

ارتباط دینامیک امواج و جهات توزیع ماسه در کرانه دریای خزر (محدوده رودخانه های بابلرود و هراز)

مجتبی یمانی^{۱*}، قاسم لرستانی^۲ و سمیه عمادالدین^۲

۱-دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۲-دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۴/۱۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۶

چکیده:

ماسه های ساحلی عموماً منشا رودخانه ای داشته و تحت تاثیر دینامیک امواج و حرکات آب دریا در طول خط ساحلی توزیع می گردند. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش بخش میانی خط ساحلی دریای خزر در محدوده رودخانه های هراز و بابلرود به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر می باشد. هدف از این تحقیق بررسی راستای توزیع ذرات ماسه و حجم جابجایی های آن در طول خط ساحلی مورد مطالعه است. برای دستیابی به این هدف از داده های باد، دبی و رسوب رودخانه ها و نیز نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی به عنوان ابزار ها و داده های اصلی پژوهش استفاده شده است. علاوه بر این طی کارهای میدانی بیش از ۲۰ نمونه از ماسه های خط ساحلی برداشت شده و با استفاده از تکنیک دانه سنجی در قالب نرم افزار Gradistat 4.0 بین قطر ذرات و ویژگی های امواج به روش تحلیلی ارتباط برقرار شده و راستا و حجم جابجایی ذرات ماسه در طول خط ساحلی تعیین شده است. برای کنترل نتایج از مدل تانک موج برای مقایسه میزان جابجایی ماسه در منطقه شستشوی موج استفاده شد. همچنین برای ارزیابی جهت حرکت ماسه به موازات خط ساحلی با رنگ نمودن نمونه های ماسه در سایت های منتخب، میزان توزیع آنها در امتداد خط ساحلی توسط امواج کنترل گردید. نتایج نشان می دهد که راستای غالب امواج به ترتیب از جهات غرب، شمالغرب و شمال موجب توزیع و جابجایی ماسه ها به سمت شرق شده و به نسبت فاصله از مصب رود ها میانگین قطر ذرات ماسه کوچکتر می شود. عواملی همچون دبی، دبی رسوب و مقاومت سازندهای حوضه های آبخیز منتهی به خط ساحلی به طور مستقیم در حجم نقل و انتقالات ماسه در امتداد خط ساحلی تاثیر گذارند.

واژگان کلیدی: دریای خزر، ماسه ساحلی، موج، ژئومورفولوژی ساحلی، دینامیک دریا.

مقدمه:

وزش باد بر روی سطح دریا منجر به پیدایش امواج سطحی می‌گردد. این امواج عاملی مهم در تعیین هندسه و پروفیل خط ساحل به شمار می‌آیند. عدم آگاهی از مشخصات امواج و چگونگی تاثیر آن بر نحوه انتقال رسوب، رسوب گذاری و فرسایش خط ساحلی موجب می‌شود تا طراحی سازه های دریایی در کرانه با سعی و خطای زیاد همراه شده و نهایتاً منجر به صرف هزینه های هنگفتی گردد. بدیهی است یکی از موضوعات مهم در مهندسی و طراحی سازه های ساحلی و موج شکن ها دانستن راستا و حجم نقل و انتقال ذرات ماسه توسط موج و جریانهای ساحلی در امتداد خط ساحلی می باشد. بنابر این به واسطه اهمیت موضوع و تاثیر این پدیده بر فعالیت های انسانی و اقتصادی تحقیقات بی شماری در سطح جهانی صورت گرفته است. در سیر رو به پیشرفت مطالعه فرایند دینامیک امواج و نحوه انتقال رسوب می توان به تحقیقات صورت گرفته توسط سورداپ و مانک (۱۹۴۷)، هاسلمن و هاسلمن (۱۹۸۵)، اشناپدر و همکاران (۱۹۸۱)، کومن و همکاران (۱۹۹۴) اشاره نمود که به روند تکامل مدل سازی موج و پیش بینی نحوه برخورد امواج با ساحل کمک شایانی نمودند.

از نخستین کارهای انجام شده در بخش دولتی ایران می توان به مدل سازی امواج دریا های ایران توسط سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۸۷) اشاره نمود که با مطالعه مکان یابی بویه امیرآباد نکا، نوشهر و انزلی، داده های مورد نیاز مدلسازی امواج در دریای خزر جمع آوری شد و سپس با استفاده از مدل های نرم افزاری موج ناشی از میدان باد گسترده بر روی دریای خزر محاسبه گردید و نتایج آن در دو مجلد در سال ۱۳۸۷ به چاپ رسیده است. لازم به ذکر است مطالعاتی که توسط

شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی با همکاری شرکت برد کانادا و همچنین شرکت پرگاسیران در سال ۱۳۷۳ انجام شده در این راستا بوده است. در بخش غیر دولتی پایان نامه های دانشجویی کارشناسی ارشد گروه های فیزیک دریا اسماعیلی (۱۳۷۲) و نیک پسند (۱۳۷۲) در مورد پیش بینی موج در دریای عمان و خلیج فارس و لاری (۱۳۷۶)، یحیایی میلانی (۱۳۷۷)، ثابت عهد جهرمی (۱۳۷۸)، ریاضی (۱۳۷۸)، افشار (۱۳۸۱)، لایقی (۱۳۸۲)، حاج بابایی (۱۳۸۲) و غیره به بررسی پیش بینی الگوهای امواج دریای خزر با استفاده از مدل های مختلف و یافتن بهترین مدل به همراه پیش بینی الگوی فرسایش و رسوب گذاری مبادرت نمودند. از بین تحقیقات مذکور یحیایی میلانی (۱۳۷۷) به بررسی امواج و فرایند انتقال آب و رسوب در سواحل ایرانی دریای خزر، جهت نرخ انتقال اصلی رسوب را در ساحل انزلی تا آستارا به سمت غرب و به تدریج از نوشهر به سمت بندر ترکمن را به سمت شرق تبیین نمود. عاشور و همکاران (۱۳۸۳)، با بررسی انتقال رسوب در سواحل نکا به این نتیجه رسیدند که وجود پتانسیل رسوب در جهت غرب به شرق در منطقه نکا جریان دارد. لشته نشایی و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی پتانسیل انتقال رسوب در آستارا تا نواحی شرق گیلان دریافتند که نرخ انتقال رسوب ساحلی در این مناطق از غرب به شرق کاهش می یابد. یگانه بختیاری و محمدیان (۱۳۸۶) با بررسی اثر نوسانات سطح آب دریا بر روی میزان انتقال رسوبات در بندر انزلی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور پرداختند و در نهایت ارومیه ای و کریم خانی (۱۳۸۷) به ارزیابی توان فرسایش پذیری و رسوبگذاری در محدوده بندر انزلی پرداخته و عوامل سنگ شناسی و پوشش گیاهی

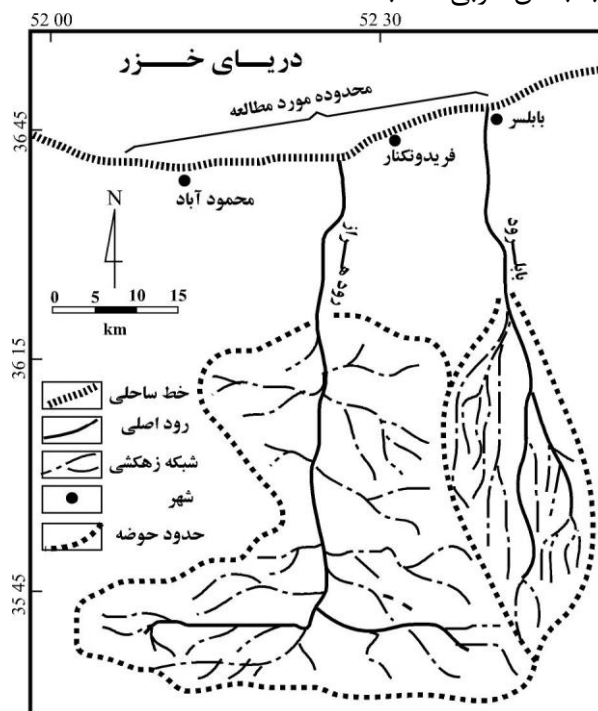
رودخانه های هراز و بابلرود نسبت به بخش شرقی آن بسیار بارزتر می باشد.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در مختصات طول جغرافیایی $52^{\circ}10'$ تا $52^{\circ}40'$ شرقی و $35^{\circ}30'$ تا عرض حدود $36^{\circ}43'$ شمالی قرار دارد. این منطقه در استان مازندران و به صورت نوار باریکی از خط ساحلی بابلسر تا شرق فریدونکنار را به طول ۴۶ کیلومتر شامل می شود. رودخانه های بابلرود و هراز مهم ترین رودخانه هایی هستند که در ساحل مورد مطالعه به دریای خزر می ریزند (شکل ۱).

