Water and Soil Science, Vol.33, NO.4, Winter 2023, pp. 115-132.
DOI: 10.22034/ws.2023.53855.2495 ISSN:2717-3755 https://water-soil.tabrizu.ac.ir/

Research Article

Investigating the Mineralogical Characteristics of Dusts Resulted from Wind Erosion of Urmia Lake East Shore Soils using a Closed-Circuit Wind Tunnel

E Ghanbari[1], AA Jafarzadeh[2], S Oustan[3], A Ahmadi[4], F Shahbazi[5]

Received: October 24, 2022 Accepted: February 12, 2023
Revised: September 4, 2022 Published online: December 22, 2023

1-Ph. D student of Soil Resources Management, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2-Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
3-Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
4-Associate professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
5-Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
* Corresponding Author, Email: elham.ganbarie@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives

Urmia Lake is the largest saltwater in the Middle East, which has been located in the northwest of Iran. Nowadays, various factors have exposed it to dryness and wind erosion, the result of which is the increase in soil salinity, the thinning of solute crystals, and the occurrence of dust storms. Identifying the nature of these dusts specially the mineralogy of them is important in providing solutions to deal with the crisis. Investigating the characteristics and mineralogy of dusts in the region are useful in predicting and controlling ways to reduce their damages, and dust mineralogy is a practical method to determine their origin. In other words, the deposition of dust in different areas can affect the nearby ecosystems by making changes in the texture, composition of elements and even the acidity of the soils of the affected areas. The source of dust is very important in the mineralogy of sedimentary particles and depends on various factors such as geology and soil characteristics as well as climatic conditions. Also, the height of atmosphere which the dusts are there, can be useful in studying the effect of mineralogy in this height.

Methodology

For this purpose, three flat sites without vegetation and prone to fine dust production were selected from the eastern shore of Urmia Lake, and each site was divided into 3 layers based on the height from sea level, but the first layer was omitted from the studying areas because of the high soil moisture due to low distance to lake, which results in decreasing dust production by this layer, and eventually 2 random samples (0-5 cm) were picked up from each layer. This research work carried out based on 12 selected soil samples from 3 sites and their layers. The soil samples from 0 to 5 cm depth as a surface soil of layers were transferred to trays with dimensions of 3 x 40 x 30 cm in the wind tunnel of agriculture faculty of Tabriz University, with 370cm length, 50cm width and 70cm height, and wind erosion was simulated by applying the maximum wind speed of 45 meters per second to it was done for 15 minutes at each height. Then, the dust particles released at 2 heights of the wind tunnel (10 and 30 cm from the floor of the device) and the control soil sample were subjected to XRD analysis and the obtained diffractions were interpreted using High Score software. Finally, statistical analysis was performed using a nested design to find the effect of factors such as the location, layer and height of the wind tunnel on the content of minerals in windblown dust.

Findings

©: The Author(S)
Publisher: University of Tabriz

The obtained results showed that the dominant minerals in the most dust samples, were quartz, calcite, halite and gypsum with the highest average percent of quartz, because of the widespread occurrences of this mineral in the earth crust. The statistical analysis results revealed the significant effect of layer on quartz at the $p<0.01$ level, but the effect of site on calcite was significant at the $p<0.05$ level and the maximum amount of quartz appeared in layer 2 of site 2, while its minimum amount has observed in layer 2 of site 1. The maximum and minimum amount of calcite was found in site 2 and 3 respectively, but predominance of quartz in the dust samples can be attributed to the wind blow within a short distance. Also, the differences can be related to the nature of the parent materials of sites from which soils were derived.

Conclusion

In general, the presence of calcite as the main mineral in samples is due to study area temperature and precipitation increase and decrease respectively, which cause lake dryness, while gypsum and halite are produced in result of chemical equilibrium process and distribute in salty soils. Gypsum also can be produced during the reaction of calcite and sulfates of sea salts. The dryness of the lake also results in rising the gypsum minerals from dried floor of Lake and the presence of halite is affected by Urmia Lake salts that remain after water evaporation in dried land as a main mineral in soil and dust samples of affected lands.

Keywords: Mineralogy, Urmia Lake, Wind erosion, Wind tunnel, XRD analyze.

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۳ شماره ۴ صفحه‌های ۱۱۵ تا ۱۳۲/ سال ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

بررسی خصوصیات کانی‌شناسی ریزگردهای حاصل از فرسایش بادی خاک‌های ساحل شرقی دریاچه ارومیه با استفاده از تونل باد مدار بسته

الهام قنبری*[1] علی‌اصغر جعفرزاده[2] شاهین اوستان[2] عباس احمدی[3] فرزین شهبازی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

تاریخ ویرایش:۱۴۰۱/۱۱/۱۶ تاریخ انتشار انلاین :۱۴۰۲/۱۰/۰۱

۱-دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیک Elham.ganbarie@yahoo.com

چکیده

امروزه عوامل مختلفی دریاچه ارومیه (بزرگترین دریاچه آب شور خاورمیانه) در شمال‌غرب ایران را در معرض خشکی و فرسایش بادی قرار داده که نتیجه آن بروز طوفان‌های ریزگرد است. شناسایی ماهیت این ریزگردها در ارائه راهکارهای مقابله با بحران حائز اهمیت بوده و بدین منظور، سه بخش مستعد برای تولید ریزگرد از ساحل شرقی دریاچه ارومیه انتخاب و هر بخش براساس ارتفاع از سطح آزاد آب‌ها به دو سطح تقسیم گردید. نمونه‌های خاک به سینی‌های تونل باد مدار بسته، منتقل و شبیه‌سازی فرسایش بادی با اعمال حداکثر سرعت باد ٤٥ متر بر ثانیه به مدت ۱۵ دقیقه بطور یکنواخت در تمام ارتفاعات انجام گردید. با به تله انداختن ریزگردها و بررسی خصوصیات کانی‌شناسی آنها به روش آنالیز XRD و با استفاده از نرم افزار High Score، کوارتز، کلسیت، هالیت و ژیپس بعنوان کانی‌های غالب شناسایی شدند. از میان این کانی‌ها، کوارتز بالاترین درصد را داشته و با توجه به فاصله کم برای انتقال در تونل باد دور از انتظار نمی باشد. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که اثر لایه بر کانی کوارتز ($p\leq0.99$) و اثر بخش بر کانی کلسیت ($p\leq0.95$) معنی‌دار است. حضور کلسیت بعنوان کانی غالب در نمونه‌ها بویژه بخش ۲ می‌تواند اعلام خطری برای آلودگی جوی از طریق حمل آلاینده‌ها و انتقال آنها باشد.در این تحقیق با بررسی عمل انتخابی فرسایش بادی بر خاک‌های منطقه و مطالعه کانی‌شناسی خاک‌های منشاء ریزگردها، می‌توان نوع کانی‌های موجود در ارتفاعات مختلف جوی را پیش‌بینی نمود زیرا، نوع کانی غالب در ارتفاعات مختلف جوی با خاک‌های منشاء متفاوت نیستند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز XRD، تونل باد، دریاچه ارومیه، فرسایش بادی، کانی‌شناسی.

مقدمه

بررسی کانی‌شناسی ریزگردها، ابزار کارآمدی برای بررسی وضعیت زمین‌شناسی مناطق تولیدکننده گرد و غبار و نمایشگر مناسبی برای تعیین گستره تأثیرپذیری خاک‌های میزبان این ذرات است. به بیان دیگر، ته‌نشست ذرات ریزگرد ممکن است زیست بومهای مجاور را متأثر سازد. بدین صورت که انباشت ریزگردهای با کانی‌شناسی مختلف در مجموعه‌های خاکی می‌تواند شاخص‌های گوناگون مانند بافت، ترکیب عنصری و حتی واکنش خاک را تغییر دهد (راشکی و همکاران ۲۰۱۳). حضور کانی‌هایی مانند کوارتز، فلدسپارها و مسکوویت بیانگر سنگ‌شناسی فلسیک و برعکس حضور کانی‌هایی مانند کلریت، پیروکسن و هورنبلند بیانگر سنگ‌شناسی مافیک در ناحیه منشاء بوده و کانی‌های کلسیت، دولومیت، هالیت و ژیپس وجود سنگ‌شناسی تبخیری را تقویت می‌کند (راشکی و همکاران ۲۰۱۳). نشان داده شده است که افزایش رطوبت خاک و حضور بلورهای نمک در سطح یا نزدیکی سطح با توجه به تمایل این دو فاکتور برای تثبیت سطح از طریق نگهداشتن ذرات منفرد در محل، باعث پایداری خاک در مقابل انتقال می شود. برعکس، آبشویی این نمک‌ها خاک را مستعد فرسایش بادی می کند (نیکلینگ ۱۹۸۷). همچنین، تأثیر تغییر منطقه منشاء در کانی‌شناسی ذراتی که ته نشین شده‌اند، حائز اهمیت می‌باشد.

اکسیدهای فلزی حساسیت بالایی را به دگرسانی، هوادیدگی و فعالیت‌های فرسایشی نشان می‌دهند. لذا، در مناطق بیابانی و نواحی که ریزگرد فاصله طولانی را طی نمی‌کنند، از آنها به منظور تعیین منشاء و یا احتمال چند منشایی بودن ذرات استفاده می‌شود (زراسوندی ۲۰۰۹).

