در نمونه AZ-41 (رده ۲ میلی‌متر). D- ذره کوارتز (Q)، ذره میکا (M) و استراکودا (O) در نمونه AZ-41 (رده ۲۵۰ میکرون). به ذرات آواری نیمه‌زاویه‌دار (SA) و گردشده (Rounded) توجه شود.

Fig.31. Components of sediments in the foreshore area. A- Rock-fragment (R) in sample AZ-29A (2 mm fraction). B- Rock-fragment (R), quartz grain (Q) and feldspar grain (F) in sample AZ-29A (250 micronfraction). C- Marine bivalve (*Cerastoderma glaucum*) in sample AZ-41 (2 mm fraction). D- Quartz grain (Q), mica particle (M) and ostracoda (O) in sample AZ-41 (250 micronfraction). Pay attention to semi-angular (SA) and rounded clastic particles.

متوسط و میانگین غالب ذرات در اندازه درشت- متوسط- دانه تشکیل شده است (جدول ۳). در ناحیه مورد مطالعه و نواحی مجاور آن، افق‌های (تیغه‌های) گراولی متشکل از ذرات آواری (عمدتاً خرده‌سنگ)، ذرات بایوکلاستی (عمدتاً دوکفه‌ای دریایی) و یا مخلوطی از ذرات آواری- بایوکلاستی در محیط رسوبی پشت کناره مشاهده شده است که نشان- دهنده تاثیر جریان‌های توفانی در این ناحیه است (شکل ۳۲). نهشته‌های ناحیه پشت کناره، غالباً از خرده‌سنگ و بایوکلاست (دوکفه‌ای دریایی، گاستروپودا دریایی و استراکودا) و به مقدار کم‌تر از قطعات گیاهی، ذرات کوارتز و فلدسپار تشکیل شده است.

لازم به ذکر است که در بخش فوقانی توالی ناحیه پشت کناره، ماسه‌های بادی (دون‌های ماسه‌ای؛ پشته‌های دون کناره‌ای) در برخی قسمت‌های نواحی مورد مطالعه مشاهده

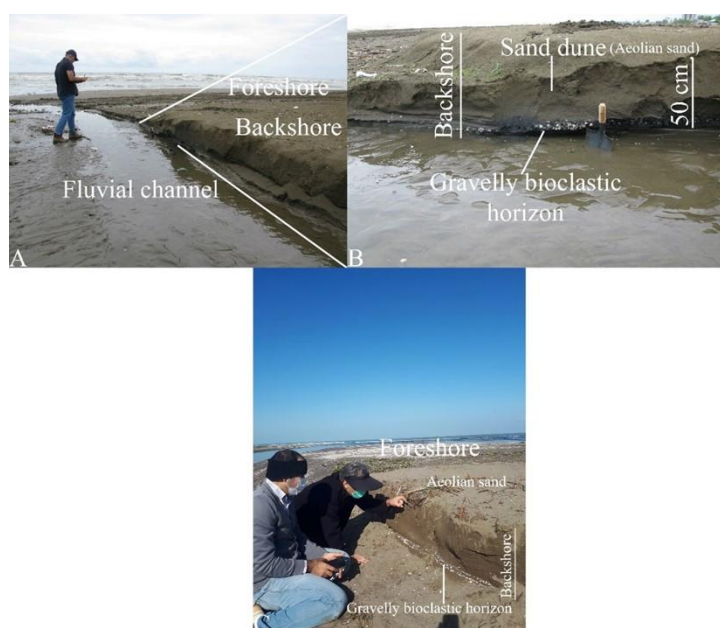
ناحیه پشت کناره: بخش پشتی کناره، از حد بالای آب تا خشکی (خط ساحلی) قرار گرفته است (مورالس، ۲۰۲۲). در ناحیه پشت کناره، گیاهان می‌توانند رشد کنند و ذرات سست در اندازه ماسه نیز توسط فرایندهای بادی جابجا می‌شوند. در اثر جابجایی رسوبات سست توسط فرایند بادی، دون‌های بادی به صورت پشته‌های دون کناره‌ای^۱ (ساحلی) تشکیل می‌شوند (نیکولز، ۲۰۰۹). در کناره‌های گراولی (ناحیه پشت کناره)، یک یا چند تیغه یا افق^۲ گراولی توفانی مشاهده می‌شود (نیکولز، ۲۰۰۹). با توجه به نوع محلی رسوب ورودی، ترکیب ذرات در اندازه گراول شامل ذرات تخریبی آواری، آذرآواری و یا قطعات زیستی می‌باشد. نهشته‌های ناحیه پشت کناره در منطقه مورد مطالعه، از رخساره غالب گراول ماسه‌ای/ماسه با کمی گراول/ماسه گراولی قهوه‌ای- خاکستری رنگ با جورشدگی