را در انتقال رسوب در منطقه مهم تر از سایر عوامل قلمداد نموده است.

با توجه به مطالعاتی که از سوی محققین مختلف در ارتباط با این موضوع انجام گرفته است در این تحقیق نیز مسئله اصلی نحوه تاثیر گذاری امواج بر روی میزان و جهت نقل و انتقال ذرات ماسه در امتداد خط ساحلی مورد مطالعه می باشد. مشاهدات انجام شده طی کار های میدانی مقدماتی و اختلافات موجود در مورفولوژی و ویژگی های رسوبات امتداد خط ساحلی مورد مطالعه این فرضیه را تداعی می کند که عوامل دیگری به جز امواج در تراکم ماسه ها و ناهمگونی های موجود در امتداد خط ساحلی نقش دارند. این ناهمگونی در بافت رسوب بخش غربی مصب



شکل ۱ - موقعیت محدوده مورد مطالعه

برای تعیین حدود کلی و نیز نقشه های $1/50000$ برای استخراج حوضه های آبریز منطقه، به همراه نقشه زمین شناسی $1/250000$ برای تعیین میزان حساسیت به فرسایش و رسوب استفاده شده است. علاوه بر این نرم افزار ها و مدل های ریاضی ابزار های اصلی پژوهش را تشکیل داده اند.

داده ها و روش ها

تحقیق عمدتاً بر پایه یک روش تجربی استوار بوده است که طی آن داده های اندازه گیری شده در روی زمین و نمونه برداری ها به روش های آزمایشگاهی و تجربی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. از نقشه های توپوگرافی $1/250000$

حاصله و نیز داده های خام توسط نرم افزار Gradistat 4.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

علاوه بر نمونه برداری و انجام کارهای آزمایشگاهی، در پیمایش میدانی، برای بررسی بیشتر در دوبخش متفاوت از محدوده مورد بررسی و با توزیع زمانی یک ماهه برای هر بخش حدود نیم متر مکعب از ماسه به رنگ قرمز رنگ آمیزی شده و در محل رفت و برگشت موج در ۳ ایستگاه منتخب توزیع گردید. سپس در فاصله زمانی ۲۴ ساعته میزان توزیع جانبی آنها توسط امواج بررسی و میانگین گیری شد. همچنین برای بررسی نحوه حرکت عمودی امواج، از روش تانک موج برای اندازه گیری میزان رسوبات در زمان حرکت موج به کرانه و برگشت آن با تعمیم آن به کل خط ساحلی مورد مطالعه بهره گرفته شد. در نهایت با در نظر گرفتن داده ها و روش های فوق و نیز با بررسی راستا، ارتفاع، دوره، فراوانی و پراکنندگی فصلی موج در سواحل و تجزیه و تحلیل داده های مذکور، راستای نقل و انتقال ماسه در طول خط ساحلی مشخص شده است.

بحث و نتایج

دینامیک رودخانه و میزان دبی و رسوب دهی آن در میزان فراوانی توزیع ذرات ماسه در خط ساحلی دریا نقش اساسی داشته و فرایندهای دینامیکی دریا، راستای حرکت ذرات ماسه در خط ساحلی را کنترل می نماید.

برای بررسی میزان نقل و انتقال ماسه به محدوده ساحلی و نیز تاثیر دبی رود بر قطر ذرات ماسه، داده های دبی و رسوب حوضه های رودخانه ای از سازمان تحقیقات طرح جامع آب کشور اخذ و با انجام پردازش آماری بر روی داده های مذکور، توان آب دهی و رسوب زایی حوضه های رودخانه ای مورد سنجش قرار گرفت. ارزیابی زمین شناسی منطقه نیز برای شناخت میزان حساسیت عامل سنگ شناسی و کمیت تولید رسوب در هر یک از حوضه های رودخانه ای انجام شد. برای بررسی نحوه تاثیر دینامیک امواج بر پراکنش ذرات ماسه در محدوده خط ساحلی مورد مطالعه، داده های سرعت و جهت باد روزانه ایستگاه سینوپتیک بابلسر (۲۰۰۶-۱۹۵۱) به عنوان عامل اصلی ایجاد موج تهیه شده است. سپس با تصحیح و پردازش اطلاعات باد طی سال های مذکور با استفاده از ضرایب آئین نامه حفاظت سواحل (ساجدی، ۱۳۸۱) گل باد های منطقه و نیز گل موج ها ترسیم گردید. همچنین با محاسبه داده مربوط به امواج دوراً^۱، ارتفاع امواج با دوره های متفاوت برآورد شد.

برای بررسی ارتباط قطر ذرات ماسه و توزیع آنها در امتداد خط ساحلی، ۲۰ نمونه ماسه از امتداد خط ساحلی برداشت شده و با ثبت مکانی نمونه برداری با دستگاه GPS موقعیت آنها بر روی نقشه انتقال داده شد. برای این منظور سعی شده است حتی الامکان نمونه ها در شرایط یکسان برداشت شده و محل نمونه برداری درست از محل برگشت شستشوی امواج^۲ انجام گیرد. در گام بعدی نمونه های منتخب به آزمایشگاه منتقل شده و با تکنیک گرانولومتری طبقه بندی بافت ذرات ماسه توسط دستگاه شیکر^۳ انجام گردید. در نهایت نتایج

1- Swell

2- Back wash

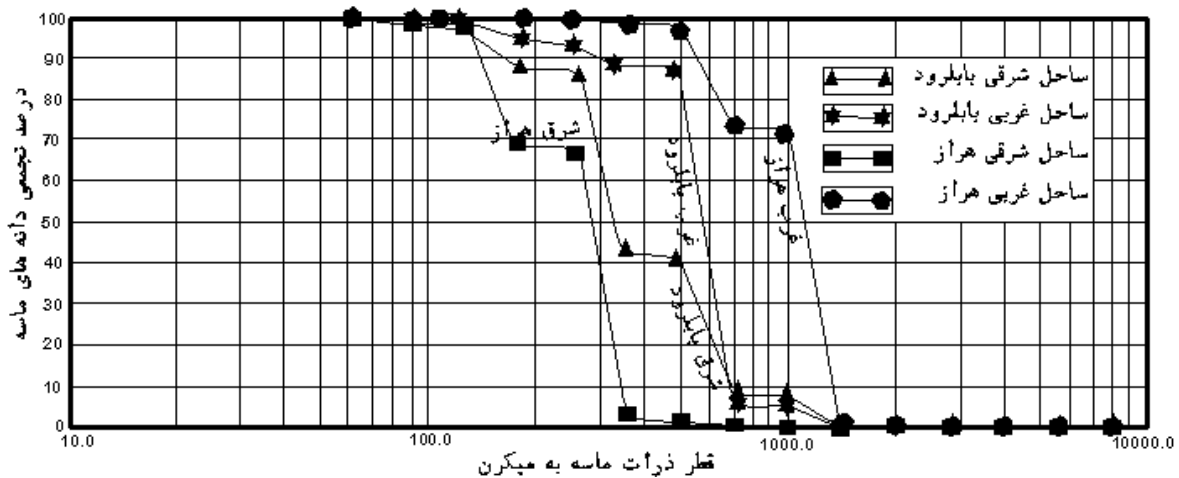
3- Shaker

توزیع ذرات ماسه

در این مطالعه اندازه گیری و محاسبات مربوط به قطر ذرات ماسه با انجام نمونه برداری ذرات ماسه به فاصله ۲۰۰ متری مصب اصلی از ساحل شرقی و غربی رودخانه های هراز و بابلرود و با استفاده از نرم افزار Gradistat 4.0 صورت گرفته است. این نرم افزار توسط سیمون بلات، ارتقاء یافته است که در آن به آنالیز اندازه ذرات با محاسبه شاخص های آماری مد، میان، قطر ذرات و توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش های ریاضی، هندسی، لگاریتمی و روش فولک و وارد (۱۹۵۷) جهت محاسبه میانگین، میزان جورشدگی، چولگی و کشیدگی ذرات برحسب میکرون و فی می پردازد و از روش ادن (۱۹۱۴) و ونت ورث (۱۹۲۲) برای طبقه بندی اندازه ذرات استفاده می کند تا جایگاه

نمونه های منتخب در طبقه بندی اندازه ذرات معین شود.