کانی‌های نمکی از اجزای مهم ریزگردها هستند. بالا بودن سطح آب زیرزمینی یک عامل مهم برای ایجاد مکانهایی با انباشت بلورهای نمک است که پتانسیل بالایی برای انتشار ریزگرد دارند. سطوح حاوی این بلورهای نمک، فوق‌العاده پویا هستند، بنابراین، درک فرآیندهایی که ویژگی‌های سطح را کنترل می‌کنند، گامی مهم در کاهش انتشار ریزگرد است. نتایج تجربی در دریاچه نمک سالتون آمریکا نشان داد که کانی‌های میرابیلیت، تناردیت، گچ، باسانیت و سولفات‌های منیزیم دارای بیشترین پتانسیل برای انتقال به صورت ریزگرد هستند (بوک و کینگ ۲۰۱۱). مطالعات خاک‌های اطراف دریاچه آرال نشان داده است که بیشترین تولید ریزگرد مربوط به خاک‌های شور-سدیمی است که قشر سطحی آنها در اثر انتقال نمک سدیمی شده است. همچنین، کمترین تولید ریزگرد مربوط به خاک‌های شور معمولی بوده و نهایتاً بستر خشک شده دریاچه مقدار متوسطی از ریزگرد را تولید می کرد (سینگر و همکاران ۲۰۰۳). دست یافتن به درک درستی از این فرآیندها حائز اهمیت است، زیرا بیشتر سطوح انتشار ریزگرد در جهان از دریاچه‌های نمکی خشک شده مانند دریاچه آرال و دریاچه اوانز هستند که دریاچه ارومیه نیز یکی از آن‌ها است.

مودائیش (۱۹۹۷) در پژوهشی که برروی ریزگردهای موجود در شهر ریاض در عربستان سعودی صورت پذیرفت به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ترکیب کانی‌شناسی و نیز مطالعات دانه‌بندی ذرات پرداخت و منجر به شناخت منشاء رسوبات در سه بیابان احاطه کننده منطقه مورد مطالعه گشت. همچنین نتایج حاکی از این بوده است که تمامی نمونه‌های برداشت شده دارای مقادیر فراوان کربنات کلسیم بوده که نشانگر وجود خاک‌های غنی از آهک و دولومیت متعلق به صحرای وسیعی که شهر ریاض را احاطه کرده است، می‌باشد.

کریمیان و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی دیگری به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار ریزشی بر فضای شهر اهواز پرداخته است و منشاء طوفان‌های گردوغباری با غلظت و مدت زیاد را به عوامل خارجی مانند اراضی خشک شده و

مستعد فرسایش در مرز ایران وعراق مانند تالاب هورالعظیم نسبت داده که فاکتورهای داخلی تشدیدکننده آنها می‌باشد.

بشیری و سوری (۲۰۱٦) نیز به بررسی خصوصیات فیزیکو- شیمیایی ذرات معلق بزرگتر از ۱۰ میکرومتر در استان کردستان (غرب ایران) پرداخت. در این پژوهش میزان بارش ذرات معلق در واحد سطح به مدت یک سال به روش سنجش انباشت در محوطه دانشگاه کردستان اندازه‌گیری شد و نوع کانی‌های تشکیل دهنده این ذرات با استفاده از آنالیز تفرق اشعه ایکس (XRD) در نمونه‌های جمع‌آوری شده، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیبات موجود در این ذرات می تواند تأکیدی بر منشاء خاکی برای این ذرات معلق در غرب ایران باشد. اصطلاح گرد و غبار، عموماً، به ذرات معدنی اطلاق می‌شود که در اثر فرسایش بادی خاک‌ها تولید می‌شوند. با در نظر گرفتن ترکیب ژئوشیمیایی گرد و غبار فرونشسته، منابع آلی و غیرآلی دیگری شامل انتشارات صنعتی و...، آتشفشان و سوخت زیست‌توده‌ها برای ذرات اتمسفری در نظر گرفته می‌شوند (ژئیوان و همکاران ۲۰۱۹).

کانی‌شناسی نمونه‌های ریزگرد ترسیب یافته در اطراف تالاب هورالعظیم حاکی از حضور مقدار بیشتر کانی پالیگورسکیت در نمونه‌های جمع‌آوری شده از دوره‌های با وقوع طوفان گردوغبار نسبت به دوره‌های بدون طوفان گردوغبار بود. لذا، به نظر می‌رسد که حداقل بخشی از این ریزگردها احتمالاً از مناطق غربی‌تر مانند بیابان‌های عراق که در آنها این کانی حضور قابل توجهی دارد، باشد (بیت لفته و همکاران ۲۰۱٤).

کانی‌شناسی ریزگردها به عوامل متعددی از جمله زمین‌شناسی و خاک منطقه منشاء و شرایط آب و هوایی وابسته است. برخلاف ترکیب شیمیایی ریزگردها که تقریباً یکسان بوده و مشابه ترکیب شیمیایی مواد مادری در ناحیه منشاء است، کانی‌شناسی ریزگردها کاملاً متغیر است. کانی‌های متداول شامل کوارتز، فلدسپارها، میکاها، کلریت، کائولینیت، ایلیت، اسمکتیت، پالیگورسکیت، کلسیت، دولومیت، گچ، هالیت، اوپال، کانی‌های رس مختلط هستند. در یک توزیع اندازه ذرات معین، معمولاً ذرات درشت تر کوارتز، فلدسپارها و کربناتها بوده و ذرات ریزتر رس‌ها و میکاها هستند. همچنان که ریزگردها از منشاء دور می‌شوند ذرات درشت کوارتز ته‌نشین شده و ذرات ریزتر رس غالب می‌شوند (اوشر و همکاران ۲۰۰۳).

به طور کلی، خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار، مشابه خاکی است که از آن منشأ شده است. علاوه بر این، بخش‌های مختلف چرخهٔ گرد و غبار ممکن است خصوصیات شیمیایی و فیزیکی گرد و غبار را تغییر دهد (تیانینگ و همکاران ۲۰۱۹).

با مطالعه کانی‌های موجود در بخش‌ها و لایه‌های مختلف ارتفاعی منطقه و نیز کانی های انتقال یافته به ارتفاعات مختلف تونل باد به بررسی تفاوت بین آنها پرداخته می‌شود. در این بررسی مشخص خواهد شد که آیا کانی غالب در خاک‌های با موقعیت جغرافیایی متفاوت در اطراف دریاچه ارومیه یکسان است و تا چه حد متأثر از بستر خشک شده‌ی دریاچه می‌باشد. همچنین، این موضوع که آیا انتقال ذرات تابعی از ماهیت کانی‌های موجود در خاک است یا خیر و آیا ماهیت کانی های انتقال یافته با تغییر ارتفاع جمع آوری ذرات در تونل باد تغییر می‌کند یا خیر بررسی خواهند شد. به عبارتی، انتخابی بودن فرسایش بادی براساس ماهیت کانی‌های موجود در خاک‌ها از جمله مباحثی است که در مطالعات گذشته به آن کمتر پرداخته شده است.

بنابراین؛ بررسی تأثیر موقعیت جغرافیایی و نیز ارتفاع از سطح دریا برای منطقه منشاء و نیز ارتفاع رسوب گذاری بر کانی شناسی ریزگردهای حاصل از فرسایش بادی در تونل باد با سرعت مشخص از اهداف این پژوهش بود.

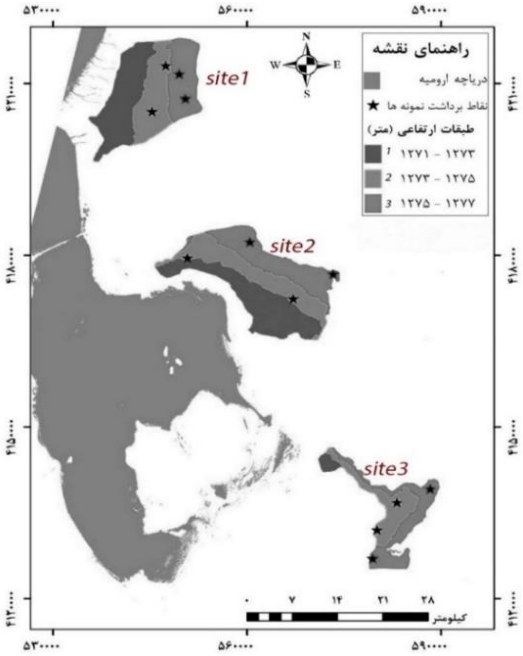
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در اراضی ساحل شرقی دریاچه ارومیه با ارتفاع متوسط ۱۲۷۳ متر از سطح دریای آزاد و مساحت ٦٠٩ کیلومترمربع انجام یافت. واحد فیزیوگرافی این منطقه براساس نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان، دشت رسوبی با شیب کم بوده و مواد مادری خاک‌های آن با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی ارومیه (شهرابی ١٩٩٤ و سلطانی سیسی ٢٠٠٥) از نوع رسوبات کواترنر متشکل از پهنه‌های رسی نمکی می‌باشد. منطقه یاد شده به دلیل تجمع مقادیر زیادی نمک با منشا دریاچه ارومیه، در حدود ۳۵ سال است که به صورت اراضی غیر قابل کشت درآمده و اکنون به عنوان مرتع فصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس داده‌های هواشناسی ارومیه، میانگین بارندگی و دمای سالیانه این منطقه به ترتیب ٣٤٥/٣٧ میلی‌متر و ١٠/٨٣ درجه سلسیوس می‌باشد (بی‌نام ٢٠٠٤).

