

## **Identification of the Mineralogical and Morphological Composition of Dust Particles in Western Tehran Province**

M. Honifapour<sup>1</sup>, Gh. Zehtabian<sup>2</sup>, H. Ahmadi<sup>2</sup>, H. Khosravi\*<sup>3</sup>, A.A. Nazari Samani<sup>3</sup>

1. PhD in Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
  2. Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
  3. Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
- \* Corresponding Author: hakhosravi@ut.ac.ir

Received date: 12/12/2021

Accepted date: 13/02/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.544754.1359](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.544754.1359)

### **Abstract**

In recent years, droughts, frequent storms, industrial and mining activities have caused a rise in dust in suburbs Tehran, and developing west of the province of Teheran. The Mallard County is located in the west of the province of Tehran with arid and desert climate and has been selected as the study area. This study aims to determine the soluble metals, minerals and morphology of the original sediments and particulates in Mallard County and to determine the origin of the dust. Dust sediment was collected seasonally at 30 stations using dust collector. Soil and surface sediment sampling were conducted systematically and randomly on 14 pediment and playa facies and a total of 83 samples were taken from the work units. Scanning electron microscope (SEM) was used to determine the shape and size of dust particles, and X-ray diffraction (XRD) identified the minerals found in dust particles. The results showed that most of the chemical compounds in the dust particles consist of magnesium, phosphorus, potassium, iron, chromium, vanadium, nickel, lithium, molybdenum, caesium, scandium, zirconium and titanium. These elements are in the form of quartz, calcite and gypsum clay minerals with a coating of dolomite, hematite and muscovite minerals, with an internal origin that have been transported into the region from close distances or through wind flow. According to the results of the SEM analysis, the particle morphology is angular and semi-circular. Most dust particles can be evidence of the existence of a local and human source and are transported closely.

**Keywords:** Dust; Physical and chemical properties; Mineralogy; Morphology; Mallard





## کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده غبارهای ریزشی در غرب استان تهران

مهین حنیفه‌پور<sup>۱</sup>، غلامرضا زهتابیان<sup>۲</sup>، حسن احمدی<sup>۳</sup>، حسن خسروی<sup>۳\*</sup>، علی‌اکبر نظری سامانی<sup>۳</sup>

۱. دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

۲. استاد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

۳. دانشیار، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

\* نویسنده مسئول: [hakhosravi@ut.ac.ir](mailto:hakhosravi@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

doi [10.22034/JDMAL.2022.544754.1359](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.544754.1359)

### چکیده

در سال‌های اخیر خشکسالی، طوفان‌های مکرر، فعالیت‌های صنعتی و معدنی، سبب افزایش غبار ریزشی در حومه شهر تهران شده و انتشار آن در غرب استان تهران روند رو به رشدی داشته است. شهرستان ملارد در غرب استان تهران با آبهوای خشک و بیابانی، به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. هدف از پژوهش حاضر شناسایی فلزات سنگین، کانی‌ها و ریخت‌شناسی ذرات رسوب و منشأیابی آنها در شهرستان ملارد است. رسوبات غبار ریزشی به کمک غبارگیر تیله‌ای به‌طور فصلی، در ۳۰ ایستگاه جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری خاک و رسوب سطحی به روش سیستماتیک-تصادفی در ۱۴ رخساره دشت‌سر و پلایا انجام شد و در مجموع ۸۳ نمونه از واحدهای کاری جمع‌آوری شد. به منظور تعیین شکل و اندازه ذرات غبار ریزشی از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و برای شناسایی کانی‌های موجود در ذرات غبار ریزشی از پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شد. نتایج نشان داد که بخش عمده ترکیبات شیمیایی ذرات غبار ریزشی از  $Mg$ ،  $P$ ،  $K$ ،  $Fe$ ،  $Cr$ ،  $V$ ،  $Ni$ ،  $Li$ ،  $Mo$ ،  $Sc$ ،  $Zr$  و  $Ti$  تشکیل شده است. این عناصر در قالب کانی‌های رسی، کوارتز، کلسیت و ژپس با پوششی از جنس کانی‌های دولومیت، هماتیت و مسکوویت است که منشأ داخلی دارند و از مسافت نزدیک توسط جریان باد به منطقه حمل شده‌اند. براساس نتایج آنالیزهای SEM ریخت ذرات زاویه‌دار و نیمه‌مدور بود و شاهدی بر وجود منبع محلی و انسانی و نزدیک‌بودن منشأ ذرات ریزشی است.

**واژگان کلیدی:** غبار ریزشی؛ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی؛ کانی‌شناسی؛ مورفولوژی؛ ملارد



## ■ مقدمه

پدیده‌های گردوغباری رخدادهایی طبیعی‌اند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک و به‌ویژه در عرض‌های جنب حاره‌ای رخ می‌دهند. ترکیب پدیده تغییر اقلیم با فعالیت‌های انسانی و الگوهای سکونت آنها موجب افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابانزایی، تخریب خواص خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان می‌شود. در ادامه این روند موجب از بین رفتن زی‌توده و کربن آلی خاک و موجب تشدید پدیده‌های گردوغبار می‌شود. با توجه به اثرات مخرب گردوغبار بر سلامت مردم، اقلیم و اکوسیستم نیاز به شناسایی مناطق منبع گردوغبار وجود دارد (۱۹). در نتیجه با شناسایی کانون‌های وقوع گردوغبار امکان مدیریت و برنامه‌ریزی جهت کنترل گردوغبار فراهم می‌شود (۲۳).

تشخیص منابع گردوغبار و تخمین توان انتشار آنها به‌ویژه برای ارزیابی آلودگی اتمسفری ذرات گردوغبار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳۹). روش‌های شیمیایی، ایزوتوپی و کانی‌شناسی برای تعیین مناطق تولیدکننده گردوغبار اتمسفری استفاده گردید (۷). همچنین اندازه ذرات گردوغبار اطلاعاتی در مورد شیوه انتقال ذرات و اطلاعات ارزشمندی راجع به منشأ گردوغبار در اختیار قرار داد و برای بازسازی تغییرات در رژیم باد مورد استفاده قرار گرفت (۲۱).

از جمله مطالعات انجام‌شده در خارج از کشور می‌توان به نتایج ویژگی‌ها و ترکیب رسوبات گردوغبار ریزشی در ریاض، پایتخت عربستان سعودی (۴۰)، مطالعه مقادیر عناصر کمیاب ناشی از دخالت‌های بشر را در نمونه‌های گردوغبار شرق دریای مدیترانه (۳۳)، بررسی ترکیبات گردوغبار اعم از کانی‌شناسی، گرده‌ها، عناصر سنگین و میکروارگانیزم‌ها در کشور عراق (۵)، مطالعه ترکیب شیمیایی و نوع عناصر موجود در نمونه‌های گردوغبار شهر پکن (۵۹)، شناسایی ترکیبات عناصر در فرودگاه واشنگتن (۳۵)، غلظت عناصر فلزات سنگین و همچنین تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی آنها، کانی‌شناسی و ژئوشیمی ماسه‌ها در رودخانه‌های ناندو و وانکوان جزیره‌هاینان چین

(۴۶) و بررسی کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ماسه‌های بیابانی امارات متحده عربی (۴۳) اشاره کرد.

همچنین در مطالعات داخلی نیز به بررسی کانی‌های حاضر در بخش رس خاک‌های خاتون‌آباد اصفهان (۸)، مطالعه ترکیبات باز گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران (۵۵)، شناسایی کانی‌های گردوغبار از جندق تا کوه‌رنگ (۲۸)، شناسایی ترکیبات موجود در ذرات گردوغبار شهر سنج (۳۱)، بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی ذرات گردوغبار جوی در شهر شیراز (۲۹)، بررسی و آنالیز گردوغبارها از منظر متالورژیکی در شهر اهواز (۱)، بررسی کانی‌های گردوغبار ریزشی شهر ایلام (۵۱)، بررسی کانی‌شناسی گردوغبار جمع‌آوری شده در ۵ ایستگاه مستقر در بخش شهداد استان کرمان (۲۶)، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات معلق بزرگ‌تر از  $10\mu\text{m}$  در خراسان جنوبی (۴۲) و بررسی کانی‌شناسی در پلایای طبس (۲) پرداخته شد.

از نظر مطالعات فلزات سنگین و ریخت‌شناسی نیز می‌توان به مطالعه فلزات سنگین موجود در ذرات گردوغبار خوزستان (۵۷)، مطالعه کانی‌های رسی خاک‌های گچی زمین ریخت‌های مختلف در منطقه شرق اصفهان (۳۰)، بررسی ترکیب کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده پدیده گردوغبار در استان خوزستان (۵۶)، شاخص‌های آلودگی و زمین‌انباشت فلز سنگین سرب در بهبهان (۴)، مطالعه عناصر سنگین در گردوغبار ریزشی لنجان‌ات اصفهان (۱۸)، شناسایی منابع گردوغبار ۳۶ نقطه در شهرهای اصفهان منطقه شهری با ترافیک سنگین، خمینی‌شهر و فلاورجان منطقه شهری با ترافیک کم و زرین‌شهر و مبارکه منطقه شهری صنعتی (۳۶)، مقادیر غلظت‌های فلزات سنگین و ترکیب شیمیایی ذرات در شهر اهواز (۲۰) و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردوغبار معدنی در حومه شهر اصفهان (۵۰) اشاره کرد. وجود عرصه‌های بیابانی، فقر رطوبت، خشکسالی، هم‌جهت بودن با بادهای غالب غرب استان تهران، کاهش پوشش گیاهی، اراضی کشاورزی رهاشده، نزدیکی معادن شن و ماسه، کانون‌های بحرانی مهم‌ترین عوامل داخلی و

