

## منشاییابی نهشته‌های بادی شرق زابل از طریق مورفوسکپی

### و آنالیز فیزیکی و شیمیایی رسوبات

حسین نگارش\* و لیلا لطیفی\*\*

\* گروه جغرافیای دانشگاه سیستان و بلوچستان

\*\* کارشناس ارشد ژئومورفولوژی

#### چکیده

دشت سیستان بدلیل وجود رسوبات آبرفتی و رودخانه ای ریز دانه، فرسایش پذیری زیادی داشته که با توجه به وزش بادهای ۱۲۰ روزه و خشک بودن منطقه این ذرات ریز به راحتی جا بجا شده و باعث به وجود آمدن تپه های ماسه ای به اشکال مختلف می شوند. تحقیقات میدانی حکایت از این دارد که منشاء رسوبات منطقه به رسوبات پلیستوسن و رسوبات جدید یعنی نهشته های دریاچه ای بستر هامونهای خشک شده فعلی و نهشته های دلتایی رودخانه های سیستان، پریان و نیاتک که با ده ها متر ضخامت، کف چاله سیستان را پوشانده اند، بر می گردد. بخشی از این بادرفتها از نهشته های دریاچه ای نشأت گرفته و بخشی دیگر از دانه های حمل شده توسط باد به ویژه بادهای ۱۲۰ روزه از قسمتهای غربی و خارج از محدوده مطالعاتی ممکن است ناشی شده باشند. دشتهای غربی رودخانه هامون از جمله نواحی است که آن را می توان منشاء بخش‌هایی از شنزارها به حساب آورد. هدف این مقاله آن است که با استفاده از روش‌های آنالیز فیزیکی و شیمیایی مثل DSC, TGA, BET, XRD و طیف گیری و تفسیر فازهای متعدد نمونه‌ها و همچنین مورفوسکپی رسوبات، منشاء آنها را تعیین نماید، زیرا اگر آزمایشات جنس و مورفوسکپی نمونه‌ها را یکسان نشان دهد، حکایت از آن دارد که منشاء همه این رسوبات یکی است، در غیر این صورت باید منشاء و خواستگاه های متفاوتی داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: تعیین منشاء رسوبات، تپه های ماسه ای، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، بیابان، آنالیز فیزیکی و شیمیایی، طیف

XRD.

## Origination of Wind Deposits in the East of Zabol by Using Of Morphoscopy and Physical & Chemical Analysis of Sediments

H. Negaresh\* and L. Latifi\*\*

\* Geography Department, University of Sistan & Baluchestan

\*\* M.A. Geomorphology

### Abstract

The plain of Sistan has great erodibility because of the existence of alluvial and fine sand blast. Considering 120 days winds and the drought of the region, this fine sand blasts were easily dislocated and form sand dune in different shapes. Field investigations interpret that the source of regional sediments is originated to the Pleistocene and new sediments that is the deposits of the lake of Hamoon, s bed has been recently dried, and covered with deltaic deposits of Sistan rivers such as Parnian, Niatak with tens of meters of thickness. Part of this Aeolian sediments is originated from the lake deposits, and the rest of the sand may be carried by winds especially 120 days winds from western and farther region which is not due to be studied here. Western plains of Hamoon River are of those areas which may be considered as a source of these sand places. In this paper, we are to determine the origin of sediments using the methods of physical and chemical analysis such as XRD, BET, TGA and DSC spectral interpretation of different phases of samples and sediments morphoscopy. If the experiments show the similar gender and morphoscopy of samples, it means that the source of all these sediments are the same, otherwise they can have different source and origin.

**Keywords:** determination of origin of deposits, sandy dunes, 120 days winds of sistan, desert, physical & chemical analyses, spectral XRD.

عامل تخریب طی دوره کواترنردر مناطق بیابانی ایران

محسوب می شود (احمدی، ۱۳۷۸، ص ۴۲۹).

بررسی ها نشان می دهد که بستر رودخانه هامون منشاء بیشترین برداشت ذرات ماسه بوده، بطوری که این ذرات در جهت حرکت باد طی مسیر نموده و بعد از رسوب در برابر هر مانعی تپه های ماسه ای را ایجاد می کنند. تفسیر نقشه های توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای در سال های مختلف نشان داد که سرعت و جهت

۱- مقدمه

باد معادل ۲۵ درصد سطح بیابان های زمین را به وسیله شن و ماسه پوشش داده و هر ساله صدها میلیون تن خاک را از آنها کنده و جابجا می کند. وجود صدها کیلومتر مربع از تپه های ماسه ای با بیش از ۳ متر ارتفاع و هر کدام با پیشروی بیش از ۱۵ متر در سال، پدیده های معمول در بیابان ها هستند (رفاهی، ۱۳۸۳، ص ۱). بنابراین می توان ادعا نمود که فرسایش بادی مهمترین

دنبال دارد. بنابراین هرچند که بیشتر آمار طوفان‌های ماسه‌ای مربوط به ماه‌های فوق می باشد ولی بخصوص در طی چند سال اخیر با بروز و ظهور خشکسالی در منطقه بر تعداد و شدت طوفانهای ماسه‌ای افزوده شده به طوری که به نظری رسد که اطلاق بادهای ۱۲۰ روزه به این بادهای صحیح نباشد.

بنابراین جهت حرکت بادهای غالب و فرساینده منطقه بین شمال تا شمال غرب (کمی انحراف از شمال به سمت شمال غرب) و زمان وقوع بادهای غالب و فرساینده بیشتر بین اردیبهشت تا مهرماه بوده ولی وقوع بادهایی با سرعت بالا و فرساینده در تمام طول سال و در شرایط فعلی دور از انتظار نیست.

در این مقاله تلاش خواهد شد که ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و جهت باد غالب، سمت و سوی حرکت ماسه‌های روان در منطقه تعیین و سپس با بهره‌گیری از روش‌های آنالیز فیزیکی و شیمیایی و همچنین مورفوسکپی رسوبات، منشأ آن‌ها تعیین گردد.

## ۲- مواد و روش‌ها

همزمان با مطالعات کتابخانه‌ای نسبت به تهیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه اقدام و به آنالیز داده‌های آماری سرعت باد از ایستگاه‌های هواشناسی زابل و زهک اقدام گردید. سپس در عملیات صحرایی ابتدا ۳ منطقه میانکنگی، مرکزی، شهرکی و نارویی که از مراکز بحرانی منطقه محسوب می شوند، انتخاب و با توجه به این که رسوبات بادی منطقه

حرکت تپه‌های ماسه‌ای منطقه متناسب با باد غالب ۱۲۰ روزه و در جهت شمال غربی - جنوب شرقی است و علاوه بر آن، ارتفاع و حجم ماسه‌ها نیز به عنوان یک فاکتور مهم در سرعت حرکت و میزان پیشروی تپه‌های ماسه‌ای نقش دارد.

وابستگی منطقه به آب رودخانه هیرمند، دارا بودن خاک آبرفتی با لایه‌های متناوب ماسه و رس، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، پایین بودن ریزش‌های جوی، دما و تبخیر بالا، فقر پوشش گیاهی و بروز خشکسالی‌های اخیر منطقه را به صورت عرصه‌ای مناسب برای حرکت ماسه‌های روان در آورده است.

یکی از پارامترهای ویژه و موثر برای تعیین میزان حرکت شن‌های روان در هر منطقه بکارگیری و مطالعه رژیم باد و شناسایی بادهای فرساینده و موثر در تشکیل تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی و بخصوص باد سنجی در آن منطقه می باشد. بررسی و تجزیه و تحلیل بادهای منطقه با استفاده از آمار ایستگاه‌های سینو پتیک زابل و زهک نشان می دهد که باد غالب و فرساینده مورد مطالعه در تمامی طول سال از طرف شمال بوده و باد غالب ماهیانه متأثر از بادهای ۱۲۰ روزه می باشد. اما آنچه مسلم است این است که وزش بادهای با سرعت بالا در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور باعث گردیده که این بادهای تحت عنوان بادهای ۱۲۰ روزه نامگذاری شوند. ولی وزش باد در طول سال و با تغییرات جوی به سرعت تغییر یافته و طوفانهای با سرعت نسبتاً بالا در تمام طول سال را به

حذف و فقط به تجزیه و تحلیل ۳ نمونه دیگر پرداخته شد.

بنابراین بطور خلاصه می توان گفت که روش تحقیق این مقاله روش استقرای یعنی رسیدن از مطالعات جزئی و آنالیز های میدانی و آزمایشگاهی به سوی نتیجه گیری و قوانین کلی است.

### ۳- پیشینه تحقیق

تاکنون اندیشمندان گروههای مختلف علمی از جمله بیابان، آب و خاک، جغرافیا و... در بسیاری از مناطق دنیا منشاء یابی و خسارات ناشی از طوفان های شن و ماسه را مورد مطالعه قرار داده اند که به اختصار به ذکر نام و کار تحقیقی برخی از آن ها اشاره می شود:

Abbas Aifan Al- Harthi (2002) موضوع

برآورد خطر زمینی تپه های ماسه ای بین جده واللیته در غرب عربستان را مورد مطالعه قرار داده و سپس با نمونه برداری از رسوبات بادی و سنگهای آذرین و دگرگونی غرب عربستان، منشاء تپه های ماسه ای این منطقه را معرفی نمود. Victor Squire (2002) طوفان های شن و ماسه و Yang Youlin (2002) باد سیاه در شمال غربی کشور چین و UNEP (2006) روند تغییرات محیطی در حوضه سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره ای را مورد بررسی قرار داده اند.