نمونه برداری خاک

خاک‌ها از نقاط نمونه‌برداری که با استفاده از مکان‌یاب جغرافیایی (GPS[1]) تعیین و شناسایی شدند، از عمق ۰-۵ سانتی‌متری بعنوان خاک سطحی، از سه بخش مطالعاتی که مسطح، فاقد پوشش گیاهی و مستعد برای تولید ریزگرد بودند، در خرداد ماه ١٣٩٦ برداشته شدند. این بخش‌ها در سه قسمت شمالی، میانی و جنوبی منطقه قرار داشته و هریک براساس ارتفاع از سطح آب‌های آزاد، سه لایه ارتفاعی ۱۲۷۳-۱۲۷۱، ۱۲۷۵-۱۲۷۳ و ۱۲۷۸-۱۲۷۵ متر را تشکیل می‌دادند. با توجه به مجاورت لایه ۱ با دریاچه و پایین بودن احتمال تولید ریزگرد از خاک‌های مرطوب آن، نمونه‌های این سطح ارتفاعی (لایه) در آزمایشات وارد نشدند. نهایتاً با انتخاب تصادفی دو نمونه خاک از هر سطح ارتفاعی، مجموعاً ۱۲ نمونه انتخاب گردید موقعیت آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌های برداشت شده از سه بخش شامل ۱۲ نمونه خاک (دو نمونه تصادفی بعنوان تکرار از هر لایه ارتفاعی مربوط به هر بخش) بود که در حدود ۱۰ کیلوگرم نمونه خاک از منطقه جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک شده تا فرسایش بادی و ایجاد ریزگرد و تله اندازی این ریزگردها در ارتفاعات مختلف در دستگاه تونل باد انجام بگیرد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک، همه نمونه های خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد.



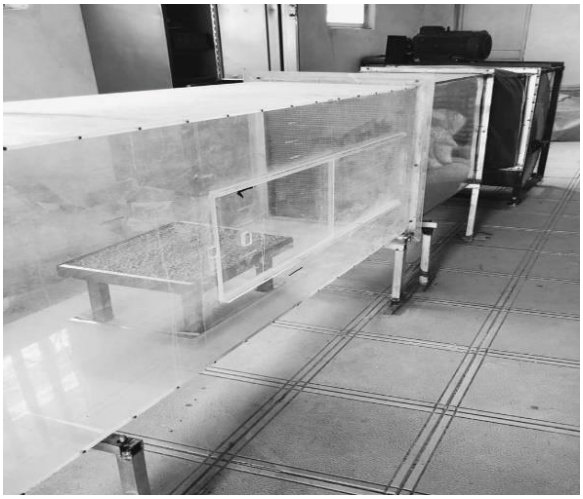
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری در سطوح ارتفاعی مختلف (مقیاس ۱:۵۵۰۰۰۰).

مشخصات تونل باد

تونل باد از نوع مدار بسته، متشکل از سه قسمت شامل، بخش مولد باد (شامل موتور، پروانه‌های ایجاد باد، بخش تنظیم کننده سرعت باد) با توانایی تولید باد با سرعتی معادل ٤٥ متر بر ثانیه بعنوان سرعت آستانه

[1] Global Positioning System

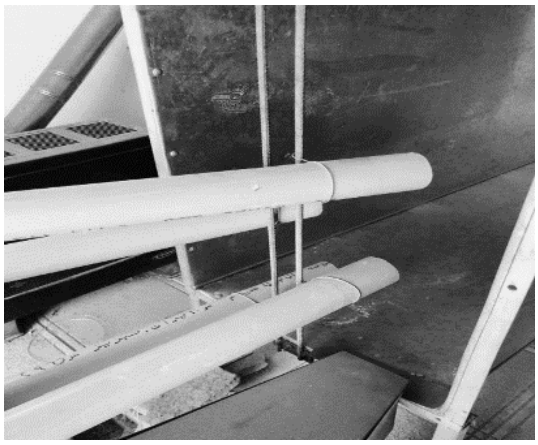
فرسایش بود (چاخرلو ۲۰۲۰). فرسایش خاک در اثر باد می‌تواند هنگامی اتفاق بیفتد که سرعت باد به ٦ متر بر ثانیه برسد. این شاخص با سرعت باد روزانه بدست آمده از داده‌های هواشناسی طی سال ۲۰۱۷-۲۰۰۵محاسبه و سپس توزیع مکانی شدت میدان باد با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ با وضوح مکانی ۱۲/۵ متر بر ثانیه بدست آمد که همان ٤٥ کیلومتر بر ساعت می باشد)، در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از سطح سینی خاک، دیفیوژر یا پخش کننده سرعت باد که در فاصله ۱٦۰ سانتی‌متری از قسمت مولد باد قرار داشت و باعث ایجاد بادی یکنواخت و پایدار روی سینی‌های خاک در تونل می‌شد و در نهایت محفظه آزمایش، بود. محفظه آزمایش شامل یک تونل با عرض ۵۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر و طول ۳۷۰ سانتی‌متر بود که سینی‌های خاک با ابعاد ۳×٤۰×۳۰ سانتی‌متر در این قسمت قرار می‌گرفت (شکل ۲). سینی‌های مذکور توسط نمونه‌های برداشتی پر شده و تسطیح می‌گردند. در این مرحله دقت عمل برای تصادفی بودن ذرات در کل سطح سینی لازم و ضروری می‌باشد تا بتوان در حد امکان شرایط مشابه محیط را از لحاظ تصادفی بودن ذرات ایجاد کرد.



شکل ۲- تصویر دستگاه تونل باد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز.

نمونه‌برداری ریزگرد

ریزگردهای حاصل از اعمال فرسایش بادی در ٤ ارتفاع ۰، ۱۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری در تله‌هایی که در انتهای تونل باد کار گذاشته شده بود، جمع‌آوری شد (شکل ۳). با توجه به ناچیز بودن ریزگردهای جمع شده در ارتفاع۵۰ سانتی‌متری، امکان مطالعه آنها عملی نشد. همچنین، با توجه به اینکه ذرات جمع شده در ارتفاع صفر سانتی‌متری یا همان کف انتهایی تونل باد ذرات درشتی بودند که اغلب با حرکت لغزشی و یا جهشی انتقال یافته بودند و عملاً ریزگرد محسوب نمی‌شدند، از آنها نیز صرف‌نظر گردید. در نهایت، ۳٦ نمونه ریزگرد شامل شاهد (خاک مورد نظر قبل از اعمال فرسایش بادی)، ریزگردهای به تله افتاده در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری و ریزگردهای ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ٤).



شکل ۳- تله‌های ریزگرد تعبیه شده در انتهای دستگاه تونل باد.

شکل ۴- نمونه‌های جمع‌آوری شده از ریزگردهای تولید شده در تونل باد.

برای بررسی کانی‌شناسی، نمونه ریزگردهای جمع‌آوری شده، به دستگاه آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) واقع در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تبریز انتقال داده شدند. از این روش می‌توان برای شناسایی و تعیین ساختار، اندازه و شکل بلور و به طور کلی تحلیل کمی و کیفی کانی‌ها استفاده کرد (مور و رینولد ۱۹۸۹). از آنجایی که مساحت سطح زیر قله در الگوی پراش پرتو ایکس متناسب با مقدار کانی در نمونه است، با استفاده از این روش می‌توان آنالیز نیمه کمی نیز انجام داد (ستسنگی و یاداو ۲۰۱٤).

آنالیز XRD

آنالیز XRD در نمونه‌های پودری تهیه شده از ریزگردهای نرم شده، بر اساس قانون براگ (Bragg law) انجام گرفت. از دستگاه XRD مارک Tongda ومدل TD-3700 برای این منظور استفاده شد. آند از جنس مس بوده و از تابش $K_{\alpha1}$ با طول موج ۱/٥٤٠٦ آنگستروم به عنوان چشمه پرتو ایکس استفاده شد. دقت آنالیز دستگاه ۰/۰۲ درجه به ازای ۰/٥ ثانیه و ولتاژ و شدت جریان مورد استفاده به ترتیب ۳۰ کیلوولت و ۲۰ میلی آمپر بودند. از قابلیت‌های این دستگاه می توان به طیف‌سنجی با چرخش همزمان نمونه، نمونه‌گیری خودکار، آنالیز زاویه پایین[1]و اندازه گیری تنش پسماند اشاره کرد.

کار در محیط نرم افزار Highscore

الگوهای خام به دست آمده از XRD (شکل ٥) در محیط نرم افزار Highscore Plus نسخه (3.0.5) 3.0e موردآنالیز قرار گرفتند. بعد از اعمال تصحیحات لازم بر روی الگوها (شناسایی زمینه، حذف $K_{\alpha2}$ و اسموث کردن برای حذف نویز)، اقدام به شناسایی کانی‌های احتمالی موجود شد. در این مرحله با انتخاب گزینه search peak در نرم افزار مذکور، پیک‌های موجود در نمونه شناسایی شده و سپس به صورت خودکار با پیک‌های کانی‌های موجود در بانک اطلاعاتی نرم افزار مقایسه شدند. براساس مطابقت‌های حاصله، چندین کانی به صورت پیشنهادی از طرف نرم افزار ارائه گردید (شکل ٦).

لیستی که توسط نرم افزار ارائه می‌شود حاوی کانی هایی است که احتمال حضور آنها وجود دارد و احتمال حضور هیچ کانی صد درصد نیست. با بررسی‌های کارشناسی و زمینه اطلاعاتی که در مورد نمونه‌های مورد مطالعه و محل برداشت نمونه‌ها در دست است، شناسایی انجام می‌گیرد. نهایتاً، لیست کانی‌های انتخابی وارد لیست پذیرفته شده می‌گردد.

