جغرافیا و برنامه ریزی محیطی
سال بیستم – شماره پیاپی (۳۳) – شماره ۱ – بهار ۱۳۸۸
وصول مقاله: ۸۶/۸/۱۳ پذیرش: ۸۷/۲/۳۰
صص۲۲-۱

منشاءیابی 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 بادهای۱۲۰ 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 پلییستوسن 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 ازاین 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 این مقاله آن است که با استفاده از روش‌های آنالیز فیزیکی و شیمیایی مثل DSC,TGA,BET,XRD و طیف گیری وتفسیر 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 وشیمیایی، 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 120days 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- مقدمه

باد معادل ۲۵ درصدسطح 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 تپه‌های ماسه‌ای با بیش از ۳ متر ارتفاع و هر کدام با پیشروی بیش از ۱۵ متر در سال، پدیده های معمول دربیابان ها هستند (رفاهی، ۱۳۸۳، ص۱). بنابراین می‌توان ادعا نمود که فرسایش بادی مهمترین عامل تخریب طی دوره کواترنردرمناطق بیابانی ایران محسوب می‌شود (احمدی، ۱۳۷۸، ص۴۲۹).

بررسی‌ها نشان می‌دهد 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

حرکت تپه های ماسه ای منطقه متناسب با باد غالب ۱۲۰روزه ودر جهت شمال غربی - جنوب شرقی است و علاوه برآن، ارتفاع و حجم ماسه ها نیز به عنوان یک فاکتور مهم در سرعت حرکت و میزان پیشروی تپه های ماسه ای نقش دارد.

وابستگی منطقه به آب رودخانه هیرمند، دارا بودن خاک آبرفتی با لایه های متناوب ماسه ورس، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، پایین بودن ریزشهای جوی، دما وتبخیر بالا، فقر پوشش گیاهی و بروز خشکسالی های اخیر منطقه را به صورت عرصه ای مناسب برای حرکت ماسه های روان در آورده است.

یکی از پارامتر های ویژه و موثر برای تعین میزان حرکت شن های روان در هر منطقه بکارگیری و مطالعه رژیم باد و شناسایی بادهای فرساینده و موثر در تشکیل تپه های ماسه ای با استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی و بخصوص باد سنجی در آن منطقه می باشد. بررسی و تجزیه وتحلیل بادهای منطقه با استفاده از آمار ایستگاه های سینو پتیک زابل و زهک نشان می دهدکه باد غالب و فرساینده منطقه مورد مطالعه در تمامی طول سال از طرف شمال بوده و باد غالب ماهیانه متأثر از بادهای ۱۲۰روزه می باشد. اما آنچه مسلم است این است که وزش بادهای با سرعت بالا در ماههای خرداد، تیر، مرداد، شهریور باعث گردیده که این بادها تحت عنوان بادهای ۱۲۰روزه نامگذاری شوند.ولی وزش باد در طول سال و با تغییرات جوی به سرعت تغییر یافته و طوفانهایی با سرعت نسبتا بالا در تمام طول سال را به دنبال دارد. بنابراین هرچند که بیشتر آمار طوفان های ماسه ای مربوط به ماههای فوق می باشد ولی بخصوص درطی چند سال اخیر با بروز و ظهور خشکسالی در منطقه بر تعداد و شدت طوفانهای ماسه ای افزوده شده به طوری که به نظرمی رسد که اطلاق بادهای ۱۲۰روزه به این بادها صحیح نباشد.

بنابراین جهت حرکت بادهای غالب و فرساینده منطقه بین شمال تا شمال غرب (کمی انحراف از شمال به سمت شمال غرب) وزمان وقوع بادهای غالب و فرساینده بیشتر بین اردیبهشت تا مهرماه بوده ولی وقوع بادهایی با سرعت بالا و فرساینده در تمام طول سال ودر 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 ماسه های روان در منطقه تعیین و سپس با بهره‌گیری از روش‌های آنالیز فیزیکی و شیمیایی و همچنین مورفوسکپی رسوبات، منشاء آن ها تعیین گردد.

۲- مواد و روش ها

همزمان با مطالعات کتابخانه‌ای نسبت به تهیه نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه اقدام و به آنالیز داده های آماری سرعت باد از ایستگاهای هواشناسی زابل وزهک اقدام گردید. سپس در عملیات صحرایی ابتدا ۳ منطقه میانکنگی، مرکزی، شهرکی وناورویی که از مراکز بحرانی منطقه محسوب می شوند، انتخاب و با توجه به این که رسوبات بادی منطقه

به صورت طولی وخطی 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 وبلوچستان جهت تعیین نوع و منشاء رسوبات وانجام آزمایشات فیزیکی وشیمیایی مثل XRD[1], BET[2], DSC[4] , TGA[3] , منتقل شدند.

در آزمایشگاه رسوب شناسی بامیکروسکوپ پلاریزان رنگی و عدسی شماره ۴ شکل و نوع رسوبات که بیشتر کوارتز بودند، مشخص شدودر تجزیه فیزیکی و شیمیایی رسوبات طیف XRD به روش زیر تهیه گردید. ابتدا نمونه هااز 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 ازتفسیر 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 حذف و فقط به تجزیه وتحلیل ۳نمونه دیگر پرداخته شد.

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

۳- پیشینه تحقیق

تاکنون اندیشمندان گروههای مختلف علمی ازجمله بیابان، آب وخاک، 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 وکار تحقیقی برخی از آن ها اشاره می شود:

Abbas Aifan Al- Harthi(2002) موضوع برآورد خطر زمینی تپه های ماسه ای بین جده واللیته درغرب عربستان را مورد مطالعه قرار داده وسپس با نمونه برداری از رسوبات بادی وسنگهای آذرین ودگرگونی 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 وUNEP (2006) روند تغییرات محیطی در حوضه سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره ای را مورد بررسی قرار داده اند.

محمد رضا اختصاصی (۱۳۷۵) منشاءیابی تپه-های ماسه ای در حوضه دشت یزد اردکان، فاضل ایرانمنش و همکاران (۱۳۸۴) بررسی مناطق برداشت ذرات گردو غبار و ویژگی‌های انتشار آن‌ها در طوفان

1 - X-Ray Diffraction
2- Brunauer- Emmett-Teller
3- Thermal Gravimetric Analysis
4 - Differential Scanning Calorimetriy

های منطقه سیستان با اسفاده از پردازش تصاویر ماهواره-ای، هادی معماریان خلیل آباد و همکاران (۱۳۸٤) منشاءیابی رسوبات بادی در منطقه رفسنجان را مطالعه کرده‌اند.

همچنین افرادی مثل عبدالحمید دهواری(۱۳۷۳)، ابراهیم صادقی نژاد(۱۳۷۸)، محمد جواد قانعی 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، جنوب بافق، زابل و بیابان نیاتک سیستان اختصاص داده‌اند.