^۲Horizon

^۱Shore dune ridges

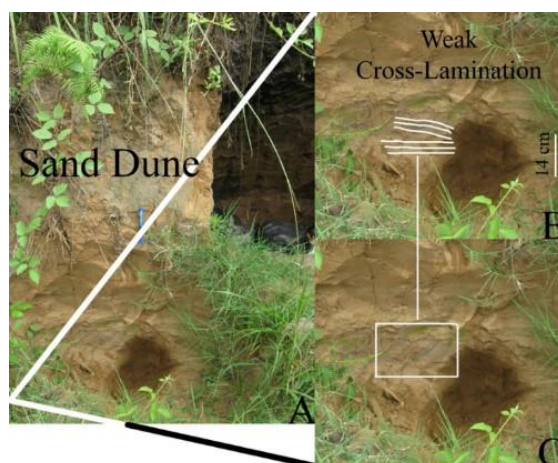
مقدار کم‌تر از ذرات کوارتز، فلدسپار و دوکفه‌ای شکسته شده (کمیاب) تشکیل شده است (شکل ۳۴).
پهنه ساحلی: پهنه ساحلی، منطقه بین سطح آب در زمان جذر (سطح پایین آب) و ژرفای تاثیر موج در شرایط آب و هوای عادی است (شکل ۲۹). ژرفای آب این بخش معمولا بین ۵ تا ۲۰ متر و در برخی موارد، بیش‌تر (تا ۵۰ متر؛ بر اساس طول موج امواج متغیر است) می‌باشد (نیکولز، ۲۰۰۹).

شده است (شکل‌های ۳۲ و ۳۳). در برخی از رسوبات بادی (دون‌های ماسه‌ای)، ساختار رسوبی لامیناسیون مورب ضعیف نیز مشاهده شده است. این ساختار، در اثر حرکت ذرات رسوبی در اثر باد ایجاد شده است (شکل ۳۳). ماسه‌های بادی در ناحیه مورد مطالعه از رخساره غالب ماسه/ماسه با کمی گراول قهوه‌ای- خاکستری رنگ با جورشدگی خوب و میانگین غالب ذرات در اندازه ریزدانه و با گردش‌دگی نسبتا خوب (عمدتا نیمه‌گردشده) تشکیل شده است (جدول ۳). این ماسه‌ها، غالبا از خرده‌سنگ و به



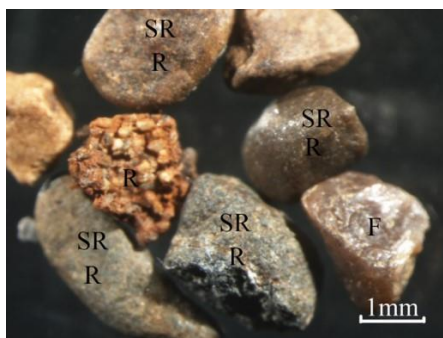
شکل ۳۲. ناحیه پشت کناره در دیواره حاصل از حفر بستر (ناحیه کناره) توسط رودخانه در بلوار اطبای بندر انزلی؛ A- کانال رودخانه‌ای در ناحیه کناره (نگاه به سمت شمال). B و C- افق بایوکلاستی در اندازه گراول در قاعده و ماسه‌های بادی (دون ماسه‌ای) در بخش فوقانی توالی پشت کناره.

Fig. 32. The backshore in the wall resulting from the bed incision (shore area) by the river in Ateba Boulevard (Bandar-eAnzali). A- Fluvial channel in the shore area (looking towards the north). B and C- Gravelly bioclastic horizon at the base and aeolian sands (sand dune) in the upper part of the backshore sequence.