در مرحله بعدی، برای تعیین نیمه کمی کانی‌های لیست شده، درصد هر کانی با استفاده از روش ریتولد[2] مشخص می‌گردد. این روش دقیق‌ترین روش برای استخراج اطلاعات کمی از الگوی XRD است. با استفاده از این روش امکان محاسبه دقیق اندازه بلور، کرنش[3]، درصد فازهای موجود در نمونه و غیره امکان‌پذیر است. اگر آنالیز به درستی انجام پذیرد، اعتبار نتایج حاصل از این روش بسیار بالاست.

در روش ریتولد که روشی بر اساس تطابق الگوی پراشیده می‌باشد، پروفیل اندازه‌گیری شده از نمونه با پروفیل محاسبه شده از ساختار بلورین با یکدیگر مقایسه می‌شوند. با تغییر پارامترهای متعددی تفاوت بین این دو پروفیل به حداقل می‌رسد. به منظور انجام اصلاح ریتولد، به ساختار بلورین همه فازهای موجود در نمونه نیاز می‌باشد.

موارد تحلیلی زیر از جمله عملکردهای اصلاح ریتولد است:

آنالیز کمی فازها:

[1] low angle

[2] Reitveld

[3] Strain

این آنالیز برای الگوهای پیچیده با تعداد زیادی پیک که دارای همپوشانی نیز هستند بیشتر کاربرد دارد، اما برای غلظت‌های کمتر از ۰/۵ درصد مورد استفاده نمی‌باشد.

تعیین فاز آمورف:

برای این کار نیاز به افزودن استاندارد بلورین و یک اندازه گیری پوششی در یک دامنه 2θ مشخص، است.

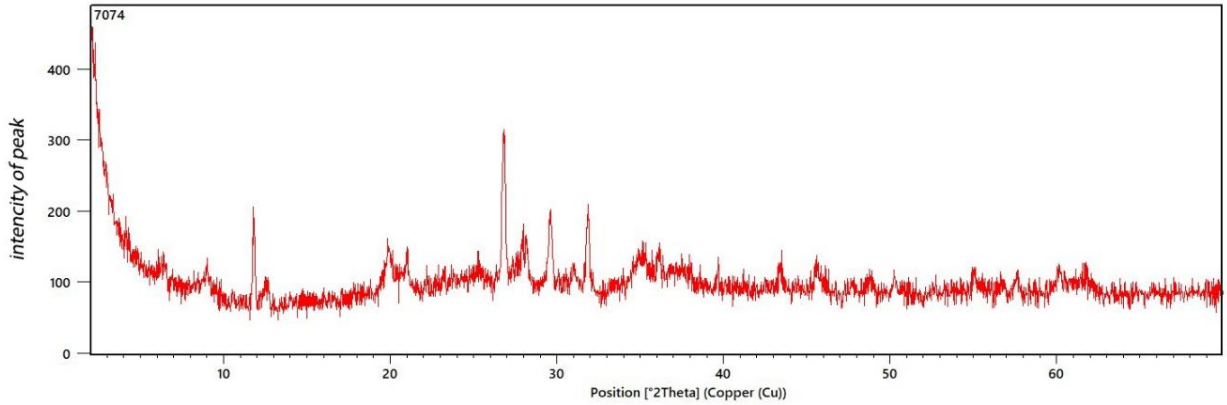
فیت LE BAIL:

برای تعیین و آزمون واحد سلولی و گروه فضایی یک فاز از انطباق داده‌های اندازه‌گیری شده با فاکتورهای ساختاری استخراج شده استفاده می‌شود. این کار اولین گام برای شناسایی ساختار بلورین از طریق داده‌های پراش نمونه مجهول می‌باشد.

فیت HKL file:

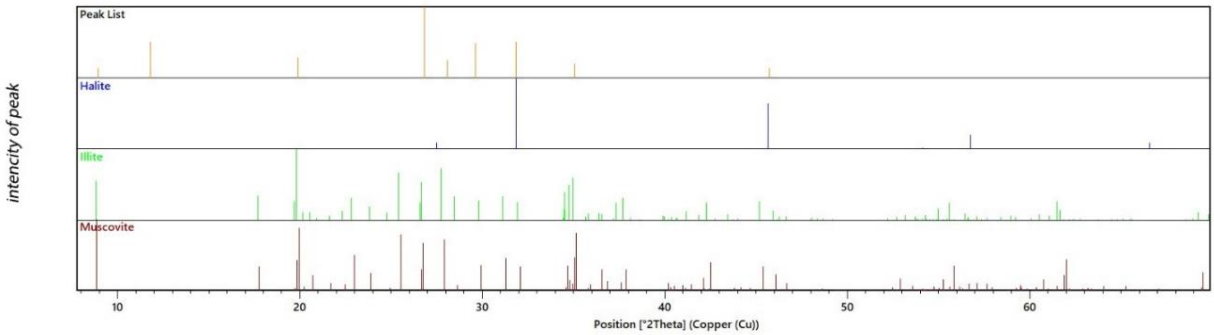
برای کمی کردن فازهای با ساختار نامشخص از نمونه استاندارد با غلظت مشخص استفاده می شود (پانالیتیکال ۲۰۱۲).

در این تحقیق از اولین عملکرد یعنی آنالیز کمی فازها استفاده گردید. در نهایت درصد کانی‌های غالب موجود در خاک‌ها و ریزگردها تعیین شدند (شکل ۷).

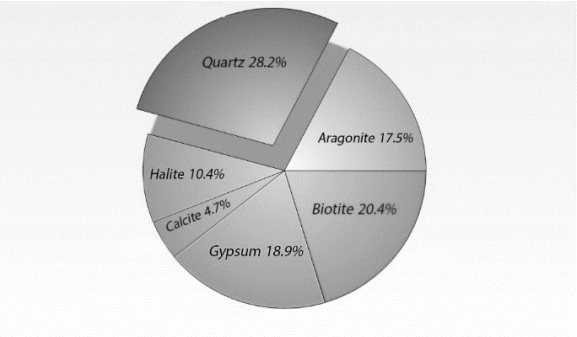


شکل ۵- الگوی خروجی از XRD.

(برای نمونه لایه ارتفاعی دوم از بخش ۳ در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از تونل باد)



شکل ۶- تطابق پیک‌های شناسایی شده از نمونه مربوط به لایه ارتفاعی دوم از بخش ۳ در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از تونل باد، با پیک‌های کانی‌ها در بانک اطلاعاتی.



شکل ۷- درصد کمی کانی‌های موجود به روش ریتولد در نمونه مربوط به لایه ارتفاعی دوم از بخش ۳ در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از تونل باد.

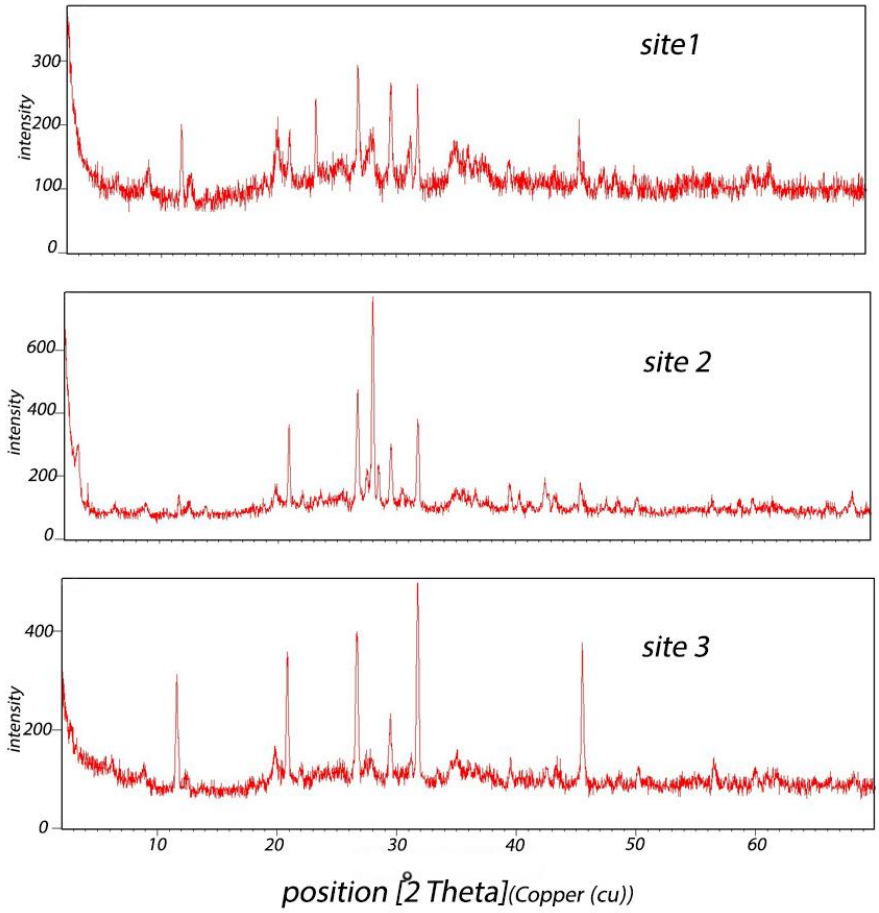
آنالیزهای آماری داده‌ها

پیش از انجام آنالیز آماری، داده‌های مربوط به درصد کانی‌ها در نمونه‌های ریزگرد که دارای توزیع نرمال نبودند، به روش جانسون[1] نرمال شدند و سپس جدول تجزیه واریانس برای اثر بخش، لایه و ارتفاع در تونل باد بر این درصدها بر اساس طرح آشیانه‌ای[2] در محیط نرم افزار Minitab نسخه 10.0.19045 به دست آمد. داده‌های معدودی که نرمال کردن آنها میسر نشد به صورت کیفی و صرفاً از لحاظ حضور در نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. زمانی از طرح آشیانه ای استفاده می‌شود که اثر هر عامل در حضور عوامل دیگر و نه به طور مستقل نیاز به بررسی داشته باشد.

