



## منشاء یابی رسوبات بادی چاه‌نیمه‌های زابل

مهدی جدیدالاسلامی\*<sup>۱</sup>، جعفر رهنما<sup>۱</sup> و نصرالله بصیرانی<sup>۲</sup>

(۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، Jrahnama@appliedgeology.ir، Mehdi\_2631@yahoo.com

(۲) گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری و بیابان‌زدایی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل، N\_bassirani@yahoo.com

(\* عهده‌دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۵؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۸۹/۱۲/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۵/۲۵

### چکیده

به منظور کنترل و مبارزه با فرسایش بادی دشت سیستان، با ۸۱۱۷ کیلومتر مربع مساحت و با اقلیم نامساعد و خشک، شناخت منشأ یا مناطق برداشت رسوبات بادی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش شامل جمع‌آوری اطلاعات محلی از فرسایش، بررسی ژئومورفولوژی عمومی و بادهای منطقه، نمونه برداری از رسوبات و تهیه مقاطع نازک برای انجام آزمایشات گرانولومتری، مورفوسکوپی و کانی‌شناسی، می‌باشد. لذا از اهداف مهم این تحقیق، شناخت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی (منشاء یابی)، آسیب‌پذیری مخازن آبی چاه نیمه‌ها و شناسایی اثر تخریبی باد در منطقه زابل تعیین شدند. بر اساس نتایج به دست آمده، وقوع خشکسالی در منطقه سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون و همچنین وجود بادهای ۱۲۰ روزه، شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع طوفانهای گرد و خاک فراهم آورده‌اند. منشأ رسوبات موجود در مخازن چاه نیمه بادهای فرساینده منطقه با جهت شمال تا شمال غربی و با زاویه ۳۳۰ تا ۳۶۰ درجه ارزیابی شد. مهمترین رخساره‌های برداشت، اراضی رهاشده، اراضی ماسه-زار و عرصه‌های شور و پف کرده بستر دریاچه هامون و دشتهای شمالی (در کشور افغانستان) می‌باشند. طوفانهای شن و ماسه و حرکت تپه‌های ماسه‌ای از عوامل تهدید کننده آن منطقه محسوب می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** بادهای ۱۲۰ روزه، تپه‌های ماسه‌ای، چاه‌نیمه، زابل، منشأ یابی.

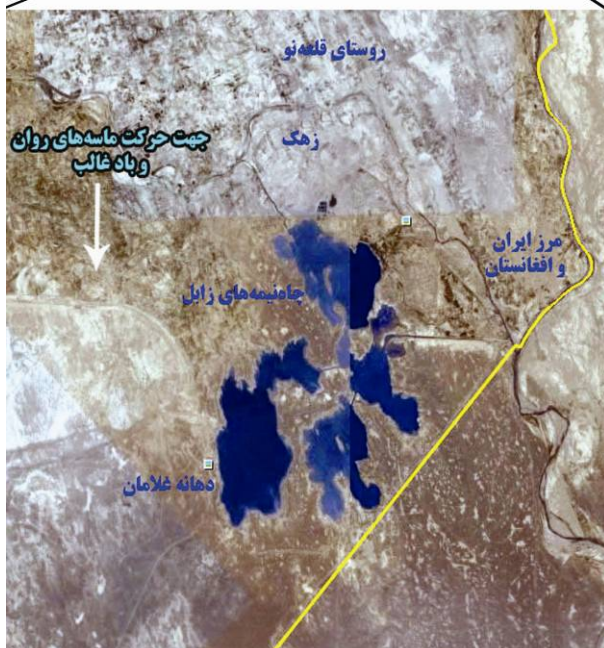
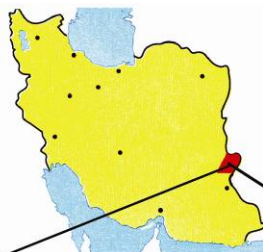
### ۱- مقدمه

طوفانهای گرد و خاک فراهم آورده است از سال ۱۳۷۶ ضمن کاهش میانگین بارش (۵۷ میلیمتر در سال)، دما و میزان تبخیر افزایش یافته و به حدود ۵۸۰۰ میلیمتر یعنی به بالاترین حد خود در ایران رسیده است. شدت وزش بادهای ماسه‌ای که با افزایش غلظت گرد و غبار در آسمان و هجوم ماسه‌های روان در سطح زمین هرگونه فعالیت را از انسان سلب و اختلالاتی را در وضع عمومی به وجود می‌آورد و این بادهای گاهی چاله‌هایی به عمق ۲ تا ۳ متر و عرض ۶ تا ۹ متر ایجاد می‌کنند (نورزهی ۱۳۷۲). شناخت منشأ یا مناطق برداشت رسوبات بادی از اصول اولیه کنترل و مبارزه با فرسایش بادی در هر منطقه محسوب می‌شود زیرا با شناسایی این مناطق می‌توان راهکارهای حفاظتی جهت پراکنده نشدن رسوبات اندیشید.

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی ایران، در شمال شرق دشت بزرگ سیستان و در جنوب غربی مرز مشترک ایران و افغانستان قرار دارد و از لحاظ موقعیت جغرافیایی در محدوده ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است (تصویر ۱). دشت سیستان با ۸۱۱۷ کیلومتر مربع وسعت، اقلیمی نامساعد و خشک دارد. طوفانهای شن و ماسه و حرکت تپه‌های ماسه‌ای از عوامل تهدید کننده آن محسوب می‌شوند. وقوع خشکسالی در منطقه سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون و همچنین وجود بادهای ۱۲۰ روزه، شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع

مخازن چاه نیمه بر اساس نتایج تحقیق، بادهای فرساینده منطقه بوده که جهت شمال تا شمال غربی با زاویه ۳۳۰ تا ۳۶۰ درجه دارند. تاکنون منشاء یابی و ویژگی های رخساره های رسوبات چاه نیمه های زابل در مقیاس میکروسکوپی مورد بررسی قرار نگرفته است. بررسی های بعمل آمده در این پژوهش شامل مراحل جمع آوری اطلاعات محلی از فرسایش، بررسی مورفولوژی عمومی، نمونه برداری از رسوبات و انجام آزمایشات گرانولومتری، مورفوسکوپی و کانی شناسی می باشد. لذا یکی از اهداف مهم این تحقیق، منشاء یابی (تعیین کانون های بحرانی فرسایش بادی و تأثیر آنها)، است.