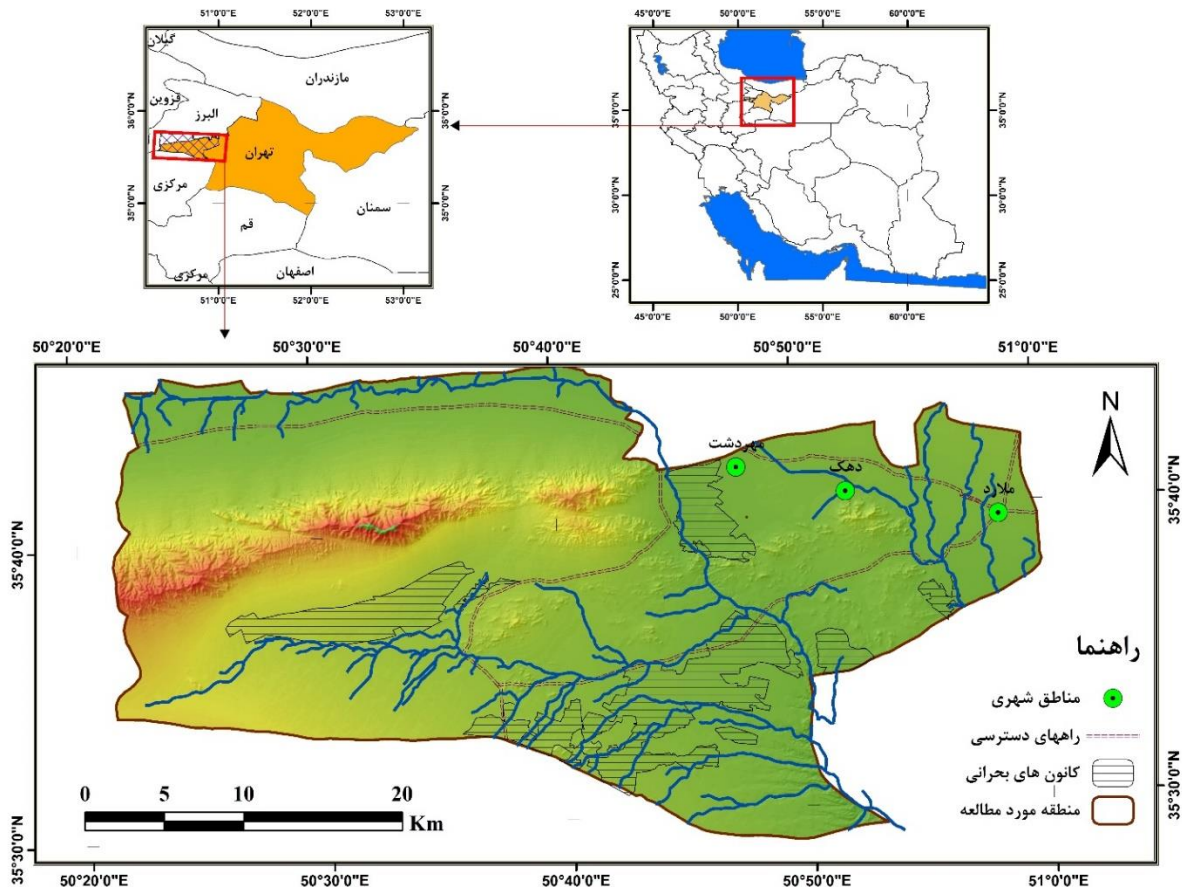
## موقعیت منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۱۱۹۵۴۶ ha از شمال و غرب به استان البرز، از جنوب به استان مرکزی، از شرق به شهرستان شهریار منتهی شده و از نظر موقعیت جغرافیایی در حدفاصل  $50^{\circ}20'7''$  تا  $50^{\circ}54'54''$  طول شرقی و  $35^{\circ}28'49''$  تا  $35^{\circ}41'47''$  عرض شمالی واقع است (شکل ۱). شهرک‌های صنعتی مختلفی در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. همچنین حدود ۶۰ معدن فعال وجود دارد که ظرفیت تولید ذرات معلق هوا را در این منطقه چندین برابر می‌کند (۳۸).

متوسط بارندگی سالیانه منطقه در طول دوره آماری ۳۰ ساله معادل ۲۶۸ mm و حداکثر و حداقل بارش سالیانه در این دوره به ترتیب ۳۹۲ mm و ۱۰۵ mm اندازه‌گیری شد. متوسط دمای سالیانه  $12/5^{\circ}\text{C}$  حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت به ترتیب  $42^{\circ}\text{C}$  و  $-17^{\circ}\text{C}$  در ماه‌های تیر و دی است. جهت غالب وزش باد با توجه به گلبادهای سالانه و فصلی منطقه مورد مطالعه، غرب و شمال غربی بود.

خارجی وقوع غبار ریزشی در شهرستان ملارد است. از آنجا که تاکنون مطالعاتی در زمینه ترکیبات غبار ریزشی غرب استان انجام نشده، هدف از پژوهش حاضر شناسایی منشأ غبار ریزشی محلی طی دوره‌ای یکساله، براساس نمونه‌های غبار ریزشی رسوب و نمونه‌های خاک سطحی برداشت‌شده در واحدهای کاری مختلف با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی، آنالیز فلزات محلول به کمک دستگاه پلاسما جفت‌شده القایی - طیف‌سنج نوری و پلاسما جفت‌شده القایی - طیف‌سنج جرمی، پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بود. اطلاعات حاصل از پژوهش حاضر به بررسی اثرات ذرات غبار ریزشی بر هوا، آب و خاک، سلامت انسان کمک می‌کند و زمینه‌ساز اقدامات لازم در راستای کاهش خطرات ناشی از این پدیده در حوزه‌های سلامت، محیط‌زیست و اقتصاد خواهد بود.

## ■ مواد و روش



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان تهران و ایران

**روش پژوهش آنالیز داده‌های بادسنجی**

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی از داده ۴ ایستگاه سینوپتیک که نزدیک شهرستان ملارد قرار دارند، شامل شهریار، هشتگرد، کرج و بوئین‌زهرها استفاده شد (جدول ۱). گلبادها و گل‌طوفان‌های سالانه و فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Wrlplot و با در نظر گرفتن سرعت آستانه ۶/۵ m/s ترسیم شد. همچنین گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Sandrose graph 3.0 ترسیم شد. گلماسه نموداری است که در اثر انجام عملیات پیچیده جبربرداری و محاسبه مقدار انرژی قابل حمل ماسه توسط باد به دست می‌آید. این نمودار بیانگر توان فرسایش بادی و مقدار نسبی حمل ماسه در جهت‌های مختلف است. بررسی مقادیر DPt در مناطق حساس جهان نشان می‌دهد که حداکثر مقدار DPt معادل ۸۰۰-۱۰۰۰ واحد برداری در طول سال است. بنابراین فرای برگر و دین (۱۹۷۹) با توجه به مقادیر مختلف توان حمل باد (DPt)، قدرت فرسایش و دبی حمل ماسه توسط باد را در ایستگاه‌های مختلف مناطق بیابانی جهان به شرح زیر کلاسه‌بندی کرده‌اند. همچنین فرای برگر (۱۹۷۹) تغییرپذیری جهت باد را براساس شاخص همگنی جهت حمل ماسه (UDI) طبق جدول ۲ ارائه کرده است.

**نمونه‌برداری**

به‌منظور تعیین نقاط نمونه‌برداری از ادغام نقشه‌های کاربری اراضی، کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، نقشه معادن و سازمان نقشه‌برداری (۴۴) استفاده شد و در نقاطی که نزدیک معادن و کانون‌های بحرانی بوده برای قراردادن تله غبارگیر تیله‌ای استفاده شد. جمع‌آوری غبار ریزشی رسوبی با استفاده از تله غبارگیر تیله‌ای (MDCO) انجام شد (۱۸، ۲۲). تله استفاده‌شده شامل ظرف تفلونی با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، محتوی دو ردیف تیله شیشه‌ای به قطر ۱/۶ cm است. نمونه‌برداری از ابتدای فصل بهار و در ۳۰ نقطه از شهرستان ملارد تله‌های رسوبگیر قرار داده شد (جدول ۳). پراکنش مکانی نقاط نمونه‌برداری براساس نوع محیط، ژئومورفولوژی منطقه، امکانات موجود، اهمیت غبار ریزشی در منطقه و فعالیت‌های مؤثر بر افزایش آن انتخاب شد. نمونه‌های غبار ریزشی طی ۴ دوره، از فروردین تا اسفند، به‌صورت فصلی جمع‌آوری و تعداد ۳۰ نمونه در هر دوره و در مجموع ۱۲۰ نمونه در طول دوره یکسال نمونه‌برداری شد (شکل ۲). رسوبات کف ظرف هر سه ماه یکبار در پاکت‌های پلاستیکی دربدار به روش خشک جمع‌آوری شدند.

**جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیکی مورد مطالعه**

نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دوره آماری "از"		دوره آماری "تا"	
				سال	ماه	سال	ماه
شهریار	۱۱۶۲	۵۱ ۰۱	۳۵ ۴۰	۲۰۰۷	۱	۲۰۱۶	۱۲
هشتگرد	۱۶۱۳	۵۰ ۴۵	۳۶ ۰۰	۲۰۰۶	۱	۲۰۱۶	۱۲
کرج	۱۲۹۳	۵۰ ۵۷	۳۵ ۴۸	۱۹۸۵	۱	۲۰۱۶	۱۲
بوئین‌زهرها	۱۲۲۵	۵۰ ۱۹	۳۶ ۱۰	۲۰۰۷	۱	۲۰۱۶	۱۲

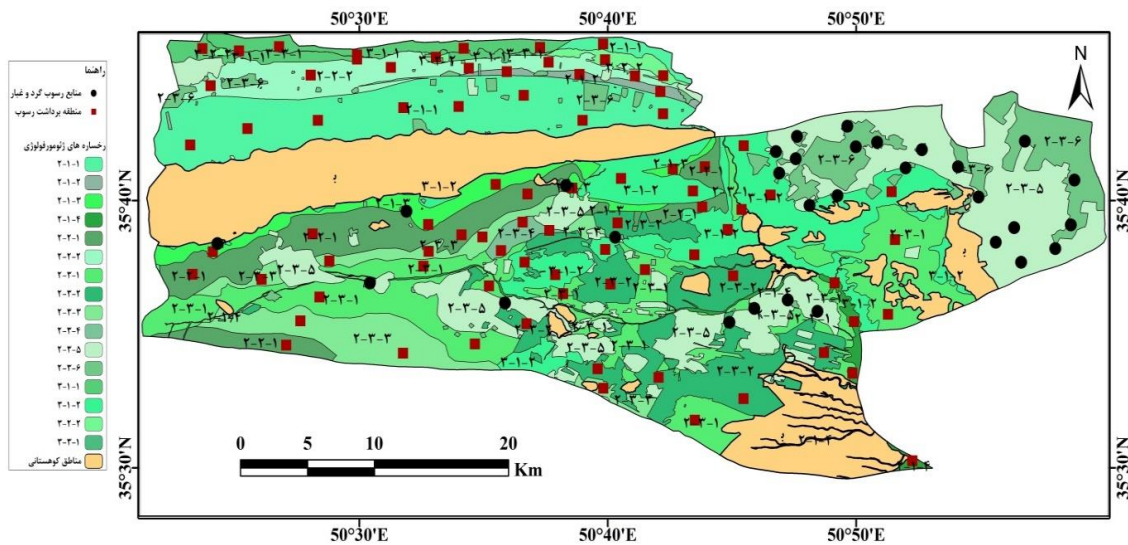
**جدول ۲. تقسیم‌بندی توان حمل ماسه توسط باد در محیط‌های بیابانی و تغییرپذیری جهت باد (فرای برگر و دین، ۱۹۷۹)**

مقدار DPt	قدرت فرسایش باد	UDI	تغییرپذیری جهت باد	طبقه‌بندی جهت باد
بیشتر از ۴۰۰	زیاد	بیشتر از ۰/۸	کم	بادهای یک‌جهته
بین ۲۰۰-۳۹۹	متوسط	بین ۰/۳ تا ۰/۸	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه
کمتر از ۲۰۰	کم	کمتر از ۰/۳	زیاد	بادهای چندجهته مرکب با زاویه تند

پلات ۳ × ۳ m (میکروپلات) زده شد، سپس از داخل هر میکروپلات تعداد ۵ نمونه خاک به صورت ضربدری از عمق ۱۰-۰ cm برداشت و پس از مخلوط کردن آنها یک نمونه مرکب به وزن حدود ۱ kg برداشت شد (۳۰). در کل تعداد ۸۳ نمونه خاک و رسوب سطحی در منطقه مورد مطالعه از واحدهای کاری جمع‌آوری شد (جدول ۴). لازم به توضیح است که تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده در هر واحد کاری براساس مساحت مشخص شد.