۴- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه درجنوب شرقی ایران ودر شمال شرق دشت بزرگ سیستان ودرجنوب غربی مرز مشترک ایران و افغانستان قرار دارد و از لحاظ موقع ریاضی از ' ۱۵ °٦۱ تا ' ۵۱ °٦۱ طول شرقی و از ' ٤۸ °۳۰ تا ' ۲٦ °۳۱ عرض شمالی واقع شده است

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

۵- منشاءیابی رسوبات بادی منطقه

شناخت منشاء یا مناطق برداشت رسوبات بادی از اصول اولیه کنترل و مبارزه با فرسایش بادی در هر منطقه محسوب می‌شود. زیرا باشناسایی مناطق برداشت می‌توان به جای پرداختن به معلول‌ها، علت‌ها راشناسایی کرد و فعالیت‌های اجرایی را در مناطق برداشت متمرکز نمود. در بسیاری از موارد دیده شده است که با وجود تلاش گسترده دستگاه های اجرایی در زمینه تثبیت ماسه‌های روان، در بسیاری از مناطق، طوفان‌های 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

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، ص۳۳۳).

با توجه به مطالب فوق، برای شناسایی مناطق برداشت یا منشاء تپه‌های ماسه‌ای منطقه، از روش تجزیه فیزیکی و شیمیایی استفاده به عمل آمد. برای تعیین منشاء، همه نمونه های برداشت شده از ۳ منطقه میانکنگی، مرکزی، شهرکی ونارویی با استفاده از روشهای مختلف فیزیکی مانند طیف اشعه ایکس (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.

۵-۱- 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 می‌دهد.

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

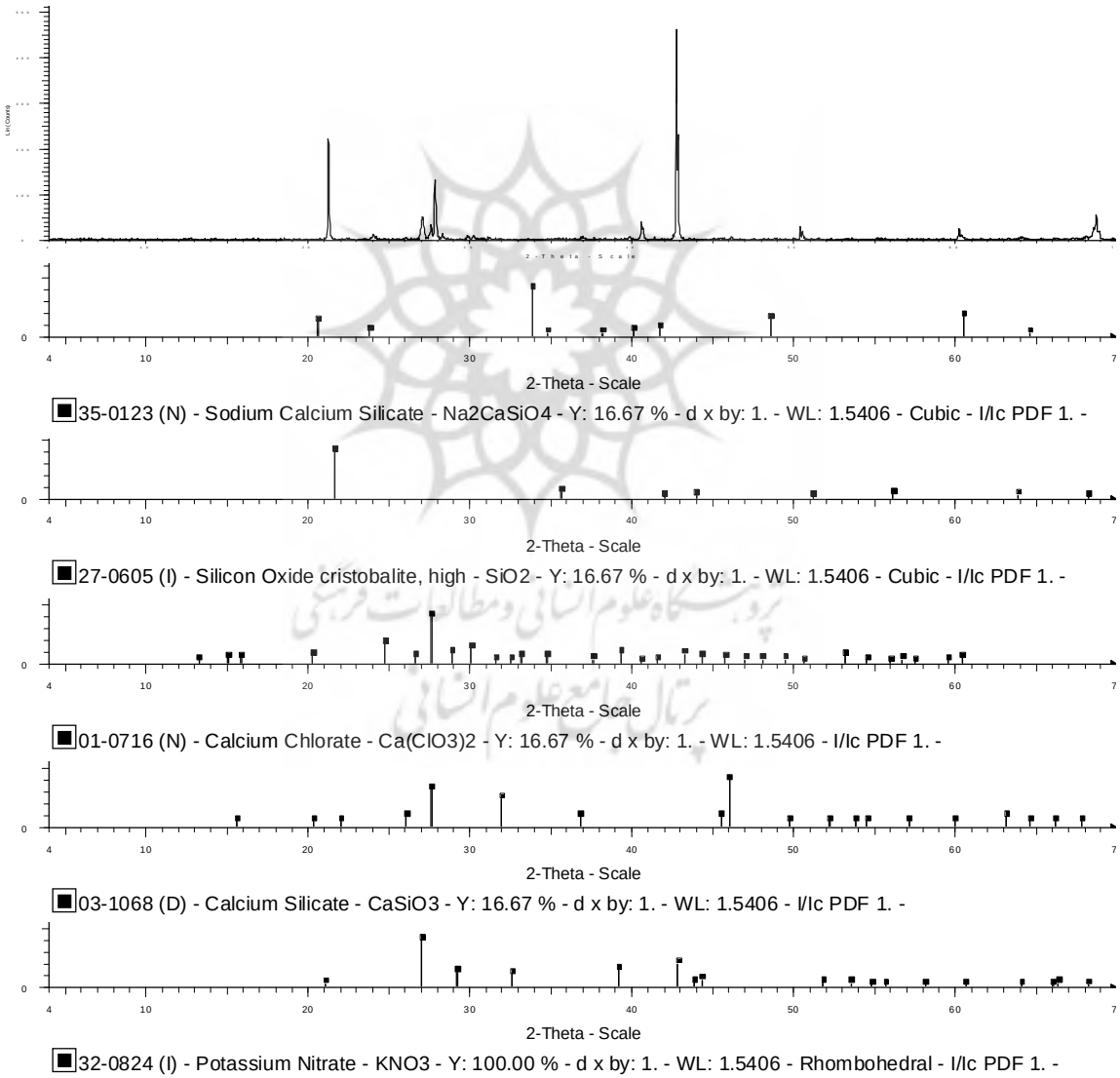
نام نمونه	عناصر شناسایی شده
نمونه ۱از منطقه شهرکی و نارویی(روستای میرزا خون)	Co_3^{2+}, Cl , N, K, Si , Ca , Na
نمونه ۲ از میانگنگی (روستای شندل)	Cl, Na, Ca, Si
نمونه ۳ ازمرکزی (شهر بنجار)	CO_3^{2+},Cl,Ca,Si,Na

همان طور که جدول شماره۱ نشان می دهد، سیلیسیم، سدیم، کلسیم و کلر در هر۳ نمونه وجود دارد ولی نمونه شماره۱ 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 نمی‌شود. بنابراین ترکیب اصلی هر ۳ نمونه یکسان است و عناصری که در برخی نمونه‌ها وجود دارد ولی در نمونه‌های دیگر مشاهده نمی شود، بسیار جزیی است.