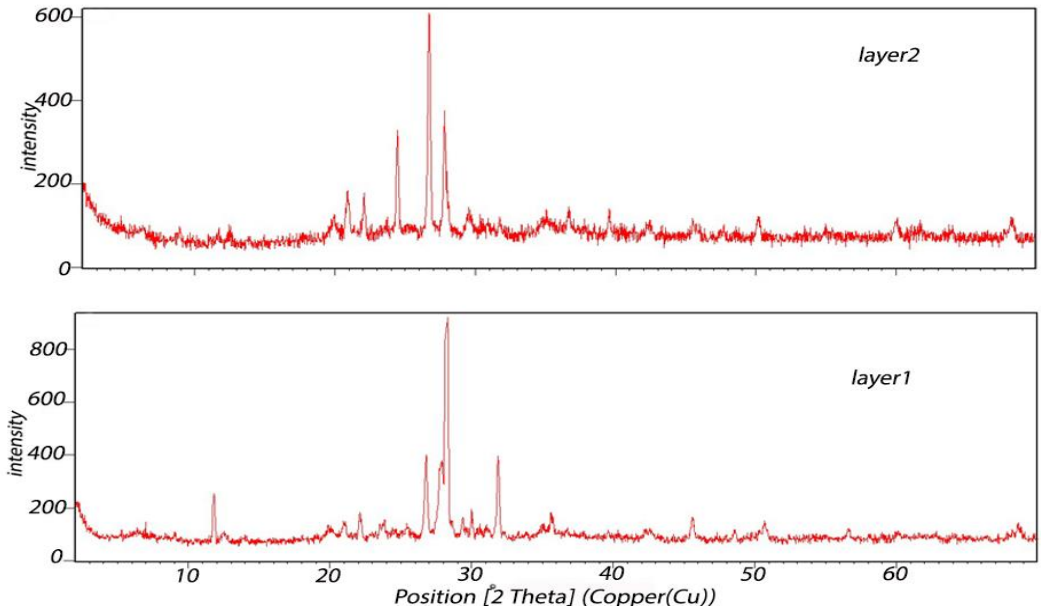
نتایج و بحث

تفاوت الگوی پراش پرتو ایکس در نمونه‌های مختلف مربوط به بخش‌ها و لایه‌های ارتفاعی و ارتفاعات مختلف در تونل باد در شکل‌های شماره ۸ تا ۱۰ آورده شده است. دقت در این الگوهای پراکنش، محل پیک‌ها و روند کلی نمودار شباهت‌ها و تفاوت‌هایی را نمایان می‌کنند. از جمله اینکه در همه نمونه‌ها پیک شارپی در محل ۲۰ تا ۳۰ درجه قابل مشاهده است که می‌تواند بیانگر حضور کانی‌های غالب کوارتز و کلسیت باشد. همچنین حضور پیک‌های شارپ در مکان‌های مختلف نیز بیانگر حضور کانی‌های مختص به همان نمونه است که در سایر نمونه‌ها وجود نداشته است، برای مثال پیک شارپ نمایان شده در فاصله ٤٠ تا ٥٠ درجه در نمونه مربوط به ارتفاع ۱۰ سانتی متری از تونل که همان پیک در ارتفاع ۳۰ سانتی متری از تونل باد قابل مشاهده نیست، بیانگر حضور هالیت در آن نمونه می‌باشد، بنابراین به این صورت می‌توان کانی‌شناسی نمونه‌ها را به صورت کیفی بررسی نمود.

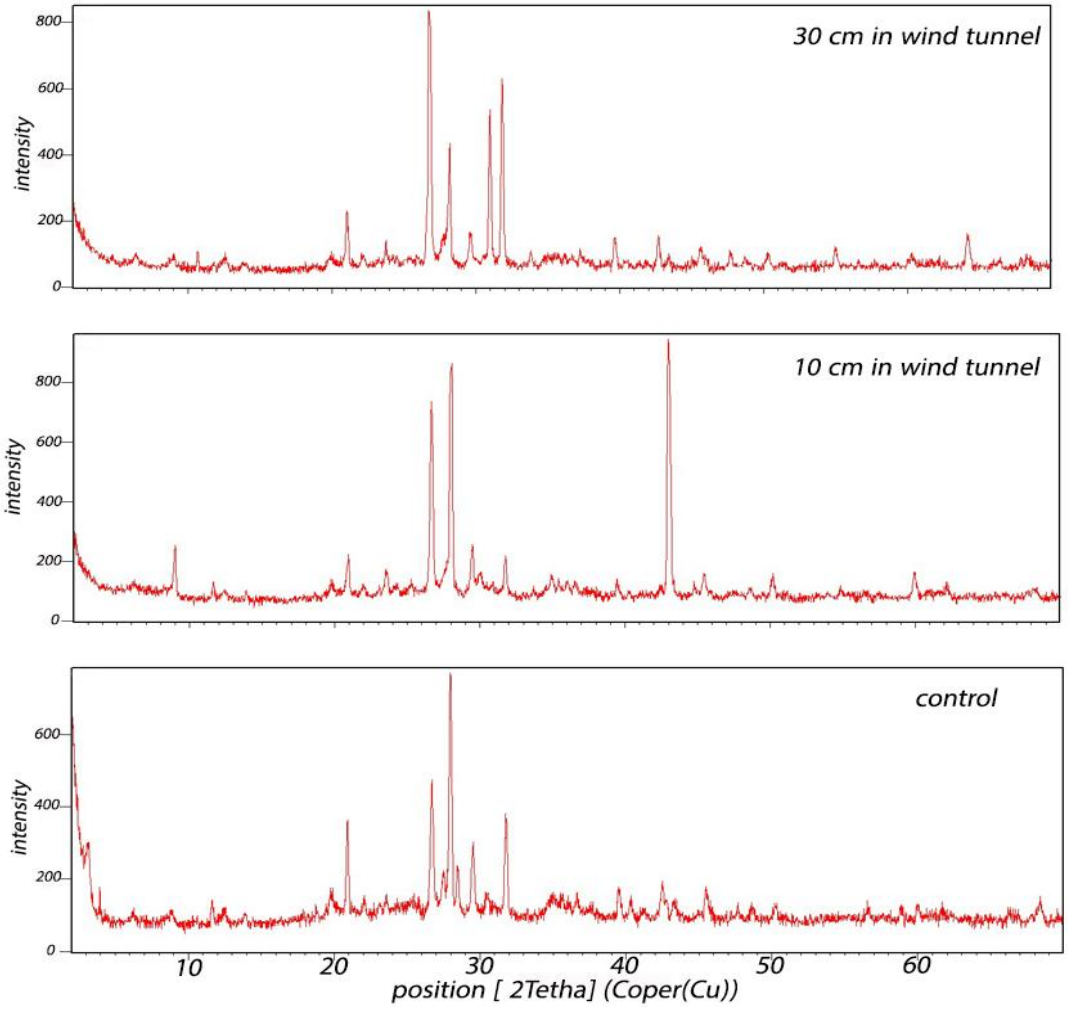
[1]) Janson
[2]) Nested design



شکل ۸- مقایسه الگوی پراش پرتو ایکس در بخش‌های مختلف مورد مطالعه.



شکل ۹- مقایسه الگوی پراش پرتو ایکس در لایه‌های ارتفاعی مختلف مورد مطالعه.



شکل ۱۰- مقایسه الگوی پراش پرتو ایکس در ارتفاعات مختلف تونل باد و نمونه شاهد.

جدول۱-تجزیه واریانس اثر بخش، لایه و ارتفاع تونل باد بر درصد کانی‌ها در ریزگردها.

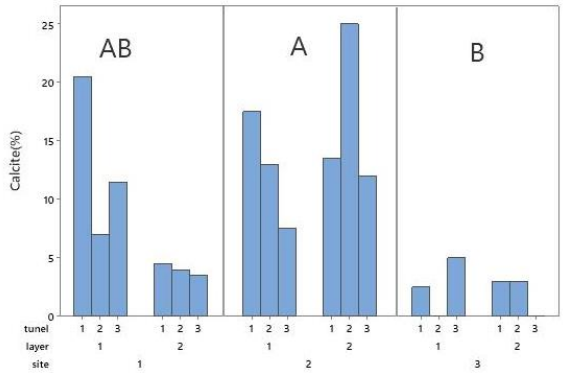
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		هالیت	کلسیت	گچ	کوارتز
بخش	۲	۰/۰۵	*۶۷۲/۱	۱۲۷/۹۵	۳/۷۳
لایه	۳	۱/۰۳	۶۵/۹	۱۲۳/۰۳	**۱/۷۸
ارتفاع در تونل باد	۱۲	۰/۳۰	۵۳/۹۶	۵۰/۷۰	۰/۲۲
خطا	۱۸	۱/۶۲	۸۲	۶۶	۰/۸۸
کل	۳۵	-			-

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

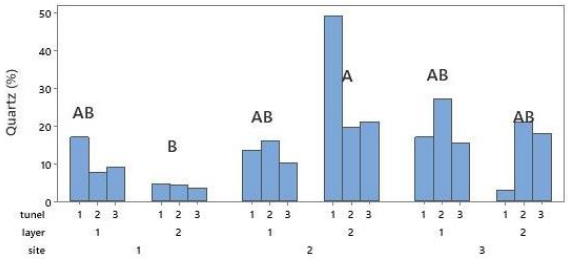
جدول تجزیه واریانس اثر بخش، لایه و ارتفاع در تونل باد بر درصدهای کانی‌های تشکیل‌دهنده ریزگردها در جدول ۱ ارائه شده است.