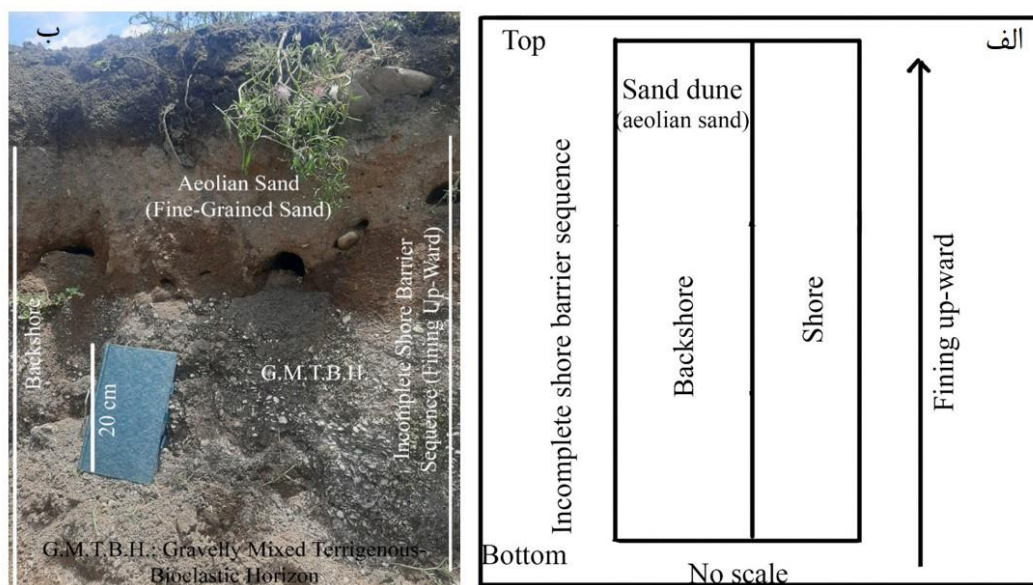
شکل ۳۳. A، B و C- لامیناسیون مورب ضعیف در ماسه‌های بادی در بخش فوقانی ناحیه پشت کناره (مجاور تولمشهر) (نمونه AZ-97) (نگاه به سمت شمال).

Fig. 33. A, B, and C - Weak cross lamination in eolian sands in the upper part of the backshore area (near Tolam-Shahr) (Sample AZ-97) (looking towards north).



شکل ۳۴. اجزای تشکیل‌دهنده (خرده‌سنگ (R) و ذره فلدسپار (F)) رسوبات بادی در نمونه AZ-97 (رده ۱ میلی‌متر). به ذرات آواری نیمه‌گردشده (SR) توجه شود.

Fig. 34. Components (rock-fragment (R) and feldspar grain (F)) of eolian sediments in sample AZ-97 (1 mm fraction). Pay attention to semi-rounded clastic particles (SR).



شکل ۳۵. الف) توالی ناقص سد کناره‌ای (سیستم سدی) در بخش شمالی تالاب انزلی (نمونه‌های AZ-11A و AZ-11B). رسوبات گراولی در قاعده توالی به ماسه بادی دانه‌ریز در بخش فوقانی توالی تبدیل شده است. و ب) توالی ناقص سد کناره‌ای (سیستم سدی) در ناحیه مورد مطالعه.

Fig. 35. A) Incomplete sequence of shore barrier (barrier system) in the northern part of Anzaliwetland (samples AZ-11A and AZ-11B). Gravelly sediments at the base of the sequence have changed into fine-grained eolian sand in the upper part of the sequence. B) Incomplete sequence of shore barrier (barrier system) in the studied area.

به بالا، شامل ماسه‌های دریایی، نهشته‌های جلوی کناره، نهشته‌های پشت کناره و دونه‌های ماسه‌ای (ماسه‌های بادی) می‌باشد. در ناحیه مورد مطالعه، توالی کامل قائم سیستم سدی (سد کناره‌ای) به علت فقدان رخنمون مناسب در دسترس، مشاهده نمی‌گردد. در واقع، بخش فوقانی این توالی (ناحیه پشت کناره و دونه ماسه‌ای آن) (شکل ۳۵) در رخنمون‌های مجزا و ناحیه جلوی کناره (شکل ۳۰) در سایر رخنمون‌ها مشاهده شده است. در این ناحیه (بندرانزلی و نواحی مجاورش)، توالی ناقص سدکناره‌ای مشاهده می‌گردد. به طور کلی، توالی کامل سدی به استثنای رسوبات بادی بخش فوقانی آن به سمت بالا درشت‌شونده است. اما در ناحیه مورد مطالعه، به علت

سد کناره‌ای: در امتداد برخی از خط‌های ساحلی، سدهای رسوبی، دریای باز را از یک لاگون جدا می‌کند (نیکولز، ۲۰۰۹؛ کاول و کینسلا، ۲۰۱۸). این سدها از ذرات در اندازه ماسه و گراول تشکیل شده و در اثر عمل امواج و جریان‌های رودخانه‌ای ورودی به حوضه آبی تجمع می‌یابند (مک‌براید و همکاران، ۲۰۱۳؛ کاول و کینسلا، ۲۰۱۸). سه شاخص ورود مقدار زیاد ذرات در اندازه ماسه و گراول، دامنه جذر و مد کوچک (رژیم میکروتایدال) و بالا آمدن آهسته سطح نسبی آب دریا نقش بسزایی در تشکیل سدهای کناره‌ای ایفاء می‌نمایند (نیکولز، ۲۰۰۹؛ کاول و کینسلا، ۲۰۱۸). توالی قائم ایده‌آل و کامل سد کناره‌ای (سیستم سدی) در رژیم‌های میکروتایدال و بدون جذر و مد از پایین