در ادامه به بررسی قطر ذرات ماسه و فراوانی آن به همراه آنالیز تحلیلی از محاسبات آماری انجام گرفته در نرم افزار فوق الذکر، به تفکیک در سواحل شرقی و غربی حوضه های رودخانه ای مورد مطالعه پرداخته شده است. در این تقسیم بندی به دلیل آنکه محل نمونه برداری با فاصله از مصب رودهای اصلی منطقه بوده لذا ساحل شرقی و غربی بابلرود در منطقه بابلسر به عنوان نماینده حوضه بابلرود در نظر گرفته شده و سپس فریدونکنار به عنوان ساحل شرقی و نیز ساحل محمودآباد به عنوان ساحل غربی حوضه هراز مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج توزیع فراوانی ذرات ماسه و نمودار گرانولومتری این مناطق به شرح جدول ۱ و شکل ۲ آمده است.



شکل ۲- فراوانی قطر ذرات در نمونه های ماسه سواحل مورد مطالعه

۱- متوسط قطر ذرات در نمونه های ماسه ای محدوده مورد مطالعه

نام حوضه	حوضه بابلرود		حوضه هراز	
	میانگین قطر ذرات ساحل شرقی از مصب اصلی رودخانه به دریا (درصد)	میانگین قطر ذرات ساحل غربی از مصب اصلی رودخانه به دریا (درصد)	میانگین قطر ذرات ساحل شرقی از مصب اصلی رودخانه به دریا (درصد)	میانگین قطر ذرات ساحل غربی از مصب اصلی رودخانه به دریا (درصد)
مکان نمونه قطر ذرات به میکرون				
۲۰۰۰ و بیشتر	-	۰/۵	-	-
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۹/۱	۱۶/۸	۰/۲	۷/۱
۵۰۰-۱۰۰۰	۳۴/۳	۴۹	۳/۸	۲۶/۶
۲۵۰-۵۰۰	۴۳/۶	۲۹/۶	۶۱/۶	۱/۸
۱۲۵-۲۵۰	۸/۲	۴	۳۱/۳	۰/۵
۶۳-۱۲۵	۴/۸	۰/۰۴	۳/۱	۰/۰۱

دبی و رسوب دهی رودخانه ها

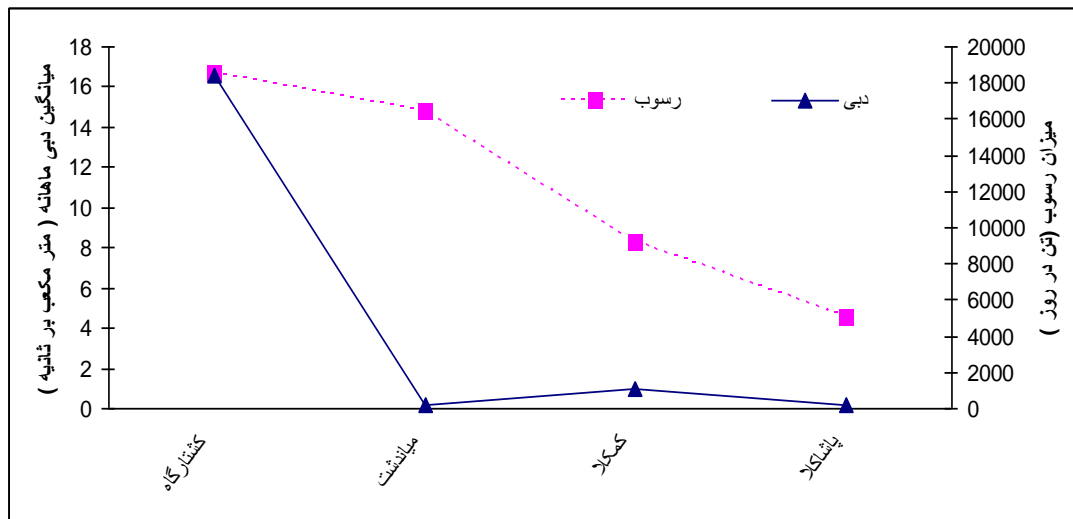
برای شناخت چگونگی آب دهی و کمیّت رسوب در بازه های نمونه گیری از آمار دبی و رسوب حوضه های رودخانه ای بابلرود و هراز استفاده شده است. سنجش میزان دبی و رسوب در حوضه های رودخانه ای بابلرود با استناد به آمار ایستگاه های دبی و رسوب سنجی کشتارگاه، میاندشت، کمکلا و پاشاکلا در طی سال های آبی که شرح آن در شکل ۳ آمده انجام شده است. با نگاهی به آمار مذکور می توان دریافت که میانگین بیشترین دبی ماهانه حوضه آبخیز بابلرود در ایستگاه کشتارگاه بابل با آب دهی ۱۶/۶۹ متر مکعب بر ثانیه و میانگین رسوب دهی ۱۸۳۷۲ تن در روزهای با بارندگی برآورد شده که با احتساب متوسط ۱۰۷ روز بارندگی در سال میزان متوسط وزن مواد رسوبی در ایستگاه مذکور ۱۹۶۵۸۰۴ تن در سال می باشد. میانگین رسوب در سه مقطع عرضی اندازه گیری شده ۱۳۲۰ میلی گرم در لیتر اختصاص دارد. دلیل بالا بودن میزان دبی به دلیل خروج رود از کوهستان و وضعیت سیلابی آن می باشد. همچنین بالا بودن میانگین رسوب دهی

ایستگاه کشتارگاه را می توان با حساسیت بالای سازندهای اطراف ایستگاه متشکل از مارن و ماسه سنگ آهکی میوسن و کنگلومرا با افق ماسه ای و مارن سیلتی تفسیر نمود. در این منطقه میانگین کمترین دبی ماهانه به ایستگاه پاشاکلا با آبدهی ۴/۵۸ متر مکعب بر ثانیه و میانگین رسوب دهی ۱۷۳/۹۶ تن در روز با میانگین رسوب در سه مقطع عرضی اندازه گیری شده ۵۱۸/۰۴ میلی گرم در لیتر تعلق دارد.

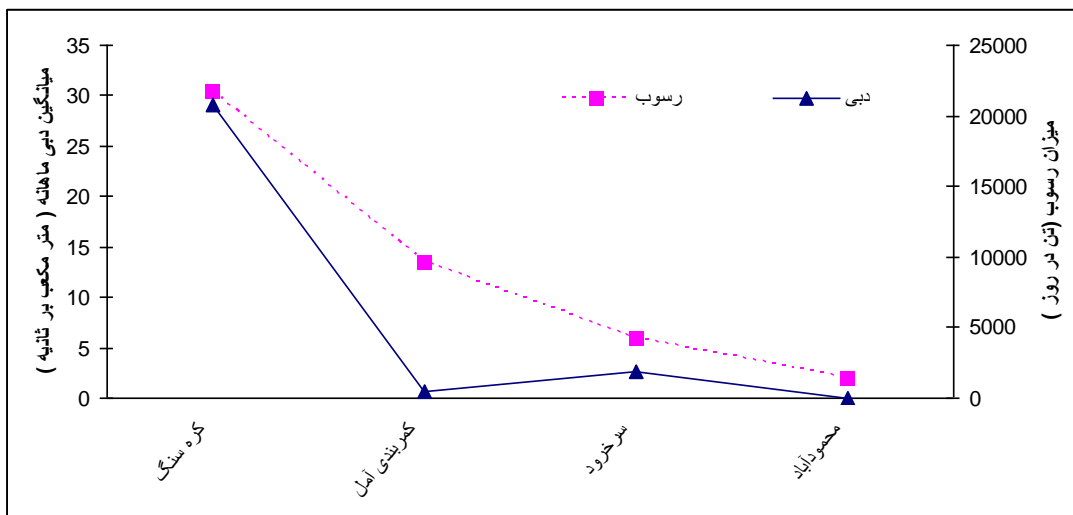
در حوضه رودخانه ای هراز از ایستگاه های دبی و رسوب سنجی کره سنگ، سرخورد، محمودآباد و کمربندی آمل استفاده شده است. داده های آماری سازمان تماب مشخص می کند که متوسط بیشترین دبی ماهانه در این حوضه به ایستگاه کره سنگ با آبدهی ۳۰/۴۲ متر مکعب بر ثانیه و میانگین رسوب دهی ۲۰۸۲۴/۸ تن در روز روزهای با بارندگی از آمار مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو به دست آمده که با احتساب متوسط تعداد ۱۰۷ روز بارندگی در سال میزان متوسط وزن مواد رسوبی در ایستگاه مذکور ۲۲۲۸۱۶۸ تن در سال بوده است. میانگین رسوب در سه مقطع