همچنین با استفاده از عملیات میدانی، مناطق برداشت رسوبات بادی اطراف چاه نیمه و مسیر پیشروی ماسه های روان به طرف مخازن چاه نیمه که در معرض هجوم ماسه های روان قرار دارند، مشخص و روشهای جلوگیری از ورود رسوب به آنها را، ارائه می دهد. مهمترین رخساره های برداشت، اراضی رها شده، اراضی ماسه زار و عرصه های شور و پف کرده بستر دریاچه هامون و دشت های شمالی (کشور افغانستان) می باشند.



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بر اساس تصاویر ماهواره ای گرفته شده از Google earth

تاکنون مطالعات متعدد و متنوعی پیرامون مشکلات زیست محیطی این منطقه و مناطق نظیر انجام و به نتایج قابل قبولی منجر شده است. منطقه سیستان یکی از مراکز طوفان زایی در جهان می باشد که در آن به طور متوسط سالانه بیش از ۷۰ روز طوفان های گرد و غبار وجود دارد (Washington et al. 2003). به عقیده وب و همکاران (Webb et al. 2006) باد حدود ۲۸ درصد از خشکی های جهان را فرسایش می دهد.

پیز و همکاران (Pease et al. 1999) با مطالعه بر روی تپه های ماسه ای و شناسایی مسیر انتقال آنها با استفاده از داده های لندست (Thematic Mapper, TM) در کشور عمان به این نتیجه رسیدند که این داده های ماهواره ای در تفسیر و شناخت ژئومورفیک بیابان، محیط های رسوبگذاری بادی و جداسازی این محیط های رسوبی به لحاظ کانی شناسی رسوبات و بسط و گسترش شناخت کانی شناسی ماسه ها از حالت نقطه ای (نمونه برداری نقطه ای) به حالت سطحی بسیار مفید و مؤثر می باشند. گریس و همکاران (Giresse et al. 2008) نیز مطالعاتی بر روی فرایندهای رسوبی و منشاء رسوبات در حاشیه غربی الجزایر در اواخر پلیستوسن و هولوسن انجام دادند و همچنین تأثیر باد بر روی شکل دانه های کوارتز توسط مازولو و همکاران (Mazzullo et al. 1992) بررسی شد.

مطالعات ایرانمنش و همکاران (۱۳۸۴) نشان داد که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند. استان سیستان و بلوچستان با ۲۲۹۱۷۴ هکتار بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده است. نگارش (۱۳۸۷) در مطالعات تصاویر ماهواره ای نشان داد که در طی دوره ۷ ساله خشکسالی، طول کانال های آبیاری پر شده از ماسه های روان از ۴۴/۲ به ۵۱/۱ کیلومتر، جاده های درجه یک و جاده های درجه دو مورد هجوم ماسه قرار گرفته، به ترتیب از ۱۱/۶ به ۱۸/۸ کیلومتر و از ۱۳/۲ به ۴۱/۴ کیلومتر، تعداد روستاهای تخریب شده از ۹ به ۲۸ روستا و همچنین مساحت تپه های ماسه ای از ۹۴۲۱ به ۱۴۳۵۳ هکتار افزایش یافته است. در این خصوص، وکردی و داست (Vekerdı & Dost 2006) تاریخچه تغییرات زیست محیطی در حوضه سیستان را بر اساس تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره ای، در یک دوره ۳۰ ساله مورد بررسی قرار دادند.

حداکثر سرعت باد محتمل در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله نشان دهنده تند بادی با سرعت ۱۶۵ کیلومتر در ساعت است که حکایت از اهمیت سرعت بالای بادهای در منطقه سیستان دارد (خسروی ۱۳۸۴). اثرات این بادهای با توجه به شرایط توپوگرافی و زمین شناسی دشت سیستان، مانند وجود شیب و عوارض عمده ارتفاعی کم و وفور رسوبات ریزدانه دریاچه ای و رودخانه ای، تشدید می شوند. منشاء رسوبات موجود در

۲- روش تمقیق

کوه خواجه متعلق به پلیوسن که گویای اطلاعاتی از شرایط و ویژگی های پالئوژئوگرافی و رخداد های تکنونیک باشد وجود ندارد. منطقه مورد مطالعه، پوشیده از رسوبات دریاچه ای نئوژن و آبرفت های کوتاه تر است که دارای ضخامت زیادی می باشد (تصویر ۲). ضخامت زیاد رسوبات نشان دهنده فرونشینی مداوم کف حوضه در طول کوتاه تر می باشد (مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی ۱۳۸۵).