کناره‌های دیرینه هستند (شکل ۳۶). در زمان گذشته (در مجاورت شهر صومعه‌سرا)، شواهد نهشته‌های سد کناره‌ای نشان‌گر بالا بودن سطح آب دریا می‌باشد. فقدان رسوبات تالاب/مرداب/لاگون در آن ناحیه نشان‌دهنده اتصال مستقیم سدکناره‌ای به دشت ساحلی و ایجاد کران‌دشت (جلگه ساحلی^۳) می‌باشد (شکل ۳۷A). با پایین‌افتادگی کلی سطح آب، جابجایی و حرکت خط کناره (ساحلی) و سدکناره‌ای به سمت دریا و ایجاد لagoon در پشت سد اتفاق می‌افتد (در مجاورت شهرستان آب‌کنار و بخش شمالی تالاب انزلی (شکل‌های B۳۷ و C). ارتباط دریا با لagoon از ورودی میان سد و یا از طریق نشت از رسوبات سدی برقرار می‌شود. در اثر وزش باد و توفان رسوبات فوقانی سد به داخل لagoon انتقال یافته و رسوبات شسته‌شده را ایجاد می‌نماید. لازم به ذکر است که چرخه‌های کوتاه‌مدت بالا-آمدگی سطح آب در روند کلی پایین‌آمدن سطح آب، برای ایجاد سد کناره‌ای امری ضروری است. با ادامه پایین‌افتادگی کلی سطح آب همراه با بالاآمدگی‌های کوتاه‌مدت و تشکیل سد کناره‌ای در موقعیت امروزی آن (در منطقه ساحلی امروزی) ارتباط دریا با لagoon به تدریج قطع شده و لagoon تبدیل به تالاب شده است (شکل ۳۷D). آب تالاب از رواناب‌های سطحی و بارندگی تامین می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای تامین اعتبار لازم برای انجام پروژه (مطالعات صحرایی، نمونه‌برداری و ...)، انجام آنالیز پراش اشعه ایکس و دانه‌بندی تشکر و قدردانی می‌کنند. از آقایان دکتر زمانی‌پدرام، کریم‌خانی، درویشی‌خاتونی و شکیبا آزاد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) به خاطر همکاری در انجام این پژوهش سپاس‌گزاری می‌گردد. از سرکار خانم دکتر یانینا از گروه جغرافیای دانشگاه دولتی لومونوسو مسکو به خاطر کمک در شناسایی جنس و گونه‌های برخی از بایوکلاست‌ها و تفکیک منشا دریایی-غیردریایی سپاس‌گزاری می‌شود. همچنین از اداره محیط زیست گیلان به علت همکاری صمیمانه و ارزشمندشان و در اختیار گذاشتن قایق جهت مطالعات میدانی در تالاب انزلی کمال قدردانی اعلام می‌گردد.

فقدان نهشته‌های بخش تحتانی (نهشته‌های پهنه ساحلی و ناحیه جلوی کناره)، توالی قائم ناقص به سمت بالا ریزش‌ونده است (شکل ۳۵).