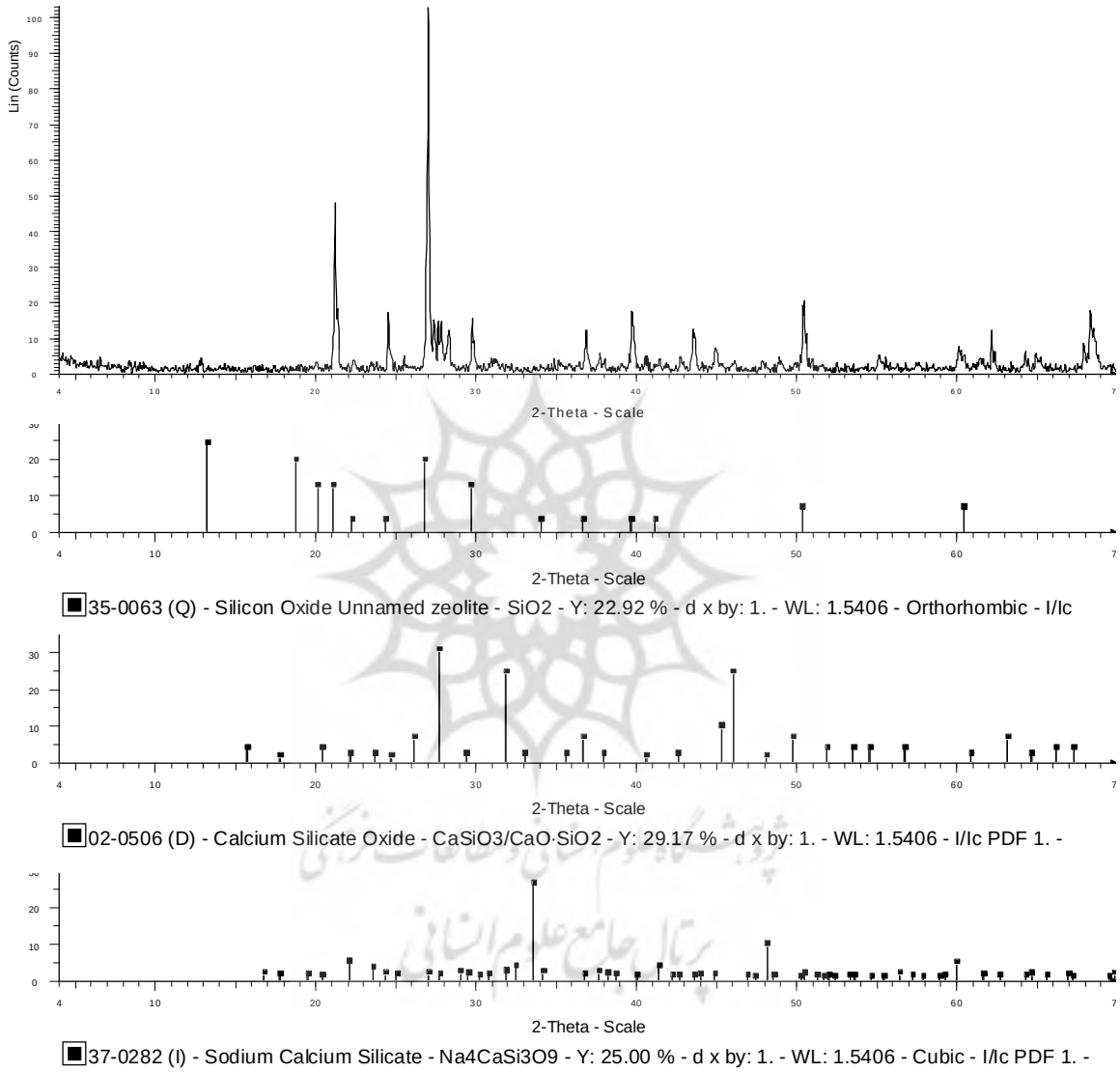
پس از تعیین عناصر موجود در نمونه ها که نتایج آن ها در جدول ۱ آمد، جهت تایید نتایج فوق به کمک تکنیک پراش X(XRD) از نمونه ها طیف گیری شد، و پس از تفسیر، فازهای ۱ تا ۳ شناسایی شدند که جدول ۲ و اشکال ۲ و ۳ و ۴ این فاز ها را نشان می دهند. این نتایج در توافق با نتایج شناسایی عناصر موجود که در جدول ۱ آمده است،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

جدول۲: فاز های شناسایی شده در نمونه ها توسط تکنیک پراش X(XRD)

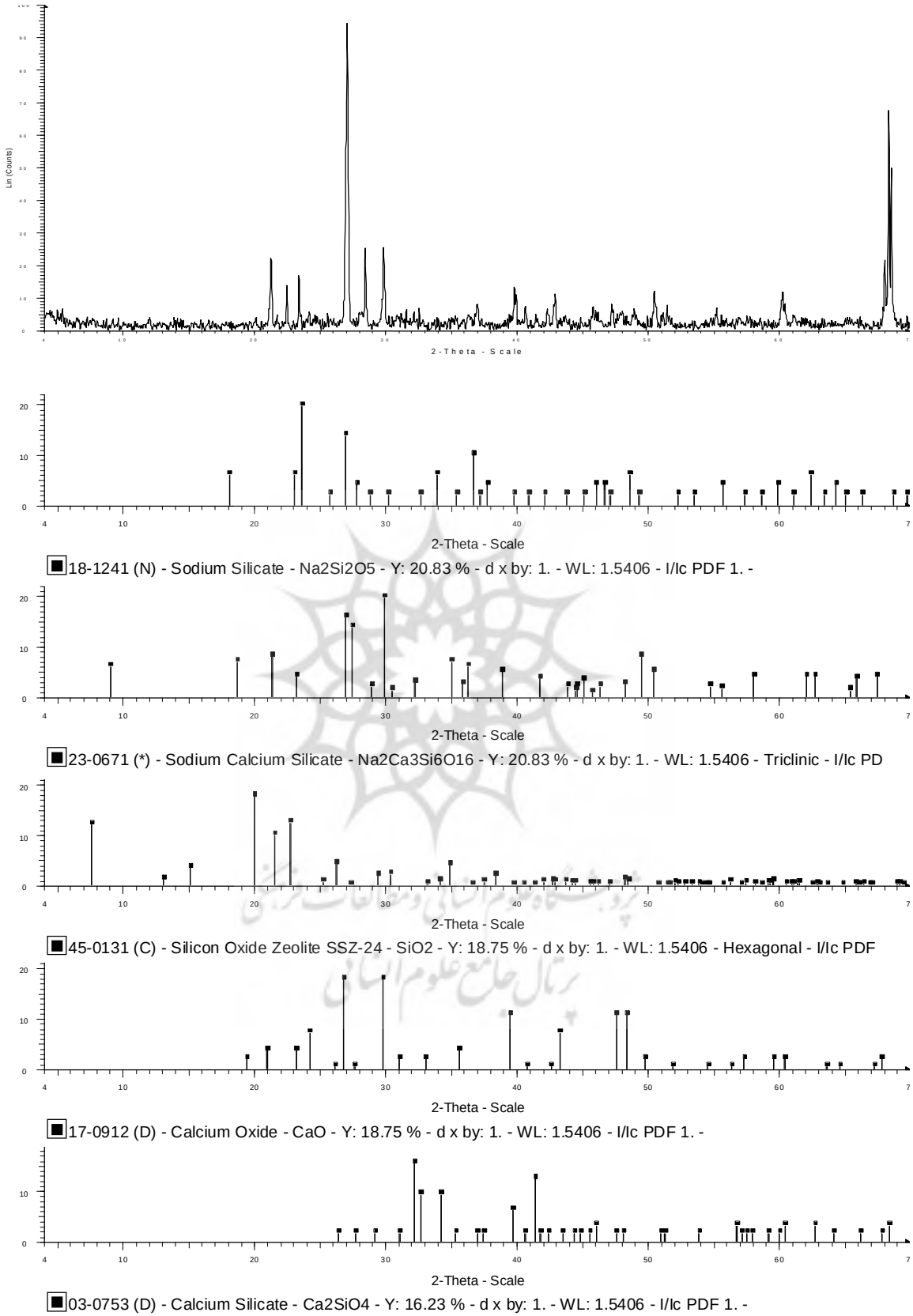
نمونه	فازهای شناسایی شده
نمونه ۱ شهرکی و نارویی	Na_2Casio_4 (cubic) , Sio_2 (cubic) , Ca $(clo_3)_2$, $Casio_3$, $Caco_3$(Cubic), KNo_3 (Rhombohedral)
نمونه ۲ میانکنگی	Sio_2 (Orthorhombic), $CaSio_3$ / $CaoSio_2$, $Na_4CaSi_3o_9$ (cubic)
نمونه ۳ ازمرکزی (شهر بنجار)	$Na_2si_2O_5$, $Na_2Ca_3Si_6O_{16}$ (triclinic), Sio_2 (Hexagonal), CaO, Ca_2Sio_4