میانگین کمترین دبی ماهانه به ایستگاه محمودآباد با آدهی ۱/۹۸ متر مکعب بر ثانیه و میانگین رسوب دهی ۲۹/۹۶ تن در روز با میانگین رسوب در سه مقطع عرضی اندازه گیری شده ۱۳۹/۱۹ میلی گرم در لیتر تعلق دارد (شکل ۴). همچنین میزان دبی و رسوب ایستگاه های دبی و رسوب سنجی حوضه های مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

عرضی اندازه گیری شده ۲۰۷۱ میلی گرم در لیتر می باشد. دلیل بالابودن میزان دبی به دلیل قرارگیری ایستگاه مذکور در مسیر بارشهای اوروگرافیک (کوهستانی) می باشد. همچنین بالا بودن میانگین رسوب دهی به موقعیت مشابه قرار گیری ایستگاه کره سنگ نسبت به ایستگاه کشتارگاه و حساسیت بالای سازندهای اطراف ایستگاه مذکور مرتبط می باشد. در این منطقه



شکل ۳- میزان دبی و رسوب ایستگاه های رودخانه بابلرود (وزارت نیرو، سازمان تحقیقات طرح جامع آب، ۱۳۸۵-۱۳۴۳)



شکل ۴- میزان دبی و رسوب ایستگاه های رودخانه هراز (وزارت نیرو، سازمان تحقیقات طرح جامع آب، ۱۳۸۵-۱۳۴۳)

جدول ۲- میزان دبی و رسوب ایستگاه های دبی و رسوب سنجی در حوضه های هراز و بابلرود

رودخانه	ایستگاه	سال آبی	متوسط رسوب (تن در روز)	غلظت متوسط در مقطع اندازه گیری (میلی گرم در لیتر)	متوسط دبی ماهانه (متر مکعب بر ثانیه)
بابلرود	کشتارگاه	۱۳۴۳-۸۵	۱۸۳۷۲/۵۸	۱۳۲۰/۳۱	۱۶/۶۹
بابلرود	میاندشت	۱۳۶۵-۶۷	۲۰۸/۱۴	۲۵۲/۴۹	۱۴/۷۷
بابلرود	کمکلا	۱۳۶۱-۸۰	۱۰۸۰/۶۲	۸۸۱/۱۴	۸/۳
بابلرود	پاشاکلا	۱۳۶۸-۸۵	۱۷۳/۹۶	۵۱۸/۰۴	۴/۵۸
هراز	کره سنگ	۱۳۴۳-۸۵	۲۰۸۲۴/۸	۲۰۷۱	۳۰/۴۲
هراز	سرخرود	۱۳۶۰-۸۱	۱۸۷۸/۰۲	۱۳۸۲/۸	۵/۹۴
هراز	محمودآباد	۱۳۶۱-۶۶	۲۹/۹۶	۱۳۹/۱۹	۱/۹۸
هراز	کمربندی آمل	۱۳۶۴-۶۸	۴۶۲/۶۱	۵۵۱/۸۴	۱۳/۴

وزارت نیرو، سازمان تحقیقات طرح جامع آب، ۱۳۸۵-۱۳۴۳

کنگلو مرا با افق ماسه ای و مارن سیلتی با درجه رسوب زایی متوسط پراکنش عمده ای دارند. در پایین دست حوضه ها تا مصب رودخانه، به دلیل کاهش ناگهانی شیب و شاخه شاخه شدن، نیروی جریان کاهش یافته و قادر به حمل رسوب نمی باشد. به همین دلیل سطح زمین اکثراً از گیاه و آبرفت پوشیده شده است. با این تفاسیر می توان سرگذشت زمین شناسی مشابهی برای تمام گستره مورد بررسی قائل شد و تفاوت عمده به نحوه تاثیر گسل البرز و پهنای متفاوت جلگه ساحلی در کرانه های مورد مطالعه بر می گردد.

امواج دریا

برای مطالعه امواج و نحوه تاثیر آن بر توزیع ماسه های ساحلی ابتدا گلباد های منطقه بر اساس آمار ۵۵ ساله ایستگاه سینوپتیک بابلسر (۲۰۰۶-۱۹۵۱) ترسیم و از طریق آنها فراوانی و ویژگی ها امواج تعیین شده است. سپس بر اساس مشخصه های فیزیکی امواج و پراکنندگی فصلی آن تاثیر آنها در جابجایی ماسه های ساحلی از طریق ماسه

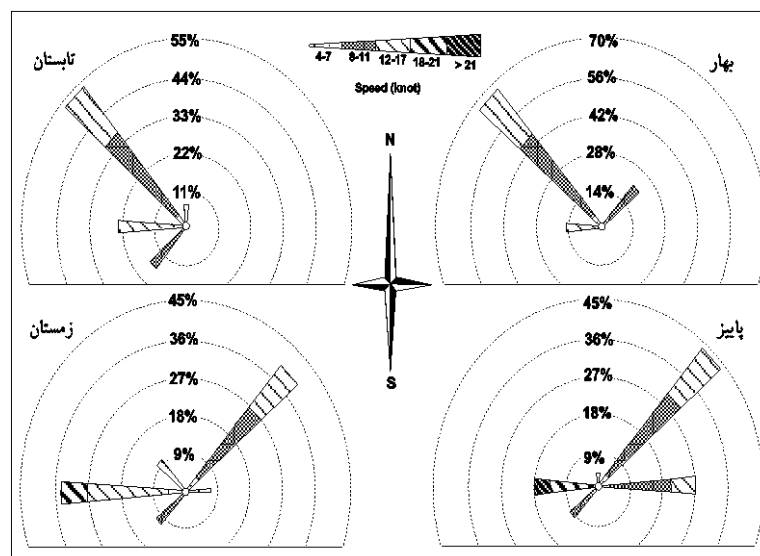
در ادامه با توجه به ارتباط موجود بین میزان رسوب حوضه با زمین شناسی و حساسیت سازندها به فرسایش به بررسی نقشه های زمین شناسی به مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ برگه های آمل و ساری پرداخته شده است. وسعت جلگه ساحلی از شرق (بابلسر) به غرب (محمودآباد) کاسته شده و آبرفت های کواترنری گستره کمتری را به خود اختصاص می دهند. تقریباً ۲۰ تا ۳۰٪ بالادست حوضه های آبخیز منطقه را شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ، کوارتزیت، کنگلومرا، رگه ها و عدسی های زغال (سازند شمشک، Js) دوره ژوراسیک به همراه سنگ آهک رسی و مارنی (سنگ آهک مبارک) و مارن و ماسه سنگ آهکی میوسن و کنگلومرا با افق ماسه ای و مارن سیلتی تشکیل می دهد. با توجه به شاخص های موجود، از نظر فرسایش پذیری و درجه رسوبزایی سنگها در رده متوسط قرار می گیرند (معمد، ۱۳۶۹). قسمت های میانی حوضه های مذکور تا ابتدای ورود رودخانه به داخل جلگه، سنگ آهک کرتاسه، مارن و ماسه سنگ آهکی میوسن و

سرعتی حدود ۵/۷ گره گزارش شده است (شکل ۵).

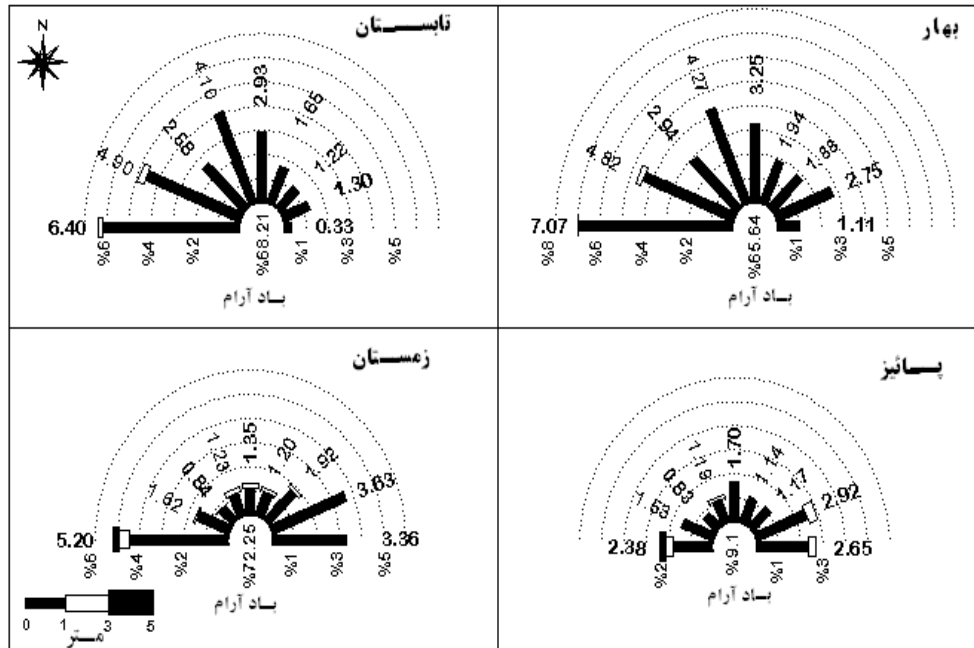
با توجه به داده های باد و تصحیح داده های آن با استفاده از ضرایب آئین نامه حفاظت سواحل (ساجدی، ۱۳۸۱) پیش بینی امواج ناشی از باد در نهایت به ترسیم گل موج های امواج ناشی از باد ثبت شده در ایستگاه بابلسر منتهی شده است. گل موج های ترسیمی نشان می دهد که در فصل بهار موج غالب از سمت غرب و بعد از آن جهت غرب و شمال غربی دارای اهمیت می باشد (شکل ۶). در این فصل حداکثر ارتفاع موج ۱/۷ متر در جهت غربی است و میزان وقوع امواج آرام ۶۵/۶۴ درصد می باشد. در فصل تابستان جهت موج غالب همچون فصل بهار غربی و پس از آن جهت غرب و شمال غرب نمود بیشتری دارد. حداکثر ارتفاع موج در فصل تابستان ۱/۳ متر در جهت غرب و میزان وقوع امواج آرام ۶۸/۲۱ درصد می باشد. در فصل پاییز جهت موج غالب شرقی و پس از آن شرق شمال شرق با مجموع ۵/۵۷ درصد با ارتفاع حداکثر ۱/۲ متر بیشترین تواتر را نشان می دهد.