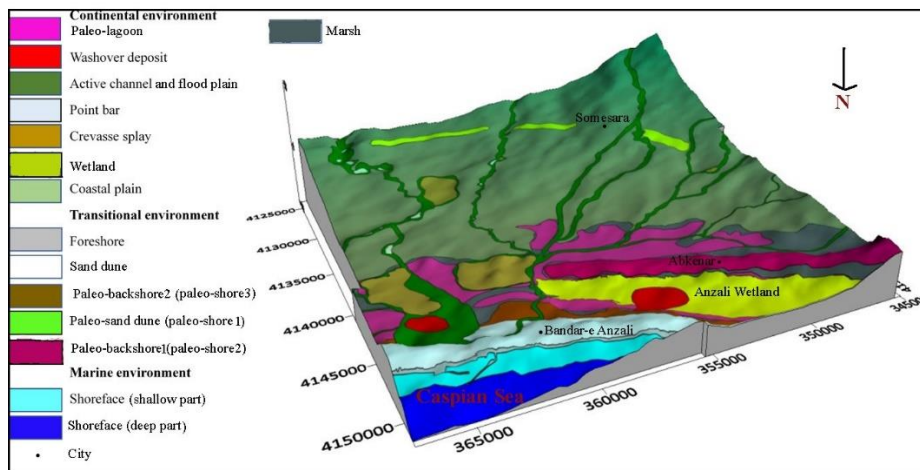
نتیجه‌گیری

مشاهدات، مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی ناحیه مورد مطالعه (بندر انزلی و نواحی مجاور آن)، رسوب‌شناسی و جایگاه‌های (محیط‌های) رسوبی دریایی، حدواسط (ساحلی-کناره‌ای) و خشکی را مشخص کرده است. مشاهدات میدانی و تحلیل رخساره‌ای نهشته‌های گوناگون در مناطق مورد مطالعه، نشان‌دهنده رسوب‌گذاری آن‌ها در طیف وسیعی از محیط‌های گوناگون شامل سیستم رودخانه‌ای مئاندری (کانال فعال، پوینت‌بار و مناطق خارج از کانال (دشت سیلابی و کروس‌پهن))، دشت ساحلی، تالاب (عهد حاضر)/لاگون (زمان گذشته)، مناطق شسته‌شده، کناره (بخش‌های جلو و پشت کناره) و پهنه ساحلی می‌باشد (شکل ۳۶). وجود نهشته‌های محیط‌های کناره (توالی ناقص سدهای کناره‌ای) نظیر دون‌های ماسه‌ای (ماسه‌های بادی) مرتبط با بخش فوقانی ناحیه پشت کناره در بخش‌های دور از دریای امروزی (در بخش‌های دور از ساحل امروزی در مجاورت تولم‌شهر و صومعه‌سرا؛ شکل‌های ۱ و ۳۴) نشان‌دهنده بالا بودن سطح آب دریا و کناره‌های دیرینه^۱ در گذشته می‌باشد. در ناحیه مورد مطالعه، دون‌های ماسه‌ای دیرینه (کناره دیرینه ۱) در نزدیکی شهر صومعه‌سرا، ناحیه پشت کناره دیرینه ۱ (کناره دیرینه ۲) در مجاورت شهر آب‌کنار و ناحیه پشت کناره دیرینه ۲ (کناره دیرینه ۳) در شمال تالاب انزلی، نشان‌دهنده بالا بودن سطح آب در گذشته و پسروی سطح آب دریای خزر از گذشته به عهد حاضر می‌باشد (شکل ۳۶). با نزدیک شدن به عهد حاضر و روند کلی پایین‌آمدن نسبی سطح آب دریا (همراه با چرخه‌های نوسانی کوتاه‌مدت بالاآمدگی و پایین‌افتادگی سطح آب) از زمان گذشته به زمان حال، یک روند جابجایی رخساره‌ها و خط کناره^۲ (خط ساحلی) به سمت دریا نمایان شده است (شکل ۳۷). شواهد سه سدکناره‌ای (نهشته‌های کناره) از زمان گذشته به عهد حاضر (به ترتیب در مجاورت شهر صومعه‌سرا، مجاورت شهرستان آب‌کنار و بخش شمالی تالاب انزلی) نشان‌گر

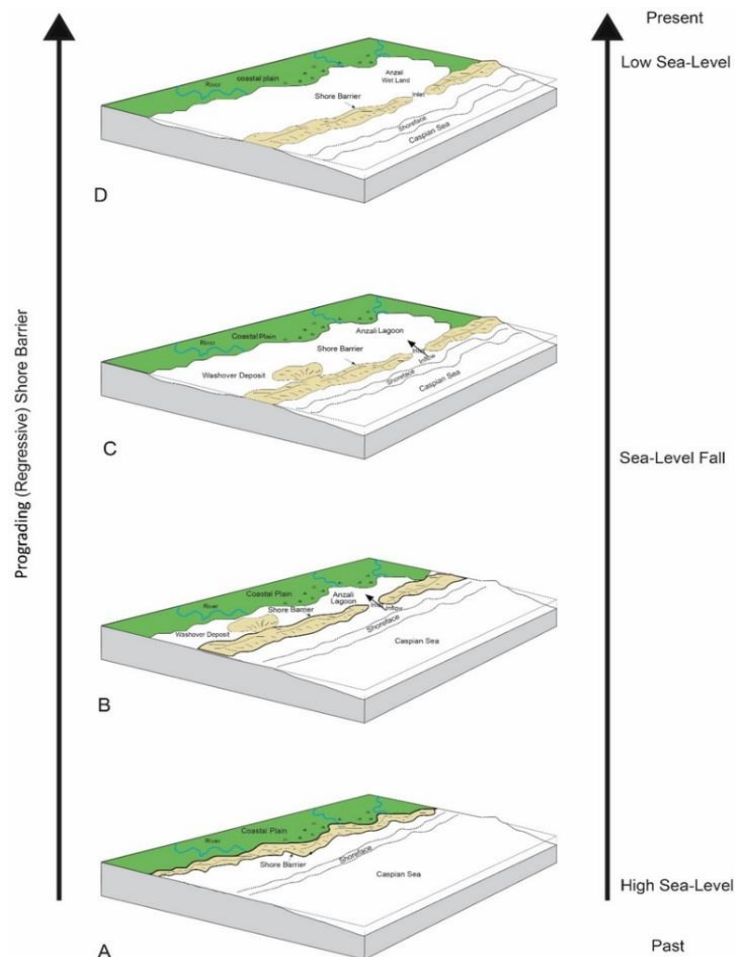
³Strand plain

¹Paleo-shore

²Progradation-regression



شکل ۳۶. محیط‌های رسوبی عهد حاضر شناسایی شده در ناحیه مورد مطالعه
 Fig. 36. Identified recent depositional environments in the studied area