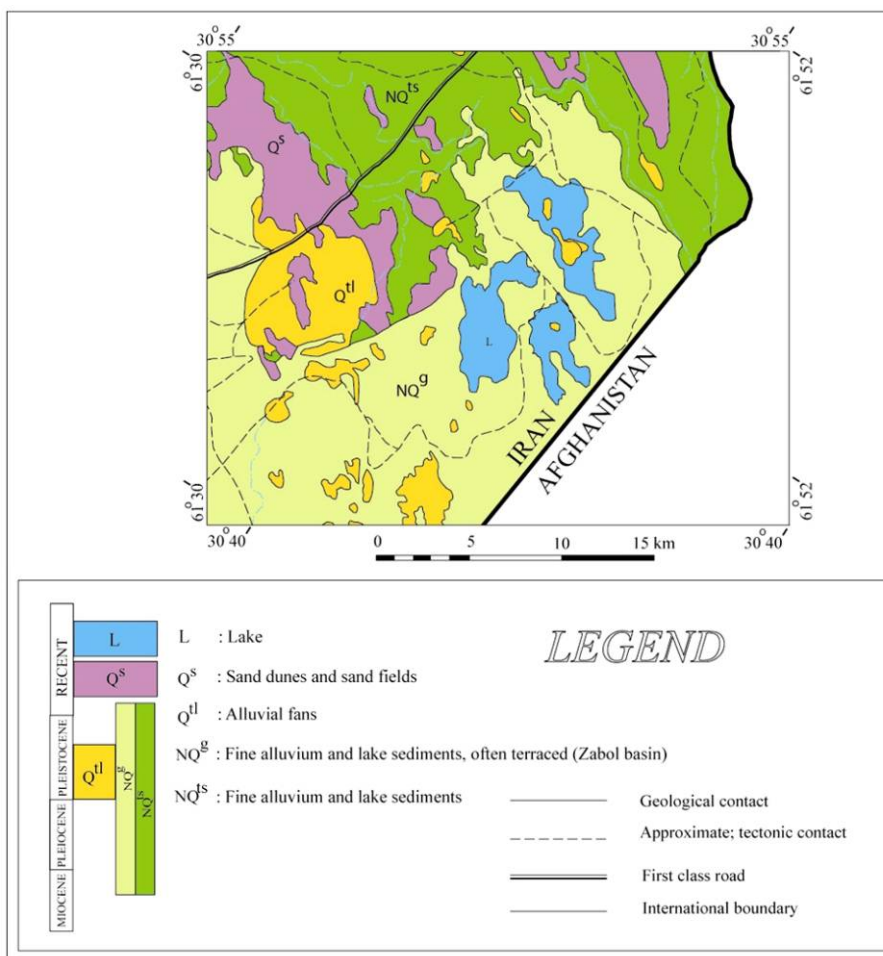
در شمال منطقه مورد نظر فرورفتگی هایی وجود دارد که به آنها دریاچه های هامون گفته می شود این چاله ها مرکب از سه فرورفتگی به نام های هامون پوزک در خاک افغانستان، هامون صابوری که خط مرزی ایران و افغانستان از وسط آن می گذرد و هامون هیرمند که در خاک ایران است.

هامون ها بیشترین نقش را در رسوبزایی و تهیه رسوبات بادی منطقه سیستان دارد. با توجه به بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و شدت آن و خشک بودن سطح دریاچه در فصل تابستان، فرسایش بادی در شمال چاه نیمه چهارم از شدت زیادی برخوردار است و باعث پراکنندگی رسوبات و افزایش گرد و غبار در سطح منطقه می شود.

جهت انجام این پژوهش در ابتدا با مطالعات کتابخانه ای و تهیه مقالات علمی- پژوهشی و بین المللی به موضوع مورد نظر پرداخته شد. سپس با تفسیر تصویر ماهواره ای شرکت گوگل و عملیات میدانی، جهت تعیین مناطق برداشت، از رسوبات موجود در مخازن چاه نیمه، مناطق حمل و برداشت احتمالی نمونه برداری به عمل آمد. موقعیت رخساره های موجود با جی پی اس (Global positioning System, GPS) تعیین و بر روی نقشه های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مشخص گردید. در آزمایشگاه رسوب-شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان با میکروسکوپ پلاریزان و عدسی شماره ۴، شکل و نوع رسوبات که بیشتر کوارتز غالباً نیمه گرد شده- نیمه زاویه دار بودند، مشخص گردیدند.

۳- زمین شناسی منطقه

از دیدگاه زمین شناسی در گستره منطقه مورد مطالعه هیچ برونزدی از واحدهای سنگی دوران های مختلف غیر از رخنمون سنگ های بازالتی



تصویر ۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زابل- سازمان زمین شناسی کشور)

۴- ویژگی های اقلیمی منطقه

۴-۱- باد

از دیگر عوامل مهم تأثیرگذار در حرکت ماسه های روان، عدم پوشش گیاهی کافی در منطقه است. گیاهان این منطقه عمدتاً شور پسند هستند و در برابر وزش باد مقاوم می باشند، بنابراین عامل مهمی در مقابل هجوم ماسه های روان به حساب می آیند، ولی تخریب پوشش نباتی منطقه توسط انسان ها، از نقش حفاظتی آنها کاسته است. سریع ترین باد ثبت شده در ایستگاه زابل در طول دوره آماری ۲۳ ساله (۱۳۸۴-۱۳۶۲)، ۴۰/۲۷ متر بر ثانیه معادل ۱۴۵ کیلومتر بر ساعت بوده است. در اواخر اردیبهشت ماه، با آغاز وزش بادهای موسمی ۱۲۰ روزه، سرعت باد نسبت به فروردین به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته و دقیقاً پس از ۴ ماه و با آغاز فصل پاییز به سرعت اولیه خود و یا کمتر از آن بر می گردد (جدول ۱). علاوه بر این از سال ۱۳۷۶، با آغاز دوره خشکسالی، سرعت بادهای ۱۲۰ روزه نیز افزایش یافته که این افزایش ناشی از کمبود رطوبت نسبی (میانگن سالانه ۳۸/۲ درصد)، افزایش دما، افزایش شیب تغییرات فشار و به نوبه خود، موجب خشکی و گرمی بیشتر هوا می شود (خسروی ۱۳۷۶).

عوامل متعددی مانند باد، خصوصیات ذرات، رطوبت، پوشش گیاهی، ناهمواری های سطح زمین و وجود املاح در خاک، در حرکت ماسه های روان در منطقه سیستان تأثیرگذارند (حیدری نسب ۱۳۸۶) که یکی از مهم ترین آنها وزش بادهای ۱۲۰ روزه در فصول خشک سال است. اثرات این بادهای با توجه به شرایط توپوگرافی و زمین شناسی دشت سیستان که شامل شیب و عوارض عمده ارتفاعی کم و وفور رسوبات ریزدانه دریاچه ای و رودخانه ای می باشند، تشدید می شوند. وزش بادهای در مسیر شمال غربی - جنوب شرقی بوده که با عبور از مناطق بیابانی باعث تخریب خاک و طوفان های گرد و غباری در منطقه می شود و حیات اکولوژیک دشت را در معرض خطر قرار می دهد. برآورد صورت گرفته از شدت پتانسیل باد در ۶۰ ایستگاه هواشناسی کشور، نشان می دهد که ایستگاه زابل بیشترین مقدار فراوانی و سرعت را به خود اختصاص داده است (اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان ۱۳۸۳).