های رنگ شده و مدل تانک موج کنترل شده است.

برای این منظور گلباد روزانه بادهای سریع و سالیانه در نرم افزار WRplot ترسیم شده است. از آنجا که ۴۷/۶٪ میانگین سالیانه بادهای منطقه در رده بادهای آرام با سرعت های کمتر از ۵ گره قرار می گیرد بنا بر این به دلیل عدم تاثیر آنها در حرکت ذرات ماسه در تجزیه و تحلیل داده ها این داده ها حذف شده اند. از کل باد مشاهده شده، ۵۲/۴٪ در رده بادهای با سرعت بالای ۵ گره قرار می گیرند. حداکثر سرعت بادهای غالب ماهیانه در اسفند ماه با ۶/۶ گره و حداقل آن در شهریورماه ۵ گره با میانگین سالیانه ۵/۸ گره در طی دوره ۵۵ ساله آماری گزارش شده است. بر اساس داده های مذکور باد غالب منطقه غربی است که طی مدت ۸ ماه از سال با میانگین سرعت ۶/۳ گره از این سمت می وزد. جهت باد غالب در ماههای اردیبهشت و خرداد شمال غربی بوده که با میانگین سرعت ۵/۶ گره می وزد. تنها در بهمن ماه جهت باد غالب شمال شرقی است که با



شکل ۵- گلباد فصلی ایستگاه سینوپتیک بابلسر برحسب گره (سالهای ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۶)



شکل ۶- گل موج های فصلی بابلسر بر اساس ارتفاع و فرکانس امواج باد (۱۹۵۱ تا ۲۰۰۶)

پس از این راستا جهت غربی با ۲/۳۸ درصد امواج قرار دارد و حداکثر ارتفاع امواج ۲/۴ متر می باشد. میزان وقوع امواج آرام در این فصل ۹/۱ درصد می باشد که نسبت به فصول دیگر سال حاکی از افزایش تلاطم و ارتفاع موج می باشد. فصل زمستان با جهت موج غالب غربی مشخص می شود. حداکثر ارتفاع امواج در این راستا ۲/۶ متر با ۵/۲ درصد بوقوع می باشد و پس از این راستا، در فصل زمستان امواج با جهات شرق و شمال شرق

اهمیت دارد. میزان وقوع امواج آرام در این فصل همچون فصول بهار و تابستان بالا بوده و رقمی معادل ۷۲/۲۵ درصد را نشان می دهد. در ادامه با استفاده از آمار باد ایستگاه سینوپتیک بابلسر طی سالهای ۱۹۹۹-۱۹۶۱ مشخصه های موج آبهای عمیق در یک دوره ۳۸ ساله بررسی شده و نتایج آن در جدول ۳ آمده است (حاج بابایی، ۱۳۸۲).

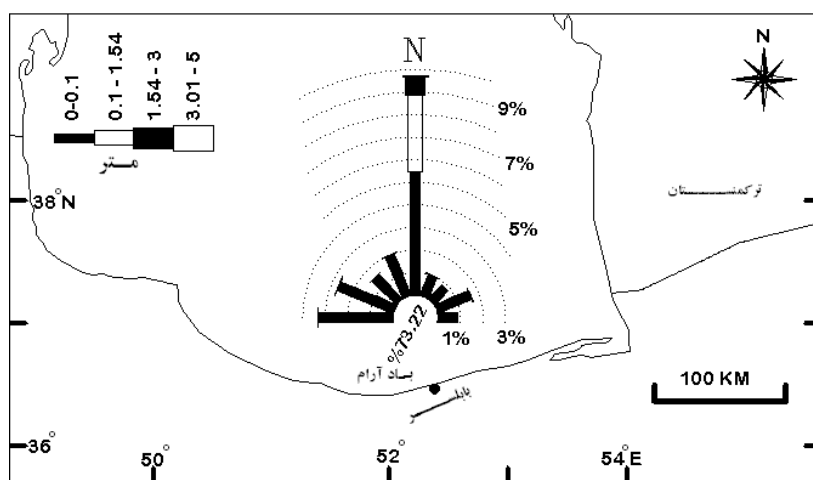
جدول ۳- درصد وقوع مشخصه های امواج دوراً در یک دوره ۳۸ ساله ایستگاه بابلسر طی سالهای ۱۹۹۹-۱۹۶۱ (حاج بابایی، ۱۳۸۲)

H(m)	۰-۰/۱	۰/۱-۱/۵۴	-۳/۰۱	-۵	۰-۵
T(s)	۰-۳	۳-۵	۵-۷	۷-۱۰	--
N	۵/۴۹	۳/۴	۰/۷۶	۰/۰۴	۹/۶۹
NNE	۱	--	--	۰/۱	۱/۰۱
NE	۰/۸۷	--	--	--	۰/۸۷
ENE	۱/۶۳	۰/۰۱	--	--	۱/۶۴
E	۰/۸۷	--	--	--	۰/۸۷

ESE	۰/۳	--	--	--	۰/۳
SE	۰/۱	--	--	--	۰/۱
SSE	۰/۲	--	--	--	۰/۲
S	۰/۲۴	--	--	--	۰/۲۴
SSW	۰/۵۱	--	--	--	۰/۵۱
SW	۰/۳۶	--	--	--	۰/۳۶
WSW	۱/۰۴	۰/۰۲	--	--	۱/۰۶
W	۳/۳۲	۰/۲	۰/۰۳	--	۳/۵۵
WNW	۲/۶	۰/۰۸	۰/۰۲	--	۲/۷۷
NW	۱/۵۳	۰/۰۳	--	--	۱/۵۶
NNW	۲/۰۱	۰/۰۱	--	--	۲/۰۲
فراوانی	۲۲/۱۴	۳/۷۵	۰/۸۱	۰/۰۵	۲۶/۷۵

آن جهات غرب و غرب شمال غرب را نشان می دهد با توجه به جدول فوق گل موج ۳۸ ساله امواج دوراً ایستگاه مورد نظر ترسیم شده است (شکل ۷).