نمونه‌برداری خاک و رسوب سطحی به روش سیستماتیک تصادفی<sup>۱</sup> طبقه‌بندی شده انجام شد و روی بخش‌های دشت‌سر و پلایا شبکه‌ای منظم، به ابعاد ۵۰۰۰ × ۵۰۰۰ m به صورت تصادفی، قرار گرفت (۱۸).

در هر شبکه نقطه‌ای به طور تصادفی انتخاب شد و در آن محل نمونه‌گیری به صورت ترکیبی انجام گرفت. بدین ترتیب که در موقعیت نمونه‌برداری یک پلات ۲۰ × ۲۰ m (ماکروپلات) زده و داخل آن به صورت V سه



شکل ۲. موقعیت محل تله‌های رسوب‌گیر و نقاط نمونه‌برداری خاک سطحی

جدول ۳. نقاط نمونه‌برداری رسوب

ردیف	نام منطقه	مختصات به اعشار عرض	مختصات به اعشار طول	ردیف	نام منطقه	مختصات به اعشار عرض	مختصات به اعشار طول
۱	چاقو	۳۵,۶۳۲۵	۵۰,۶۷۱۸	۱۶	مهردشت	۳۵,۶۹۵۳	۵۰,۷۹۳۸
۲	گمرگان	۳۵,۶۶۴۷	۵۰,۶۳۸۸	۱۷	ارسطو	۳۵,۶۸۷۰	۵۰,۸۷۷۵
۳	قمشلو محمدآباد	۳۵,۶۴۸۷	۵۰,۵۳۱۷	۱۷	یوسف‌آباد قوام	۳۵,۶۷۶۴	۵۰,۹۰۱۷
۴	قشلاق امیرآباد	۳۵,۶۰۳۹	۵۰,۵۰۷۲	۱۸	سلمیان	۳۵,۷۰۱۷	۵۰,۸۲۷۵
۵	گوی بلاغ	۳۵,۶۲۸۵	۵۰,۴۰۴۹	۲۰	صفادشت	۳۵,۶۹۱۷	۵۰,۸۴۷۵
۶	اخترآباد	۳۵,۵۹۱۴	۵۰,۵۹۷۸	۲۱	دهک	۳۵,۶۷۵۷	۵۰,۸۶۶۶
۷	عباس‌آباد گل شایگان	۳۵,۵۷۹۴	۵۰,۷۴۸۴	۲۲	ملارد	۳۵,۶۶۸۱	۵۰,۹۷۹۸
۸	چهارباغ	۳۵,۵۸۸۱	۵۰,۷۶۵۱	۲۳	شهرک صنعتی	۳۵,۶۸۸۹	۵۰,۸۳۳۲
۹	محمودآباد	۳۵,۵۹۳۴	۵۰,۷۸۷۵	۲۴	دهیاری قیچاق	۳۹۴۵۹۶۴	۴۹۲۳۴۸
۱۰	حاجی‌آباد	۳۵,۵۸۶۳	۵۰,۸۰۷۴	۲۵	دهیاری بیدگنه	۳۹۴۲۸۳۳	۴۹۳۳۸۶
۱۱	دهشیش	۳۵,۶۵۲۲	۵۰,۸۰۲۱	۲۶	مهرآذین	۳۹۴۲۳۹۸	۴۹۷۰۰۸
۱۲	امیریه	۳۵,۶۵۸۴	۵۰,۸۲۰۹	۲۷	حصارشالیپوش	۳۹۴۱۴۵۳	۴۹۴۹۴۱
۱۳	امیرآباد	۳۵,۶۸۱۴	۵۰,۷۹۲۹	۲۸	اسفندآباد	۳۹۴۳۸۴۹	۴۹۴۵۱۵
۱۴	شریف‌آباد	۳۵,۶۷۲۴	۵۰,۷۸۱۸	۲۹	دهیاری قشلاق	۳۹۴۴۰۲۸	۴۹۷۹۶۵
۱۵	علی بیات	۳۵,۶۸۵۹	۵۰,۷۷۹۶	۳۰	قلعه فرامرزی	۳۵,۶۹۲۳	۵۰,۹۴۶۶

جدول ۴. تعداد نمونه‌های برداشتی از رخساره‌های مختلف

کد بروری نقشه	نام رخساره	مساحت	تعداد نمونه
۱-۱-۲	مخروط افکنه دشت‌سر فرسایشی	۱۱۶۱۴/۵۸	۹
۲-۱-۲	فرسایش سطحی دشت‌سر فرسایشی	۶۳۹/۱۵	۳
۳-۱-۲	دشت ریگی خیلی درشت‌دانه با تراکم متوسط و زیاد توأم با قله‌سنگ‌های درشت با تراکم زیاد دشت‌سر فرسایشی	۲۸۴۲/۵۶	۵
۴-۱-۲	فرسایش رودخانه‌ای دشت‌سر فرسایشی	۱۳۹۱/۲۴	۴
۱-۲-۲	دشت ریگی درشت و متوسط‌دانه با تراکم متوسط تا زیاد توأم با قله‌سنگ با تراکم کم تا متوسط دشت‌سر اپانداز	۷۳۳۳/۵۵	۷
۲-۲-۲	فرسایش سطحی دشت‌سر اپانداز	۴۲۰۵/۰۳	۶
۱-۳-۲	دشت ریگی ریز و متوسط‌دانه با پوشش گیاهی تخریب یافته دشت‌سر پوشیده	۱۳۵۲۲/۵۸	۱۰
۲-۳-۲	فرسایش سطحی دشت‌سر پوشیده	۹۲۸۳/۳۹	۹
۳-۳-۲	دشت ریگی متوسط دشت‌سر پوشیده	۵۶۴۸/۲	۷
۴-۳-۲	دق رسی شور و فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی اندک شورپسندها دشت‌سر پوشیده	۵۶۳/۹۶	۳
۵-۳-۲	اراضی کشاورزی	.	.
۶-۳-۲	مناطق مسکونی	.	.
۱-۱-۳	اراضی بایر پوسته نمکی پلایا	۲۷۶۲/۲۵	۵
۲-۱-۳	اراضی رهاشده	۱۳۶۵۸/۷۹	۱۰
۲-۲-۳	فرسایش سطحی آبرفتی پلایا	۷۵۷/۰۴	۳
۱-۳-۳	فرسایش رودخانه‌ای ناحیه مرطوب پلایا	۱۵/۰۹	۲

## آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها

نمونه‌های خاک و رسوب سطحی به میزان ۰/۱g برای آنالیز غلظت عناصر شیمیایی انتخاب شد و مورد هضم چهار اسید  $\text{HNO}_3$ ،  $\text{HF}\cdot\text{HCl}$  و  $\text{HClO}_4$  با حجم نهایی ۲۵ml قرار گرفت (۵۴). غلظت ۸ عنصر شیمیایی Al، Mg، Na، Fe، K، Ca، Ti، P و به کمک دستگاه پلاسما جفت‌شده القایی-طیف‌سنج نوری (ICP-OES) مدل Varian و همچنین ۴۱ عنصر شیمیایی Ag، Be، Bi، Cd، Ce، Co، Cu، Cs، Dy، Er، Eu، Gd، Hg، Ho، In، La، Lu، Mn، Mo، Nb، Nd، Ni، Pb، Pr، Rb، Sb، Sc، Sm، Sn، Ta، Tb، Tl، Tm، U، W، Y، Yb، Zr و Zn با دستگاه پلاسما جفت‌شده القایی - طیف‌سنج جرمی (ICP-MS) مدل Agilent 7500 cx در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های کاربردی زمین‌شناسی اکتشافات معدنی کشور تعیین شد. کانی‌شناسی نمونه‌های غبار ریزشی به وسیله آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) انجام شد که یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی کانی‌های اصلی ذرات گردوغبار

است (۵۲). برای تشخیص کانی‌های موجود رسوب غبار ریزشی کلیه نمونه‌های فصلی به کار گرفته شدند. به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی تعداد ۲۴ نمونه خاک و رسوب سطحی به صورت تصادفی از هر رخساره، برای بررسی کانی‌های موجود انتخاب شد. به این منظور به میزان ۲g از نمونه به‌طور تصادفی جدا و با اسپاتول در قالب مخصوص نمونه در داخل دستگاه XRD آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور با مدل EQUINOX3000 از شرکت Inel فرانسه با تشعشع  $\text{CuK}\alpha$  قرار داده شد. نتایج ارائه‌شده توسط دستگاه به کمک نرم‌افزار Match! آنالیز و نوع و درصد کانی‌های غالب مشخص شد.