شکل ۳۷. روند جابجایی رخساره‌های سدکناره‌ای و خط ساحلی به سمت دریا از زمان گذشته به عهد حاضر؛ A- سطح بالای آب و اتصال سد کناره‌ای به دشت ساحلی. B- آغاز پایین‌افتادگی کلی سطح آب همراه با چرخه‌های کوتاه‌مدت بالاآمدگی سطح آب، ایجاد لاگون در پشت سدکناره‌ای و جابجایی سد به سمت دریا. C- توسعه لاگون انزلی همراه با ادامه پایین‌افتادگی سطح آب. D- سطح پایین آب و عدم ارتباط آب دریا با لاگون و تبدیل محیط لاگون به تالاب در عهد حاضر.

Fig. 37. Progradation/regression of the shore barrier and shoreline from the past to the present. A- The high sea-level and the connection of shore barrier to the coastal plain. B- The beginning of the major sea-level fall along with short-term cycles of sea-level rise, creating a lagoon behind the shore barrier and barrier progradation towards the sea. C- The development of Anzali lagoon along with the continued sea-level fall. D- The low sea-level and lack of connection between the sea water and the lagoon and the transformation of the lagoon environment into a wetland in the present.

References

- Ardebili, L. (2005) The geochemical study of the Anzali wetland sediments from point of view of environmental geology. Master of Science thesis, Bu-Ali Sina University, 95 p.
- Cowan, G. I. (1995) Wetland regions of South Africa. In: Cowan, G. I., (Ed.), wetlands of South Africa. Department of Environmental Affairs and tourism, Pretoria, 21-31.
- Cowell, P. J., Kinsela, M. A. (2018) Shoreface controls on barrier evolution and shoreline change. In: More, L. J., Murray, A. B., (Eds.), barrier dynamics and response to changing climate. Springer, 243-275.
- Dolan, R., Hayden, B. P., May, P., May, S. K. (1980) The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and Beach*, 48: 22-29.
- Ebrahimi Pargou, A., and Darvishi Khatooni, J. (2022) Sedimentary geochemistry and environmental pollutants report of the Bandar-e Anzalimap 1/50000. Geological Survey of Iran, 117p.
- Folk, R. L. (1974) Petrology of sedimentary rocks. Hemphill publishing company, Texas, 182p.
- Gonenc, I. E., Wolfin, J. P. (2004) Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development. Boca Raton, Florida: CRC Press, 528 p.
- Gore, A. J. P. (1983) Introduction. In: Gore, A. J. P., (Ed.), ecosystems of the world 4A: mires: swamp, bog, fen and more, general studies. Elsevier, Amsterdam, 1-10.
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., Berberian, M. (2002) Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophysic Journal International*, 148: 214-245.
- Karimkhani, A. (2013) Introducing characteristics of sedimentology and modeling of sedimentary environments Anzali Wetland. Geological Survey of Iran Report, 102 p.
- Karimkhani, A., Behbahani, R. (2017) South Caspian Basin marine geology with emphasis on sedimentology, depositional environment and organic geochemistry. Research Institute of Earth Sciences, Geological Survey of Iran, 214 p.
- Kennish, M. j., Paerl, H. W. (2010) Coastal lagoons: critical habitats of environmental change. In: Kennish, M. J., Paerl, H. W., (Eds.), Coastal lagoons: critical habitats of environmental change. CRC Press, Taylor and Francis Group, London, New York, 1-16.
- Koriche, S. A., Singarayer, J. S., Cloke, H. L., Valdes, P. J., Wesselingh, F. P., Kroonenberg, S. B., Wickert, A. D., Yanina, T. A. (2022) What are the drivers of Caspian Sea level variation during the late Quaternary?. *Quaternary Science Reviews*, 283: 1-19.
- Krijgsman, W., Tesakov, A., Yanina, T., Lazarev, S., Danukalova, G., Van Baak, C. G. C. (2019) Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: interbasinal connectivity and faunal evolution. *Earth Science Review*, 188: 1-40. doi: 10.1016/j.earscirev.2018.10.013.
- Mcbride, R. A., Anderson, J. B., Buynevich, L. V. (2013) Morphodynamic of barrier systems: a synthesis. In: Shroder, J., F., (Ed.), Treatise on geomorphology, coastal geomorphology, San diego academic Press, Elsevier, 10: 166-244.
- Miall, A. D. (2013) Fluvial depositional systems. Springer, Switzerland, 316p.
- Morales, J. A. (2022) Coastal geology. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment, Switzerland, 463p.
- Nichols, G. (2009) Sedimentology and stratigraphy, 2nd edition, Blackwell Science, Chichester, UK, 432p.
- Powers, M. C. (1953) A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 23: 117-119.
- Reading, H. G. (2013) Introduction. In: Reading, H. G., (Ed.), sedimentary environments, processes, facies and stratigraphy. 3rd ed., Wiley-Blackwell Science, Oxford, 1-5.
- Reading, H. G., Collinson, J. B. (2013) Clastic coasts. In: Reading, H. G., (Ed.), sedimentary environments, processes, facies and stratigraphy. 3rd ed., Wiley-Blackwell Science, Oxford, 154-231.
- Selly, R. C. (1996) Ancient sedimentary environments and their sub-surface diagnosis. 4th ed., Chapman and Hall, London, 300p.
- SPM (short protection manual) (1984) Department of the US army corps of engineers, Coastal Engineering Research Center, Washington, 1: 650p.
- The gazetteer of rivers in Iran (Caspian Sea watershed) (2003) Geographical Organization of the armed forces, 344 p.
- Yanina, T. A. (2014) The Ponto-Caspian region: environmental consequences of climatic change during the Late Pleistocene. *Quaternary International*, 345: 88-99. doi: 10.1016/j.quaint.2014.01.045.