شکل۲: طیف XRD رسوبات منطقه شهرکی و نارویی(روستای میرزا خون)



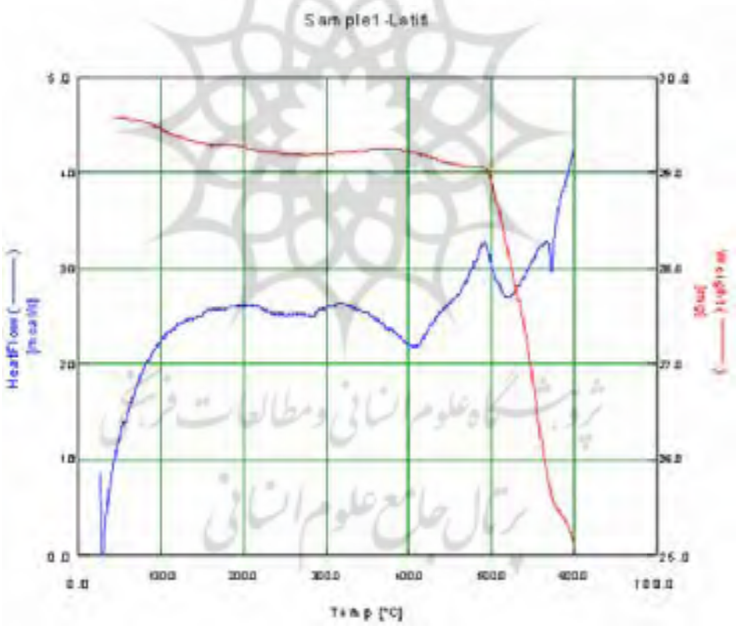
شکل۳: طیف XRD رسوبات منطقه میانکنگی(روستای شندل)



شکل۴: طیف XRD رسوبات منطقه بنجار(مرکزی)

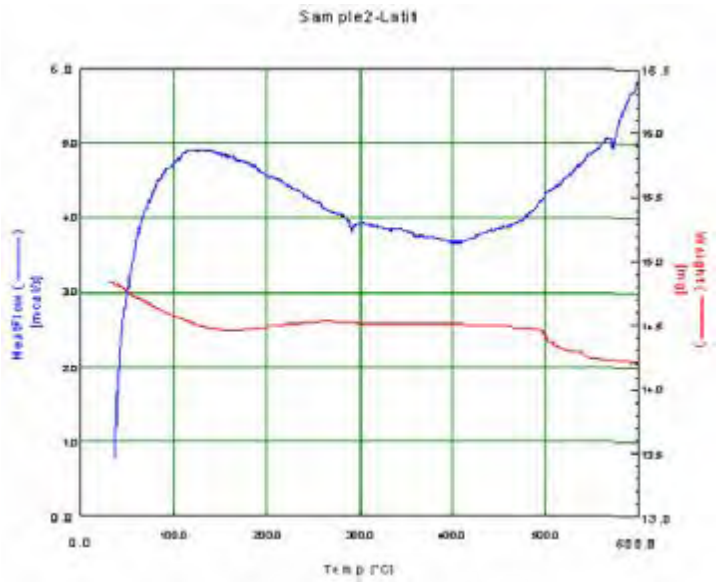
همچنین جهت بررسی بیشتر نتایج فوق از تکنیک آنالیز حرارتی TGA/DSC جهت مقاومت حرارتی و تشخیص بیشتر فاز های شناسایی شده به کمک XRD استفاده شد و نتایج بدست آمده در توافق با نتایج شناسایی عناصر و فاز های XRD بودند. طیف های زیر نشان دهنده وضعیت تجزیه رسوبات بادی منطقه می باشد(اشکال۵و۶و۷).

با توجه به نمودار های TGA , DSC برای نمونه شماره۱ (رسوبات منطقه شهرکی و نارویی روستای میرزا خون)، مشاهده می شود که ابتدا کاهش وزن اندکی که مربوط به آب همراه نمونه هاست می باشد(۸۰-۱۲۰c°)، این آب به صورت فیزیکی جذب نمونه ها شده و پس از آن وزن نمونه ها ثابت شده است. در حدود دمای ۴۰۰ c° تغییر فازی مشاهده می شودکه نمودارDSC آن را نشان می دهد اما از دمای ۵۰۰-۶۰۰c° کاهش شدیدی در وزن نمونه ها که ناشی از تجزیه فاز های کربناتی است، مشاهده می شودکه این کاهش وزن در توافق با تغییر مشاهده شده توسط DSC است.



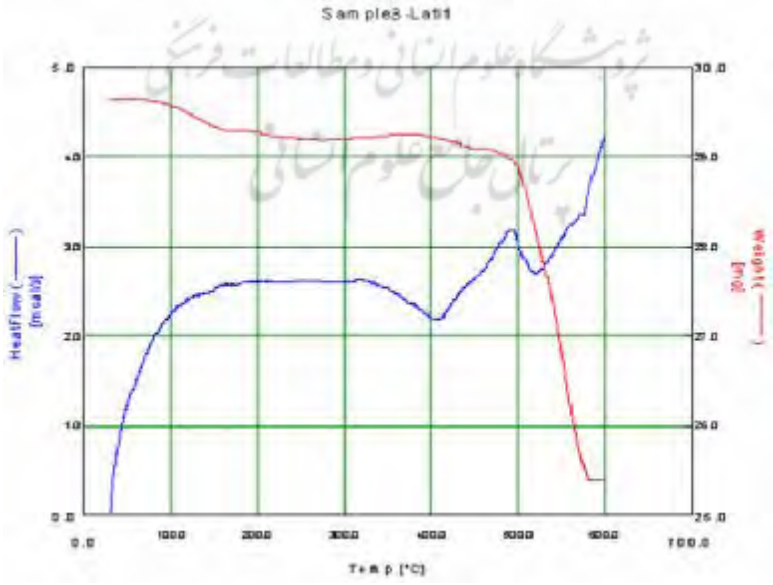
شکل۵: تجزیه شیمیایی نمونه شماره۱، رسوبات منطقه شهرکی و نارویی (روستای میرزا خون)

در نمونه شماره ۲ رسوبات منطقه میانکنگی(روستای شندل)، ابتدا کاهش وزنی از دمای c ° ۸۰-۱۲۰ دیده می شود که مربوط به جذب فیزیکی آب می باشد و نمودار DSC آن را تایید می کند، اما از دمای c° ۵۰۰ -۱۵۰ هیچگونه کاهش وزنی دیده نمی شود که 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.