تعیین شکل و ترکیب شیمیایی ذرات با بررسی میکروسکوپ الکترونی روبشی، کمک شایانی به تعیین اندازه واقعی ذرات، شکل ذرات و در نهایت ترکیب شیمیایی و خاستگاه آنها کرد که برای این منظور از مدل SEM استفاده شد. میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM نوعی میکروسکوپ الکترونی است که قابلیت عکس‌برداری از

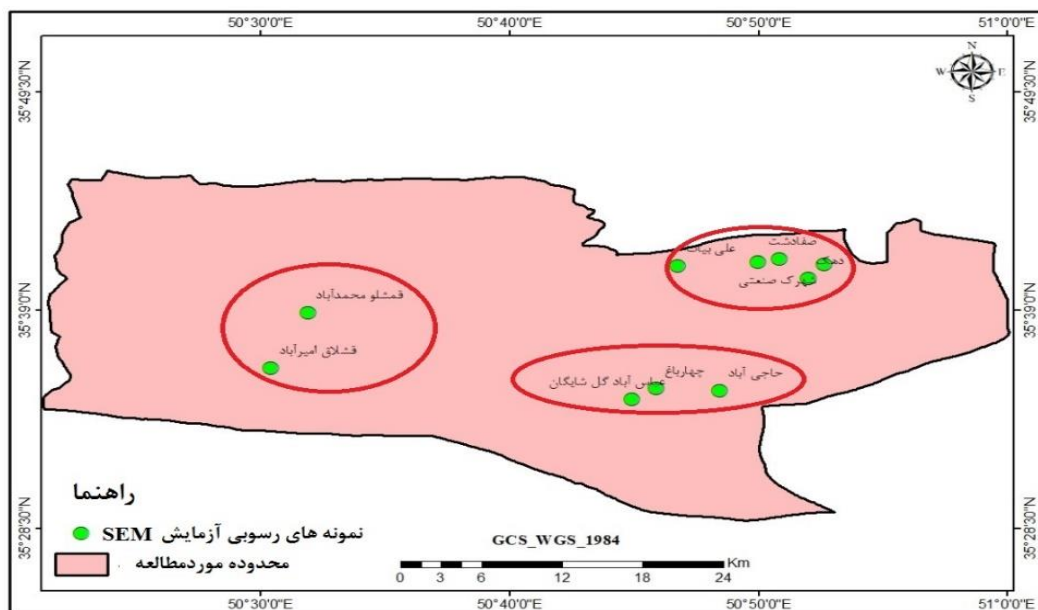
گردوغبار محلی و کاهش فرسایش بادی ارائه داد (۳۷). نتایج ترسیم گلبادهای ۴ ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران نشان داد (شکل ۴) که جهت غالب وزش باد در گلباد سالانه و فصلی در ایستگاه شهریار و کرج از جهت شمال غربی بود. بادهای فصلی نیز نشان‌دهنده این است که جهت غالب در پاییز، زمستان و تابستان از جنوب شرقی و در بهار از غرب است. در ایستگاه هشتگرد جهت غالب وزش بادها در گلباد سالانه از سمت غربی و جهت باد جنوب شرقی و جنوب در رتبه بعدی قرار داشت. گل‌بادهای فصلی ایستگاه نشان داد که در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار جهت باد غالب غرب و در فصل تابستان جهت وزش باد غالب جنوب بود. در ایستگاه بوئین‌زهرها جهت وزش باد غالب غرب و براساس گلبادهای فصلی در فصل بهار، پاییز و زمستان غرب و در فصل تابستان غرب و شمال غربی بود. نتایج ترسیم گل‌طوفان‌های ۴ ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران نشان داد (شکل ۵) که جهت باد غالب سالانه و فصلی در ایستگاه شهریار شمال غربی، ایستگاه کرج، هشتگرد و بوئین‌زهرها جهت باد غالب فرساینده غربی است. در پایش سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه البرز، جهت باد غالب شمال غربی نشان داده شد که دارای توان فرسایشی بوده و توانایی جابجایی ذرات خاک و تولید گردوغبار را داشتند (۶۰).

سطوح با بزرگنمایی ۱۰ تا ۵۰۰۰۰ برابر با قدرت تفکیکی کمتر از ۱ تا ۲۰ نانومتر (بسته به نوع نمونه) دارد. به صورت تصادفی ۱۰ نمونه رسوب از مناطق مختلف منطقه مورد مطالعه در فصول متفاوت به منظور آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد (شکل ۳). این نمونه‌ها از ایستگاه قمشلو محمدآباد، صفادشت و عباس‌آباد گل‌شایگان در جنوب منطقه، ارسطو و قشلاق امیرآباد غرب منطقه و چهارباغ، دهک، حاجی‌آباد، علی‌بیات و شهرک صنعتی از شمال شرقی منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. مقدار کمی از نمونه‌ها روی پایه‌های مخصوص با چسب رسانا قرار داده شد و تصاویر به کمک دستگاه SEM با بزرگنمایی ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرفته شد. سپس تصاویر SEM به کمک نرم‌افزار Image-J مورد پردازش قرار گرفتند. سپس پارامترهای اولیه مساحت، طول، عرض، محیط، کشیدگی، گردی، گردشگری، کج‌شدگی، کشیدگی، قطرکروی معادل، مساحت سطحی و حجم برای تصاویر ذرات غبار ریزشی به کمک نرم‌افزار محاسبه شدند.

## ■ نتایج و بحث

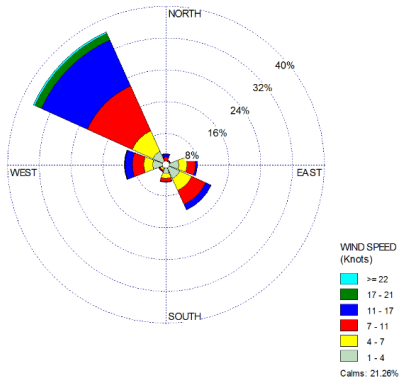
### بادسنجی

بررسی جهت، شدت و قدرت فرسایشی باد منطقه با استفاده از ترسیم گل‌باد، گل‌طوفان و گلماسه انجام شد که اطلاعات مفیدی را جهت اجرای استراتژی‌های کنترل

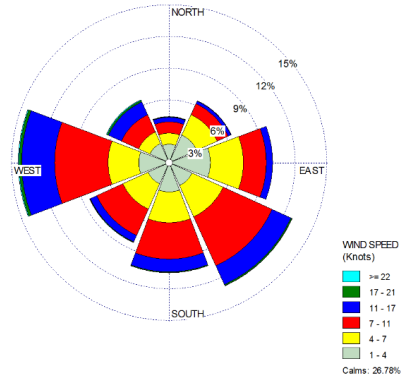


شکل ۳. محدوده نمونه‌های رسوبی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM

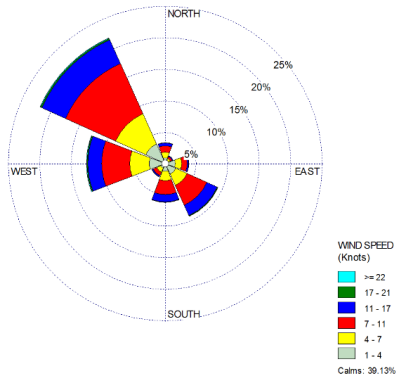




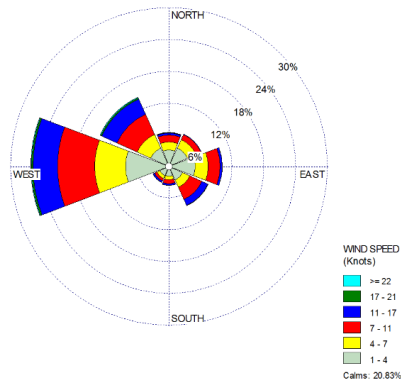
گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک شهریار



گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک هشتگرد

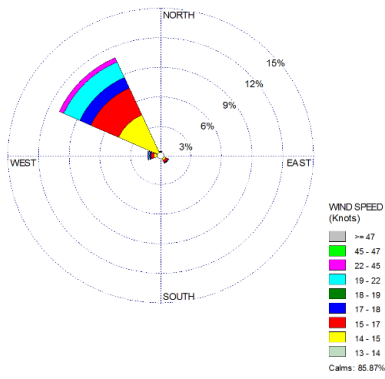


گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک کرج

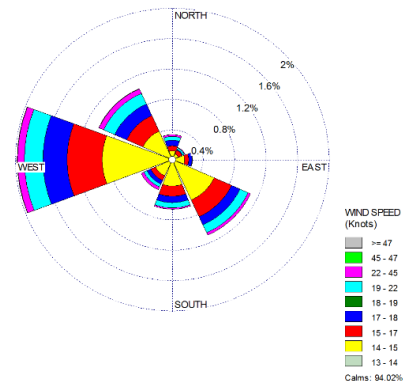


گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک بوئين زهرا

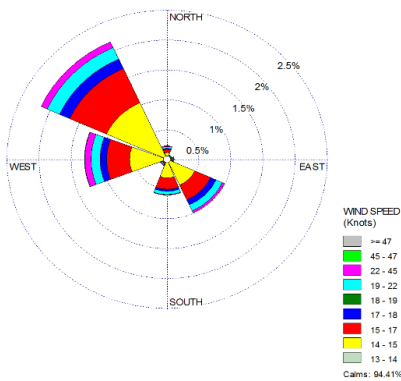
شکل ۴. گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران



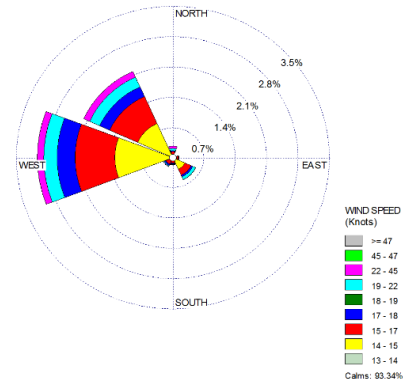
گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک شهریار



گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک هشتگرد



گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک کرج



گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک بوئين زهرا

شکل ۵: گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران

و بوئین‌زرها با تغییرپذیری متوسط جهت باد دارای بادهای دوجته با زاویه منفرجه بودند.

#### عناصر شیمیایی غبار ریزشی رسوبی

برای مقایسه نسبی غلظت عناصر موجود در غبار ریزشی، عناصر از لحاظ میزان غلظت (ppm) در پنج گروه بیش از ۲۰۰۰ ppm، ۲۰۰-۵۰۰، ۲۰-۵۰، و کمتر از ۵ (۴۹) در نمونه‌های رسوب طبقه‌بندی شدند (جدول ۶). بخش عمده ترکیبات ذرات غبار ریزشی در منطقه مورد مطالعه از عناصر Ca، Al، Fe، Ti، Mg، Na، K، Zn، P، Mn و Ba تشکیل شده است.

حداکثر غلظت هر یک از عناصر در رخساره‌های مختلف نشان دادند که بخش عمده ترکیبات ذرات منشأ غبار ریزشی در منطقه مورد مطالعه در رخساره مخروط‌افکنه دشت سر فرسایشی در شمال غربی و دشت ریگی ریز و متوسط‌دانه با پوشش گیاهی تخریب‌یافته دشت سر پوشیده در جنوب‌شرقی و جنوب غربی منطقه بود (شکل ۷).