جدول ۱- حداکثر سرعت باد (m/s) در ماه های مختلف در ایستگاه زابل طی دوره آماری ۲۳ ساله (۱۳۶۲-۱۳۸۴)

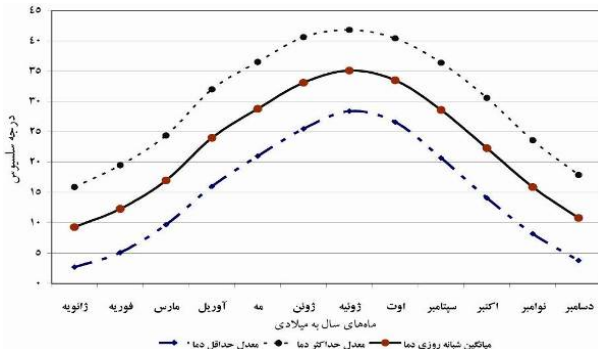
سال	ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	میانگین سالانه
۱۳۶۲	۱۸	۴۰	۲۰	۱۳	۱۳	۱۴	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۲۰	۲۵	۲۵	۱۹/۵۸
۱۳۶۳	۱۷	۱۵	۲۵	۲۶	۲۶	۳۰	۴۰	۲۷	۲۷	۲۸	۳۲	۲۴	۲۴	۲۶/۲۵
۱۳۶۴	۱۰	۱۰	۱۷	۲۰	۲۰	۱۷	۲۰	۱۷	۲۰	۱۸	۲۰	۱۵	۱۴	۱۶/۵
۱۳۶۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۲	۱۷	۱۸	۱۴	۱۸	۱۷/۷۵
۱۳۶۶	۱۲	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۲۲	۲۲	۲۰	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۳	۱۶
۱۳۶۷	۱۶	۱۳	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۵	۲۰	۲۳	۱۸	۲۱	۱۶	۱۲	۱۵/۳۳
۱۳۶۸	۱۳	۱۷	۱۶	۱۴	۱۴	۱۶	۱۷	۱۹	۲۲	۲۱	۲۱	۱۶	۱۶	۱۷/۳۳
۱۳۶۹	۲۰	۱۴	۱۶	۱۶	۱۶	۲۰	۱۸	۲۰	۱۷	۱۹	۱۹	۱۷	۱۲	۱۷/۳۳
۱۳۷۰	۱۶	۱۷	۱۷	۱۷	۱۶	۱۷	۱۸	۲۹	۲۱	۱۸	۲۲	۱۴	۱۴	۱۸/۲۸
۱۳۷۱	۱۵	۱۴	۱۴	۱۴	۱۶	۲۲	۱۶	۲۰	۱۹	۲۵	۱۹	۱۶	۱۵	۱۷/۵۸
۱۳۷۲	۱۶	۱۵	۱۵	۱۷	۱۷	۱۵	۱۹	۲۱	۱۶	۱۹	۱۶	۱۶	۱۴	۱۶/۵۸
۱۳۷۳	۱۳	۱۴	۱۷	۱۷	۱۶	۱۶	۱۵	۱۹	۲۰	۲۱	۱۵	۱۳	۱۵	۱۶/۱۶
۱۳۷۴	۱۵	۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۵	۱۸	۱۶	۱۶	۱۷	۱۸	۱۵	۱۱	۱۵/۰۸
۱۳۷۵	۱۳	۱۵	۱۴	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۱۶	۱۶	۲۰	۱۸	۱۵	۱۴	۱۶/۰۸
۱۳۷۶	۱۲	۲۲	۲۴	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۲۲	۲۰	۲۳	۱۶	۱۷	۱۶	۱۸/۰۸
۱۳۷۷	۲۵	۱۵	۲۰	۱۷	۱۷	۲۴	۱۸	۲۲	۲۰	۱۸	۲۵	۱۷	۱۵	۱۹/۶۶
۱۳۷۸	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۲	۲۲	۲۴	۲۴	۱۸	۲۴	۱۸	۱۷	۲۰	۱۹/۷۵
۱۳۷۹	۱۴	۱۷	۱۶	۲۲	۲۲	۲۰	۲۲	۱۹	۲۵	۲۲	۱۴	۱۸	۱۴	۱۸/۵۸
۱۳۸۰	۱۷	۱۸	۲۳	۲۳	۲۰	۲۴	۲۵	۲۵	۲۴	۲۴	۲۴	۲۰	۱۶	۲۱/۵۸
۱۳۸۱	۱۵	۲۰	۱۹	۱۸	۱۸	۲۵	۲۱	۲۴	۲۷	۲۲	۲۰	۱۵	۱۷	۲۰/۲۵
۱۳۸۲	۱۸	۱۶	۲۰	۱۷	۱۷	۲۵	۲۶	۲۶	۲۶	۲۱	۲۱	۲۰	۲۵	۲۲/۰۸
۱۳۸۳	۱۴	۱۹	۱۹	۱۲	۱۹	۲۰	۲۸	۲۵	۲۷	۲۲	۲۲	۱۶	۱۸	۲۰/۱۶
۱۳۸۴	۱۷	۱۲	۱۷	۱۷	۲۵	۱۸	۱۵	۲۵	۲۰	۲۲	۱۹	۱۸	۱۶	۱۸/۶۶
میانگین	۱۵/۵۶	۱۶/۶۵	۱۷/۴۳	۱۷/۶	۱۹/۴۷	۲۰/۱۷	۲۱/۴۳	۲۱	۲۱	۲۰/۶	۲۰	۱۷	۱۶/۲۶	۱۸/۱۱
حداقل	۱۲	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۱۷	۱۴	۱۳	۱۱	۱۴

۴-۲- دما و بارندگی

جدول ۲- احتمال وقوع و دوره بازگشت تعداد روزهای گرد و غباری در

منطقه سیستان (طاووسی ۱۳۸۹)

احتمال وقوع	۵۰	۶۶	۸۰	۹۰	۹۶	۹۸	۹۹	۹۹/۵
دوره بازگشت	۲	۳	۵۰	۱۰	۳۵	۵۰	۲۳۱	۲۰۰
فراوانی	۱۸۶	۱۹۴	۲۰۲	۲۱۱	۲۲۰	۲۲۶	۱۰۰	۲۳۶



تصویر ۳- نمودار ماهانه تغییرات درجه حرارت زابل (۲۰۰۷-۱۹۶۳) از سازمان حفاظت محیط زیست استان سیستان و بلوچستان