شکل۶: تجزیه شیمیایی نمونه شماره۲، رسوبات منطقه میانکنگی(روستای شندل)

نمودار های DSC , TGA برای نمونه شماره۳ منطقه بنجار(مرکزی)، نشان می دهد که ابتدا کاهش وزن اندکی که مربوط به آب همراه نمونه هاست مشاهده می شودc (۱۲۰-۱۸۰) که این آب به صورت فیزیکی جذب نمونه ها شده و پس از آن وزن نمونه ها ثابت شده است. در حدود c ۴۰۰ تغییر فازی مشاهده می شود که نمودار DSC آن را نشان می دهد، اما از دمای c° ۵۰۰-۶۰۰کاهش 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.



شکل۷: تجزیه شیمیایی نمونه شماره۳، 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:

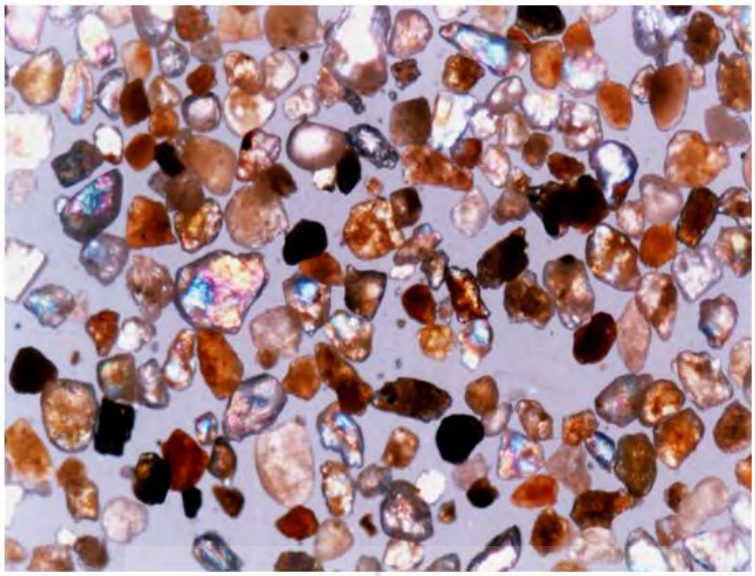
۱- از مهمترین اجزای تشکیل دهنده نمونه ها، می توان به دانه های کوارتز با ناخالصی هایی از آکسید آهن و مقدار کمی فلدسپات اشاره کرد.

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.

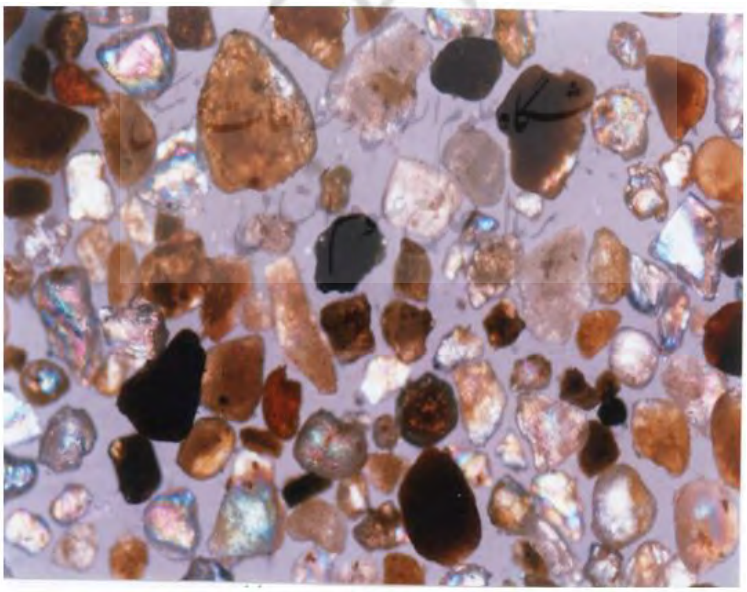
بعد از انجام مقدمات، رسوبات بادی که از۳ موقعیت منطقه برداشته شده بودند توسط میکروسکوپ مشاهده شدند که شکل، رنگ، نوع و جنس دانه ها در شکل های شماره ۸و۹و۱۰ نشان داده شده است:

در مورفوسکپی 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 شدو همچنین کوارتزها به رنگ های شیری، سبز و نارنجی دیده شدند(شکل۸).



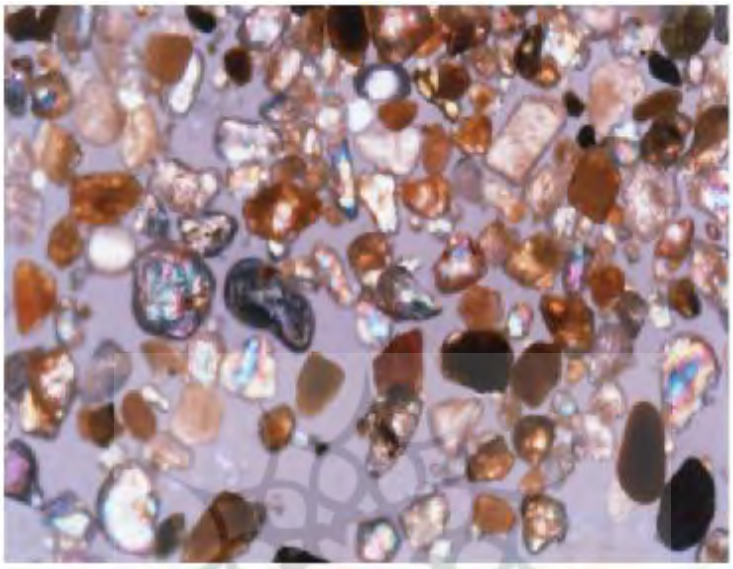
شکل۸: مورفوسکپی نمونه شماره ۱(منطقه شهرکی و نارویی، روستای میرزاخون) با میکروسکوپ پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره۴

۲- مورفوسکپی نمونه شماره ۲(منطقه میانکنگی، روستای شندل، رخساره برداشت: نبکا) نشان داد که دانه های آن از نوع کوارتز و رگه های سیاه رنگ میکا داخل آن دیده می شود. اکسیدهای آهن نیز به مقدار جزیی در آن مشاهده می گردد. کوارتزها به رنگهای نارنجی، زرد کم رنگ، سبز و فلدسپاتهای پلیوکلاژ نیز در این رسوبات دیده می شود(شکل ۹).