محمد رضا اختصاصی (۱۳۷۵) منشاء یابی تپه-

های ماسه ای در حوضه دشت یزد اردکان، فاضل ایرانمنش و همکاران (۱۳۸۴) بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی های انتشار آن ها در طوفان

به صورت طولی و خطی قرار گرفته اند، ۵ نمونه از رسوبات بادی آن ها با رعایت اصول علمی نمونه برداری شد. نمونه های برداشت شده به آزمایشگاه رسوب شناسی گروه زمین شناسی جهت مورفوسکوپی و آزمایشگاه شیمی دانشگاه سیستان و بلوچستان جهت تعیین نوع و منشاء رسوبات و انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی مثل  $XRD^1$ ,  $BET^2$ ,  $TGA^3$ ,  $DSC^4$ , منتقل شدند.

در آزمایشگاه رسوب شناسی بامیکروسکوپ پلاریزان رنگی و عدسی شماره ۴ شکل و نوع رسوبات که بیشتر کوارتز بودند، مشخص شد و در تجزیه فیزیکی و شیمیایی رسوبات طیف  $XRD$  به روش زیر تهیه گردید. ابتدا نمونه ها از طریق روشهای کلاسیک تجزیه گردیدند و سپس با انجام آزمایشات مقدماتی وجود عناصری مانند کلسیم، کربنات کلسیم و سیلیسیم ثابت شد. پس از آن جهت تایید نتایج فوق به کمک تکنیک پراش  $X$  ( $XRD$ ) نمونه ها طیف گیری شدند و پس از تفسیر آن فازهای متعددی که در جداول مربوط آمده است، تشخیص داده شد. همچنین جهت بررسی بیشتر نتایج فوق و تشخیص بیشتر فازهای شناسایی شده به کمک  $XRD$ ، از تکنیک آنالیز حرارتی جهت مقاومت حرارتی رسوبات استفاده شد. لازم به ذکر است پس از انجام آزمایشات دریافتیم که ۲ نمونه از ۵ نمونه برداشت شده کاملاً با نمونه های دیگر یکسان هستند، لذا این دو نمونه

1 - X-Ray Diffraction

2- Brunauer- Emmett-Teller

3- Thermal Gravimetric Analysis

4 - Differential Scanning Calorimetry

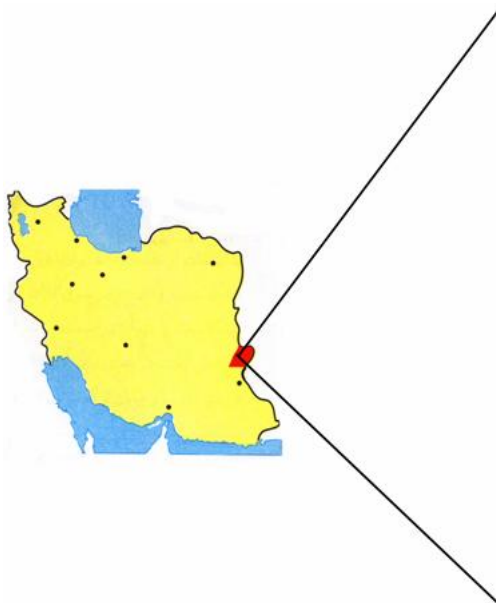
جنوب بافق، زابل و بیابان نیاتک سیستان اختصاص داده‌اند.

#### ۴- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی ایران و در شمال شرق دشت بزرگ سیستان و در جنوب غربی مرز مشترک ایران و افغانستان قرار دارد و از لحاظ موقع ریاضی از  $15^{\circ} 61'$  تا  $51^{\circ} 61'$  طول شرقی و از  $48^{\circ} 30'$  تا  $26^{\circ} 31'$  عرض شمالی واقع شده است

های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره- ای، هادی معماریان خلیل آباد و همکاران (۱۳۸۴) منشاء یابی رسوبات بادی در منطقه رفسنجان را مطالعه کرده‌اند.

همچنین افرادی مثل عبدالحمید دهواری (۱۳۷۳)، ابراهیم صادقی نژاد (۱۳۷۸)، محمد جواد قانع بافقی (۱۳۷۹)، غلامرضا هادربادی (۱۳۷۹)، حسین سرگزی (۱۳۸۴)، بترتیب پایان نامه کارشناسی ارشد خود را به منشاء یابی تپه های ماسه ای سراوان، نرماشیر بم،



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بر اساس تصاویر ماهواره‌ای گرفته شده از Google earth

نمود. در بسیاری از موارد دیده شده است که با وجود تلاش گسترده دستگاه های اجرایی در زمینه تثبیت ماسه های روان، در بسیاری از مناطق، طوفان های ماسه ای و رسوبات بادی همچنان از معضلات مردم مناطق بیابانی است. دلیل این امر را می توان عدم توجه به مناطق برداشت و منشاء رسوبات بادی دانست. تجارب به دست

#### ۵- منشاء یابی رسوبات بادی منطقه

شناخت منشاء یا مناطق برداشت رسوبات بادی از اصول اولیه کنترل و مبارزه با فرسایش بادی در هر منطقه محسوب می شود. زیرا باشناسایی مناطق برداشت می توان به جای پرداختن به معلول ها، علت ها را شناسایی کرد و فعالیت های اجرایی را در مناطق برداشت متمرکز

(XRD) گرماسنج تفاضلی (DSC) و استفاده از طیف نمای جذب اتمی شعله (FAA) مورد آزمایش قرار گرفتند که به شرح مختصر آن ها پرداخته می شود.

#### ۱-۵- آنالیز فیزیکی و شیمیایی رسوبات بادی

ابتدا نمونه ها به طریق روشهای کلاسیک تجزیه شده و سپس با انجام آزمایشات مقدماتی وجود عناصری مانند سدیم (Na)، کلسیم (Ca)، سیلیسیم (Si)، کلر (Cl) و کربنات ( $CO_3^{2+}$ ) ثابت شد. جدول شماره ۱ عناصر شناسایی شده در نمونه ها را نشان می دهد.

جدول شماره ۱: عناصر شناسایی شده از ۳ نمونه برداشت شده در منطقه مورد مطالعه

عناصر شناسایی شده	نام نمونه
$CO_3^{2+}$ , Cl, N, K, Si, Ca, Na	نمونه ۱ از منطقه شهرکی و نارویی (روستای میرزا خون)
Cl, Na, Ca, Si	نمونه ۲ از میانگنگی (روستای شندل)
$CO_3^{2+}$ , Cl, Ca, Si, Na	نمونه ۳ از مرکزی (شهر بنجار)

پس از تعیین عناصر موجود در نمونه ها که نتایج آن ها در جدول ۱ آمد، جهت تایید نتایج فوق به کمک تکنیک پراش (XRD) از نمونه ها طیف گیری شد، و پس از تفسیر، فازهای ۱ تا ۳ شناسایی شدند که جدول ۲ و اشکال ۲ و ۳ و ۴ این فاز ها را نشان می دهند. این نتایج در توافق با نتایج شناسایی عناصر موجود که در جدول ۱ آمده است، بودند.

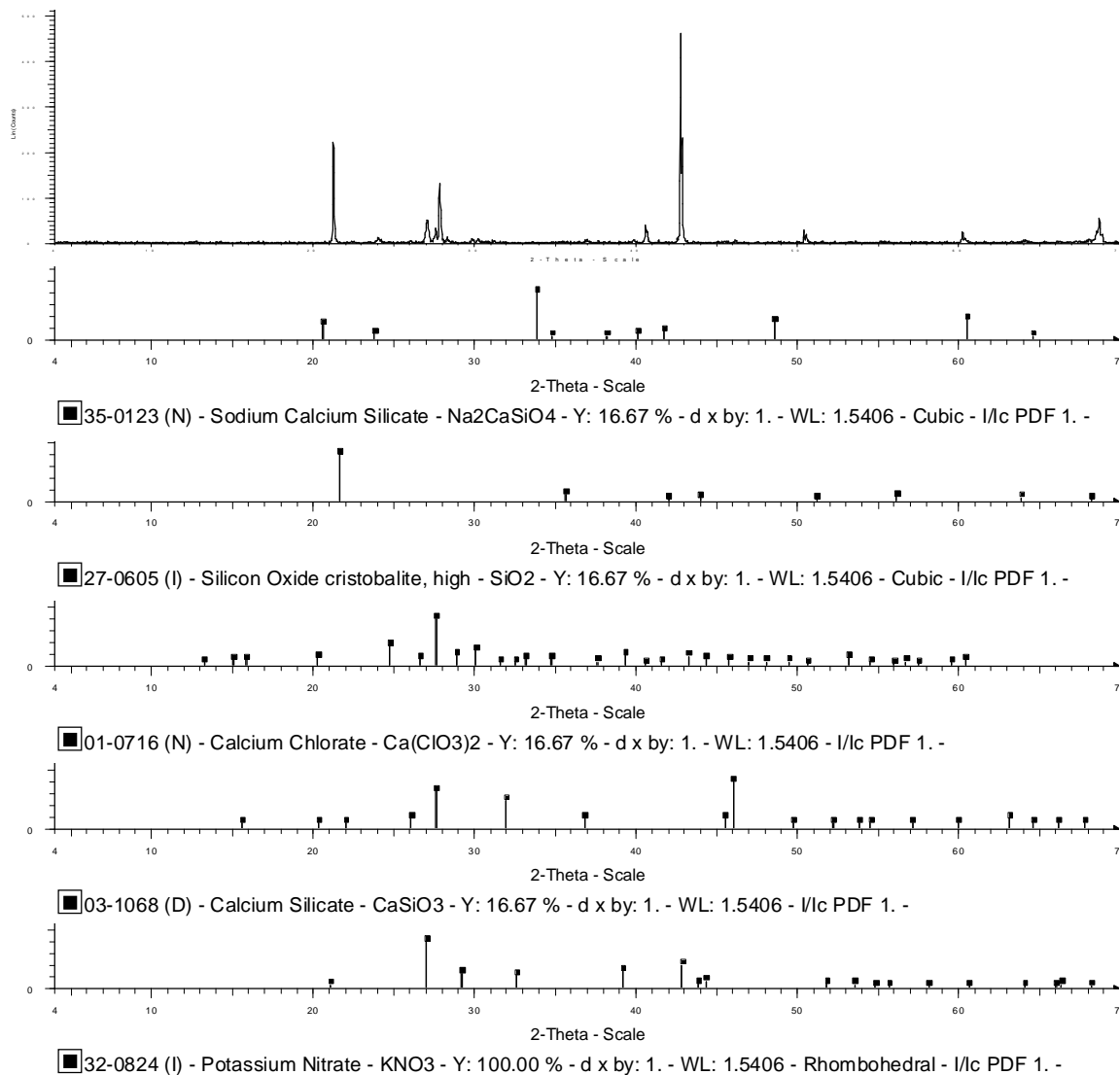
آمده نشان می دهد که بهترین مرحله مبارزه با فرسایش بادی کنترل منشاء یا مناطق برداشت است و تنها در مواقع ضروری و اضطراری می توان عملیات اجرایی را در مناطق حمل و رسوبگذاری انجام داد (احمدی، ۱۳۷۷، ص ۳۳۳).