۵- رسوب شناسی

۵-۱- کانی شناسی و بررسی ارتباط ژنتیکی نمونه ها

کانی شناسی نمونه ها و بررسی ارتباط ژنتیکی آن ها می تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با شناسایی و کنترل دقیق مناطق برداشت در اختیار قرار دهد (جدیدالاسلامی ۱۳۸۹). در کانی شناسی باید به دنبال کانی هایی بود که شاخص یا نادر بوده و بیانگر پارامترهای مورفودینامیکی ویژه ای هستند. کانی شناسی ذرات بزرگتر از ۲۵۰ میکرون، به صورت میکروسکوپی و ماکروسکوپی (چشمی) انجام شد. کانی شناسی ذرات کوچکتر از ۶۴ میکرون (رس و لیمون) از طریق دیفراکسیون اشعه ایکس صورت می گیرد. برای تعیین کانی های موجود در رسوبات منطقه، نمونه ها از طریق روش های کلاسیک (روش های آنالیز فیزیکی و شیمیایی) تجزیه شدند. کانی های سخت و پایدار از جمله کوارتز در اصل بیشترین ذرات رسوبات منطقه مورد مطالعه را تشکیل دادند. هر چند که تعیین فراوانی این نوع کانی ها تا حد زیادی در شناسایی مناطق برداشت مؤثر است اما شناسایی کانی های با درصد کمتر یا نادر مثل کانی های سنگین، ناپایدار و حساس و حتی نوع رس می تواند در شناسایی دقیق تر مناطق برداشت مؤثر باشند. در رسوبات منطقه مورد مطالعه فقط کانی روتیل به مقدار بسیار ناچیزی (غیر قابل احتساب) مشاهده گردید. توزیع اندازه ذرات جدا شده از لس بادی در خاک های قدیمی توسط یوبین و همکاران (Youbin et al. 2000) بررسی گردید.

جهت نمونه گیری از رسوبات منطقه مورد مطالعه و تعیین کانی های

دما یکی از مهم ترین عناصر اقلیمی منطقه بوده که توأم با میزان بارش خصوصیات یک ناحیه را از نظر شرایط اقلیمی مشخص می کند. وجود ارتفاع نسبتاً پایین دشت سیستان از سطح دریا و عدم وجود ارتفاعات قابل ملاحظه در دشت در مجموع ویژگی های خاصی را از نظر دمایی برای منطقه ایجاد نموده است (تصویر ۳).

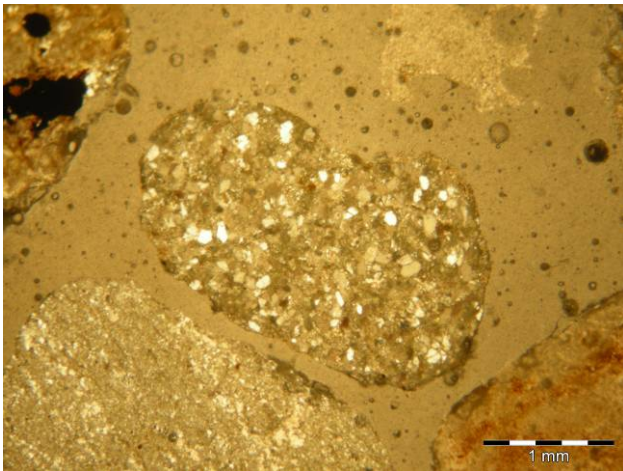
اقلیم دشت سیستان که با بالا بودن درجه حرارت به خصوص طی دوره وزش بادهای، قطع منابع بارش و خشکی فیزیکی محیط همراه می باشد باعث مهیا شدن شرایط جوی مناسب وزش بادهای گردیده و با کاهش رطوبت خاک، امکان تغذیه طوفان های گرد و غباری را فراهم می سازد. به طور کلی دشت سیستان یکی از کمترین مقادیر بارش را دارد. با توجه به اقلیم خشک شهرستان زابل، میانگین رطوبت نسبی در آن ۳۹ درصد (طی سالیان مختلف) می باشد که اکثراً از طریق تأثیر سیستم های جوی مرطوب بارانزا، تعرق گیاهان و تبخیر آب های سطح دریاچه هامون و باتلاق های آن تأمین می شود.

از شهریورماه به بعد همزمان با کاهش دمای هوا و ریزش بارش های هرچند اندک، میانگین رطوبت نسبی هوا به تدریج افزایش یافته و در دی ماه به بیشترین میزان خود می رسد. سپس مجدداً افزایش دما و کمبود بارش، موجب کاهش میانگین رطوبت نسبی منطقه می شود. براساس برآورد صورت گرفته از شدت پتانسیل باد در ۶۰ ایستگاه هواشناسی کشور، ایستگاه زابل بیشترین مقدار فراوانی و سرعت را به خود اختصاص داده است.

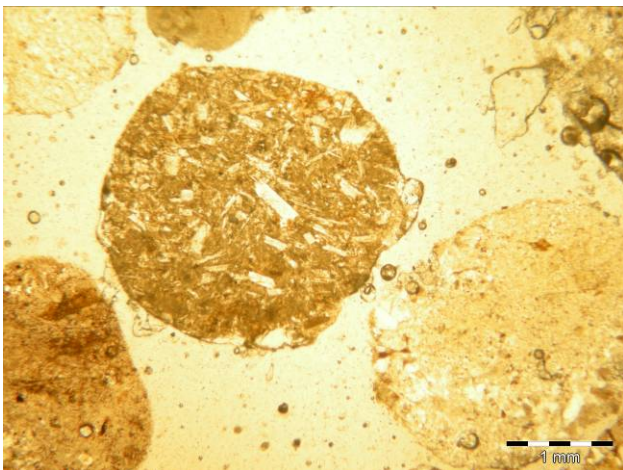
این منطقه همچنین با میانگین تعداد ۸۰/۷ روز در سال طی یک دوره پنج ساله (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵) رتبه دوم وقوع طوفان های ماسه ای در قاره آسیا را دارا می باشد. به دلیل وضعیت ژئومورفولوژیکی دشت سیستان و نحوه توزیع الگوهای فشار در اطراف آن، وزش باد به عنوان یکی از عناصر مهم اقلیمی منطقه در طول سال و به ویژه در ایام استقرار پدیده موسمی بادهای ۲۰ روزه در این ناحیه از کشور امری بدیهی است (خسروی ۱۳۸۴).