جدول مذکور نشان از وقوع امواج دوراً با ارتفاع ۰ تا ۵ متر با فراوانی ۲۶/۷۵ درصدی در طول دوره آماری ۳۸ ساله دارد. در این دوره آماری میزان وقوع امواج آرام ۷۳/۲۵ درصد می باشد و بیشترین فراوانی امواج از راستای شمال و پس از



شکل ۷- گل موج امواج دوراً بابلسر بر اساس میانگین ۳۸ ساله ارتفاع و فرکانس امواج باد طی سالهای ۱۹۶۱-۱۹۹۹

ارتفاع امواج در این ربع در آبهای عمیق تا ۵ متر نیز می رسد. دلیل این امر افزایش طول بادگیر و

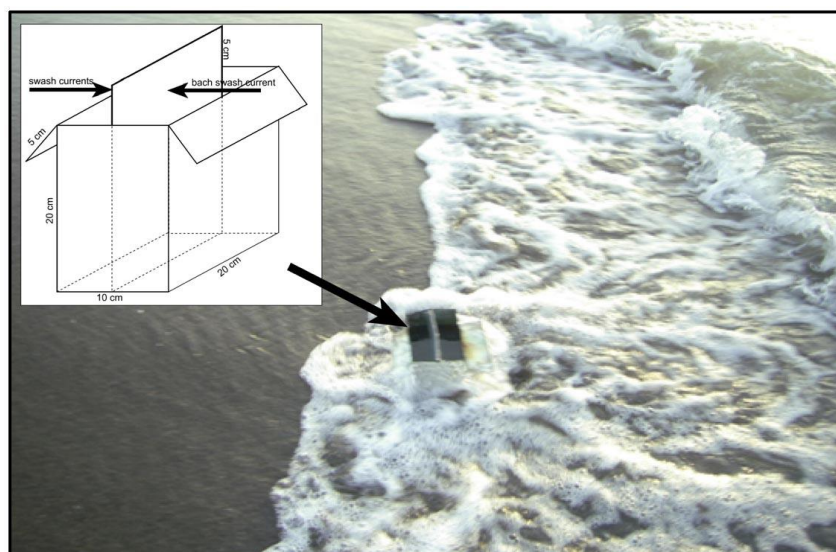
جهت غالب امواج دوراً از جهت شمال می باشد که ۹/۷ درصد فراوانی امواج را به عهده دارد و

همچنین عمق بیشتر دریا در جهت شمال نسبت به ربع غربی و شرقی می باشد.

جابجایی ماسه نتیجه جریان عمودی امواج

برای تخمین میزان حمل و نقل ماسه در نتیجه برخورد امواج با زاویه ای عمودی به ساحل، محدوده ساحلی فریدونکنار به عنوان سایت نمونه انتخاب و با استفاده از مدل تانک موج (شکل ۸) کل حجم ماسه انتقالی در زمانی ۳۰ دقیقه ای با سطح مقطعی معادل ۲۰۰ سانتیمتر مربع در زمان پیشروی موج برابر با ۰/۰۰۱۴ متر مکعب و در زمان برگشت از ساحل در همین مدت ۰/۰۰۱ متر مکعب اندازه گیری و محاسبه شده است. با توجه به حجم ماسه انتقالی در ناحیه شستشوی امواج می توان برآوردهای کامل تری از کل منطقه

تحقیق ارائه داد که شرح آن در جدول ۴ آمده است. کل حجم ماسه انتقالی در حرکت عمودی امواج در منطقه شستشوی موج در زمان پیشروی موج بر روی ساحل در کل ۴۶ کیلومتر کرانه ساحلی مورد مطالعه از بابلسر تا محمودآباد با عرض ۴ متر در طی ۲۴ ساعت شبانه روز حدود ۶۱۸۲۴۰ متر مکعب و در زمان برگشت موج از ساحل معادل ۴۲۳۹۳۶ متر مکعب برآورد می شود. بنابراین حجم ماسه جابجا شده در منطقه شستشوی امواج چشمگیر می باشد ولی به دلیل انتشار در سطح وسیعی از ساحل آثار آن محسوس نمی باشد. اندازه گیریهای انجام شده در ساحل فریدونکنار به عنوان مکان نمونه با فرض ثابت بودن شیب و ویژگیهای موج در کل کرانه مورد مطالعه تخمین زده شده است.



شکل ۸- تانک موج در محدوده حرکت موج روی ساحل (Swash) و تا لبه درون ماسه کار گذاشته شده است. ماسه های منتقل شده توسط موج به محدوده ساحلی در مخزن سمت چپ ذخیره شده و ماسه های منتقل شده توسط برگشت موج (Back wash) در مخزن سمت راست به دام می افتند. سطح مقطع تانک ۲۰۰ سانتیمتر مکعب است که به طول خط ساحلی تعمیم داده شده و حجم نقل و انتقال ماسه ها در بعد زمانی معین و در دو حالت حرکت موج اندازه گیری شده است.

جدول ۴- تخمین میزان حمل و نقل رسوب در منطقه شستشوی موج در ساحل فریدونکنار و کل محدوده

مطالعاتی

منطقه شستشوی امواج						منطقه و محدوده مورد اندازه گیری
محدوده پشروی موج به ساحل به متر مکعب			محدوده پیشروی موج به ساحل به متر مکعب			
نیم ساعت	یک ساعت	۲۴ساعت	نیم ساعت	یکساعت	۲۴ساعت	
۰/۰۴۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۶۷۲	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۴	مدل تانک موج (ساحل فریدونکنار)
۴۲۳۹۳۶	۱۷۶۶۴	۸۸۳۲	۶۱۸۲۴۰	۲۵۷۶۰	۱۲۸۸۰	کل بازه مطالعاتی ۴ در ۴۶۰۰۰ متری

به دلیل پیچیدگی عکس العمل های موج - جریان و پدیده شکست امواج و جریان برگشتی ناشی از آن، انتقال رسوب در امتداد خط ساحلی از موضوعات مهم و کاربردی است. این فرایند نقش زیادی در مورفولوژی خط ساحلی با انجام عمل فرسایش و رسوبگذاری به عهده دارد. همانگونه که بخش مواد و روش ها گفته شد، برای بررسی راستا و حجم جابجایی ماسه ها در امتداد خط ساحلی، مجموعاً حدود نیم متر مکعب از ماسه های ساحلی از هر دو سایت نمونه برداشت شده و پس از خشک نمودن با قرمز رنگ آمیزی شدند. سپس نمونه ها در ۳ مکان منتخب و در منطقه تحت شستشوی امواج قرار داده شد. هر چند حرکات پیچیده امواج، جریان های ساحلی و رودخانه ای موجب مدفون شدن بسیاری از ماسه های رنگی نمونه شد لیکن با این وجود با صرف وقت زیاد نمونه ماسه های رنگ شده پس از توزیع آنها توسط امواج در امتداد خط ساحلی به شرح داده های جدول ۵ بررسی و میزان جابجایی آنها اندازه گیری شده است.

در ادامه برآورد حجم نقل و انتقال رسوب در منطقه شستشوی موج به تفکیک حوضه های مورد مطالعه با بهره گیری از مدل تانک موج به صورت نمودار ستونی نشان داده شده است. با نگاهی اجمالی به این نمودار می توان دریافت که در مجموع حجم اسواش بیش از یک اسواش بوده و نشان از تراکم و انباشت رسوب در درازمدت دارد. به نحوی که موجبات تراکمی شدن سواحل مورد مطالعه را در شرق حوضه هراز و کل ساحل شرقی و غربی بابلرود فراهم آورده است. این در حالی است که ساحل غربی حوضه هراز در منطقه محمودآباد با فزونی یافتن حجم یک اسواش نسبت به اسواش شاهد انباشت کمتر رسوب نسبت به شرق حوضه هراز و عمیق تر بودن ساحل مذکور نسبت به سواحل مجاور هستیم.

**جابجایی رسوب در نتیجه برخورد امواج مایل
به خط ساحلی**

جدول ۵: نحوه جابجایی رسوب بر روی خط ساحلی در برخورد امواج مایل

مکان نمونه	زمان آزمون	مختصات جغرافیایی	جهت حرکت امواج در آب	نحوه برخورد امواج با ساحل	حجم انتقال رسوب در سواش و بک واش با استفاده از مدل تانک موج	شکل جابجایی رسوب در مکان نمونه در یک دوره ۲۴ ساعته
بابلسر (حوضه بابلرود)	۱۳۸۸/۱۲/۲۴	۳۶/۴۳/۵۶ ۵۲/۳۸/۰۶	غرب به شرق	با زاویه ۴۵ درجه	سواش بیشتر از بک واش	ماسه های نمونه به صورت مورب به سمت کرانه پیش آمده و روی هم به صورت انباشته می شود.
فریدونکنار (حوضه هراز)	۱۳۸۸/۱۲/۲۵	۳۶/۴۱/۴۱ ۵۲/۳۱/۰۲	شمالغرب جنوبشرق	مورب	سواش بیشتر از بک واش	ماسه های نمونه تقریباً مسیر منحنی در ساحل به سمت جنوبشرق طی می کنند
محمودآباد (حوضه هراز)	۱۳۸۸/۱۲/۲۷	۳۶/۳۹/۰۲ ۵۲/۱۹/۰۶	شمال جنوب	عمود بر ساحل	سواش کمتر از بک واش	مقدار کمی از ماسه نمونه در کرانه مشاهده شد. عموماً در طول خط ساحلی به سمت شرق و غرب منتقل می شود

نتیجه گیری:

در تولید و انتقال رسوب به مصب رودخانه ها عواملی نظیر حساسیت سازندها به فرسایش، خصوصیات فیزیوگرافی و میزان دبی رود نقش اصلی را ایفا می نمایند. در این میان به دلیل مشابهت سازندهای زمین شناسی حوضه های بابلرود و هراز و شرایط تقریباً یکسان فیزیوگرافیکی حوضه های مذکور از نظر رسوب زایی، نقش میزان آب دهی رودخانه ها در محدوده مطالعاتی پررنگ تر جلوه می نماید. به نحوی که بالاترین متوسط دبی ماهانه به ایستگاه کرسنگ حوضه هراز به ترتیب با ۳۰/۴۲ و ایستگاه کشتارگاه حوضه بابلرود با ۱۶/۶۹ متر مکعب بر ثانیه اختصاص دارد (جدول شماره ۲) که میزان رسوب دهی اندازه گیری شده از ایستگاه های هیدرومتری مذکور به ترتیب از انتقال بالغ بر

۲۲۰۰۰۰۰ و ۱۹۶۰۰۰۰ تن رسوب در سال به خط ساحلی حکایت دارد. این رسوب انتقال یافته به خط ساحلی تحت حاکمیت باد و امواج غالب غربی و شمالغربی در تمام فصول سال به استثنای پائیز بر حسب قطر با حرکت های جریانی، خزشی یا تعلیق در محدوده شکست امواج به حرکت در می آیند. در فصل پائیز به دلیل سیطره پرفشار سبیری در منطقه و ورود بادهای سرد و خشک از شمال شرق، سواحل خزری تحت سیطره امواج غالب شمال شرق و شرق می باشد. به جز فصل مذکور، بقیه اوقات سال راستای غالب امواج از غرب، شمال غرب و شمالی اهمیت دارد. نگاهی به گل موجهای ترسیمی، فراوانی ۱۴/۰۷ درصدی راستای امواج از ربع غرب و شمالغرب نسبت به فراوانی ۲/۶۶ درصدی راستای شمالی و ۷/۷۴ درصدی از جهت شرق و شمال شرق بر روند

به مراتب پائین تری نسبت به نمونه های قرینه غربی حکایت دارد. حاکمیت روندکاهشی میانه در طول خط ساحلی بر حرکت غرب به شرق رسوب در راستای امواج غالب دلالت دارد که موجبات کاهش میانه را در زمان انتقال رسوب فراهم می سازد (شکل ۹).

حرکتی غالب غرب به شرق ذرات ماسه در سواحل مذکور دلالت دارد (شکل ۷).

محاسبات آماری دانه سنجی از نمونه های منتخب توسط نرم افزار Gradistat 4.0 نشان می دهد که نمونه های منتخب تحت آزمون در شرق مصب رودخانه های هراز و بابلرود، از میزان میانه (D50)

SAMPLE STATISTICS											
SIEVING ERROR: 0.1%					SIEVING ERROR: 0.0%						
SAMPLE IDENTITY: west babolsar					SAMPLE IDENTITY: east babolsar						
ANALYST & DATE: gh.lorestani, 1389/1/20					ANALYST & DATE: gh.lorestani, 1389/1/20						
SAMPLE TYPE: Trimodal, Moderately Sorted					SAMPLE TYPE: Polymodal, Moderately Sorted						
TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand					TEXTURAL GROUP: Sand						
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand					SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Medium Sand						
GRAIN SIZE DISTRIBUTION											
MODE 1:	μm	φ	GRAVEL: 0.5%	COARSE SAND: 49.0%	MODE 1:	μm	φ	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 34.3%		
MODE 2:	302.5	0.747	SAND: 99.5%	MEDIUM SAND: 29.6%	MODE 2:	605.0	0.747	SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 43.6%		
MODE 3:	1200.0	-0.243	MUD: 0.0%	FINE SAND: 4.0%	MODE 3:	1200.0	-0.243	MUD: 0.0%	FINE SAND: 9.2%		
D ₁₀ :	288.3	-0.211	V FINE SAND: 0.0%		D ₁₀ :	157.5	0.507	V FINE SAND: 4.6%			
MEDIAN or D ₅₀ :	552.0	0.831	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%	MEDIAN or D ₅₀ :	336.6	1.571	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₆₀ :	1157.6	1.898	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%	D ₆₀ :	703.5	2.666	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₆₀ / D ₁₀):	4.315	-9.992	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%	(D ₆₀ / D ₁₀):	4.466	5.255	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	889.3	2.109	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%	(D ₉₀ - D ₁₀):	546.0	2.159	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.097	2.863	V FINE GRAVEL: 0.5%	V FINE SILT: 0.0%	(D ₇₅ / D ₂₅):	2.192	2.654	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	351.6	1.069	V COARSE SAND: 16.8%	CLAY: 0.0%	(D ₇₅ - D ₂₅):	328.2	1.132	V COARSE SAND: 9.1%	CLAY: 0.0%		
METHOD OF MOMENTS					FOLK & WARD METHOD						
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Description	Geometric	Logarithmic	Description				
MEAN (x̄):	606.1	518.4	0.948	549.8	0.863	Coarse Sand					
SORTING (σ):	333.2	1.713	0.776	1.757	0.813	Moderately Sorted					
SKEWNESS (sk):	1.406	-0.105	0.105	-0.019	0.019	Symmetrical					
KURTOSIS (K):	6.243	2.779	2.779	0.897	0.897	Platykurtic					
SAMPLE STATISTICS											
SIEVING ERROR: 0.1%					SIEVING ERROR: 0.0%						
SAMPLE IDENTITY: west haraz					SAMPLE IDENTITY: east haraz						
ANALYST & DATE: gh.lorestani, 1389/1/20					ANALYST & DATE: gh.lorestani, 1389/1/20						
SAMPLE TYPE: Bimodal, Well Sorted					SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Well Sorted						
TEXTURAL GROUP: Sand					TEXTURAL GROUP: Sand						
SEDIMENT NAME: Well Sorted Very Coarse Sand					SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Medium Sand						
GRAIN SIZE DISTRIBUTION											
MODE 1:	μm	φ	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 26.6%	MODE 1:	μm	φ	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 3.8%		
MODE 2:	1200.0	-0.243	SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 1.8% <th>MODE 2:</th> <td>302.5</td> <td>1.747</td> <td>SAND: 100.0%</td> <th>MODE 2:</th> <td>605.0</td> <td>0.747</td>	MODE 2:	302.5	1.747	SAND: 100.0%	MODE 2:	605.0	0.747
MODE 3:	605.0	0.747	MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.5% <th>MODE 3:</th> <td>152.5</td> <td>2.737</td> <td>MUD: 0.0%</td> <th>MODE 3:</th> <td>152.5</td> <td>2.737</td>	MODE 3:	152.5	2.737	MUD: 0.0%	MODE 3:	152.5	2.737
D ₁₀ :	553.3	-0.417	V FINE SAND: 0.0%		D ₁₀ :	135.5	1.543	V FINE SAND: 3.1%			
MEDIAN or D ₅₀ :	1104.9	-0.144	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%	MEDIAN or D ₅₀ :	273.2	1.872	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₆₀ :	1335.3	0.854	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%	D ₆₀ :	343.1	2.884	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₆₀ / D ₁₀):	2.413	-2.047	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%	(D ₆₀ / D ₁₀):	2.533	1.869	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	782.0	1.271	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%	(D ₉₀ - D ₁₀):	207.6	1.341	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.845	-1.808	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%	(D ₇₅ / D ₂₅):	1.953	1.579	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	569.6	0.884	V COARSE SAND: 71.1%	CLAY: 0.0%	(D ₇₅ - D ₂₅):	153.7	0.965	V COARSE SAND: 0.2%	CLAY: 0.0%		
METHOD OF MOMENTS					FOLK & WARD METHOD						
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Description	Geometric	Logarithmic	Description				
MEAN (x̄):	1020.1	951.3	0.072	950.5	0.073	Coarse Sand					
SORTING (σ):	286.4	1.442	0.528	1.406	0.491	Well Sorted					
SKEWNESS (sk):	-1.061	-1.655	1.655	-0.572	0.572	Very Fine Skewed					
KURTOSIS (K):	2.429	6.090	6.090	0.649	0.649	Very Platykurtic					
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Description	Geometric	Logarithmic	Description				
MEAN (x̄):	261.8	237.1	2.076	236.1	2.063	Fine Sand					
SORTING (σ):	109.8	1.521	0.605	1.434	0.620	Moderately Well Sorted					
SKEWNESS (sk):	1.980	-0.426	0.426	-0.513	0.513	Very Fine Skewed					
KURTOSIS (K):	14.85	3.548	3.548	0.622	0.622	Very Platykurtic					