با توجه به مطالب فوق، برای شناسایی مناطق برداشت یا منشاء تپه های ماسه ای منطقه، از روش تجزیه فیزیکی و شیمیایی استفاده به عمل آمد. برای تعیین منشاء، همه نمونه های برداشت شده از ۳ منطقه میانگنگی، مرکزی، شهرکی و نارویی با استفاده از روشهای مختلف فیزیکی مانند طیف اشعه ایکس

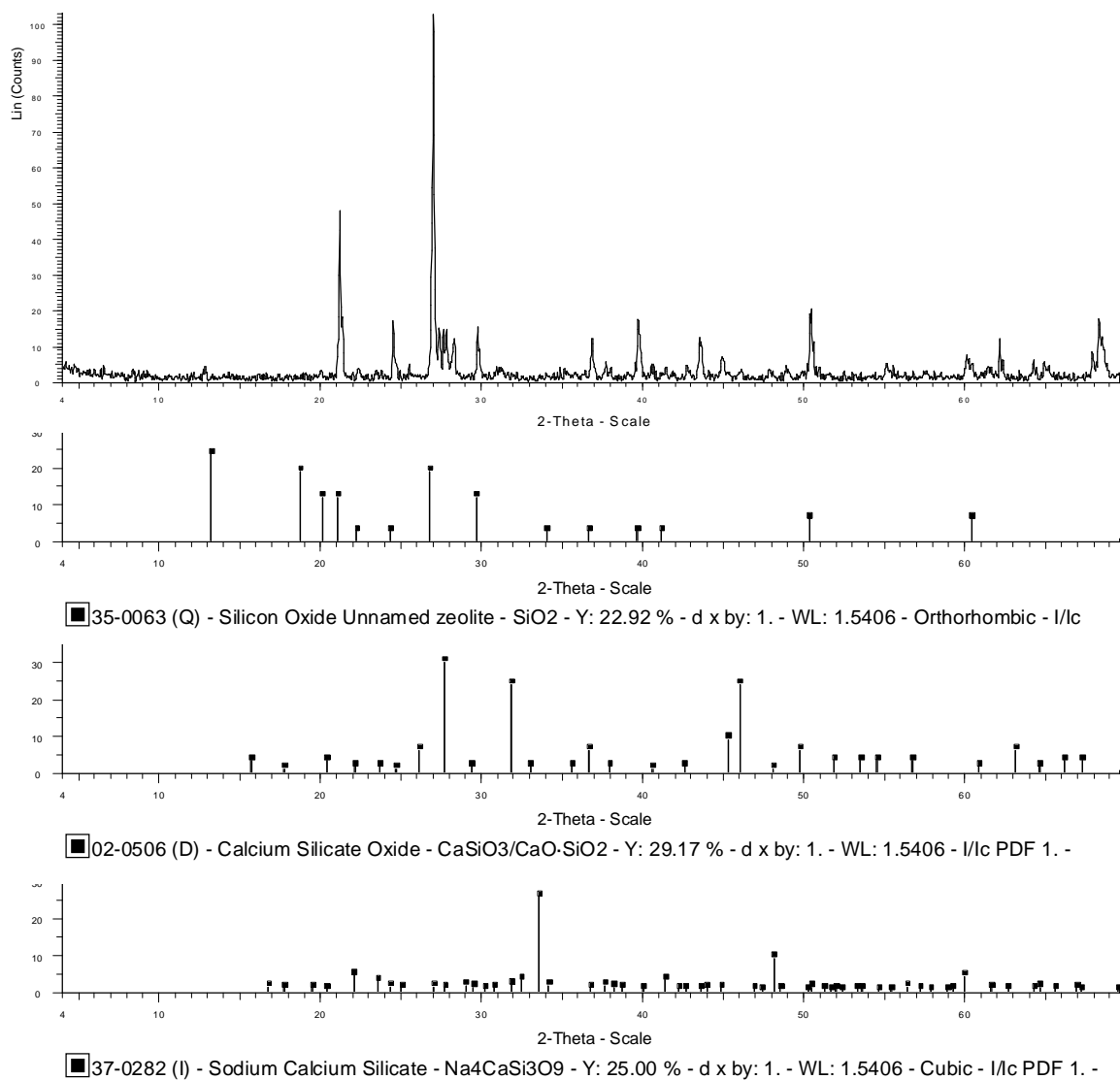
همان طور که جدول شماره ۱ نشان می دهد، سیلیسیم، سدیم، کلسیم و کلر در هر ۳ نمونه وجود دارد ولی نمونه شماره ۱ دارای پتاسیم و نیتروژن می باشد که دو نمونه دیگر فاقد آن هستند. هم چنین در نمونه های ۱ و ۳ کربنات وجود دارد که در نمونه شماره ۲ دیده نمی شود. بنابراین ترکیب اصلی هر ۳ نمونه یکسان است و عناصری که در برخی نمونه ها وجود دارد ولی در نمونه های دیگر مشاهده نمی شود، بسیار جزیی است.

جدول ۲: فازهای شناسایی شده در نمونه‌ها توسط تکنیک پراش X (XRD)

فازهای شناسایی شده	نمونه
Na <sub>2</sub> CaSiO <sub>4</sub> (cubic), SiO <sub>2</sub> (cubic), Ca (ClO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaSiO <sub>3</sub> , CaCO <sub>3</sub> (Cubic), KNO <sub>3</sub> (Rhombohedral)	نمونه ۱ شهرکی و نارویی
SiO <sub>2</sub> (Orthorhombic), CaSiO <sub>3</sub> / CaO/SiO <sub>2</sub> , Na <sub>4</sub> CaSi <sub>3</sub> O <sub>9</sub> (cubic)	نمونه ۲ میانکنگی
Na <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Na <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>16</sub> (triclinic), SiO <sub>2</sub> (Hexagonal), CaO, Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	نمونه ۳ از مرکزی (شهر بنجار)

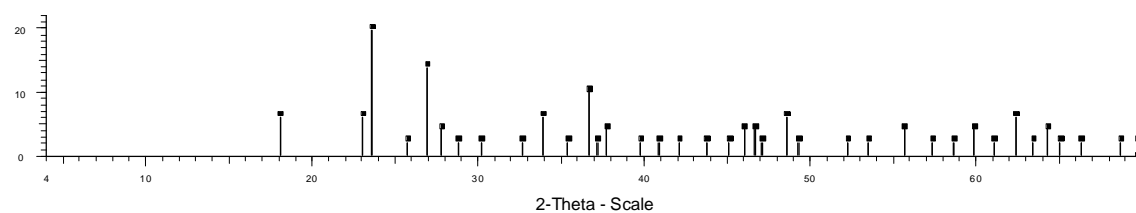
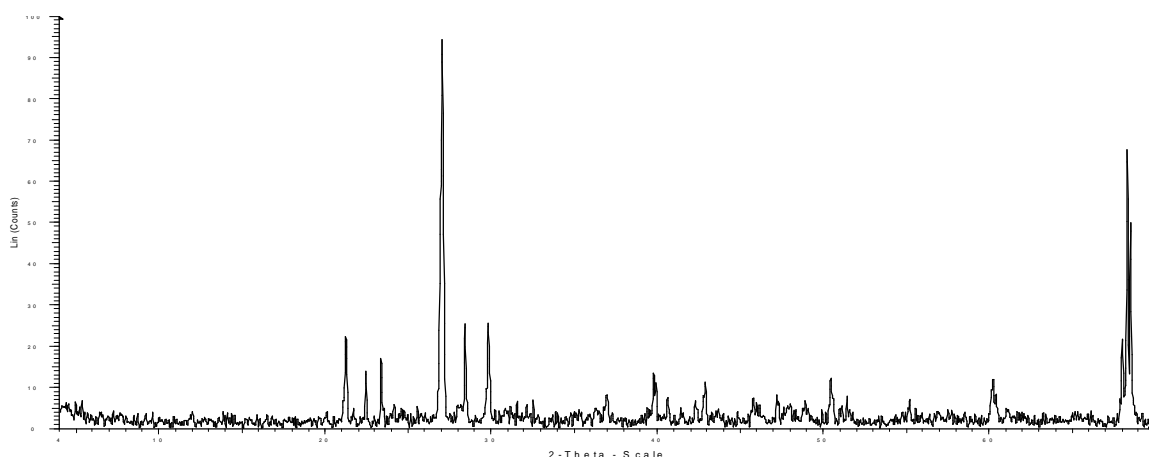