با توجه به جدول تجزیه واریانس، مشاهده گردید که اثر بخش بر درصد کلسیت در سطح احتمال ۵ درصد و اثر لایه بر درصد کوارتز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است. شکل های ۱۱ و ۱۲ مقایسه

میانگین‌های درصد این کانی‌ها را در بخشها، لایه‌ها و ارتفاعات مختلف تونل باد نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های اثر بخش بر درصد کلسیت.
(Height in wind tunnel:1=control, 2=10cm, 3=30cm)



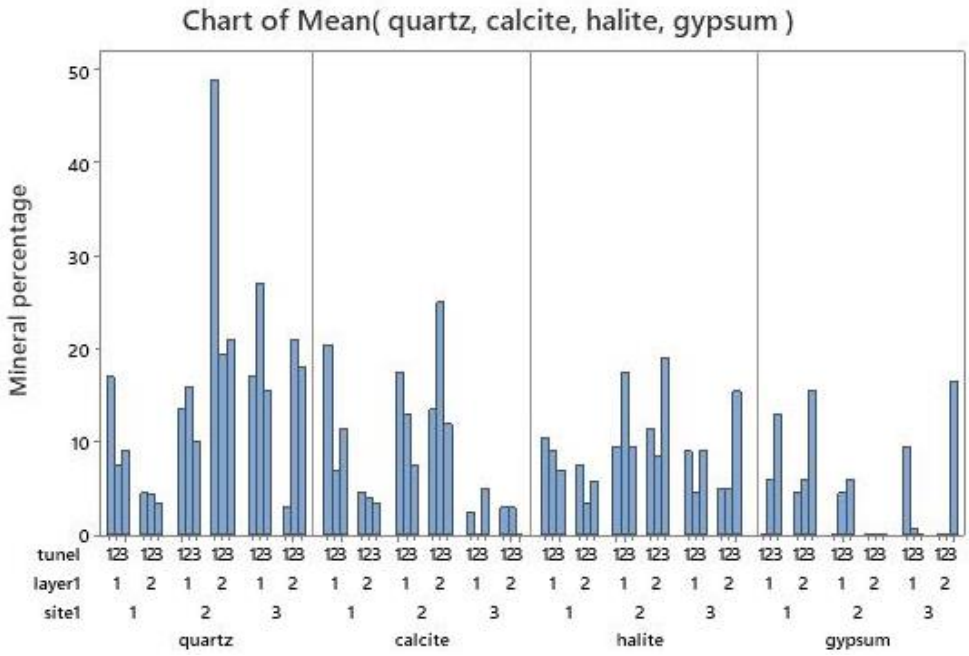
شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های اثر لایه بر درصد کوارتز.
(Height in wind tunnel:1=control, 2=10cm, 3=30cm)

به طوری که ملاحظه می‌شود بخش دوم بیشترین درصد کانی کلسیت و بخش سوم کمترین درصد این کانی را داشت. همچنین، لایه دوم از بخش دوم بیشترین درصد کانی کوارتز و لایه دوم از بخش اول کمترین درصد این کانی را نشان داد.

در رابطه با سایر کانی‌هایی که در بعضی نمونه‌ها تشخیص داده شدند ولی امکان نرمال کردن داده‌های آن‌ها و تحلیل آماری وجود نداشت قابل ذکر است که کانی آراگونیت در بخش های ۱ و ۲ مشاهده گردید. این کانی در بخش ۱ در هر دو لایه ولی در بخش ۲ تنها در لایه ۱ وجود داشت. کانی آلبیت در لایه دوم از هر سه بخش حضور داشته و کانی مونتموریلونیت، در لایه دوم از بخش ۲ و۳ مشاهده گردید. کانی بیوتیت نیز تنها در بخش ۳ ولی در هر دو لایه وجود داشت. همچنین، کانی مسکوویت در لایه ۱ از بخش ۱ و ۳ و لایه ۲ از بخش ۲ مشاهده شد.

مونتموریلونیت کانی رس آبدار است. با توجه به اینکه این کانی ثانویه است، به احتمال زیاد در منطقه مورد مطالعه حاصل نوتشکیلی است.

به طور کلی، کانی‌های کوارتز، کلسیت، هالیت و گچ در اکثر نمونه‌ها وجود داشتند. در این میان، کانی کوارتز با دامنه ۳ تا ٤۹ درصد و میانگین ۳۰ درصد نسبت به سایر کانی‌ها میانگین بالاتری داشت. کانی کلسیت نیز با دامنه ۰/۵ تا ۲۵ درصد و میانگین ۲۰ درصد در رتبه دوم قرار گرفت. کانی‌های هالیت و گچ به ترتیب با دامنه ۳/۵ تا ۱۹ درصد و میانگین ۱٦ درصد و دامنه ۰ تا ۱٦/۵ درصد و میانگین ۱۱ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱۳).



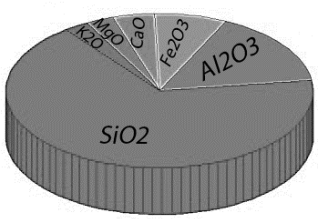
شکل ۱۳- مقایسه میانگین کانی‌های شناسایی شده غالب در نمونه‌های مورد مطالعه

(Height in wind tunnel:1=control, 2=10cm, 3=30cm)

مطالعات صورت گرفته در زمینه کانی‌شناسی ریزگردها در مناطق مختلف دنیا نیز نشـــان از این واقعیت دارد که فراوانی کوارتز در مناطق نزدیک به منشاء بیش از سایر کانی‌ها و حدود ۵۰ درصـد اسـت، در حالی که با فاصـله از منشـــاء، به میزان کانی‌های فلدســـپار (پلاژیوکلیز و میکروکلین) و کـانی‌هـای فیلوســـیلیکـاتی نظیر ایلیت و کائولینیت افزوده می‌شود (لاورنس و جانسون ۲۰۰۹). کلســـیت و دولومیت از جمله کانی‌های کربناته‌اند که از واکنش شـــیمیایی یون‌هـا در آبهای گرم و کم عمق بـه وجود می‌آیند (باغی و همکاران ۲۰۲۰). تغییر جزئی در کانی‌های اصلی و فرعی در نمونه‌های گرد و غبار حاکی از یکسـان بودن و مشـابه بودن منشـأ تولید گرد و غبار در منطقه‌ی مورد مطالعه است.

بررسی نتایج تحقیقات مشابه نشان می‌دهد که فاصله از منشـاء تا محل رسـوب‌گذاری بر خصـوصـیات ریزگردها از جمله ترکیب کانی‌شـناسـی تاثیر دارد (گیوی و ابطحی ۱۹۵). گرد و غبار با منشـاء محلی دارای درصـد بیشـتری از کانی‌های درشت از جمله کوارتز و کربنات‌ها است و به احتمال زیاد این کانی‌ها از منشاء نزدیک با فاصله کم یا متوسط سرچشمه می‌گیرند. در مقابل، با افزایش فاصله از منشاء سهم کانی‌های رس در گرد و غبار افزایش خواهد یافت. این کانی‌ها می‌توانند توســـط جریان‌های اتمســـفری به مســـافت‌های دوردســـت انتقال یابند (مجللی ۱۹۹٤). نتایج حاصـــل از XRD نمونه‌های پودری ریزگرد در اســـپانیا نشـــان داد که کانی کوارتز جزء غالب بوده و پس از آن کانی‌های کربناتی (کلســـیت و دولومیت) و فیلوسـیلیکات‌ها فراوان‌ترین کانی‌ها بودند (دیاز هرنادز و همکاران ۲۰۱۱). در ریزگردهای جنوب اردن نیز نشـان داده شـد که کانی‌های کوارتز و کلسـیت حضـــور پررنگ‌تری نســـبت به ســـایر کانی‌ها داشـــتند (جیریس و منـارش ۲۰۰۲). در پژوهش دیگری کـه بر روی ریزگردهای شـمال فلسـطین اشـغالی انجام شـد، فراوانی کانی‌های غیر رسـی شـامل کوارتز، فلدسـپار، کلسیت و دولومیت بیشتر از کانی‌های رسی بود (گانور و همکاران ۲۰۰۰).

شکل ١٤ نیز نشان می‌دهد که ترکیب اصلی ریزگردهایی که از سطح جهان جمع‌آوری گردیده، SiO_2 است.



شکل ۱۴- ترکیب عناصر اصلی ریزگردهای جهانی (گواید و میدلتون ۲۰۰۶).