Sedimentary components, investigation of facies and depositional environments of Bandar-Anzali area

R. Behbahani^{*1}, Gh. R. Hosseinyar¹, A. Ebrahimi¹, A. Feyzi Rad¹ and Sh. Parsinejad²

1- Marine Geology Office, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran, Iran

2- Western Caspian Mineral Exploration and Geology Management, Rasht, Iran

* rezabehbahani30@yahoo.com

Received: 2024.6.18 Accepted: 2024.10.16

Abstract

In this research, the facies and marine, coastal and continental depositional environments have been investigated in southern part of the south Caspian Basin (middle part of the Gilan province; Bandar-e Anzali area). In this study, seventy-one surface sediment samples were taken unsystematically from three hundred and twelve recorded points in the shallow areas of the Caspian seabed and surrounding land. Four sediments types, slightly gravelly sandy Mud, slightly gravelly muddy Sand, slightly gravelly Sand and gravelly Sand constitute the largest percentage of all components. Based on X-ray diffraction studies, the sediments are composed of calcite, quartz, feldspar, mica and smectite. The components are classified into two categories: clastic (quartz, feldspar, mica, rock-fragment and clay minerals) and organic-biogenic (plant debris, marine and non-marine organisms (ostracoda, bivalves and Gastropoda)). In general, sedimentation has been done in three areas: land (continental), transition (shore) and marine. The land part composed of the fluvial system (active channel, point bar, flood plain and crevasse splay), coastal plain, wetland, paleo-lagoon, marsh and washover deposits. The transitional and marine parts composed of the shore barrier and the shoreface, respectively. The shore barrier sequence consists of foreshore, backshore and shore dune ridges. Non-marine bioclasts (such as non-marine bivalves *Monodancacaspia* and *Dreissea polymorpha* and non-marine gastropods such as *Lymnaeidae* sp.) in wetland/lagoon, marsh environments and washover deposits and marine bioclasts (such as bivalves *Cerastoderma glaucum*) has been observed in the washover deposits, shore (shore barrier sequence) and shoreface environments. The sea-level fluctuations (the general trend of the relative sea-level fall along with the short-term fluctuating cycles of sea-level rise and fall), cause the shifting of the facies and shoreline towards the sea (progradation/regression) from the past to the present.

Keywords: Surficial deposit, Sediment type, Fluvial system, Marine zone, Sea-level fluctuation

Introduction

Study of the sediments of modern depositional environments such as shallow and deep marine parts (shoreface and offshore), shoreline, coastal plain and fluvial systems, valuable information for accurate identification and separation of paleomarine, coastal and continental environments. In this research, Bandar Anzali area has been investigated for sedimentology, identification of sedimentary facies and depositional environments in the middle part of the Gilan province. The studied area is located in the southern part of the South Caspian basin and in the Alborz structural zone. In this research, Bandar-e Anzali's geographical coordinates (37° 29' 59" N and 49° 14' 59" E (northwest margin); 37° 29' 59" N and 49° 29' 57" E (northeast margin); 37° 14' 52" N and 49° 29' 59" (southeast margin), and 37° 14' 54" N and 49°

14' 59" E (southwest margin)) has been investigated.