شکل ۲: طیف XRD رسوبات منطقه شهرکی و نارویی (روستای میرزا خون)

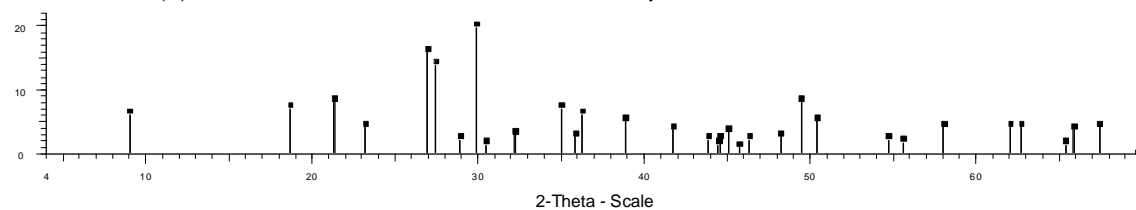


شکل ۳: طیف XRD رسوبات منطقه میانکنگی (روستای شندل)

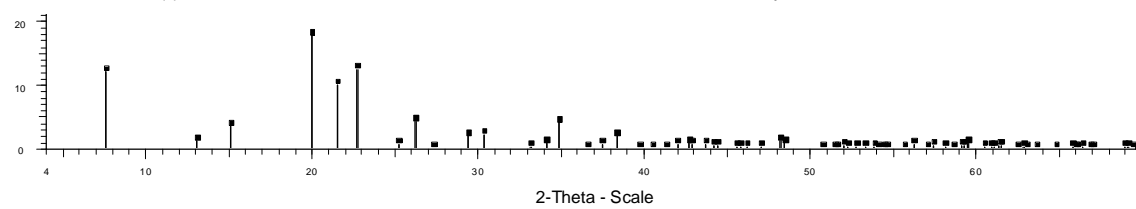




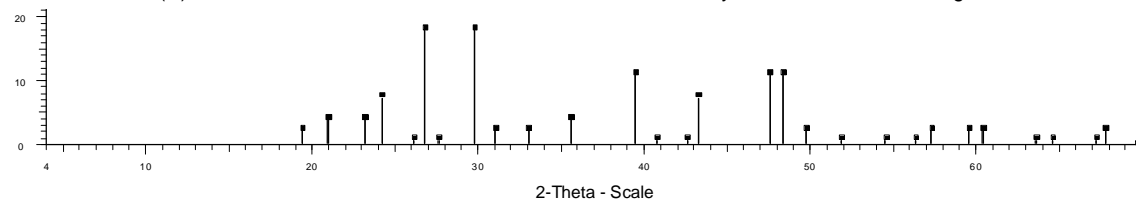
■ 18-1241 (N) - Sodium Silicate -  $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$  - Y: 20.83 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - I/Ic PDF 1. -



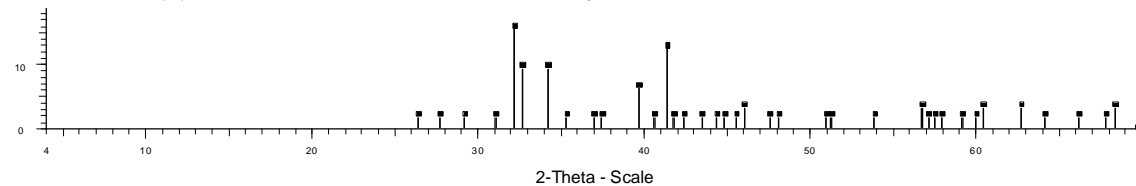
■ 23-0671 (\*) - Sodium Calcium Silicate -  $\text{Na}_2\text{Ca}_3\text{Si}_6\text{O}_{16}$  - Y: 20.83 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - I/Ic PD



■ 45-0131 (C) - Silicon Oxide Zeolite SSZ-24 -  $\text{SiO}_2$  - Y: 18.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - I/Ic PDF



■ 17-0912 (D) - Calcium Oxide -  $\text{CaO}$  - Y: 18.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - I/Ic PDF 1. -



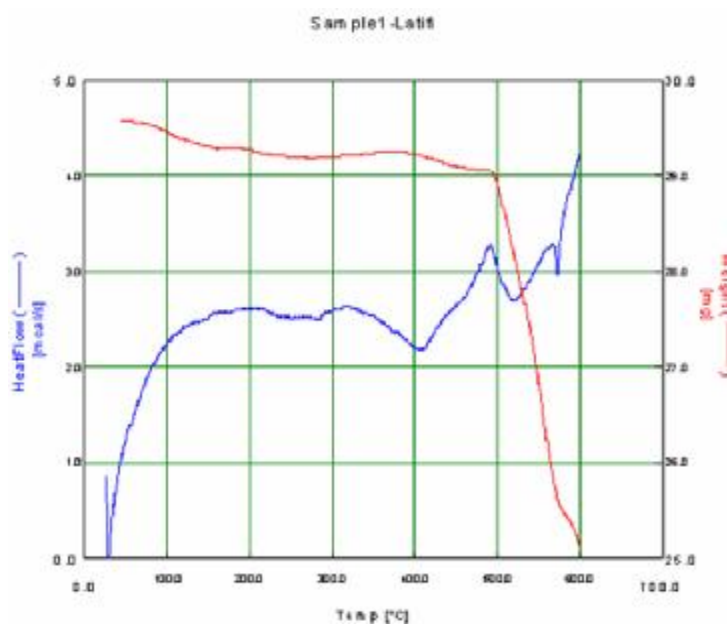
■ 03-0753 (D) - Calcium Silicate -  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  - Y: 16.23 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - I/Ic PDF 1. -

شکل ۴: طیف XRD رسوبات منطقه بنجار (مرکزی)

خون)، مشاهده می شود که ابتدا کاهش وزن اندکی که مربوط به آب همراه نمونه هاست می باشد ( $80-120^{\circ}\text{C}$ )، این آب به صورت فیزیکی جذب نمونه ها شده و پس از آن وزن نمونه ها ثابت شده است. در حدود دمای  $400^{\circ}\text{C}$  تغییر فازی مشاهده می شود که نمودار DSC آن را نشان می دهد اما از دمای  $500-600^{\circ}\text{C}$  کاهش شدیدی در وزن نمونه ها که ناشی از تجزیه فاز های کربناتی است، مشاهده می شود که این کاهش وزن در توافق با تغییر مشاهده شده توسط DSC است.

همچنین جهت بررسی بیشتر نتایج فوق از تکنیک آنالیز حرارتی TGA/DSC جهت مقاومت حرارتی و تشخیص بیشتر فاز های شناسایی شده به کمک XRD استفاده شد و نتایج بدست آمده در توافق با نتایج شناسایی عناصر و فاز های XRD بودند. طیف های زیر نشان دهنده وضعیت تجزیه رسوبات بادی منطقه می باشد (اشکال ۵ و ۶).

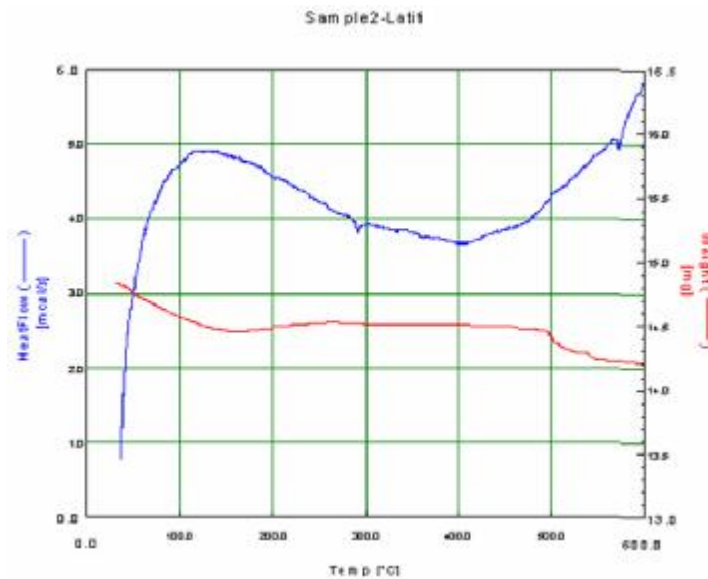
با توجه به نمودار های TGA, DSC برای نمونه شماره ۱ (رسوبات منطقه شهرکی و نارویی روستای میرزا



شکل ۵: تجزیه شیمیایی نمونه شماره ۱، رسوبات منطقه شهرکی و نارویی (روستای میرزا خون)

مربوط به فاز ها و ترکیبات مقاوم حرارتی مانند ترکیبات سیلیکاتی است اما در این دما باز کاهش وزن دیده می شود که مربوط به تجزیه ترکیبات کربناتی و کلراتی است.