۴-۳- وجود گرد و غبار در منطقه

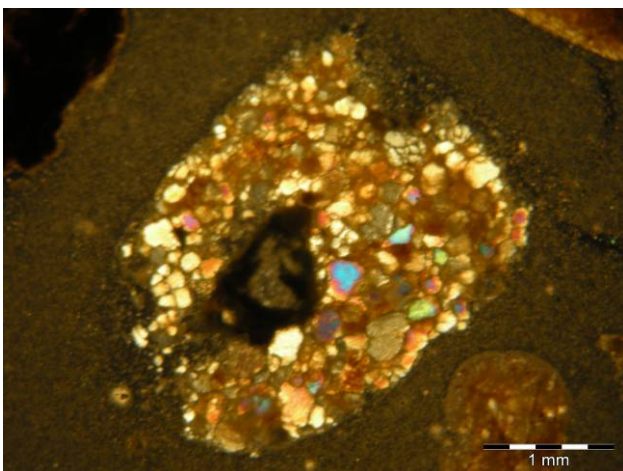
یکی از ویژگی های اقلیمی منطقه مورد مطالعه وجود گرد و غبار است. طاووسی (۱۳۸۹) روند فراوانی تعداد روزهای گرد و غبار را با احتمالات و دوره های بازگشت مختلف در طول سال بررسی نمود. جدول ۲ نشان می دهد، که با احتمال ۹۹/۵ و دوره بازگشت ۲۰۰ ساله تعداد روزهای گرد و غبار در سال ۲۳۶ روز می باشد. همچنین آن جدول نشان می دهد که با احتمال ۵۰ درصد، تعداد فراوانی روزهای گرد و غبار بیش از نیمی از ایام سال را دربر می گیرد.



تصویر ۴- تصویر میکروسکوپی قطعه لیتیک رسوبی (ماسه سنگ) تهیه شده با میکروسکوپ پلاریزان با بزرگنمایی عدسی شماره ۴



تصویر ۵- قطعه لیتیک آذرین بیرونی با میکروسکوپ پلاریزان با بزرگنمایی عدسی شماره ۴

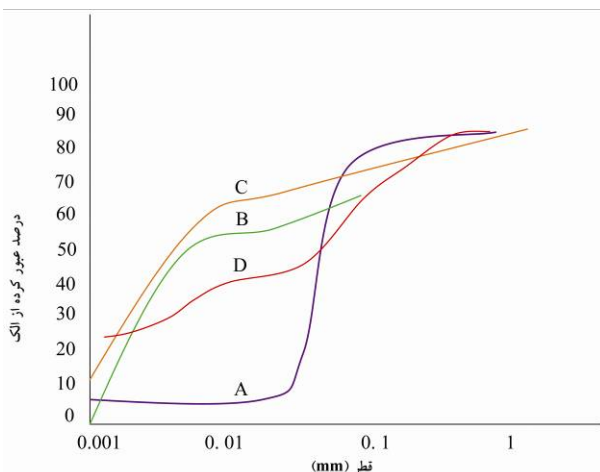


تصویر ۶- قطعه لیتیک رسوبی تهیه شده با میکروسکوپ پلاریزان با بزرگنمایی عدسی شماره ۴

موجود در رسوبات، پس از عزیمت به منطقه، نمونه‌ها از بخش‌های مختلف (شمال غربی کانال آبیگر، مسیر پیشروی تپه‌های ماسه‌ای و منطقه سد چاه نیمه - کانال خروجی) برداشت و پس از انجام مراحل مقدماتی به آزمایشگاه رسوب‌شناسی واقع در دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان منتقل گردید. در آزمایشگاه، ابتدا نمونه‌ها که مخلوطی از ذرات ریز تا ذرات دانه درشت بودند به روش الک کردن دانه‌بندی شدند. پس از دانه‌بندی، ذراتی با قطر مساوی و یکسان درون الک‌ها باقی ماندند که ذرات با قطر ۲ میلی متر جهت تهیه مقطع انتخاب شدند. پس از این مرحله رسوبات انتخابی، درون قوطی‌های پلاستیکی در ابعاد ۲ در ۳ در ۵ سانتی متر به طور یکسان و منظم با سطحی صاف قرار گرفتند و به آن‌ها مخلوطی از چسب اپکسی و هاردنر (Epoxy+Hardner) به نسبت ۴ به ۱ اضافه شد. در پایان نمونه‌ها پس از ۴۸ ساعت کاملاً خشک و مستحکم شدند. نمونه‌ها پس از استحکام یافتن، جهت تهیه مقطع نازک یا (Thin section) به کارگاه زمین‌شناسی منتقل و پس از انجام برش توسط دستگاه و صیقلی کردن با استفاده از انواع پودرها آماده شدند. پس از تهیه مقاطع نازک، نمونه‌ها در آزمایشگاه رسوب‌شناسی با میکروسکوپ پلاریزان رنگی و عدسی شماره ۴ مشاهده و شکل و نوع رسوبات مشخص شد و نهایتاً از همه نمونه‌ها عکسبرداری به عمل آمد که به شرح مختصر آن‌ها پرداخته خواهد شد (تصویر ۴ تا ۷).