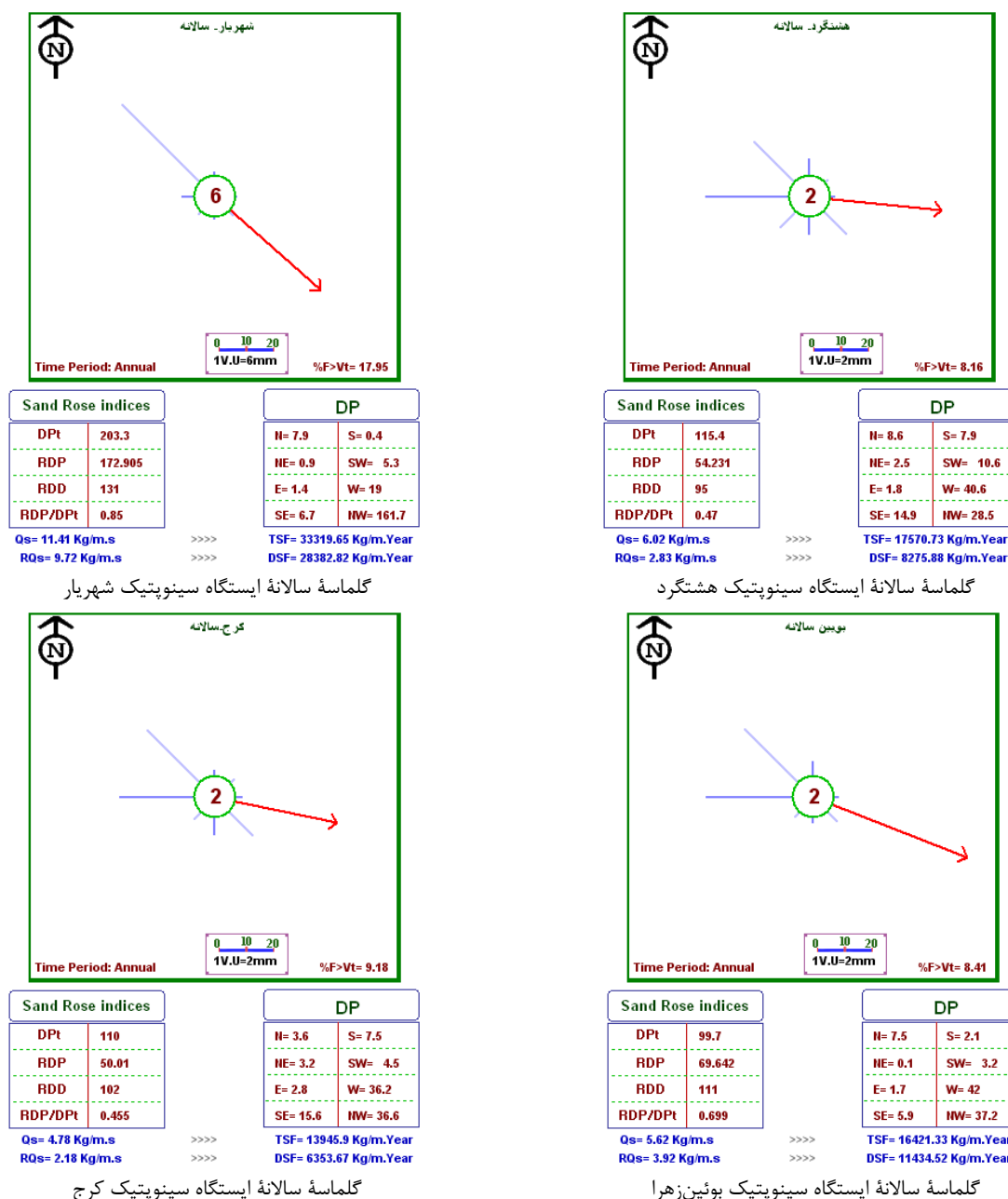
نتایج حاصل از تهیه گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد (شکل ۶) که توان حمل ماسه (DPT) در تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه کمتر از ۲۰۰ واحدبرداری در طول سال است که این نشان‌دهنده قدرت فرسایشی کم است. کمترین مقدار DPT مربوط به ایستگاه بوئین‌زرها (۹۹/۷) واحدبرداری در طول سال و بیشترین DPT متعلق به ایستگاه شهریار ۲۰۳/۳ واحدبرداری در طول سال است که نشان‌دهنده قدرت متوسط فرسایش بادی بود. بنابر طبقه‌بندی فرای‌برگر و دین قدرت فرسایشی باد در تمامی مناطق کم دیده شد. جهت بردار برآیند توان حمل ماسه (RDD) در منطقه مورد مطالعه نشان داد که رسوبات ماسه‌ای در منطقه شهریار، کرج و بوئین‌زرها از سمت شمال‌غربی به جنوب‌شرقی و هشتگرد از سمت غرب به شرق در حرکتند. بررسی شاخص تغییرپذیری جهت باد در منطقه نشان داد که براساس طبقه‌بندی فرای‌برگر و دین (جدول ۵) منطقه با تغییرپذیری کم جهت‌های باد، بادهای یک‌جهته داشت. منطقه شهریار دارای بادهای یک‌جهته‌اند و تغییرپذیری جهات باد آن کم است. منطقه هشتگرد، کرج

جدول ۵. تغییرپذیری جهت باد (UDI) براساس طبقه‌بندی فرای برگر

نام ایستگاه	UDI جداول محاسباتی	تغییرپذیری جهات باد	طبقه‌بندی جهات باد
شهریار	۰/۸۵	کم	بادهای یک‌جهته
هشتگرد	۰/۴۷	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه
بوئین‌زرها	۰/۶۹۹	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه
کرج	۰/۴۵۵	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه

جدول ۶. طبقه‌بندی عناصر شیمیایی از لحاظ میزان غلظت در ترکیب غبار ریزشی رسوبی

میزان کمی (ppm)	نام عنصر
> ۲۰۰۰	Ca, Al, Fe, Ti
۲۰۰۰-۵۰۰	Mg, Na, K, Zn, P, Mn, Ba
۵۰۰-۲۰	Cr, Cu, Ni, Li, Ce, La, Rb, V, Zr, Sr
۲۰-۵	Nd, Y, Co, Ga, Nb, Sc, Th, Pb
< ۵	Pr, Sm, Gd, U, Dy, Hf, Yb, W, Eu, Cd, Ho, Tb, Tm, Bi, Lu, Be, Sc, Er, Mo, Sb, Ta



شکل ۶. گلماسه سالانه ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران

فلزی و گردوغبار جاده‌ای است (۲۷). مقدار بحرانی Ni در خاک را بسیاری از محققان در دامنه ۲-۵۰ ppm اعلام کرده‌اند (۱۰، ۲۵). براساس مطالعه حاضر، میانگین عنصر فوق (۴۸ ppm) نشان است که آلودگی این عنصر در حد بحرانی است. انتشار عناصر Cr و Ni ناشی از نزدیکی منطقه به معادن شن و ماسه و کارخانه سیمان است که پژوهش ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک اطراف کارخانه سیمان خاش این نتیجه را تأیید کرد (۴۲). سایر عناصر از قبیل Zn، Ti و سولفات ناشی از فعالیت‌های انسانی، نشانگر منشأ

همچنین دشت ریگی خیلی درشت‌دانه با تراکم متوسط و زیاد توأم با قله‌سنگ‌های درشت با تراکم زیاد دشت‌سر فرسایشی، دق رسی شور و فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی اندک شورپسندها دشت‌سر پوشیده و اراضی بایر پوسته نمکی پلایا فاقد هرگونه حداکثر غلظت عناصر است (جدول ۷).

غلظت بالای عناصر Ca، Al، Fe، P و Mn که نشان از طبیعی و خاک‌زاد بودن منشأ گردوغبار است (۹، ۲۳). همچنین انتشار Cr ناشی از فرآیندهای احتراقی، صنایع

صحرايي با گستردگي زياد ماسه‌بادي باشد (۵۷، ۵۸). همچنين براساس يافته‌ها، گردوغبارهايي که غني از کوارتز، فلدسپات يا کربنات‌ها باشد (۴۷)، عمدتاً داراي منشأ داخلي بوده يا از مسافت نزديک يا متوسط توسط جريان باد به منطقه حمل شده‌اند (۴۸).

تنوع کاني‌ها در فصل تابستان بيشتر از ساير فصل‌هاست. همچنين بيشترين تنوع کاني‌شناسي، مربوط به نمونه‌ي یک بود که منشأ اين دوره یک گسترده وسيعي از منطقه شامل نواحي داخلي، شمالي و غرب استان تهران را شامل مي‌شد که ناشي از تنوع در منشأهاي غبار ريزشي در فصل تابستان بوده است. براساس جدول (۹) ميزان کوارتز در فصل بهار، آنورتيت سدیم در فصل پاييز و ميزان دولوميت نيز در فصل تابستان بيشتر از ساير فصل‌هاست.

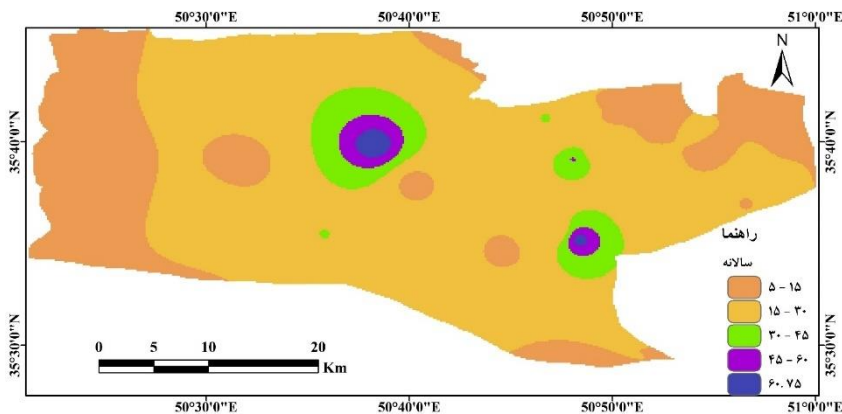
غيرپوسته زميني است (۶). اين عناصر را نيز مي‌توان به صنايع اطراف تهران و مصرف زغال‌هاي فسيلي در اين صنايع نسبت داد.