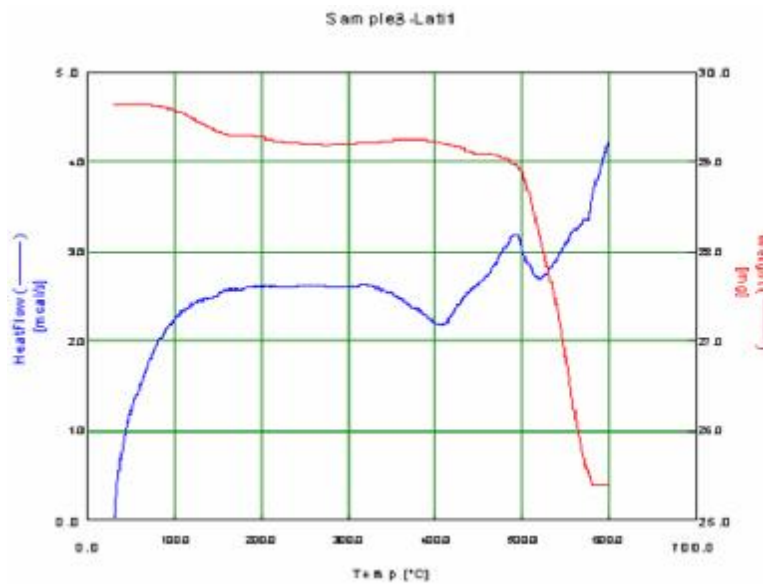
در نمونه شماره ۲ رسوبات منطقه میانکنگی (روستای شندل)، ابتدا کاهش وزنی از دمای  $80-120^{\circ}\text{C}$  دیده می شود که مربوط به جذب فیزیکی آب می باشد و نمودار DSC آن را تایید می کند، اما از دمای  $500-1500^{\circ}\text{C}$  هیچگونه کاهش وزنی دیده نمی شود که



شکل ۶: تجزیه شیمیایی نمونه شماره ۲، رسوبات منطقه میانکنگی (روستای شندل)

که نمودار DSC آن را نشان می‌دهد، اما از دمای  $^{\circ}\text{C}$  ۶۰۰-۵۰۰ کاهش شدیدی در وزن نمونه‌ها که ناشی از تجزیه فازهای کربناتی است مشاهده می‌شود که این کاهش وزن در توافق با تغییر مشاهده شده توسط DSC است.

نمودارهای TGA و DSC برای نمونه شماره ۳ منطقه بنجار (مرکزی)، نشان می‌دهد که ابتدا کاهش وزن اندکی که مربوط به آب همراه نمونه‌هاست مشاهده می‌شود  $^{\circ}\text{C}$  (۱۲۰-۱۸۰) که این آب به صورت فیزیکی جذب نمونه‌ها شده و پس از آن وزن نمونه‌ها ثابت شده است. در حدود  $^{\circ}\text{C}$  ۴۰۰ تغییر فازی مشاهده می‌شود



شکل ۷: تجزیه شیمیایی نمونه شماره ۳، منطقه بنجار (مرکزی)

## ۵-۲- مورفوسکوپی رسوبات بادی

اهمیت مطالعه رسوبات بادی منجر به شناسایی اجزای تشکیل دهنده رسوبات، شناسایی سنگ منشاء رسوبات آواری، شناسایی محیط تشکیل رسوبات و شناسایی آب و هوای ناحیه منشاء می شود. طبق بررسی های انجام شده در ارتباط با ماهیت ذرات ماسه بادی مشخص شده است که رسوبات بادی متشکل از ذرات آواری بوده که از تخریب سنگها و بیرون زدگی های سطحی زمین مانند سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی ناشی شده اند و در مراحل بعد توسط فرآیندهای فیزیکی و باد حمل گشته و رسوب کرده اند (دهواری، ۱۳۷۳). بنابراین ذرات بادی هر چه باشند ماهیت معدنی و خرده سنگی دارند و طبیعی است که از نظر ژنتیکی با مواد مادری شان (سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی) ارتباط داشته باشند.

در ارتباط با رسوبات بادی منطقه، کلیه نمونه ها در آزمایشگاه دانه بندی گردیدند و ماهیت کانی ها و خرده سنگها تعیین و ویژگی بافت ذرات برای مقایسه با ذرات بادی و میزان تأثیر انواع فرآیندهای فرسایشی بررسی گردید. جزییات مطالعه بدین صورت است:

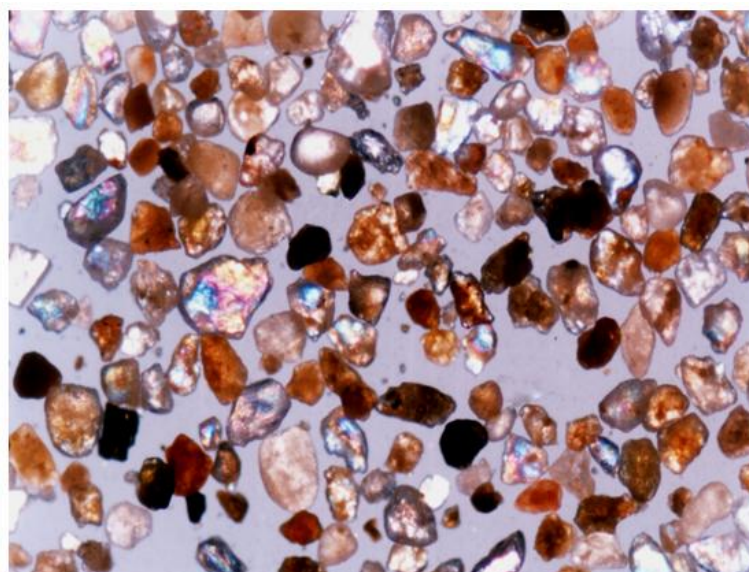
۱- از مهمترین اجزای تشکیل دهنده نمونه ها، می توان به دانه های کوارتز با ناخالصی هایی از اکسید آهن و مقدار کمی فلدسپات اشاره کرد.

۲- سنگ منشاء این رسوبات با توجه به اینکه بیش از ۸۵٪ ذرات آن را کوارتز تشکیل می دهد، آذرین اسیدی است.

۳- برای تعیین آب و هوا از فلدسپاتها کمک گرفته شد، زیرا در صورتی که فلدسپاتها سالم باشند نشان دهنده آب و هوای خشک و اگر هوازده باشند نشان دهنده آب و هوای مرطوب در ناحیه منشاء است که در این رسوبات با توجه به سالم بودن فلدسپاتها آب و هوای آن خشک می باشد. ذرات تشکیل دهنده رسوبات بادی منطقه از نوع آواری می باشد. بدین صورت که این ذرات از تخریب کانی ها و سنگها حاصل شده و خود به ۲ دسته آلی و غیر آلی تقسیم می شوند. ذرات غیر آلی شامل کوارتز، فلدسپاتها، خرده سنگها، میکاها و کانی های سنگین و ذرات آلی شامل تورب، لیگنیت، آنتراسیت می باشد.

بعد از انجام مقدمات، رسوبات بادی که از ۳ موقعیت منطقه برداشته شده بودند توسط میکروسکوپ مشاهده شدند که شکل، رنگ، نوع و جنس دانه ها در شکل های شماره ۸ و ۹ و ۱۰ نشان داده شده است:

در مورفوسکوپی نمونه شماره ۱ (منطقه شهرکی و نارویی، رخساره برداشت: برخان)، بیشترین دانه ها از نوع کوارتز و رگه های سیاه رنگ میکا داخل آنها مشاهده شد و همچنین کوارتزها به رنگ های شیری، سبز و نارنجی دیده شدند (شکل ۸).

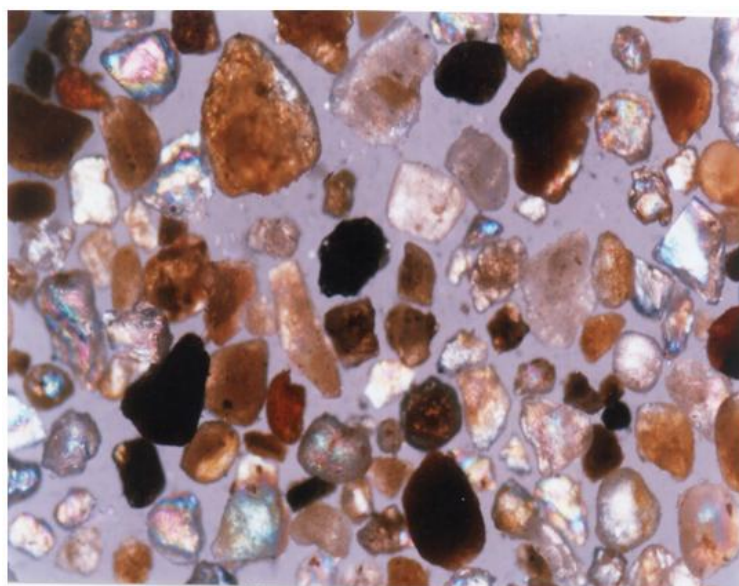


شکل ۸: مورفوسکپی نمونه شماره ۱ (منطقه شهرکی و نارویی، روستای میرزاخون) با میکروسکوپ

پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره ۴

آن مشاهده می‌گردد. کوارتزها به رنگهای نارنجی، زرد کم رنگ، سبز و فلدسپاتهای پلیکلاژ نیز در این رسوبات دیده می‌شود (شکل ۹).

۲- مورفوسکپی نمونه شماره ۲ (منطقه میانکنگی، روستای شندل، رخساره برداشت: نیکا) نشان داد که دانه های آن از نوع کوارتز و رگه های سیاه رنگ میکا داخل آن دیده می‌شود. اکسیدهای آهن نیز به مقدار جزئی در

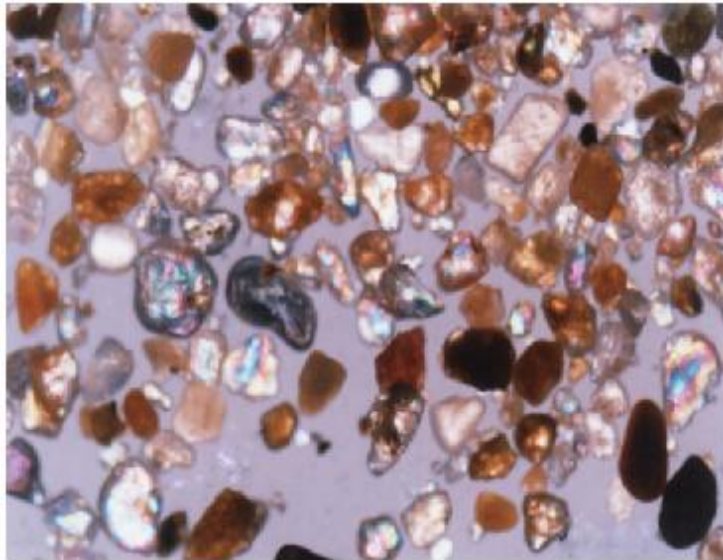


شکل ۹: مورفوسکپی نمونه شماره ۲ (منطقه میانکنگی، روستای شندل)

با میکروسکوپ پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره ۴

است، در آن دیده می شود، دانه های کوارتز به چندین رنگ آبی، شیری، نارنجی قابل مشاهده اند (شکل ۱۰).