Method and materials

In this research, seventy-one surface sediment samples were taken unsystematically from three hundred and twelve recorded points in the shallow areas of the Caspian seabed and surrounding land for sedimentology studies (particle size, mineralogical composition (thirty-five samples), sediment constituent, sediment type, sphericity, roundness and sedimentary facies) by Van Veen Grab (marine and wetland samples) and shovel (land samples). The samples were analyzed by Vibratory sieve shaker (Fritsch-analysette 3 Pro) (for particles above 63 microns) in the sedimentology laboratory of the Geological Survey of Iran (GSI). Folk's method (Folk, 1974) was used to determine the sediment type. Morphoscopic and morphometric studies

have been carried out using a Nikon microscope (model SMZ 1500) in the range of sizes from 2 mm to 125 microns. X-Ray diffraction measurement to identify the mineralogical composition on bulk samples (thirty-five samples) has been done by X-ray diffractometer Siemens model (D5000) (voltage 40 kV, current intensity 30 milliamperes, copper cathode lamp and 2-Theta angle 4 -70 A°) in GSI.

To determine the roundness and sphericity of clastic particles, Powers (1953) comparative chart was used for sand-sized particles. In addition, the prepared thin sections (22 samples) were studied to accurately determine the rock-fragment types. Also, to identify the sedimentary facies, the parameters of the diversity of the sediments, Mean dominant particle size, sorting, color, the sediment type and the major constituents have been considered. According to the field observations, identified sedimentary facies and the position of the sedimentary units in the sequence (compared with the upper and lower units), the depositional environments have been determined.

Results and discussion

Major sedimentary components are composed of sand and mud size particles. Four sediments types, slightly gravelly sandy Mud, slightly gravelly muddy Sand, slightly gravelly Sand and gravelly Sand constitute the largest percentage of all components. Based on X-ray diffraction studies, the sediments are composed of calcite, quartz, feldspar, mica and smectite. The components are classified into two categories: clastic (quartz, feldspar, mica, rock-fragment and clay minerals) and organic-biogenic (plant debris, marine and non-marine organisms (ostracoda, bivalves and Gastropoda)). The studied sediments have a wide range of rounded, semi-rounded to semi-angular clastic particles. Very few sedimentary structures (very low angle stratification, cross lamination and truncation surface) have been observed. In general, sedimentation has been done in three areas: land (continental), transition (shore) and marine. The land part composed of the fluvial system (active channel, point bar, flood plain and crevasse splay), coastal plain, wetland, paleo-lagoon, marsh and washover deposits. The transitional and marine parts composed of the shore barrier, and the shoreface, respectively. The shore barrier sequence consists of foreshore, backshore and shore dune ridges. The large amount of sand-gravel size particles, microtidal regime, the slow relative sea level rise are the primary and important conditions for the shore barrier formation. Rock-fragments are one of the

dominant components in all identified environments. In addition, plant debris are the main constituents in floodplain, crevasse splay, wetland/lagoon and marsh environments. Also, non-marine bioclasts (e.g. non-marine bivalves *Monodanca caspia* and *Dreissea polymorpha* and non-marine gastropods such as *Lymnaeidae* sp.) in wetland/lagoon, marsh environments and washover deposits and marine bioclasts (e.g. bivalves *Cerastoderma glaucum*) has been observed in the washover deposits, shore (shore barrier sequence), and shoreface environments. The sea-level fluctuations (the general trend of the relative sea-level fall along with the short-term fluctuating cycles of sea-level rise and fall), cause the shifting of the facies and shoreline towards the sea (progradation/regression) from the past to the present.

Conclusion

Field observations and facies analysis of various deposits in the studied areas indicate their deposition in a wide range of environments, including the meander river system (active channel, point bar and overbank areas (flood plain and crevasse splay), coastal plain, wetland (present time)/lagoon (past time), washover areas, shore (foreshore, backshore paleo-backshore) and shoreface.

Coastal plain, active channel, point bar are mainly composed of rock-fragments. Flood plain and crevasse splay are mainly made of rock-fragments and plant debris. Paleolagoon/wetland and marsh environments are mainly composed of rock-fragments, plant debris and non-marine bioclasts (ostracoda, bivalves and gastropoda). Meanwhile, The washover deposits are mainly composed of rock-fragments, plant debris and non-marine/marine bioclasts (ostracoda, bivalves and gastropoda) and foreshore, backshore and shoreface areas are mainly made of rock-fragments and marine bioclasts (bivalves, gastropoda and ostracoda).

The presence of shore deposits (such as sand dunes (aeolian sands)) associated with the upper part of the backshore area in the parts far from the recent sea (in the parts far from the recent coast) indicates that the sea level is high stand in the past time. The general trend of the relative sea level falling (along with short-term fluctuating cycles of sea level rising and falling) from the past to the present, a trend of facies shifting and the shore line towards the sea has been revealed. The evidences of four shore barriers (shore deposits) have been observed from the past to the present time.