شکل۹: مورفوسکپی نمونه شماره ۲ (منطقه میانکنگی، روستای شندل) با میکروسکوپ پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره۴

۳- در مورفوسکپی نمونه شماره ۳(منطقه بنجار، رخساره برداشت: برخان) مشاهده گردید که دانه‌ها از نوع کوارتز و ورقه‌های بیوتیت که جزء دسته میکاها است، در آن دیده می شود، دانه‌های کوارتز به چندین رنگ آبی، شیری، نارنجی قابل مشاهده‌اند(شکل۱۰).



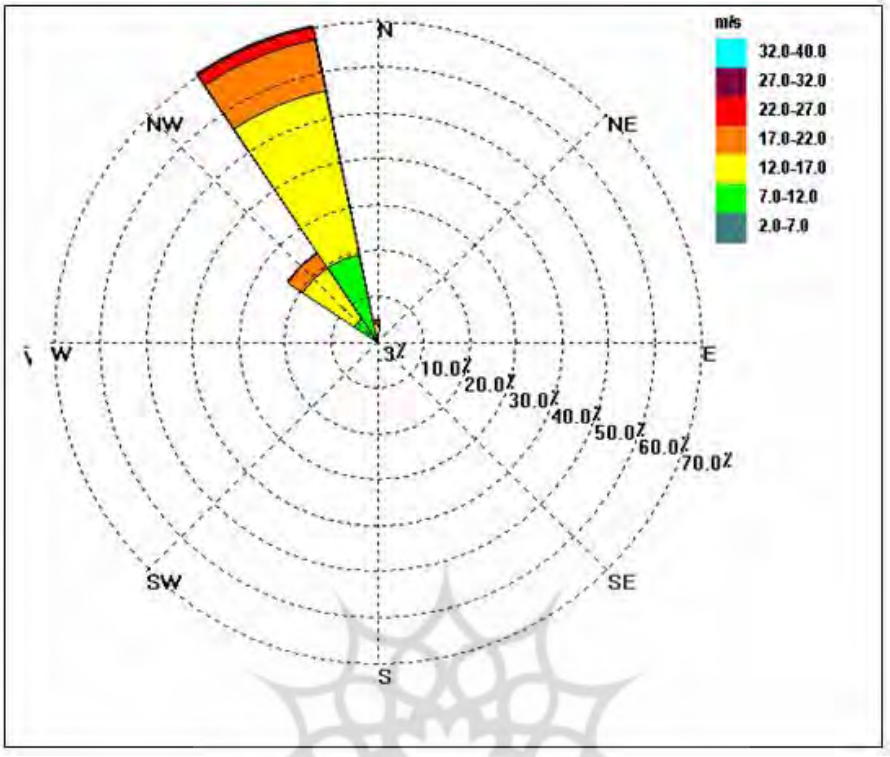
شکل۱۰: مورفوسکپی نمونه شماره ۳ (منطقه بنجار مرکزی)
با میکروسکوپ پلاریزان رنگی با بزرگنمایی عدسی شماره۴

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 دادکه جهت باد غالت تقریباً شمال غربی - جنوبشرقی است و گلباد ترسیم شده نیز این موضوع را تأیید می کند(شکل ۱۱).

امکان وزش بادهای شدیدو فرساینده درطول سال در دشت سیستان وجود دارد، اما تکرار سرعت های بیشینه دربرخی از سال ها وماه هابیشتر اتفاق می افتد. از یک سو از۱۷ ماه دارای تکرار حداکثر سرعت باد درطول دوره آماری(۱۳۶۲تا۱۳۸۴)، ۱۵ بار آن درنیمه اول و۲ بار آن در ۶ ماه دوم سال اتفاق افتاده و از سوی دیگر، ۱۳باردر دوره خشکسالی وتنها ۴بار در دوره ترسالی وزیده است.این وضعیت در جدول شماره ۳ آمده است.

ملاحظه میانگین های سرعت باد سالانه درطول دوره آماری، حاکی ازافزایش تدریجی سرعت باد دردراز مدت می باشد. روند افزایش به گونه ای است که میانگین شدت باد تاسال ۱۳۷۶ تقریباً به هم نزدیک بوده اما از این سال به بعد با آغاز دوره خشکسالی منطقه، سرعت باد نیز افزایش یافته است.



شکل ۱۱: گلباد فصل تابستان ایستگاه زابل

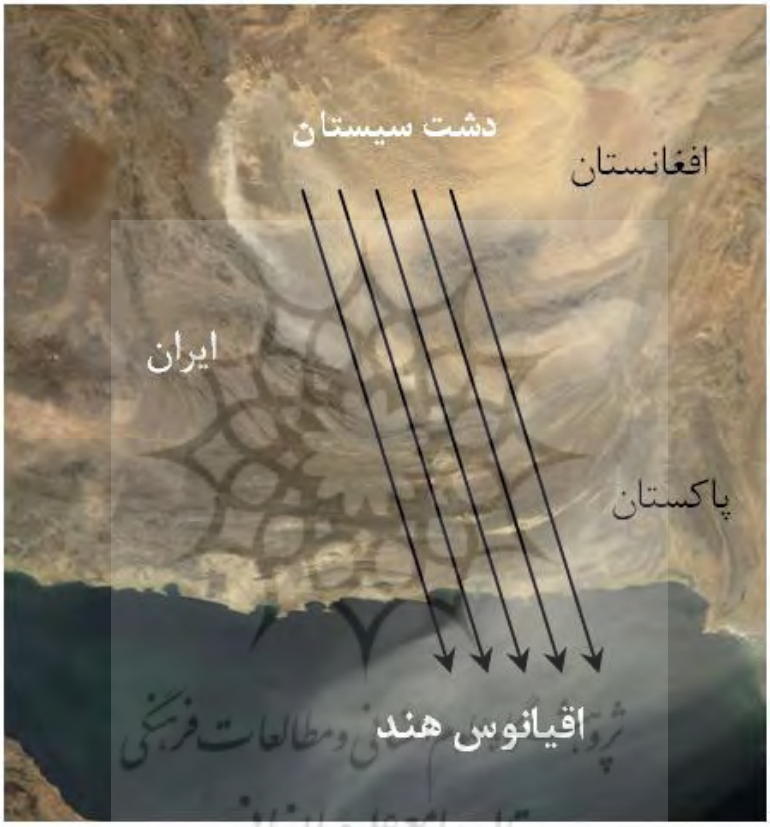
جدول شماره ۳: دفعات تکرار حداکثر سرعت باد ماهانه(m/s) در ایستگاه زابل از۱۳٦۲تا ۱۳۸٤(حیدری نسب، ۱۳۸٤، ص۵۵)