۳- در مورفوسکپی نمونه شماره ۳ (منطقه بنجار، رخساره برداشت: برخان) مشاهده گردید که دانه ها از نوع کوارتز و ورقه های بیوتیت که جزء دسته میکاها



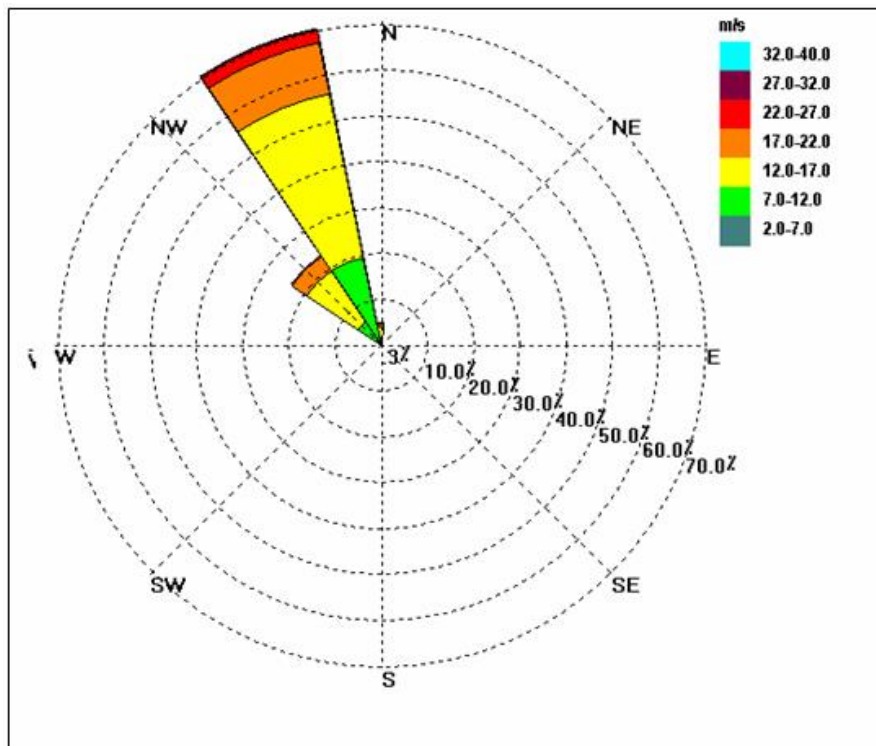
شکل ۱۰: مورفوسکپی نمونه شماره ۳ (منطقه بنجار مرکزی) با میکروسکوپ پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره ۴

دوره آماری (۱۳۶۲ تا ۱۳۸۴)، ۱۵ بار آن در نیمه اول و ۲ بار آن در ۶ ماه دوم سال اتفاق افتاده و از سوی دیگر، ۱۳ بار در دوره خشکسالی و تنها ۴ بار در دوره ترسالی وزیده است. این وضعیت در جدول شماره ۳ آمده است. ملاحظه میانگین های سرعت باد سالانه در طول دوره آماری، حاکی از افزایش تدریجی سرعت باد در دراز مدت می باشد. روند افزایش به گونه ای است که میانگین شدت باد تا سال ۱۳۷۶ تقریباً به هم نزدیک بوده اما از این سال به بعد با آغاز دوره خشکسالی منطقه، سرعت باد نیز افزایش یافته است.

#### ۶- بحث و تفسیر

مطالعات میدانی و بویژه جهت بازوی برخانها (بازوهای برخانهادر همه جای جهان جهت باد غالب را نشان می دهند) و همچنین بررسی های آماری ایستگاه های اقلیم شناسی منطقه نشان داد که جهت باد غالب تقریباً شمال غربی - جنوب شرقی است و گلباد ترسیم شده نیز این موضوع را تأیید می کند (شکل ۱۱). امکان وزش بادهای شدید و فرساینده در طول سال در دشت سیستان وجود دارد، اما تکرار سرعت های بیشینه در برخی از سال ها و ماه هابیشتر اتفاق می افتد. از یک سو از ۱۷ ماه دارای تکرار حداکثر سرعت باد در طول





شکل ۱۱: گلباد فصل تابستان ایستگاه زاہل

جدول شماره ۳: دفعات تکرار حداکثر سرعت باد ماهانه (m/s) در ایستگاه زاہل از ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۴ (حیدری نسب، ۱۳۸۴، ص ۵۵)

دفعات تکرار	۵	۴	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
سرعت باد M/S	۱۹	۲۰	۱۷	۲۰	۱۶	۱۸	۲۰	۱۷	۲۵	۲۰	۱۸	۱۶	۲۰	۱۷	۲۰	۱۷	۲۰	۱۹
تاریخ	۷۹/۴	۸۲/۴	۸۲/۶	۸۳/۷	۷۱/۳	۷۰/۶	۸۲/۶	۸۰/۴	۸۴/۴	۸۴/۵	۷۱/۵	۸۳/۶	۸۳/۴	۸۳/۵	۶۴/۴	۸۲/۵	۷۸/۱۲	

بدون تردید اصلی ترین عامل فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه وقوع طوفانهای ماسه در اثر وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان می باشد. این بادهای که با شدت بالای ۷۰ و گاهی تا ۱۴۸ کیلومتر در ساعت (سرگزی، ۱۳۸۴، ص ۲۹) در پریودهای زمانی نزدیک به هم و در مدت بیش از ۶ ماه در سال و در حالت نرمال به وقوع می پیوندد، عامل اصلی فرسایش بادی در منطقه محسوب می شوند. این باد غالب از خرداد تا شهریور ماه در منطقه شروع به وزیدن می کند و همه ساله بویژه در طی خشکسالی های اخیر حجم عظیمی از رسوبات را از بستر رودخانه ها و هامون خشک شده از شمال غربی به جنوب شرقی منطقه حمل می نماید. این مسأله علاوه بر خسارات هنگفت اقتصادی که به مزارع، روستاها،

می شوند. این باد غالب از خرداد تا شهریور ماه در منطقه شروع به وزیدن می کند و همه ساله بویژه در طی خشکسالی های اخیر حجم عظیمی از رسوبات را از بستر رودخانه ها و هامون خشک شده از شمال غربی به جنوب شرقی منطقه حمل می نماید. این مسأله علاوه بر خسارات هنگفت اقتصادی که به مزارع، روستاها،

حمل می شوند و نه تنها دشت سیستان بلکه نواحی مجاور را هم تحت تأثیر اثرات منفی خود قرار می دهد. مثلاً غبار ناشی از بادهای شدید منطقه سیستان، گاه از فضای کشورهای افغانستان و پاکستان گذشته و به سواحل جنوبی این کشور می رسد (شکل ۱۲)

مساکن، کانال های آبیاری، تأسیسات.... وارد می آورد، زندگی روزمره مردم را با مشکل مواجه می سازد. خاک های ریز دانه منطقه تحت تأثیر فرسایش بادی قرار می گیرند و ذرات ریزتر آنها تا ارتفاع بسیار زیاد و بعضاً تا فواصل چندصد کیلومتر دورتر از منطقه



شکل ۱۲: غبار ناشی از وزش باد (۲۱ شهریور ۸۳) در سیستان که پس از گذشتن از فضای کشورهای افغانستان و پاکستان به اقیانوس هند رسیده است.

خشکسالی خواستگاه و منشاء برداشت شن و ماسه و انتقال به نقاط دیگر دشت سیستان بوده است. جدول شماره ۴ آورد سالانه و دبی متوسط رود هیرمند را در ایستگاه سد کهک که کاهش آن باعث خشک شدن هامون ها شده است نشان می دهد.