تصویر ۴ که از شمال غربی کانال آبیگر برداشت شده است یک قطعه لیتیک رسوبی (ماسه سنگ) است که با میکروسکوپ پلاریزان با بزرگنمایی عدسی شماره ۴ گرفته شده و نشان دهنده ذرات کوارتز غالباً نیمه گرد شده - نیمه زاویه‌دار، فاقد جلای مات و در اندازه (ماسه درشت - ماسه بسیار ریز) در قسمت مورد مطالعه است. تصویر ۵ که از مسیر پیشروی تپه‌های ماسه‌ای (۱۰ کیلومتری چاه نیمه چهارم) برداشت شده است یک قطعه لیتیک آذرین بیرونی است که با میکروسکوپ پلاریزان با بزرگنمایی عدسی شماره ۴ گرفته شده است. تصویر ۶ که باز هم از مسیر پیشروی تپه‌های ماسه‌ای (منطقه شمالی چاه نیمه چهارم) برداشت شده است یک قطعه لیتیک رسوبی است که از ذرات کوارتز در اندازه ماسه بسیار ریز تشکیل گردیده که دارای جلای کدر می‌باشند و به نظر می‌رسد توسط باد حمل شده باشند. تصویر ۷ که یک قطعه لیتیک رسوبی (آهکی و ماسه سنگی) است از منطقه سد چاه نیمه - کانال خروجی برداشت شده است و از ذرات کوارتز در اندازه ماسه بسیار ریز با جلای کدر تشکیل گردیده است. در منطقه مورد مطالعه، ذرات کوارتز غالباً نیمه گرد شده - نیمه زاویه‌دار و کروی می‌باشد. با توجه به اینکه غالب ذرات منطقه را کوارتز تشکیل می‌دهد لذا همبستگی کاملاً مشخصی بین اجزای تشکیل دهنده وجود دارد.

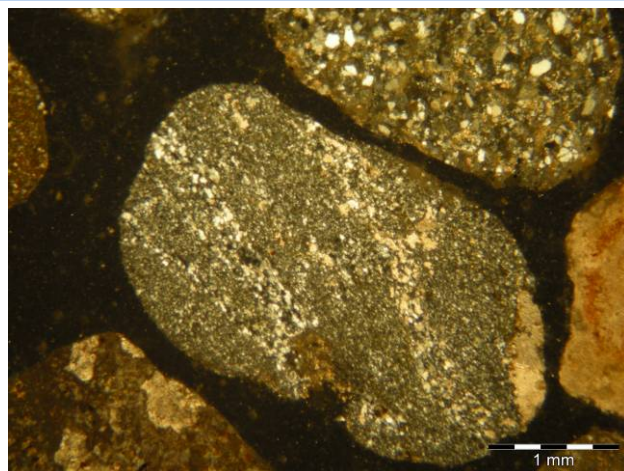
سیلت و ماسه در آن به ترتیب ۱۸ و ۳۲ و ۵۰ درصد می‌باشد (تصویر ۸). متوسط قطر دانه‌ها ۰/۰۶ میلی‌متر است و نمونه دارای مقدار ۱۶/۵ میلی‌گرم مواد آهکی و ۱/۳۸ میلی‌گرم مواد آلی می‌باشد. با مقایسه‌ای ساده نتیجه گرفته می‌شود که ذرات رسوبی ته‌نشین شده در مخزن شماره ۱ به مراتب از رسوبات ته‌نشین شده در مخزن شماره ۲، ۳ و ۴ دانه‌دشت‌ترند. نکته قابل ذکر این است که رسوبات دانه‌درشت رودخانه‌ای که از طریق رودخانه هیرمند و یا شاخه‌های منشعب از آن حمل می‌شوند قبل از ورود به کانال آبگیر مخزن شماره یک چاه‌نیمه (در مدخل ورودی) ترسیب می‌گردند. این مسئله سبب ته‌نشینی مقادیر زیادی از رسوبات دانه‌درشت در مدخل ورودی گردیده و پهنه رسوبی را در دهانه آبگیر به وجود می‌آورد. ته‌نشست رسوبات و بالا آمدن آن‌ها سبب گردیده که مقادیر زیادی از آب رودخانه هیرمند در محل انشعاب به دو شاخه پریان و سیستان به سمت رودخانه پریان منحرف شده و رودخانه سیستان از سهم کمتری برخوردار باشد.



تصویر ۸- منحنی‌های تجمعی دانه‌بندی نمونه‌های A، B، C و D

### ۸- نتیجه‌گیری

عملیات میدانی و همچنین مطالعات رسوب‌شناسی رسوبات مخازن چاه‌نیمه مشخص نمود، با توجه به اهمیتی که این مخازن در جهت تأمین آب شرب مردم سیستان و زاهدان دارند و همچنین منبع آب بسیار مهمی در حفظ تعادل اکولوژیکی منطقه می‌باشند، در حال حاضر مورد تهدید جدی شن‌های روان قرار دارند. اگر از هجوم شن‌ها و ماسه‌های روان به این مخازن جلوگیری نشود، تا چند سال آینده مقصد نهایی تپه‌های ماسه‌ای خواهند بود. متأسفانه در صورت پرشدن مخازن چاه‌نیمه از رسوبات بادی، خطر و بحران عظیمی این سرزمین را تهدید خواهد نمود و این روند نشان‌دهنده خطر بسیار جدی در منطقه می‌باشد. با توجه به مطالعات صورت گرفته بر روی نمونه‌های آنالیز



تصویر ۷- تصویر میکروسکوپی قطعه لیتیک رسوبی (آهکی و ماسه سنگی) تهیه شده با میکروسکوپ پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره ۴

### ۷- نمونه‌برداری و آنالیز فیزیکی و شیمیایی رسوبات

جهت تعیین منشاء رسوبات موجود در مخازن چاه‌نیمه تعداد ۱ نمونه از هر یک از مخازن و مجموعاً تعداد ۴ نمونه از کل مخازن برداشت گردید. سپس با انجام عملیات دانه‌بندی، رسم منحنی تجمعی و محاسبه اندیس‌های آماری مربوطه، موقعیت نسبی مناطق برداشت تخمین زده شد، نتایج حاصل از دانه‌بندی به شرح زیر می‌باشد:

#### ۷-۱- نمونه‌های A، B، C و D

**A:** این نمونه که از مخزن شماره ۱ برداشت شده است دارای وزن مخصوص ۲/۷۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و میانگین مقادیر رس، سیلت و ماسه در آن به ترتیب ۳۲، ۶۵ و ۳ درصد می‌باشد. متوسط قطر دانه‌ها ۰/۰۰۶ میلی‌متر است و نمونه دارای مقدار کمی مواد آهکی و نیز مواد آلی می‌باشد.