شکل ۹: آنالیز نمونه های ماسه سواحل مورد مطالعه در نرم افزار Gradistat 4.0

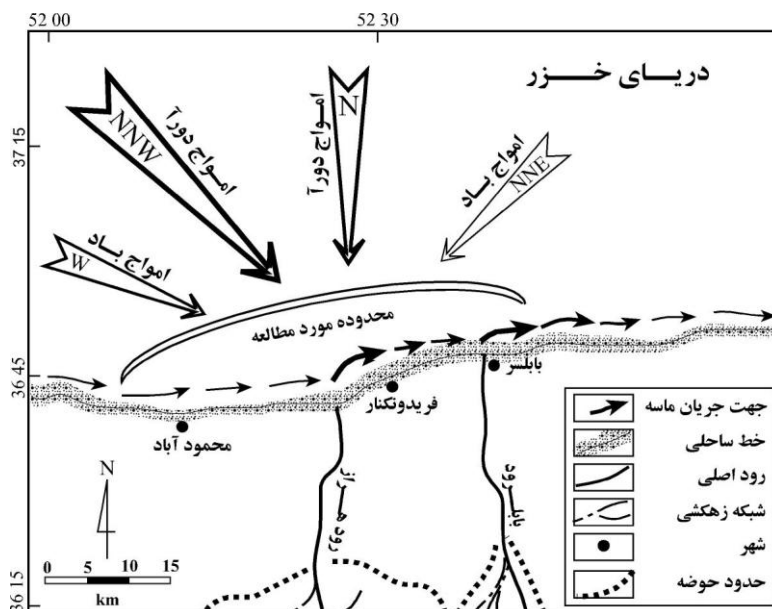
رشد پیکان ماسه ای در دهانه رودخانه منتهی به دریا در سواحل محمودآباد و فریدونکنار و توسعه آن بسمت شرق موجب انحراف مسیر رودخانه هراز در محل مصب رود به سمت شرق شده که بر استدلال فوق دلالت دارد. از طرفی رانش جانبی رسوب بسمت شرق موجب تراکم بیشتر رسوب در ساحل شرقی از مصب اصلی رودخانه هراز نسبت به سواحل محمودآباد در غرب حوضه هراز و تراکم بیشتر ماسه در ساحل فریدونکنار شده است (شکل ۱۰). روند تصاعدی تراکم ماسه

محاسبه میزان نقل و انتقال ماسه توسط مدل تانک موج و رنگ آمیزی ماسه های تحت آزمون حاکی از حجم بالای ماسه های انتقالی در طول خط ساحلی در مسیرهای منحنی، مورب و موازی ساحل تحت تاثیر مستقیم عملکرد باد و زاویه بادگیر موثر ۱۱۰ درجه ای ساحل بابلسر و انحنای کم کرانه ساحلی می باشد. فراوانی بالای امواج برآمده از باد با راستای غرب و شمالغرب نسبت به امواج شمالشرقی حرکت غالب رسوب در طول خط ساحلی بسمت شرق را تسهیل می نماید.

ارتباط دینامیک امواج و جهات توزیع ماسه در کرانه دریای خزر

در نظر گرفتن تسلط امواج غالب غرب و شمالغرب و نزدیکی ساحل مذکور با ساحل شرقی فریدونکنار و رانش رسوب سواحل فریدونکنار بسمت شرق همخوانی دارد (شکل ۱۱ و ۱۲).

در مسیر غرب به شرق حوضه با راستای حرکتی امواج غالب از غرب و شمالغرب به سمت شرق در حوضه هراز همخوانی دارد. اما در حوضه بابلرود تراکمی بودن هر دو کرانه غربی و شرقی رودخانه در محل مصب رودخانه به دریا در شهر بابلسر با



شکل ۱۰- راستای حرکت امواج باد و امواج دورآ و جهت غالب توزیع ذرات ماسه در طول خط ساحلی



شکل ۱۱- مصب رودخانه های بابلرود و هراز در محل خطوط ساحلی فریدونکنار و محمود آباد را نشان می دهد. در نتیجه حرکت عمومی ماسه های ساحلی از غرب به شرق، زبانه ماسه ای در دهانه این رود ها تشکیل شده و موجب انحراف مسیر آنها به سمت شرق می شود.



شکل ۱۲- تراکم تپه های ماسه ای در شرق محمود آباد به سمت فریدونکنار (دید از دریا به ساحل)

منابع:

- ارومیه ای، ع و کریم خانی، ا.، ۱۳۸۷. ارزیابی توان فرسایش پذیری و رسوب گذاری در محدوده بندر انزلی. مجله علوم زمین، شماره ۶۹، صفحه ۴۴-۵۵.
- اسماعیلی، م.، ۱۳۷۲. پیش بینی موج در دریای عمان، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، واحد شمال دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۸۷ صفحه.
- افشار، ا.، ۱۳۸۱. بررسی هیدرودینامیک موج و پیش بینی الگوی فرسایش و رسوبگذاری در خلیج گرگان، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۴۳ صفحه.
- ثابت عهد جهرمی، ع.، ۱۳۷۸. بررسی شکست موج و جریانهای در امتداد ساحل ناشی از آن در سواحل جنوبی دریای خزر (بین بندر انزلی تا بندر کیاشهر)، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۰ صفحه.
- حاج بابایی، ن.، ۱۳۸۲. ارزیابی مدل‌های پیش بینی امواج ناشی از باد و ارائه مدل مناسب برای سواحل شهرستان بابلسر، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، منابع طبیعی دانشکده علوم دریایی و نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۷ صفحه.
- ریاضی، ر.، ۱۳۷۸. بررسی و پیش بینی امواج در آبهای کم عمق ساحل خزر (در منطقه نکا)، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۱۳ صفحه.
- سازمان بنادر و دریانوردی، معاونت فنی و مهندسی، ۱۳۸۷. مدلسازی امواج دریاهاى ایران، جلد اول: دریای خزر. ۲۴۱ صفحه.
- ساجدی، ا.، ۱۳۸۱. بررسی امواج ناشی از باد در سواحل بندر انزلی، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، واحد تهران شمال دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۱۹ صفحه.
- عاشور، آ، سجودی، ش و حسینی، ش.، ۱۳۸۳. بررسی انتقال رسوب در سواحل نکا، ششمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی. ۶ صفحه.
- لاری، ک.، ۱۳۷۶. پیش بینی امواج ناشی از باد در دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۸ صفحه.
- لایقی، ب.، ۱۳۸۲. پیش بینی عددی مشخصه های امواج ناشی از باد در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل MAM و اطلاعات ایستگاه هواشناسی بندر انزلی، پایان نامه کارشناسی ارشد

- وزارت نیرو، سازمان تحقیقات طرح جامع آب، ۱۳۸۵-۱۳۴۳.
- یحیایی میلانی، ع.، ۱۳۷۷. بررسی امواج و فرایند انتقال (آب و رسوب) در سواحل ایرانی دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۳۹ صفحه.
- یگانه بختیاری، ع و محمدیان، ف.، ۱۳۸۶. بررسی اثر نوسانات سطح آب دریای خزر بر روی میزان انتقال رسوب کرانه ای در بندر انزلی. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۸ صفحه.
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, v.30, p.377-392.
- فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۰ صفحه.
- لشته نشایی، م، اسلامی، ا و پیروی چشناسر، م.، ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل انتقال رسوب در سواحل دریای خزر. *مجله بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم وصنعت ایران*. شماره ۵، صفحه ۴۵-۳۹.
- معتمد، ا.، ۱۳۶۹. رسوب شناسی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۷ صفحه.
- نیک پسند، د.، ۱۳۷۲. پیش بینی موج در خلیج فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، واحد شمال دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۱۱ صفحه.
- Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.27, p.3-26.
- Hasselmann, S., and Hasselmann, K., 1985. Computation and parametrization of the nonlinear energy transfer in a gravity-wave spectrum, Part I: A new method for efficient computation of the exact nonlinear transfer integral: *Phys. Oceanography*, v.15, p.1369-1377.
- Komen, G., Cavaleri, L., Donelan, L., Hasselmann, K., Hasselmann, S., and Janssen. P., 1994. *Dynamics and modeling of ocean waves*, Cambridge University Press: v.1, p. 233-238.
- Snyder, R. L., Dobson, F. W., Elliott, J. A., and Long, R. B., 1981. Array measurements of atmospheric pressure fluctuations above surface gravity waves: *Fluid Mechanic*. v.102, p.1-59.
- Sverdrup, H. U., and Munk, W. H., 1947. Wind sea and swell; Theory of relations for forecasting. U. S. Navy Hydrographic Office: H. O., Publ. No. 601. 44 p.
- Udden, J.A., 1914. Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.25, p.655-744.