دریاچه هامون که حیات دشت سیستان به آن وابسته است، بر اثر خشکسالی های اخیر با کاهش شدید آب مواجه شده و بخشهای وسیعی از آن به کلی خشک گردیده و نی زارها و ماهی های دریاچه جای خودشان را به تپه های ماسه ای داده اند. این دریاچه در طول دوره



جدول شماره ۴: آورد سالانه و دبی متوسط رود هیرمند در ایستگاه سد کهک (شرکت سهامی آب منطقه ای، ۱۳۸۳)

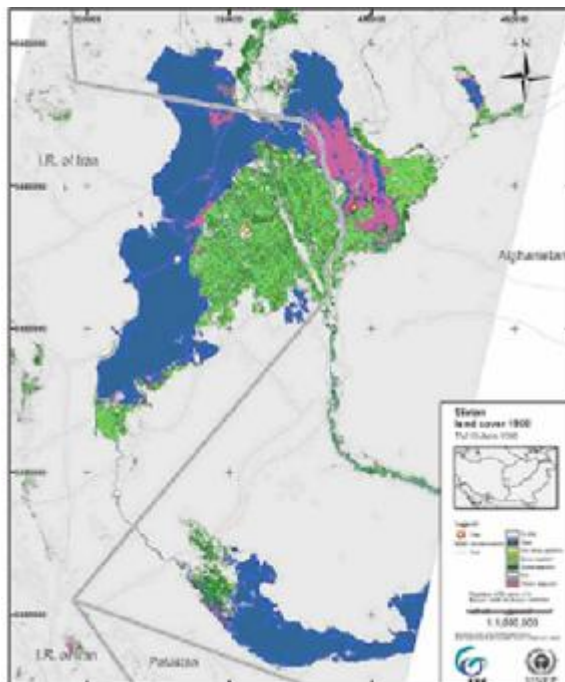
سال آبی	۱۳۷۷-۷۸	۱۳۷۸-۷۹	۱۳۷۹-۸۰	۱۳۸۰-۸۱	۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲-۸۳	میانگین دوره خشکسالی
آورد به میلیون مترمکعب	۲۵۸/۸	۱۱۴/۱	۵۸	۰	۳۲۶	۹۶/۶	۱۳۱/۹
دبی به مترمکعب بر ثانیه	۸/۳	۳/۷	۴/۴	۰	۶	۴/۴	۳/۸۲

نتایج بدست آمده از مورفوسکوپی مؤید این مطلب است که رسوبات بادی منطقه از گردش‌دگی خوبی برخوردارند. به طوری که گردش‌دگی رسوبات منطقه ناشی از فرآیند آبی بوده که توسط رودخانه هیرمند از ارتفاعات افغانستان به ایران حمل شده اند و در داخل رودخانه هامون ته نشین شده اند و در زمان خشکسالی و خشک شدن رودخانه توسط باد برداشت و سپس حمل و در منطقه مورد مطالعه ترسیب شده اند.

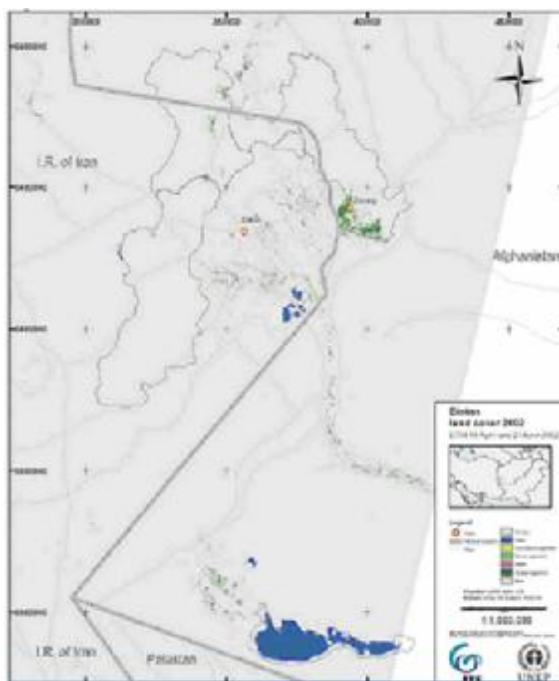
اصولاً در بررسی های مورفوسکوپی، ماسه های بادی مدور و مات می باشند. علت فرسودگی و مات بودن دانه های بادی ضربه های شدیدی است که دانه ها در ضمن جابجایی به یکدیگر وارد می آورند. در مورفوسکوپی دانه ها نباید مدور بودن آن ها را با کرویت اشتباه نمود. مدور بودن نتیجه فرسودگی ناهمواری های سطح دانه است در حالی که کرویت از مساوی بودن تقریبی ابعاد حکایت می کند، حتی ممکن است در سطح دانه ناهمواری های تیز و فرسوده نشده وجود داشته باشد (بهزاد، ۱۳۶۳، ص ۱۱۶). رسوبات بادی به علت تشکیل در یک محیط اکسیداسیونی ممکن است دارای رنگ قرمز نیز باشند (موسوی حرمی، ۱۳۶۷، ص ۲۹۶).

کاهش دبی رود هیرمند در دوره خشکسالی، خشکیدن هامون ها را بدنبال داشته است و شکل های ۱۳ و ۱۴ که از تصاویر ماهواره‌های سالهای مختلف تهیه شده اند بخوبی نشان می دهند که دریاچه هامون منشأ و خواستگاه اصلی برداشت ماسه در منطقه مورد مطالعه است (نوری، ۱۳۸۶، ص ۶۷).

تحقیقات میدانی و بررسی های مورفوسکوپی رسوبات منطقه نشان داد که رسوبات بادی بدلیل این که دارای ذرات نسبتاً گرد و کم زاویه و همچنین ذرات پر زاویه هستند (به شکل های ۹ و ۱۰ مربوط به مورفوسکوپی دانه‌ها مراجعه شود)، بنابراین هم رفتار آبی دارند و هم متأثر از باد غالب منطقه می باشند، زیرا که رسوبات منطقه در مناطق برداشت، ابتدا توسط رودخانه هیرمند به دریاچه هامون وارد می شوند و دوباره توسط باد به جنوب شرقی منطقه و همچنین غرب خاک افغانستان حمل می گردند و دوباره با عبور رودخانه هیرمند از لابلای برخان های تشکیل شده در خاک افغانستان، رسوبات مذکور به دریاچه هامون وارد می شوند و این چرخه دائماً ادامه دارد. به همین منظور دقیقاً نمی توان گفت که این رسوبات کاملاً آبی هستند یا رفتار بادی دارند، بلکه تحت تأثیر عمل ترکیبی آب و باد در یک دوره زمانی طولانی مدت جابجا می شوند.



شکل ۱۳: دریاچه هامون در زمان پرآبی (۱۳۷۷)



شکل ۱۴: دریاچه هامون در زمان خشکسالی (۱۳۸۲)

## نتیجه‌گیری

اصولاً باد در این منطقه خشک و بیابانی نقش تخریبی زیادی دارد و همه ساله خسارات جبران‌ناپذیری را بوجود می‌آورد. باد غالب این منطقه که به باد ۱۲۰ روزه سیستان معروف است در فصل تابستان تسلط بی چون و چرای بر دشت سیستان دارد که سرعت آن گاهی به ۱۴۸ کیلومتر در ساعت می‌رسد (سرگزی، ۱۳۸۴، ص ۲۹). این باد پس از آنکه سرعتش به هر دلیل از سرعت آستانه فرسایش کمتر شد مجبور به برجای گذاری رسوبات خود در پای درختان، بوته‌ها، دیوارها و... می‌شود که اگر منشأ آن‌ها شناسایی و کنترل نشود بتدریج کل منطقه را فرا خواهد گرفت.

در سالهای اخیر به علت خشکسالی ناشی از قطع آب رود هیرمند به سیستان و وزش بادهای موسمی ۱۲۰ روزه، برداشت رسوبات از بستر دریاچه‌های خشک آغاز شده که نتیجه آن بروز طوفان‌های شن ماسه در زمین و آسمان منطقه و سپس ترسیب آن‌ها در نهرها، اراضی کشاورزی، منازل مسکونی، ... شده است، به طوری که وسعت تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای درگستره مورد تحقیق قبل از خشکسالی ۹۴۲۱ هکتار ولی در زمان خشکسالی یعنی تا سال ۱۳۸۵ به حدود ۱۴۳۵۳ هکتار افزایش پیدا کرده و هر ساله برحجم، وسعت و خطرات آن‌ها افزوده می‌گردد.

حاکم شدن خشکسالی‌های دهه اخیر (از ۱۳۷۶ تا کنون) بر منطقه باعث گردیده فعالیت‌های مورفودینامیکی باد شدت یابد و آثار منفی زیادی را در منطقه برجای

گذارد. در طول تاریخ، حیات مردم سیستان به آب وابسته بوده و اکثر مواقع دریاچه هامون را پر از آب دیده اند و زندگی‌شان بر اساس وجود آب فراوان و قابل دسترس بنا شده بود، بنابراین به غیر از مواقعی خاص شاید مسأله خشکسالی برای مردم نامأنوس باشد. وقوع خشکسالی‌های اخیر و عدم ورود آب رودخانه هیرمند از خاک افغانستان به دریاچه هامون باعث شد که بستر رودخانه‌ها و کف چاله هامون خشک شود و زمینه برای برداشت رسوبات بادی کاملاً آماده و مهیا گردد، بنابراین در مورد افزایش بارندگی در منطقه کار خاصی نمی‌توان انجام داد ولی در مورد تقسیم آب رودخانه هیرمند بین دو کشور ایران و افغانستان دولتمردان ایران باید دغدغه خاصی داشته باشند و مطالبه حقایق ایران را در منطقه ژئوپولیتیک شرق کشور جدی بگیرند که هم منطقه از نعمت وجود آب در کشاورزی و صنعت برخوردار شود و هم در صورت وجود آب در دریاچه هامون و رودخانه‌های منطقه خود به خود و به طور طبیعی فعالیت‌های مورفودینامیکی باد بسیار کاهش می‌یابد، در غیر این صورت این فعالیت‌ها روز بروز شدیدتر شده و در مالچ‌پاشی و سایر اقدامات جوابگو نخواهد بود، و در صورت عدم وجود آب در هامون‌ها و نداشتن توفیق در تثبیت ماسه‌های روان موجود، منطقه در آینده با بحران‌های عظیمی روبرو خواهد بود. اهمیت این مسأله زمانی مشخص می‌شود که انسان مشکل را از نزدیک مشاهده نماید.