**B:** این نمونه که از مخزن شماره ۲ برداشت شده است دارای وزن مخصوص ۲/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و میانگین مقادیر رس، سیلت و ماسه در آن به ترتیب ۳۱، ۵۵ و ۱۴ درصد می‌باشد. متوسط قطر دانه‌ها ۰/۰۰۶ میلی‌متر است و نمونه دارای مقدار ۱۹ میلی‌گرم مواد آهکی و ۲/۵ میلی‌گرم مواد آلی می‌باشد.

**C:** این نمونه که از مخزن شماره ۳ برداشت شده است دارای وزن مخصوص ۲/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و میانگین مقادیر رس، سیلت و ماسه در آن به ترتیب ۴۴، ۵۶ و ۰ درصد می‌باشد. متوسط قطر دانه‌ها ۰/۰۰۲۵ میلی‌متر است و نمونه دارای ۱۷ میلی‌گرم مواد آهکی و ۲/۵۳ میلی‌گرم مواد آلی می‌باشد.

**D:** این نمونه که از مخزن شماره ۴ برداشت شده است دارای وزن مخصوص ۲/۶۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و میانگین مقادیر رس،

جهان اسلام، دانشگاه سیستان و بلوچستان: ۱۶۳-۱۵۰.

مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی، ۱۳۸۵، "طرح مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی سد زابل"، شرکت سهامی توسعه منابع آب و خاک سیستان، ۲۰۷ ص.

نگارش، ح. و لطیفی، ل.، ۱۳۸۷، "تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر"، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، سال ۶ (۱۲): ۶۰-۴۳.

نورزهی، ف.، ۱۳۷۲، "بررسی اثرات تخریبی سیلاب‌های رودخانه هیرمند"، پایان‌نامه کارشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۹۵ ص.

Giresse, P., Pauc, H., Déverchère, J. & Maradja Shipboard Scientific Party, 2008, "Sedimentary processes and origin of sediment gravity-flow deposits on the western Algerian margin during late Pleistocene and Holocene", *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 26 (5): 695-710.

Mazullo, J., Alexander, A., Tieh, T. & Menglin, D., 1992, "The effects of wind transport on the shapes of quartz silt grains", *Journal of Sedimentary Research*, Vol. 62 (6): 961-971.

Pease, P. P., Bierly, G. D., Tchakerian, V. P. & Tindale, N. W., 1999, "Mineralogical characterization and transport pathways of dune sand using Landsat TM data, Wahiba Sand Sea, Sultanate of Oman", *Geomorphology*, Vol. 29 (3-4): 235-249.

Vekerdy, Z. & Dost, R., 2006, "History of environmental change in the Sistan basin based on satellite image analysis: 1976 - 2005" *United Nations Environment Programme, UNEP, Post-Conflict Branch Geneva*.

Washington, R., Todd, M., Middleton, N. J. & Goudie, A. S., 2003, "Dust-storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations", *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 93 (2): 297-313.

Webb, N. P., McGowan, H. A., Phinn, S. R. & McTainsh, G. H., 2006, "AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia", *Geomorphology*, Vol. 78 (3-4): 179-200.

Youbin, S., Huayu, L. & Zhisheng, A., 2000, "Grain size distribution of quartz isolated from Chinese loess paleosols", *Chinese Science Bulletin*, Vol. 45 (24): 2296-2298.

شده و مقایسه آن‌ها با سایر نمونه‌ها، مشخص شد ارتباط ژنتیکی بسیار نزدیکی بین نمونه‌ها وجود دارد که حاکی از یکسان بودن کانی‌شناسی و محلی بودن منشاء آن‌ها می‌باشد. غالب ذرات تشکیل دهنده رسوبات کوارتز می‌باشند

منشاء ماسه‌ها و رسوبات وارده به مخازن آبی چاه‌نیمه‌ها از هیرمند، بستر خشکیده هامون، دشت‌های شمالی واقع در افغانستان، اراضی کشاورزی، اراضی رها شده و مراتع تخریب شده می‌باشند. تصویر ماهواره‌ای، نشان داد که کانون شروع گرد و غبار در شمال منطقه سیستان و در خاک کشور افغانستان می‌باشد که پس از ورود به منطقه سیستان و افزایش حجم گرد و غبار با جهت شمال غربی - جنوب شرقی (هم جهت با بادهای ۱۲۰ روزه) وارد کشورهای افغانستان و پاکستان می‌گردد.

بر اساس مشاهدات مستقیم و نمونه‌برداری‌های صورت گرفته، مقصد نهایی پیشروی تپه‌های ماسه‌ای مسیر زهک به قلعه‌نو، بر روی مخازن آبی چاه‌نیمه قرار دارد که اگر با همین روند ادامه داشته باشد این حجم شن و ماسه وارد مخازن خواهد گردید و این منبع آبی را به خطر خواهند انداخت.

## تشکر و قدردانی

از زحمات آقای دکتر کاظم شعبانی جهت راهنمایی در شناسایی مقاطع نازک، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## مراجع

اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳، "طرح اجرایی تثبیت شن و بیابانزدایی زابل در سال ۱۳۸۳"، ۱۵۷ ص.

ایرانش، ف.، عرب خدری، م. و اکرم، م.، ۱۳۸۴، "بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آن‌ها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای"، مجله پژوهش و سازندگی (در منابع طبیعی)، شماره ۲ (پیاپی ۶۷): ۲۳۰-۲۵.

جدیدالاسلامی، م.، ۱۳۸۹، "بررسی ارتباط ژنتیکی و کانی‌شناسی عناصر تشکیل دهنده تپه‌های ماسه‌ای (شرق دشت سیستان)"، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام، دانشگاه سیستان و بلوچستان: ۱۷۵-۱۸۷.

حیدری‌نسب، م.، ۱۳۸۶، "نقش باد در ایجاد لندفرم‌های بادی در منطقه نیاتک سیستان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۰۴ ص.

خسروی، م.، ۱۳۸۴، "اثرات اکولوژیکی و زیست محیطی بادهای ۱۲۰ روزه در سیستان"، طرح پژوهشی سازمان حفاظت محیط زیست استان سیستان و بلوچستان، ۳۰۰ ص.

طاووسی، ت.، ۱۳۸۹، "تحلیل آماری روزهای گرد و غباری در منطقه سیستان طی دوره (۱۹۷۶-۲۰۰۵)"، کنگره بین‌المللی جغرافیادانان