پس می‌توان نتیجه گرفت که اجزای ریزگرد به طور عمده از SiO_2 تشکیل شده‌اند و احتمال رفتار شیمیایی نزدیکی به این ترکیب را دارند. این موضوع همچنین در مواردی که آگاهی از جنس ذرات مهم است، ارزش بالایی دارد مانند زمانی که هدف پژوهش، بررسی نیروهای چسبندگی بین ذرات و انواع سطوح است زیرا در این موارد لازم است پارامترهایی از قبیل انرژی آزاد سطوح تعیین شود که این مقادیر هم از طریق آزمایش و با مشخص بودن جنس مواد قابل اندازه‌گیری است. بنابراین اهمیت کوارتز در بین سایر کانی‌ها در این شکل محسوس است.

از کانی‌های کربناتی، کلسیت کانی غالب نمونه‌های مورد مطالعه بوده است می‌تواند نشانه خشکسالی در منطقه مورد مطالعه باشد (فنگ و همکاران ۲۰۰۲)، محققان طی مطالعه‌ای در مناطق مختلف چین دریافتند که با افزایش میانگین دما و کاهش میزان بارش سالیانه، مقدار کلسیت موجود در نمونه‌های ریزگردها به صورت معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند (فنگ و همکاران ۲۰۰۲). همچنین با توجه به نتیجه تحقیق ژنزینگ و همکاران (۲۰۰۹) قابل ذکر است که کلسیت از آن جمله کانی‌هایی است که حضور آن در ریزگردها می‌تواند نشانگر کلسیت مناطق منشاء بوده باشد به اینصورت که میزان و نوع کلسیت ریزگردها در طول انتقال جوی و طی طوفان‌های متعدد هیچ تغییری نمی‌کند، این در صورتی است که سایر محتوای رس‌ها نسبت به ترکیب موجود در منشا ریزگردها دستخوش تغییراتی می‌شوند. در نتیجه حضور کانی کلسیت به صورت کانی غالب در نمونه‌های خاک‌های مناطق مورد مطالعه و ریزگردهای حاصل، نشانه آب و هوای خشک منطقه بوده چراکه بدون هیچ تغییری معرف کلسیت موجود در خاک‌های منشا هستند. البته قابل ذکر است که این موضوع در حضور اسیدسولفوریک در اتمسفر هوا (در زمان باران اسیدی) صادق نبوده و امکان ترکیب اسید سولفوریک با کربنات وجود دارد که در نتیجه آن ژیپس تولید شده که در ادامه به بررسی این کانی نیز پرداخته می‌شود. ژنگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز منشاء احتمالی کلسیت موجود در ذرات ریزگرد مربوط به منطقه مطالعاتی در کشور چین را رسوبات آهکی موجود در صحرای شنی و لس‌های غنی از کلسیت پدوژنیکی در شمال چین که خاستگاه این ذرات بوده، بیان کردند.

ژیپس و هالیت از کانی‌های غالب مشاهده شده در نمونه‌ها بودند که در نتیجه پروسه تعادل شیمیایی این دو کانی تولید می‌شوند و به طور معمول در خاک‌های شور توزیع می‌یابند (اسوارا و گنگ ۱۹۹۱)، بنابراین مشاهده آنها در نمونه‌هایی که مربوط به خاک‌های شور منطقه مورد مطالعه هستند دور از انتظار نبوده است.

علاوه بر ریزگردهای حاوی ژیپس که از محل منشا انتقال می‌یابند، ریزگردهای حاوی سولفات (SO_2) هنگام انتقال جوی با کربنات‌ها ترکیب شده و کانی ژیپس تولید می‌گردد، بنابراین در برخی موارد برخلاف کلسیت، نمی‌توان کل ژیپس شناسایی شده را به ژیپس موجود در خاک‌های منشا نسبت داد (فورمنتی و همکاران ۲۰۰۳، متدو و همکاران ۲۰۱۵). البته در محل منشا نمونه‌های مورد مطالعه نیز امکان ترکیب کلسیت با سولفات موجود در جو و یا سولفات موجود در نمک‌های دریایی وجود دارد که در نتیجه آن کانی ژیپس ایجاد می‌گردد. که نتیجه مطالعات گلاکوم و پروسپرو (۱۹۸۰) نیز موید این موضوع می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط آنها انجام گرفت، مشاهده شد که در شرایط با رطوبت نسبی بالا در بخش‌های ساحلی نمونه برداری،

در حضـور سـولفات موجود در ریزگردهای دریایی در طول مدت نمونه‌برداری شرایط برای ایجاد کریستال‌های گچ مسـاعد بوده اسـت. این شـرایط برای ایجاد کانی ژیپس در مناطق مورد مطالعه در این تحقیق نیز برقرار بوده است.

ژنگ و همکاران (۲۰۲۰) با مشـاهده ژیپس در ذرات ریزگرد مورد مطالعه در چین، بیان نمودند که ژیپس یک کانی فرعی در منابع خاکی که ذرات از آن منتشـر شـده اند می‌باشـد بنابراین حضـور برجسـته آن در ذرات ریزگرد می‌تواند بعلت ترکیب بین کلسـیت و آلاینده‌های جوی در مسیر حرکت بوده باشد.

از دلایل حضـور ژیپس به عنوان کانی غالب در نمونه های مطالعاتی خشک شدن دریاچه می‌باشد که تحقیقات اتتییا و جونز (۲۰۲۰) نیز نتایج مشـابهی را در بغداد و بصـره عراق نشـان می‌دهد. نمونه‌های ریزگردهای به دسـت آمده از این دو شـهر که بالاترین میزان ژیپس را داشـتند به دلیل حضـور دریای خشـک شـده تارتار[1] در الجزایر و مردابهای خشک شده جنوب عراق بوده است.

کانی هـالیت یکی دیگر از کـانی‌هـای غـالب موجود در نمونه ها اسـت. در بررسـی این کانی لازم به ذکر اسـت که این کانی در خاک نقش دوگانه‌ای را ایفا می‌کند، با اینکه از لحاظ شـوری خاک و اثرات منفی که بر کیفیت کشـاورزی و حاصـلخیزی خاک دارد، اگر مقدارآن کم باشد باعث تخریب ساختمان خاک و افزایش فرسایش و ایجاد ریزگردها شـده ولی اگر مقدار هالیت در خاک افزایش یابد (مانند خاک‌های مناطق پسـت کویری) با ایجاد قشـر نازکی از نمک هم خود و هم خاک زیرین خود را از فرسـایش حفظ می‌کند (بولت و بروگنورت ۱۹۹۲). حضـور کانی هالیت متأثر از نمکهای موجود در آب دریاچه ارومیه اسـت که با تبخیر آب شـور دریاچه، نمک‌های موجود در آن در بستر خشک شده این دریاچه باقی مانده و باعث حضـور هالیت به عنوان کانی غالب در نمونه‌های برداشت شده از منطقه شده و همچنین، با ایجاد فرسـایش بادی، این کانی در ریزگردهای ایجاد شده از آن بستر، مشاهده می‌گردد.

از دیگر کانی‌هایی که به مقدار ناچیزی در گرد و غبار رسـوب کرده حضـور دارند می‌توان به فیلوگوپیت و کوردیریت در ریزگردهای رسـوب کرده از خاک‌های بخش ۲، اشـاره کرد، با توجه به اینکه این کانی‌ها در خاک کمیاب می‌باشند تنها در چند نمونه محدود مشاهده گردیدند.

از کانی‌های مشاهده شده در ریزگردهای مورد مطالعه، بندرت کـانی‌هـای آراگونیـت، آلبیـت، مونتموریلونیـت، بیوتیت، مسـکوویت، ورمی‌کولیت، ایلیت، و... مشـاهده گردید.

نتایج XRD حاکی از آن بود که کانی‌های رسـی مانند مسکوویت و ایلیت در بعضی نمونه‌های ریزگرد دریاچه ارومیه مشـاهده گردیدند. ایلیت یک کانی رسـوبی غالب در سنگ‌های رسوبی می‌باشد که از هوازدگی سنگ‌های آذرین غنی از فلدسـپار و مسـکوویت به وجود می‌آید. مسـکوویت و ایلیت در نمونه‌های هر سـه بخش مورد مطالعه از سـاحل شـرقی دریاچه مشـاهده گردیده اسـت که ناشـی از هوازدگی سـنگ‌های آذرین منطقه می‌باشـد. مونتموریلونیت کانی ثانویه اسـت که در اثر نوتشـکیلی بوجود آمده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج کلی حاصـل از این پژوهش نشـان داد کانی‌های کوارتز، هالیت، کلسیت و گچ از کانی‌های غالب نمونه‌های مورد مطالعه بودند. که نتیجه آنالیزهای آماری نشـان داد، اثر هر سـه عامل بر کانی‌های مورد مطالعه در نمونه‌ها غیرمعنی‌دار می‌باشـند و تنها اثر لایه بر کانی کوارتز، در سـطح احتمال ۱ درصـد و اثر بخش بر کانی کلسیت در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار بوده است. بنـابراین، بـه طور کلی می‌توان گفت تفـاوت خـاک‌هـای مورد مطالعه که از منطقه سـاحل شـرقی دریاچه ارومیه برداشت شده‌اند از لحاظ میزان کانی هالیت و گچ یکسان

[1] Tharthar

بوده و جداسازی منطقه براساس بخش و لایه ارتفاعی باعث تمایز درصد این کانی‌ها در نمونه‌ها نشده و حتی قرارگیری در ارتفاعات مختلف تونل باد نیز باعث نشده تفاوت معنی‌داری در درصد کانی های نمونه‌ها مشاهده گردد. تأثیر فاکتور بخش بر معنی‌داری کانی کلسیت بدین صورت بوده که بخش ۳ کمترین درصد کوارتز و بخش ۲ بیشترین درصد از این کانی را داشتند. در رابطه با کوارتز هم که تنها اثر لایه ارتفاعی در داخل هر بخش معنی‌دار بوده است، لایه دوم از بخش دوم بیشترین درصد کانی و لایه دوم از بخش اول کمترین مقدار کانی را به خود اختصاص داده اند این تفاوت به میزان کربنات کلسیم هر بخش ارتباط دارد که به تبع آن میزان این کانی در نمونه‌های ریزگرد حاصله و در نمونه خاک برداشت شده قابل مشاهده است.