دفعات تکرار	۵	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	۳	۳	۳	۷	۷	۳	۳	٤	۳	۳	۹	۵
سرعت بادM/S	۱۹	۲۰	۱۷	۲۰	۱٦	۱۸	۲۰	۲۵	۱۷	۱٤	۱۹	۲۰	۱۷	۲۳	۱۸	۱۷	۲۰	۱۹	۱۷	۱۸
تاریخ	۷۹/٤	۸۲/٤	۸۲/٦	۸۳/۷	۷۱/۳	۷۰/٦	۸۲/٦	۸۰/٤	۸٤/٤	۸٤/۵	۷۱/۵	۸۳/٦	۸۳/٤	۸۳/۵	٦٤/٤	۸۲/۵	۷۸/۱۲			

بـدون تردیـد اصـلی تـرین عامـل فرسـایش بـادی درمنطقه مورد مطالعه وقوع طوفانهای ماسـه دراثـر وزش بادهای ۱۲۰روزه سیستان می باشد. این بادها که باشدت بـالای۷۰ وگـاهی تـا ۱۴۸کیلـومتر درسـاعت (سـرگزی، ۱۳۸۴، ص۲۹) درپریودهای زمـانی نزدیـک بـه هـم ودر مدت بیش از ۶ماه درسـال ودر حالـت نرمـال بـه وقـوع می پیوندد، عامل اصلی فرسایش بادی در منطقه محسوب می شوند. این باد غالب از خرداد تا شهریور ماه در منطقه شروع به وزیـدن مـی کنـد و همـه سـاله بـویژه در طـی خشکسالی های اخیـر حجـم عظیمـی از رسـوبات را از بستر رودخانه ها و هامون خشک شده از شمال غربی به جنوب شرقی منطقه حمل می نماید. این مسأله علاوه بـر خسارات هنگفت اقتـصادی کـه بـه مـزارع، روسـتا هـا،

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 چندصدکیلومتر دورتر از منطقه حمل می شوند و نه تنها دشت سیستان بلکه نواحی مجاور را هم تحت تأثیراثرات 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)



شکل ۱۲: غبار ناشی از وزش باد(۲۱ شهریور۸۳) در سیستان که پس از گذشتن از فضای کشور های افغانستان و پاکستان به اقیانوس هند رسیده است.

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 خشکسالی خواستگاه و منشاء برداشت شن و ماسه و انتقال به نقاط دیگر دشت سیستان بوده است. جدول شماره۴ 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.

جدول شماره۴: آورد سالانه و دبی متوسط رود هیرمند در ایستگاه سد کهک(شرکت سهامی آب منطقه ای، ۱۳۸۳)

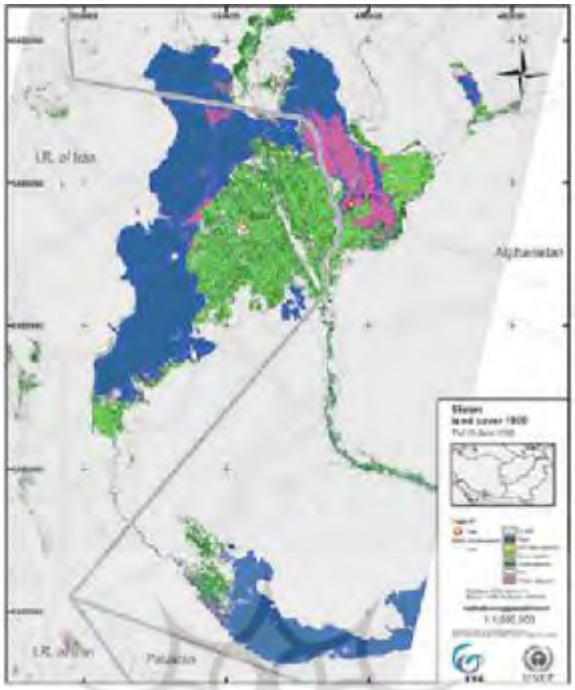
سالی آبی	۱۳۷۷-۷۸	۱۳۷۸-۷۹	۱۳۷۹-۸۰	۱۳۸۰-۸۱	۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲-۸۳	میانگین دوره خشکسالی
آورد به میلیون مترمعکب	۲۵۸/۸	۱۱۴/۱	۵۸	۰	۳۲۶	۹۶/۶	۱۳۱/۹
دبی به مترمکعب بر ثانیه	۸/۳	۳/۷	۴/۴	۰	۶	۴/۴	۳/۸۲

کاهش دبی رود هیرمند در دوره خشکسالی، خشکیدن هامون ها را بدنبال داشته است و شکل های۱۳و۱۴ که از تصاویر ماهوارهای سالهای مختلف تهیه شده اند بخوبی نشان می دهندکه دریاچه هامون منشاء و خواستگاه اصلی برداشت ماسه درمنطقه مورد مطالعه است(نوری، ۱۳۸۶، ص۶۷).

تحقیقات میدانی و بررسی‌های 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 ۸و۹و۱۰ 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 دایماً ادامه دارد. به همین منظور دقیقاً نمی‌توان گفت که این رسوبات کاملاً آبی هستند یا رفتاربادی دارند، بلکه تحت تأثیر عمل ترکیبی آب و باد در یک دوره زمانی طولانی مدت جابجا می شوند.

نتایج بدست آمده از مورفوسکوپی مؤید این مطلب است که رسوبات بادی منطقه از گردشدکی 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 مدوّر بودن آن ها را با کرویت اشتباه نمود. مدوّر 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، ص۱۱۶). رسوبات بادی به علت تشکیل در یک محیط اکسیداسیونی ممکن است دارای رنگ قرمز نیز باشند(موسوی حرمی، ۱۳۶۷، ص۲۹۶).



شکل ۱۳: دریاچه هامون در زمان پرآبی(۱۳۷۷)

شکل ۱۴: دریاچه هامون در زمان خشکسالی(۱۳۸۲)

نتیجه‌گیری

اصولاً باد در ایـن منطقـه خـشک و بیابـانی نقـش تخریبی زیادی دارد و همه ساله خسارات جبران ناپذیری را بوجود می آورد. باد غالب این منطقه کـه بـه بـاد ۱۲۰ روزه سیستان معروف است در فصل تابستان تـسلط بـی چون و چرایی بـر دشـت سیـستان دارد کـه سـرعت آن گاهی به۱۴۸ کیلومتر در ساعت می رسد(سرگزی، ۱۳۸۴، ص۲۹). این بادپس ازآنکه سرعتش به هر دلیل ازسرعت آستانه فرسایش کمتـر شـد مجبـور بـه برجـای گـذاری رسوبات خود در پـای درختـان، بوتـه هـا، دیوارهـا و... می شود که اگر منشاء آن هـا شناسـایی و کنتـرل نـشود بتدریج کل منطقه را فرا خواهد گرفت.