میانگین سرعت جابجایی تپه های ماسه ای که بین ۳۰ تا ۱۰۰ متر در سال برآورد شده است، بنظر می رسد طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده تپه های ماسه ای به حریم چاه نیمه ها برسند و در صورت ریزش شن و ماسه در آب چاه نیمه ها ضمن کاهش عمق آن ها کیفیت آب نیز کاهش پیدا خواهد کرد، ولی پر شدن چاه نیمه ها مستلزم تکرار و تداوم خشکسالی ها، عدم ورود آب هیرمند به هامون ها و تشدید طوفان های شن و ماسه و کم یا خالی شدن چاه نیمه ها از آب خواهد بود که این امر نیاز به دهها و شاید قرن ها زمان دارد.

در هر حال تهدید را نباید دست کم گرفت و به مصداق علاج واقعه را قبل از وقوع باید کرد، باید از هم اکنون به فکر چاره ای برای آن بود. بنابراین همانگونه که قبلاً اشاره شد شناخت صحیح و دقیق منشاء رسوبات بادی کار بسیار مهمی در کنترل و تثبیت ماسه های روان بادی است و این تحقیق تلاش داشته است تا حدی به این مهم نایل آید.

نتایج ناشی از مورفوسکوپی ۳ نمونه نشان داد که دانه های کوارتز کم زاویه و پر زاویه با رنگ های مختلف و همچنین فلدسپاتها، خرده سنگها و میکاها در همه نمونه ها مشاهده می شود که این خود دلالت بر همسانی و مشابهت نمونه ها و بویژه نمونه های ۱ و ۳ دارد و با نتایج بدست آمده از تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه ها تا حدی مطابقت می نماید. همچنین مورفوسکوپی نمونه ها حکایت از رفتار آبی و بادی در آن ها دارد، زیرا که این ذرات توسط رود هیرمند و باد های ۲۰ روزه

بنده به همین منظوراز طرف دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان به همراه دانشجویان کارشناسی ارشد جهت انجام پروژه های تحقیقاتی، پایان نامه های دانشجویی و سفر های علمی چندین بارعازم منطقه شدیم و با توجه به تصاویر ماهواره ای، نقشه های توپوگرافی و انجام تحقیقات میدانی دریافتیم که مخازن آبی چاه نیمه که تنها منبع آب شرب مردم سیستان و شهر حدود ۹۰۰۰۰۰ نفری زاهدان می باشد و عاملی مهم برای ماندگاری مردم در این منطقه به شمار می رود، در چند سال آینده مورد تهدید جدی شن های روان قرارخواهد گرفت، که اگر از هجوم شن ها و ماسه های روان به این مخازن جلوگیری نشود، موجودیت این منبع آب بسیار حساس و مهم به خطر خواهد افتاد و زندگی مردم این منطقه با مشکل مواجه می شود.

بنابراین با توجه به اینکه حرکت تپه های ماسه ای به طرف جنوب شرق می باشد و چاه نیمه ها که تأمین کننده آب منطقه هستند در قسمت جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه واقع شده اند، تا چند سال آینده مقصد نهایی تپه های ماسه ای خواهند بود (مراجعه شود به شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه) که متأسفانه در صورت پر شدن مخازن چاه نیمه ها از رسوبات بادی، خطر و بحران عظیمی این سرزمین را تهدید خواهد نمود.

گرچه پیش بینی دقیق زمان پر شدن چاه نیمه ها کاری سخت و دشوار است ولی با توجه به نزدیک بودن تپه های ماسه ای به چاه نیمه ها (به شکل ۱ مراجعه شود) و

منشاء اصلی و محدوده برداشت رسوبات منطقه می باشند.

بررسی های فیزیکی و شیمیایی نمونه ها نشان داد که وجود عناصر مشترک فراوان در نمونه های ۱ تا ۳ بر یکسان بودن منشاء آن ها دلالت دارد و عناصری مثل سیلیسیم، سدیم، کلسیم و کلر در هر ۳ نمونه به میزان زیادی وجود دارد ولی نمونه شماره ۱ دارای پتاسیم و نیترژن می باشد که دو نمونه دیگر فاقد آن هستند. هم چنین در نمونه های ۱ و ۳ کربنات وجود دارد که در نمونه شماره ۲ دیده نمی شود. بطور کلی رسوبات منطقه تقریباً شبیه هم بوده که نشان از محلی بودن ذرات و یکسان بودن منطقه برداشت دارد.

#### تقدیر و تشکر

در پایان از آقای دکتر قماش عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی که کار مورفوسکپی نمونه‌ها و همچنین آقای فیضی دانشجوی دکتری شیمی دانشگاه سیستان و بلوچستان که زحمت تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها را تقبل فرمودند، تقدیر و تشکر می‌شود.

#### منابع

۱- احمدی، حسن. و سادات فیض نیا، سازندهای دوره کواترنر (مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۴۲۴، ص ۵۷۷، ۱۳۷۸.

بطور مرتب در یک چرخه بسته دائماً جابجا می شوند. بنابراین رسوبات منطقه متأثر از دو محیط آبی و بادی هستند و ویژگی های هر دو محیط در آن ها مشاهده می شود.

نتایج حاصل از تمام تکنیک های فوق نشان می دهد که شباهت بین نمونه های ۱ و ۳ بسیار زیاد و لی نمونه شماره ۲ با نمونه های ۱ و ۳ کمی متفاوت است، ولی تفاوت آن ها زیاد معنادار نیست. رخساره برداشت نمونه های ۱ و ۳ برخان (تپه های ماسه ای)، و نمونه شماره ۲ رسوبات بادی که اطراف یک درخت جمع شده بودند (نبکا) می باشد. شاید وجود عناصری که از تجزیه گیاهان در پای نبکا به وجود می آید تا حدودی سبب تفاوت فاز ها و عناصر آن شده باشد. تجزیه فیزیکی و شیمیایی رسوبات نشان می دهد که ارتباط ژنتیکی بسیار نزدیکی بین رسوبات اراضی برداشت منطقه و ذرات و نهشته های تپه ها و پهنه های ماسه ای می باشد که این امر حکایت از محلی بودن ذرات برداشت شده و جابجایی آن در سطح عرصه دارد. به عبارت دیگر رخساره های فرسایش سطح منطقه از دریاچه هامون صابوری گرفته تا اراضی شور و اراضی کشاورزی منطقه همه و همه در تولید بار رسوبی ناشی از فرسایش بادی و سپس حرکت تپه های ماسه ای در منطقه نقش دارند. بنابراین به طور خلاصه می توان گفت که رسوبات بستر هامونهای خشک شده و نهشته های دلتایی رودخانه های سیستان، پریان، نیاتک و اراضی کشاورزی رها شده

- ۲ - احمدی، حسن. ژئومورفولوژی کاربردی. جلد دوم، بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۳۹۶، ص ۵۷۰، ۱۳۷۷.
- ۳ - اختصاصی - محمد رضا. منشاء یابی تپه های ماسه ای در حوضه دشت یزد - اردکان- چاپ اول. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۳۷۵.
- ۴- ایرانمنش، فاضل و همکاران. بررسی مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگی های انتشار آنها در طوفان های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۷، ص ۲۵ تا ۳۳، ۱۳۸۴.
- ۵- بهزاد، علی. رسوب شناسی، انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران، شماره ۸۳، ص ۱۹۴، ۱۳۶۳.
- ۶- حیدری نسب، مهدی. نقش باد در ایجاد لند فرم های بادی در منطقه نیاتک سیستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۱۰۴، ۱۳۸۶.
- ۷- دهواری، عبدالمجید. بررسی منشاء رسوبات بادی در سراوان بلوچستان، پایان نامه فوق لیسانس، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، ص ۲۰۴، ۱۳۷۳.
- ۸- رفاهی، حسینقلی. فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۴۱۸، چاپ سوم، تهران، ص ۳۲۰، ۱۳۸۳.
- ۹- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه های توپوگرافی منطقه با مقیاس های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰
- ۱۰- سرگزی، حسین. منشأیابی و ارزیابی شدت و خسارات تپه های ماسه ای بیابان نیاتک سیستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، ص ۱۳۶، ۱۳۸۴.
- ۱۱- شرکت سهامی آب منطقه ای سیستان و بلوچستان. گزارش وضعیت منابع آبی استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۸۲، ۱۳۸۳.
- ۱۲- صادقی نژاد، ابراهیم. منشاء یابی تپه های ماسه ای در حوزه نرماشیر بم، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.
- ۱۳- قانع بافقی، محمد جواد. منشاء یابی تپه های ماسه ای جنوب بافق و بررسی شیوه های کنترل آن، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.
- ۱۴- مرکز سنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره ای مربوط به سال ها ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵.
- ۱۵- معماریان خلیل آباد، هادی. منشاء یابی رسوبات بادی منطقه رفسنجان، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۳، ص ۵۳۱ تا ۵۴۲، ۱۳۸۴.
- ۱۶- موسوی حریمی، رضا. رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۴۷۹، ۱۳۶۷.
- ۱۷- نوری، غلامرضا و همکاران. تالاب هامون حیات سیستان، مرکز نشر سپهر، چاپ اول، ص ۱۵۱، ۱۳۸۶.
- ۱۸- هادربادی، غلامرضا. پیش بینی سرعت و جهت بادهای فرساینده، مطالعه موردی زابل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ص ۲۰۹، ۱۳۷۹.
- 19- Al- Harthi, Abbas Aifan , 2002, Geohazard Assessment Of Sand Dunes Between Jeddah and Al-Lith, Western Saudi Arabia, Environmental Geology , PP 360-369.
- 20- Squires, Victor, R. 2002, Dust and sand storms: An early warning of impending disaster, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.
- 21- UNEP, 2006, History of environmental change in the Sistan Basin, based on satellite image analysis, p 1976-2005.
- 22- Youlin, Yang, 2002; Black windstorm in northwest China: A case study of the stormy sand-dust storms on May 5th 1993, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.