**پراش پرتو ایکس (XRD) غبار ریزشی رسوبی**

کاني‌هاي تشكيل‌دهنده نمونه‌هاي رسوب بيشتر در ۲ فاز کانيابي اصلي شامل کربنات بيشتر کلسيم کربنات، دولوميت و آنورتيتو سيليكات بيشتر کوارتز قرار گرفت (جدول ۸). کاني‌هاي شناسايي شده عبارتند از کلسيت، دولوميت، آلبيت، هماتيت، مسکوويت، آنورتيت و ژيپس است. در کليۀ نمونه‌ها کاني‌هاي کوارتز، آنورتيت سدیم، کلسيم کربنات، دولوميت و آنورتيت به‌صورت مشترک وجود دارد. خاستگاه کاني کلسيت مي‌تواند در نواحي

**جدول ۷. ماکزیمم غلظت عناصر در رخساره‌های منطقه مطالعاتی**

عناصر	نام رخساره
Mn	فرسایش سطحی دشت‌سر فرسایشی
Na, Ba, Cu, Zn, P, Bi, Cs, Eu, Lu, Pb, Rb, Sm, Th, Yb, W	مخروط‌افکنۀ دشت‌سر فرسایشی
Ni, U	فرسایش رودخانه‌ای دشت‌سر فرسایشی
-	دشت ریگی خیلی درشت‌دانه با تراکم متوسط و زیاد توأم با قلوه سنگ‌های درشت با تراکم زیاد دشت‌سر فرسایشی
Mo, Sn	فرسایش سطحی دشت‌سر اپانداژ
Fe, Cr, V, Ti, Hf, Zr	دشت ریگی درشت و متوسط‌دانه با تراکم متوسط تا زیاد توأم با قلوه‌سنگ با تراکم کم تا متوسط دشت‌سر اپانداژ
Sr, Sb	فرسایش سطحی دشت‌سر پوشیده
K, Ga, Be, Ce, Co, Er, Gd, Ho, La, Nd, Pr, Ta, Tm, Y	دشت ریگی ریز و متوسط‌دانه با پوشش گیاهی تخریب‌یافته دشت‌سر پوشیده
-	دق رسی شور و فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی اندک شورپسندها دشت‌سر پوشیده
-	اراضي باير پوسته نمکی پلايا
Al,	فرسایش سطحی آبرفتی پلايا
Ca, Li	فرسایش رودخانه‌ای ناحیه مرطوب پلايا
Cd	کشاورزی رهاشده
Mg, Dy, Nb, Tb	دشت ریگی متوسط دشت‌سر پوشیده



**شکل ۷. حجم غبار ریزشی سالانه**

توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات انجام شده، ممکن است کربنات ابزاری جهت ردیابی منشأ گردوغبار آسیایی در حمل و نقل طولانی مدت (۵۳) و کانی‌های تبخیری مانند ژپیس برای شناسایی منشأ غبار ریزشی در خاورمیانه مفید باشند (۴۵). بنابراین ترکیب کانی‌شناسی و تاحدودی ریخت‌شناسی ذرات غبار ریزشی از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه تحت‌تأثیر مسیر غالب باد است. همچنین در بررسی فلزات محلول Ca و K، بیشترین مقدار غلظت را بین تمامی فلزات در نمونه‌های مطالعاتی دارا بوده‌اند که نشان از طبیعی و خاک‌زاد بودن منشأ گردوغبار بود (۹، ۲۴).

همچنین نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) در ۲۴ نمونه خاک سطحی نیز نشان داد که عمده کانی‌های غالب در نمونه‌ها شامل دولومیت، ژپیس، آنورتیت، کوارتز، کلسیت، مسکوویت، آلبیت، پتاسیم و هالیت بود.

#### تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM

براساس نتایج حاصل از ریخت‌شناسی، غرب و جنوب منطقه مورد مطالعه نسبت به شرق ذرات درشت‌تر و دارای حجم و مساحت بالاتری بود.

فراوانی کلسیت و کوارتز در بیشتر نمونه‌ها به‌عنوان محصول اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی، نشان‌دهنده خاستگاه رسوبی برای ذرات غبار ریزشی در غرب استان تهران است. غبارهای ریزشی که غنی از کوارتز، فلدسپات یا کربنات‌ها باشد، عمدتاً دارای منشأ داخلی بوده یا از مسافت نزدیک یا متوسط توسط جریان باد به منطقه حمل شده‌اند (۴۸). بنابراین غالب بودن کانی کوارتز و کلسیت در تمام نمونه‌ها نشان دادند که منشأ اصلی غبارهای ریزشی غرب استان تهران عمدتاً منطقه‌ای و مناطق خشک هستند. وجود کانی ژپیس در فصل تابستان نشان‌دهنده وجود خاستگاهی تبخیری برای غبارهای ریزشی غرب تهران است که عمدتاً در زمین‌های بیابانی کرانه‌های رودخانه‌ی شور و پلایا موجود است. همچنین نتایج با یافته‌های بررسی کانی‌شناسی مناطق شهری دشت سیستان (۱۲)، آنالیز خصوصیات شیمیایی ریزگردهای رسوب‌شونده شهر اهواز (۲۰) و شناسایی ترکیب کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده پدیده گردوغبار در استان خوزستان (۵۵، ۵۶) مطابقت دارد که شناسایی کانی‌ها در مطالعات فوق شباهت بسیاری با ترکیب کانی‌های غبار ریزشی در شهرستان ملارد دارند. با

جدول ۸. درصد غالب نسبی کانی‌های موجود در غبار ریزشی رسوبی

فصل	کوارتز	آنورتیت سدیم	کلسیم کربنات	دولومیت	آنورتیت
بهار	۳۸	۷	۱۹	۴	۲۰
تابستان	۱۷	۵	۱۰	۲/۴	۶
پاییز	۳۲	۵	۱۸	۴/۲	۲۸
زمستان	۲۲	۳	۱۲	۲/۵	۱۵

جدول ۹. ماکزیمم درصد نسبی کانی‌های غالب موجود در غبار ریزشی رسوبی

نوع عنصر	فصل	درصد
کوارتز	بهار	۳۸
آنورتیت سدیم	پاییز	۴۴/۲
کلسیم کربنات	پاییز	۴۹/۲
دولومیت	تابستان	۱۸/۸
آنورتیت	پاییز	۶۳/۶

جهت بررسی دقیق‌تر اندازه‌دانه‌های پوشش در هر نمونه، مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی مربوط به ۱۵۰ ذره اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار Image-J به شرح جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ است. بررسی قطر کروی معادل غبار ریزشی رسوبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که ذرات در ایستگاه شمال شرقی درشت‌ترین و در ایستگاه غرب منطقه مورد مطالعه ریزترین بودند. براساس نتایج آنالیزهای SEM مورفولوژی زاویه‌دار و نیمه‌مدور اغلب ذرات غبار ریزشی می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی و انسانی باشد. شکل نامنظم و زاویه‌دار در این

منطقه نشان داد که از فاصله نزدیک حمل شده است. مورفولوژی و کانی‌شناسی مشابه گردوغبار در ارومیه و آبادان (۳)، آلمان (۱۶)، عربستان (۳۴)، کویت و افغانستان (۱۵)، اهواز (۲۰)، اصفهان (۵۰)، سرخس (۱۳) و بر روی ذرات معلق سواحل ایتالیا (۴۸) نیز ارائه شده است. تصاویر SEM نشان دادند که ذرات غبار عمدتاً دارای اشکال نامنظم، بیضوی، چندگوش و در برخی موارد به صورت تجمع‌یافته است که با نتایج ارفعی‌نیا و همکاران (۶) و روغنی (۵۱) مطابقت دارد.

جدول ۱۰. مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی در جنوب منطقه مورد مطالعه

پارامتر	قمشلو محمدآباد	صفادشت	عباس‌آباد گل‌شایگان	مجموع
کد نمونه	۳	۲۰	۷	۳۵/۷
مساحت ( $m\mu^2$ ) A	۱۳	۵	۸/۳۹	
طول ( $m\mu$ ) L	۱/۰۶۶	۲/۱	۳/۹	
عرض ( $m\mu$ ) B	۰/۸	۱/۲	۲/۳	
محیط ( $m\mu$ ) P	۰/۴۵۹	۸	۶/۲	
کشیدگی AR	۱/۳۳۳	۱/۴۱۸	۱/۳۵۵	
گردی C	۰/۷۶۳	۰/۷۵۷	۰/۶۸۸	
گردش‌گی R	۰/۷۵	۰/۷۰۵	۰/۷۳۸	
کج‌شدگی	-۰/۰۲۸	-۰/۰۰۸	-۰/۰۷۰	
کشیدگی	-۱/۲۱۴	-۱/۱۹۶	-۰/۹۹۹	
قطر کروی معادل ( $m\mu$ ) ESD	۴/۱۶	۲/۵۸	۳/۲۶	
مساحت سطحی ( $m\mu^2$ ) SA	۵۴	۲۰/۹۳	۳۳/۵۳	۲۹۵
حجم ( $m\mu^3$ ) V	۳۶/۸۲	۸/۹۸	۱۹/۴۱	۴۸۷

جدول ۱۱. مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی در غرب منطقه مورد مطالعه

پارامتر	ارسطو	قشلاق امیرآباد	مجموع
کد نمونه	۱۷	۴	
مساحت ( $m\mu^2$ ) A	۱۱/۸	۸/۳	۲۴/۳
طول ( $m\mu$ ) L	۴/۷	۳/۶	
عرض ( $m\mu$ ) B	۳	۲/۱	
محیط ( $m\mu$ ) P	۳۲/۴	۱۱/۳	
کشیدگی AR	۱/۳۶	۱/۳۳	
گردی C	۰/۷۶۶	۰/۷۳	
گردش‌گی R	۰/۷۳۶	۰/۷۲۱	
کج‌شدگی	۰/۵۳	۰/۶۵	
کشیدگی	-۰/۸۷	۰/۹۱	
قطر کروی معادل ( $m\mu$ ) ESD	۲/۹	۱/۲	
مساحت سطحی ( $m\mu^2$ ) SA	۲۵/۷	۲۴/۷	۲۵۱/۸
حجم ( $m\mu^3$ ) V	۱۲/۳	۱۲/۱	۳۸۱/۲

جدول ۱۲. مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی در شمال شرقی منطقه مورد مطالعه

پارامتر	چهارباغ	دهک	حاجی آباد	علی بیات	شهرک صنعتی	مجموع
کد نمونه	۸	۲۱	۱۰	۱۵	۲۹	
مساحت ( $m\mu^2$ ) A	۲۴/۳	۱۸/۴	۴/۱	۹/۸	۱۷/۱	۴۰
طول ( $m\mu$ ) L	۳۶/۷	۵/۹	۲/۷	۴/۸	۶/۳	
عرض ( $m\mu$ ) B	۴/۸	۳/۵	۱/۶	۲/۷	۳/۴	
محیط ( $m\mu$ ) P	۰/۴	۳۳/۸	۱۳/۱	۳۵/۲	۴۱/۵	
کشیدگی AR	۸/۲	۰/۳۱	۰/۳۲	۷/۶	۰/۳	
گردی C	۲/۳	۱/۸	۲/۳	۲/۱	۲/۱	
گردشدگی R	۰/۶	۱/۸	۰/۵	۰/۷	۰/۷	
کج شدگی	۰/۸۲	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۴۵	۰/۸۱	
کشیدگی	-۰/۵۴	-۰/۹۳	-۱/۰۱۴	-۰/۷۶	-۰/۵۴	
قطر کروی معادل ( $m\mu$ ) ESD	۵/۱	۳/۸	۲/۹	۲/۸	۳/۵	
مساحت سطحی ( $m\mu^2$ ) SA	۹۷/۲	۷۳/۹	۱۰/۳	۳۸/۸	۶۷/۴	۱۵۳۷
حجم ( $m\mu^3$ ) V	۱۲۵/۴	۱۱۵/۸	۳/۳	۴۱/۲	۱۰۲/۵	۲۲۵۸