میزان کانی کوارتز در رسوبات تخریبی و در نتیجه سنگ‌های رسوبی به دلیل مقاومت فیزیکی و شیمیایی زیاد آن بالاست. در طی هوازدگی فلدسپارها که عمده‌ترین کانی‌های سنگهای آذرین و دگرگونی هستند تجزیه شده و به کانی‌های رسی تبدیل می‌شوند و به این ترتیب درصد کوارتز افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان بیان کرد با توجه به سرعت بالای هوازدگی در لایه ارتفاعی بالاتر درصد کوارتز موجود در این لایه‌ها بیشتر از لایه ۱ که در سطح ارتفاعی پایین تر هستند، می‌باشد.

بنابراین با توجه به نتایج حاصله می‌توان بیان نمود که با بررسی کانی‌شناسی خاک‌های منشاء می‌توان نوع کانی‌های موجود در ریزگردهای منتشر شده در ارتفاعات مختلف جوی را مشخص کرد. زیرا، جمع‌آوری ریزگردها در چنین مطالعاتی پرهزینه، دشوار و زمان‌بر می‌باشد.

کربنات‌ها از جمله کلسیت کانی‌هایی هستند که با روش‌های مختلف رسوب، هم رسوبی و جذب می‌توانند حامل آلاینده‌های خطرات باشند. از آنجایی که کلسیت یک کانی غالب در همه نمونه‌های ریزگرد بود و به ویژه در بخش ۲ بیشترین مقدار را داشت، احتمال خطرات ناشی از آن وجود دارد و بررسی آن در مطالعات آتی توصیه می‌گردد.

حضور کوارتز بعنوان کانی غالب به ویژه در لایه ارتفاعی ۲ از لحاظ حمل آلاینده‌ها مطرح نبوده اما به لحاظ مورفولوژی گوشه‌دار این کانی می‌تواند باعث خطرات و مضرات جبران‌ناپذیری در سیستم استنشاقی انسان و حیوانات شود که نیاز به مطالعات تکمیلی دارد.

منابع مورد استفاده

Anonymous, 2004. Meteorological Organization of I.R. of IRAN.

Attiya AA and Jones BG, 2020. Climatology of Iraqi dust events during 1980–2015. SN Applied Sciences 2(845):1-16.

Baghi M, Rashki A and Mahmoudi Garaei MH, 2020. Investigation of chemical and mineralogical properties of dust entering northwest Iran and its pathogenic potential. Journal of Geography and Environmental Hazards 9(1): 139-153.

Bashiri R and Souri B, 2016. Physical and chemical properties studying of suspended particles greater than 10 micrometer in Kordestan province, west of Iran. Environment Science and Technology 18(3): 70-79. (In Persian with English abstract).

Beitlefteh R, Landi A, Hojati S and Sayyad Gh, 2015. Deposition rate, mineralogy and size distribution pattern of dust particles collected around the Houralazim marshland. Journal of Water and Soil 29:695-707. (In Persian with English abstract)

Buck BJ, King J and Etyemezian V, 2011. Effects of salt mineralogy on dust emissions, Salton Sea, California. Soil Science Society of America Journal 75:1971-1985.

Chakherlou S, 2020. Evaluating soil wind erodibility using satellite images and digital mapping in the east Shore of Urmia Lake. PhD Thesis, University of Tabriz. (In Persian with English abstract)

Díaz-Hernández JL, Martín-Ramos JD and López-Galindo A, 2011. Quantitative analysis of mineral phases in atmospheric dust deposited in the south-eastern Iberian Peninsula. Atmospheric Environment 45: 3015-3024.

Eswaran H and Gong ZT, 1991. Properties, genesis, classifcation and distribution of soils with gypsum. Pp. 89-119. In: Nettleton WD (Ed.) Occurrence, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils. Vol.26, Soil Science Society of America, Inc.

Feng Q, Endo KN and Cheng GD, 2002. Soil carbon in desertified land in relation to site characteristics. Geoderma 106: 21–43.

Formento ML, Douglas TW and Burbank A, 2003. River response to an active fold-and-thrust belt in a convergent margin setting, North Island, New Zealand. Geomorphology 49:125-152.

Ganor E, Deutsch Y and Foner HA, 2000. Mineralogical composition and sources of airborne settling particles on Lake Kinneret (The Sea of Galilee), Israel. Water, Air and Soil Pollution 118:245-262.

Givi J and Abtahi A, 1985. Soil genesis as affected by topography and depth of soline and alkali groundwater under semiarid condition in southern Iran. Iran Agricultural Research 4: 11-27.

Glaccum RA and Prospero JM, 1980. Saharan aerosols over the tropical North Atlantic mineralogy. Marin Geology 37:295–321.

Grazulis S, Chateigner D, Downs R, Yokochi Y, Quiros M, Lutterotti L, Manakova E, Butkus J, Moeck P and LeBail A, 2009. Crystallography open database (COD) an open access collection of crystal structures. Applied Crystallography 42:726-729.

Jeong GY, 2020. Mineralogy and geochemistry of Asian dust: dependence on migration path, fractionation, and reactions with polluted air.Journal of Atmospheric Chemistry and Physics 20: 7411–7428.

Jiries A, El-Hasan T and Manasrah W, 2002. Qualitative evaluation of the mineralogical and chemical composition of dry deposition in the central and southern highlands of Jordan. Chemosphere 48:933-938.

Karimian B, Landi A, Hojati S and Ahadian J, 2009. Physicochemical and mineralogical characteristics of dust particles deposited in Ahvaz city. Iranian Journal of Soil and Water Research 47(1) 159-173. (In Persian with English abstract)

Karimian NA, 1992. Soil Chemistry, Tehran University Publication. (In Persian)

Lawrence CR and Jason JC, 2009. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition. Chemical Geology 267: 46- 63.

Matthew DP, Eric PA, Micha JR and Richard P, 2015. Aerosol time-series measurements over the tropical Northeast Atlantic Ocean: Dust sources, elemental composition and mineralogy. Marine Chemistry 174:103–119.

Modaish AS, 1997. Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city Saudi Arabia. Journal of Arid Environments 2(36):211-213.

Mojallali H, 1994. Mineralogical studying of salts in a chosen soil profile (Salorthids) as a function of seasonal balance of temprature in northwest of Texsas. Pp. 32-39. The forth Iranian Soil Science Congress. 18-20 September, Isfahan Industrial University, Iran. (In Persian with English abstract)

Moore D and Reynolds RC, 1989. X-ray Diffraction and Identification and Analysis of Clay Minerals. Pp. 387. Oxford University Press, New York.

Nickling W, 1978. Eolian sediment transport during dust storms: Slims River Valley, Yukon Territory. Canadian Journal of Earth Sciences 15:1069-1084.

Rashki A, Eriksson PG, Rautenbach CJ, Kaskaoutis DW, Grote DG and Dykstra J, 2013. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. Chemosphere 90(2): 227-236.

Satsangi PG and Yadav S, 2014. Characterization of PM2.5 by X-ray diffraction and scanning electron microscopy-energy dispersive spectrometer: Its relation with different pollution sources. International Journal of Environmental Science and Technology 11: 217–232.

Shahrabi M, 1994. The report of 1:250000 scale geological map of Urumia. Publication of Geological Survey and Mineral Expolaration Orginazation of Iran. (In Persian)

Singer A, Zobeck T, Poberezsky L and Argaman E, 2003. The PM10 and PM2.5 dust generation potential of soils/sediments in the southern Aral Sea basin, Uzbekistan. Journal of Arid Environments 54:705–728.

Soltani Sisi Gh, 2005. The report of 1:100000 scale geological map of Urmia. Publication of Geological Survey and Mineral Exploration Organization of Iran.(In Persian)

Tiangang Y, Siyu C, Jianping H, Xiaorui Z, Yuan L, Xiaojun M and Guolon Z, 2019. Sensitivity of simulating a dust storm over Central Asia to different dust schemes using the WRFChem model, Atmospheric Environment 15(207): 16-29.

Usher CR, Michel AE and Grassian VH, 2003. Reactions on mineral dust. Chemical Review 103(12):4883-4940.

Zarasvandi AR, 2009. Surveying the environmental effects of dusts phenomenon in Khuzestan province. Environment Protection Agency of Khuzestan Province. 3:277-279. (In Persian with English abstract).

Zhenxing Sh, Sandrine C, Junji C, Xiaoye Zh, Yuemei H, Annie G and Laurent G. 2009. Mineralogical characteristics of soil dust from source regions in northern China. Particuology 7: 507–512.

Zhiyuan H, Jianping H, Chun Z, Jiangrong B, Qinjian J, Yun Q, Ruby L, Taichen F, Siyu C and Jianmin M, 2019. Modeling the contributions of Northern Hemisphere dust sources to dust outflow from East Asia. Journal of Atmospheric Environment 6(14): 1352-2310.