در سالهای اخیر به علت خشکسالی ناشی از قطـع آب رود هیرمند به سیستان و وزش بادهای موسمی ۱۲۰ روزه، برداشت رسوبات از بستر دریاچه های خشک آغاز شده که نتیجه آن بروز طوفان های شن ماسه در زمـین و آسمان منطقه و سپس ترسیب آن هـا در نهرهـا، اراضـی کشاورزی، منازل مسکونی، ... شده است، به طـوری کـه وسعت تپه ها وپهنه های ماسه ای درگستره مورد تحقیق قبل از خشکسالی ۹۴۲۱ هکتار ولی در زمان خشکـسالی یعنی تا سال۱۳۸۵ به حدود۱۴۳۵۳ هکتـار افـزایش پیـدا کرده وهر ساله برحجم، وسعت وخطرات آن هـا افـزوده می گردد.

حاکم شدن خشکسالی های دهه اخیر(از ۱۳۷۶ تـا کنون) بر منطقه باعث گردیده فعالیتهـای مورفودینـامیکی باد شدت یابد و آثار منفـی زیـادی را در منطقـه برجـای گذارد. در طـول تـاریخ، حیـات مـردم سیـستان بـه آب وابسته بوده واکثر مواقع دریاچه هامون را پر از آب دیده انـدو زندگیـشان بـر اسـاس وجـود آب فـراوان و قابـل دسترس بنا شده بود، بنابراین به غیـر از مـواقعی خـاص شاید مسأله خشکسالی برای مردم نامأنوس باشـد. وقـوع خشکسالی های اخیر و عدم ورود آب رودخانـه هیرمنـد از خاک افغانستان به دریاچه هامون باعث شد کـه بـستر رودخانه ها و کف چاله هامون خشک شودوزمینه بـرای برداشت رسوبات بادی کاملاً آماده و مهیـاگردد، بنـابراین در مورد افزایش بارندگی در منطقه کار خاصی نمی توان انجام داد ولی در مورد تقسیم آب رودخانه هیرمنـد بـین دو کشور ایران و افغانستان دولتمردان ایران باید دغدغـه خاصی داشته باشـند و مطالبـه حقابـه ایـران را درمنطقـه ژئوپولتیک شرق کـشور جـدی بگیرندکـه هـم منطقـه از نعمت وجود آب در کشاورزی و صنعت برخوردار شـود و هـم در صـورت وجـود آب دردریاچـه هـامون و رودخانه‌های منطقـه خـود بـه خـود و بـه طـور طبیعـی فعالیتهای مورفودینامیکی باد بسیار کـاهش مـی یابـد، در غیر این صورت این فعالیتهـا روزبـروز شـدیدتر شـده و مالچ پاشی وسایر اقـدامات جوابگـو نخواهـد بـود، و در صورت عدم وجود آب در هامون‌ها و نداشتن توفیـق در تثبیـت ماسـه هـای روان موجـود، منطقـه در آینـده بـا بحران‌های عظیمی روبرو خواهد بود. اهمیت این مـسأله زمانی مشخص می شود که انـسان مـشکل را از نزدیـک مشاهده نماید.

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 وسفر 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 وعاملی مهم برای ماندگاری مردم در این منطقه به شمار می رود، در چند سال آینده مورد تهدید جدی شن های روان قرارخواهد گرفت، که اگراز 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 باشدوچاه نیمه ها که تأمین کننده آب منطقه هستند در قسمت جنوب شرقی منطقه موردمطالعه 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 پرشدن 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 تپه‌های ماسه‌ای به چاه نیمه ها(به شکل۱ مراجعه شود) و میانگین سرعت جابجایی تپه های ماسه ای که بین ۳۰تا۱۰۰متر در سال برآورد شده است، بنظر می رسد طی ۱۰ تا ۱۵سال 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 هامون‌ها و تشدید طوفان های شن و ماسه و کم یا خالی شدن چاه نیمه‌ها از آب خواهد بود که این امر نیاز به دهها و شاید قرنها 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 ۱و۳دارد 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 ۱۲۰روزه

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 ۱و۳ 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 وسپس 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 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 هر۳ نمونه به میزان زیادی وجود دارد ولی نمونه شماره۱ 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. بطور کلی رسوبات منطقه تقریبا" شبیه هم بوده که نشان از محلی بودن ذرات و یکسان بودن منطقه برداشت دارد.

تقدیر و تشکر

در پایان از آقای دکتر قماشی 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، نتشارات دانشگاه تهران، شماره۲٤۲٤، ص۵۷۷، ۱۳۷۸.

۲ - احمدی، حسن. ژئومورفولوژی کاربردی. جلددوم، بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره۲۳۹٦، ص۵۷۰، ۱۳۷۷.

۳ - اختصاصی- محمد رضا. منشاء یابی تپه های ماسه ای در حوضه دشت یزد - اردکان- چاپ اول. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۳۷۵.

٤- 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 ٦۷، ص۲۵تا۳۳، ۱۳۸٤.

۵- بهزاد، علی. رسوب شناسی، انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران، شماره ۸۳، ص۱۹٤، ۱۳٦۳.

٦- حیدری نسب، مهدی. نقش باد در ایجاد لند فرم های بادی در منطقه نیاتک سیستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۱۰٤، ۱۳۸٦.

۷- دهواری، عبدالمجید. بررسی منشاء رسوبات بادی در سراوان بلوچستان، پایان نامه فوق لیسانس، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه احیاءمناطق خشک وکوهستانی، ص۲۰٤، ۱۳۷۳.

۸- رفاهی، حسینقلی. فرسایش بادی وکنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، شماره۲٤۱۸، چاپ سوم، تهران، ص۳۲۰، ۱۳۸۳.

۹- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه های توپوگرافی منطقه با مقیاس های ۱:۵۰۰۰۰و ۱:۲۵۰۰۰۰

۱۰- سرگزی، حسین. منشأیابی وارزیابی شدت وخسارات تپه های ماسه ای بیابان نیاتک سیستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، ص۱۳٦، ۱۳۸٤.

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- قانعی 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.

۱٤- مرکز سنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره ای مربوط به سال ها ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰٤، ۲۰۰۵.

۱۵- معماریان خلیل آباد، هادی. منشاء یابی رسوبات بادی منطقه رفسنجان، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره۳، ص ۵۳۱ تا ۵٤۲، ۱۳۸٤.

۱٦- موسوی حرمی، رضا. رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، ص٤۷۹، ۱۳٦۷.

۱۷- نوری، غلامرضا و همکاران. تالاب هامون حیات سیستان، مرکز نشر سپهر، چاپ اول، ص۱۵۱، ۱۳۸٦.

۱۸- هادربادی، غلامرضا. پیش‌بینی سرعت و جهت بادهای فرساینده، مطالعه موردی زابل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ص۲۰۹، 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.