در این پژوهش، مناطقی که باید استراتژی‌های حفاظتی در آنها مورد توجه قرار گیرد، نشان داده شده است. نتایج ترسیم گلباد منطقه نشان می‌دهد که جهت باد غالب منطقه با توجه به ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در محدوده مورد مطالعه شمال غربی است. محاسبات گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز نشان دادند که مقدار DPT در تمام ایستگاه‌ها کمتر از ۲۰۰ واحد برداری در سال است که این نشان‌دهنده قدرت فرسایشی کم است و جهت بردار برآیند توان حمل ماسه (RDD) از سمت شمال غربی به جنوب شرقی و شاخص تغییرپذیری منطقه شهریار دارای بادهای یک‌جهته و منطقه هشتگرد، کرج و بوئین‌زهرها با تغییرپذیری دارای بادهای دو جهته با زاویه منفرد بود

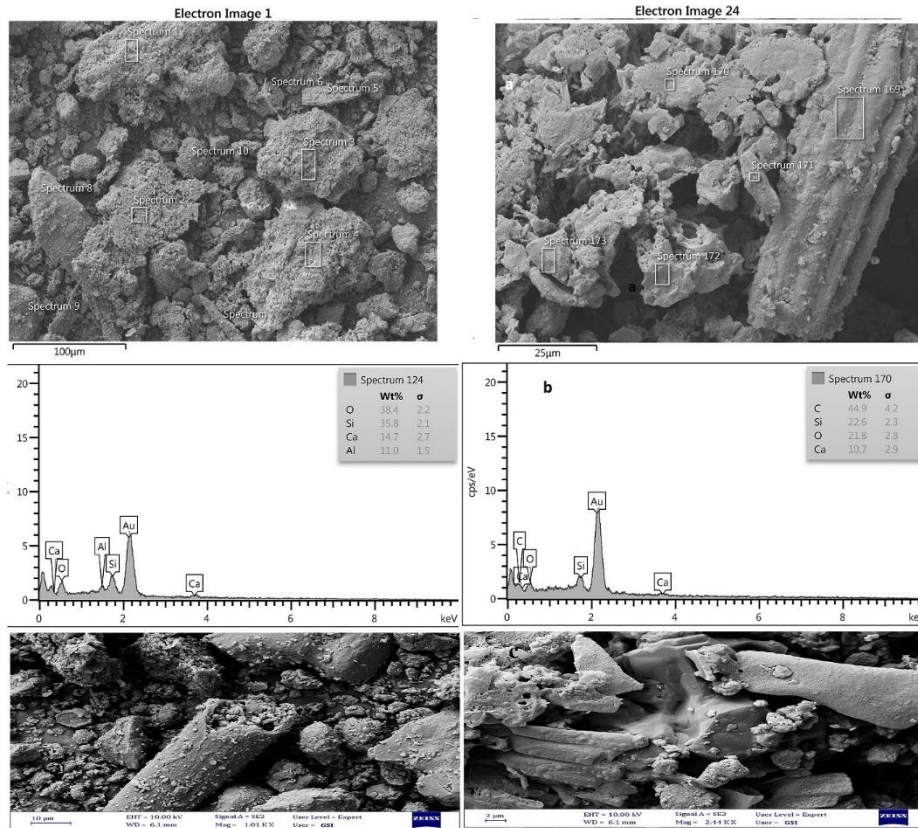
بخش شمال غربی منطقه مورد مطالعه بیشترین حجم رسوبات غبار ریزشی را داشته است؛ با این حال بیشترین غلظت عناصر شیمیایی به‌ویژه فلزات سنگین در ناحیه جنوب غربی و جنوب شرقی مشاهده شد.

در بررسی کانیایی نیز براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که ترکیب کانی‌شناسی پدیده غبار ریزشی بیشتر در ۲ فاز کانیایی اصلی شامل کربنات بیشتر کلسیم کربنات، دولومیت و آنورتیت و سیلیکات بیشتر کوارتز قرار گرفت.

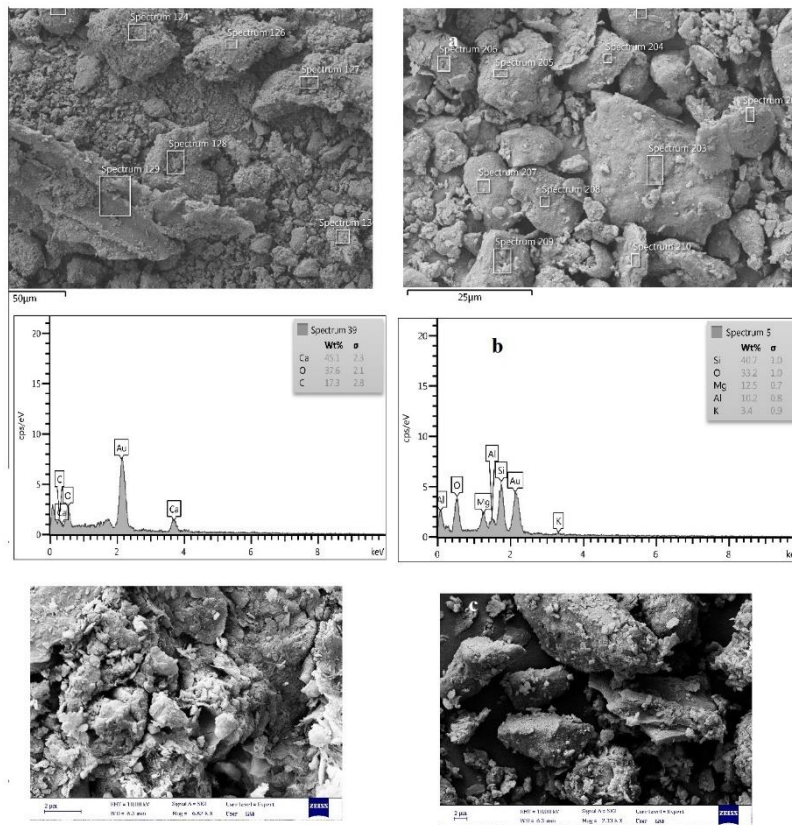
در نمونه‌های غرب منطقه مورد مطالعه عمده کانی دیده‌شده، اغلب از جنس کانی‌های رسی، کوارتز یا ژئپس با پوششی از دولومیت و همچنین عناصر Si، Al، Ca، O و Mg بوده است (شکل ۸). در تصاویر با بزرگنمایی ۲۵ میکرون عناصر Na و Cl و در تصاویر با بزرگنمایی ۱۰ میکرون عنصر Fe دیده شد. در نمونه‌های جنوب منطقه مورد مطالعه عمده کانی دیده شده در رسوبات غبار ریزشی اغلب از کانی‌های رسی کلسیت، کوارتز و ژئپس تشکیل شده‌اند و دارای پوششی از جنس کانی دولومیت است. همچنین عناصر مشاهده در ذرات نیز شامل Si، K، Ca، O و Mg بود (شکل ۹). در تصاویر با بزرگنمایی زیر ۱۰ میکرون عناصر C و Fe مشاهده شد.

در نمونه‌های شمال شرقی منطقه مورد مطالعه عمده کانی دیده‌شده در رسوبات غبار ریزشی اغلب از کانی‌های رسی، پلاتین، کوارتز و ژئپس تشکیل شده‌اند و دارای پوششی از جنس کانی دولومیت است. همچنین عناصر مشاهده در ذرات نیز شامل Si، K، Ca، O و Mg بود (شکل ۱۰). در تصاویر با بزرگنمایی ۵۰ میکرون عناصر Pt و در تصاویر با بزرگنمایی زیر ۲۵ میکرون عناصر C و Ti با پوششی از کانی هماتیت مشاهده شد.

## نتیجه‌گیری

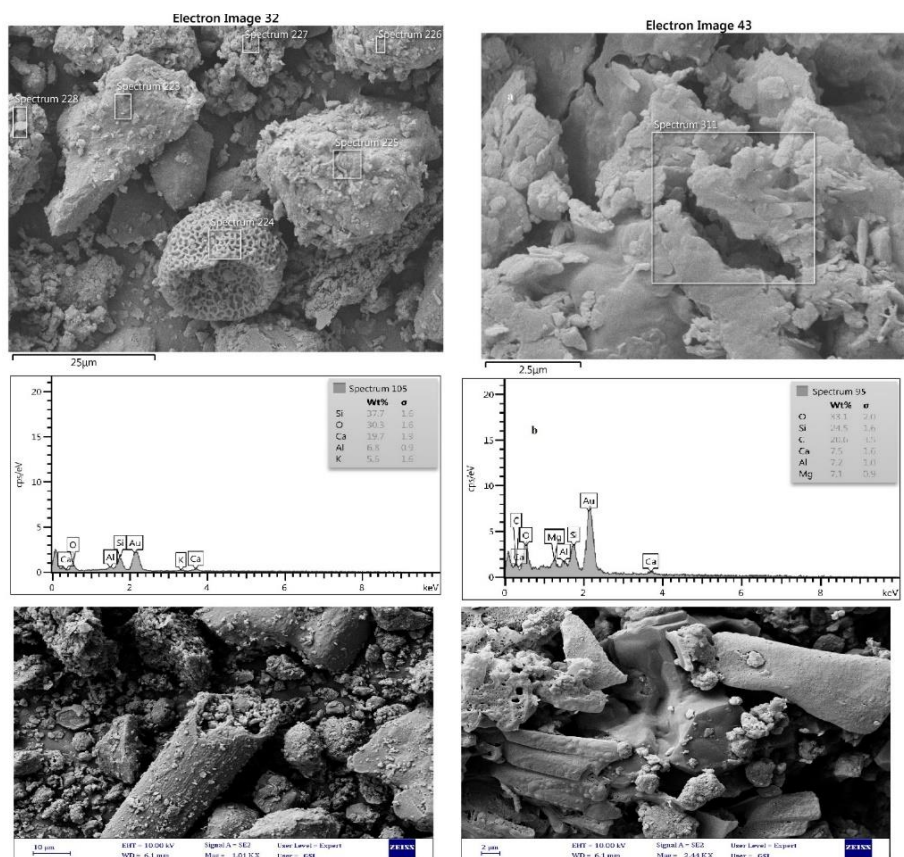


شکل ۸. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۱۰۰ و ۵۰ µm (a)، نمودار فراوانی عناصر (b) و تصاویر با بزرگنمایی ۱۰ و ۲ µm (c) غرب منطقه مورد مطالعه



شکل ۹. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۲۵ و ۵۰ µm (a)، نمودار فراوانی عناصر (b) و تصاویر با بزرگنمایی ۲ و ۱۰ µm (c) جنوب منطقه مورد مطالعه





شکل ۱۰. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی  $25 \mu\text{m}$  و  $2.5 \mu\text{m}$  (a)، نمودار فراوانی عناصر (b) و تصاویر با بزرگنمایی  $2 \mu\text{m}$  و (c) شمال شرقی منطقه مورد مطالعه

و ژپس با پوششی از جنس کانی‌های دولومیت، مسکوویت بودند. مورفولوژی ذرات غبار ریزشی زاویه‌دار و نیمه‌مدور بوده که می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی آنها باشد. با توجه به حساسیت فرسایش‌پذیری اراضی به‌ویژه در شرق منطقه مورد مطالعه که معادن شن و ماسه در آنها قرار دارند، باید از فعالیت‌های انسانی مخرب و دستکاری اراضی در این مناطق جلوگیری شود. بنابراین بهتر است عملیات مقابله با غبار ریزشی تنها در شرق منطقه اجرا نشود، بلکه کاهش آلاینده‌های صنایع، به‌ویژه در غرب ملارد و اجرای طرحی برای عدم ورود این آلاینده‌ها به محیط شهر تهران نیز انجام شود. همچنین کاهش فعالیت‌های صنایع و معادن با نظارت بیشتر، در فصل تابستان در راستای کنترل غبار ریزشی و عدم ورود آلاینده‌ها به منطقه، می‌تواند مفید باشد. شناسایی نواحی با نخاله‌های صنعتی، معدنی و ساختمانی و پاکسازی این

فاز فرعی کانی‌ها نیز شامل کانی ژپس است که مربوط به حوضه‌های تبخیری و پلایاست. به احتمال زیاد، منشأ کانی‌های تبخیری موجود، از ترکیبات نمکی دریاچه‌ها، تالاب‌های فصلی و رسوبات آبرفتی جوان پراکنده در منطقه مطالعاتی، به‌ویژه شمال‌غربی و جنوب‌غربی ملارد، نشأت گرفته است.

براساس نتایج آنالیزهای SEM مورفولوژی زاویه‌دار و نیمه‌مدور اغلب ذرات غبار ریزشی می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی باشد. شکل نامنظم و زاویه‌دار در این منطقه نشان داد که از فاصله نزدیک حمل شده است. تصاویر SEM نشان دادند که ذرات غبار عمدتاً دارای اشکال نامنظم، بیضوی، چندگوش و در برخی موارد به‌صورت تجمع‌یافته است. به‌طور کلی بخش عمده ترکیبات شیمیایی کلیه ذرات غبار ریزشی از عناصر Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, Ti, Sr, Zn, P, Mn, Pb و Zr تشکیل شده است. این عناصر در قالب کانی‌های رسی، کوارتز، کلسیت

مناطق در حومه منطقه مورد مطالعه نقش ویژه‌ای در کاهش غبار ریزشی محلی خواهد داشت.

از مسئولان محترم مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای حمایت و همکاری در انجام آنالیزهای آزمایشگاهی نمونه‌های گردوغبار صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

■ سپاسگزاری

## ■ References

1. Abbaspour, O., & Qaisari, Kh. (2010). *Fuzzy and microstructural analysis of dust in Ahvaz, the second national conference on wind erosion and dust storms and dust storms*, Yazd February 2011. (in Farsi)
2. Abdollahi, S., Fotoohi, S., & Hamidianpour, M. (2020). The role of playa tabas messina in the dust of Sistan region with rely on the role of Sistsn' s wind of 120 days. *Arid Regions Geographical Studies*, 10 (39), 52-65. (in Farsi)
3. Ahmady-Birgani, H., Mirnejad, H., Feiznia, S., & McQueen, K.G. (2015). Mineralogy and geochemistry of atmospheric particulates in western Iran, *Atmospheric Environment*, 119, 262-272.
4. Akbari, A. Azimzadeh, H.R., & Borhan Dayani, S. (2012). *Investigation of pollution indicators and land accumulation of heavy metal lead in the soil around Behbahan Cement Factory*, the first national conference on environmental protection and planning. (in Farsi)
5. Al-Dabbas, M. A., Ayad Abbas, M., & Al-Khafaji, R. M. (2010). Dust storms loads analyses- Iraq. *International Journal of Water Resources and Arid Environments*, 1(2), 129- 141.
6. Arfaeinia, H., Hosseini, M., Ranjbar Wakilabadi, D., Alam ol-Hoda, A., Banafsheh Afshan, S., & Kermani, M. (2016). Morphological and mineralogical study of PM 2.5 particles in the air of the 12th district of Tehran based on SEM-EDX analysis images and XRD analyzes, *Health*, 7(2), 135-145
7. Armio, R. (2001). Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition, *Earth-Science Reviews*. 54(1), 29-42.
8. Bahmani, M. (2009). *Comparison of mineralogical properties of Calcisols and Vertisols of Isfahan and Charmahal-Va-Bakhtiari provinces and their relationship with potassium status*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, 105p.
9. Bashiri Khuzestani, R., & Souri, B. (2016). Study of physicochemical properties of suspended particles larger than 10 micrometers in Kurdistan province, western Iran, *Environmental Science and Technology*. 18(3), 70-79. (in Farsi)
10. Bergman, W. (1992). *Nutritional disorders of plant, development, visual and analytical diagnosis (German, French and Spanish Edition)*, 1st Edition, Gustav Fischer.
11. Changling, H., Madsen, H. B., & Awadzi, T. W. (2007). Mineralogy of dust deposited during the Harmattan season in Ghana. *Danish, Geography*, 107(1), 9-15.
12. Danesh Shahraki, M., Shahriari, A., Ganjali, M., & Bamri, A. (2016), Seasonal and spatial variations in the rate of dust transported from the cities of Sistan plain and its relationship with some climatic parameters, *Water and Soil Conservation Research*, 23(6), 199-215. (in Farsi)
13. Darmani, M., Ara, H., Rashki, A.R., & Mafi, A. (2020). Source and study of physical and chemical properties of dust particles in Sarakhs city, *Geography and environmental hazards*, 35(3), 21-37. (in Farsi)

14. Engelbrecht, J. P., Moosmüller, H., Pincock, S., Jayanty, R. K. M., Lersch, T., & Casuccio, G. (2016). Technical note: Mineralogical, chemical, morphological, and optical interrelationships of mineral dust re-suspensions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(17), 10809-10830.
15. Fromme, H., Diemer, J., Dietrich, S., Cyrys, J., Heinrich, J., Lang, W., Kiranoglu, M., & Twardella, D. (2008). Chemical and morphological properties of particulate matter (PM10, PM2.5) in school classrooms and outdoor air. *Atmospheric Environment*, 42(27), 597-605.
16. Jorkesh, Sh., Salehi, M. H., & Esfandiarpour Boroujeni, I. (2012). *Investigation of the concentration of some heavy metals in atmospheric dust in Lenjanat area of Isfahan*, National Conference on Flow and Air Pollution. (in Farsi)
17. Ghani Bafghi, M. J. (2014). *The role of mineral deposits and mining in the spread of pollution and soil and plant degradation (Case study - Kooshk-Bafgh lead and zinc mine)*. PhD thesis. Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (in Farsi)
18. Givchchi, R., Arhami, M., & Tajrishy, M. (2013). Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM10 levels in urban receptors: Case study of Tehran, Iran. *Atmospheric Environment*, 75, 287-295
19. Goodarzi, Gh.R., Asgharipour Dashtbozorg, N., Naimabadi, A., Ghorbanpoor, R., Hedari Farsani, M., Hashemzadeh, B., & mohammadi, M. J. (2017). Analysis of chemical properties of precipitating particles in Ahvaz, Iran, North Khorasan, *Medical Sciences*, 9(4), 56-65. (in Farsi)
20. Goossens, D. (2007). Bias in grain size distribution of deposited atmospheric dust due to the collection of particles in sediment catchers. *Catena*. 70(1), 16-24.
21. Goossens D. and Louis J. R. (2008). Techniques to measure the dry aeolian deposition of dust in arid and semi-arid landscapes: a comparative study in West Niger, *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(2), 178–195.
22. Goudie, A.S. (2014). Desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63(2), 101-113
23. Grazulis, S., Chateigner, D., Yokochi, R., Quiros, Y., Lutterotti, M., Manakova, L., Butkus, E., Moeck, J., LeBail, P., Downs, A. (2009). Crystallography open database (COD) an open access collection of crystal structures. *Applied Crystallography*, 42(5), 726-729.
24. Güne, A., Alpaslan, M., & Inal, A. (2004). *Plant growth and fertilizer*, Ankara University, Agriculture Pub, Ankara ,Turkey,1539
25. Hamdam Joe, M. (2014). *Investigation of spatial changes in physical and chemical properties of fine dust in Kerman province. Iran*, Master Thesis. Faculty of Natural Resources. Isfahan University of Technology. (in Farsi)
26. Hojati, S., Khademi, H., Cano, A. F., & Landi, A. (2012). Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *Catena*, 88(1), 27-36.
27. Hossein Saeedi. L. jihadi. M. Rastegari. M. (2016) determining the Concentration of Heavy Metals at Urban Ambient Air (Case study: Rey City). *Environmental Science Studies*, 1(1), 23-36
28. Edward. J., Broadley, M., Scott, Y., Black, C., Chilimba, A., Ander, E.L., Barlow, Th., & Watts, M. (2015), Soil type influences crop mineral composition in Malawi, *Science of The Total Environment*,505(1), 587-595

29. Karimian Torghabeh, A., Afzali, S. F., Jahandari, A., Mahmudy Gharaie, M. H., & Al-Khashman, O. A. (2020). Evaluation of trace elements concentration in surface sediments of Parishan International Wetland (Fars Province, SW Iran) by using geochemical and sedimentological analysis, *Toxin Reviews*, 40(4), 665-675.
30. Karimzadeh, H.R., Jalalian, A., & khademi, H. (2004). Study of clay minerals of gypsum soils of different castings in the eastern region of Isfahan, *Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)*, 8(1), 73-94. (in Farsi)
31. Khoda Karami, L., Sufyanyan, A.R., Mirghafari, N., Ofyoni, M., & Golshahi, A. (2011). Zoning of heavy metals of chromium, cobalt and nickel in soils of three sub-watersheds of Hamadan province using GIS and geostatistics technologies, *Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 15 (58), 243 -254
32. Khuzestani, RB. & Souri, B. (2013). Evaluation of heavy metal contamination hazards in nuisance dust particles, in Kurdistan Province, western Iran. *Environmental Sciences*. 25(7), 1346-54.
33. Kocak, M., Mihalopoulos, N., & Kubilay, N. (2009). Origin and source regions of PM10 in Eastern Mediterranean atmosphere. *Atmospheric Research*, 92(4), 464-474.
34. Krueger, B. J., Grassian, V. H., Cowin, J. P., & Iaskin, A. (2005). Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy, *Atmospheric Environment*, 39(2), 395-395.
35. Li, N., Hopke, P. K., Kumar, P., Cliff, S. S., Zhao, Y., & Navasca, C. (2013). Source apportionment of time- and size-resolved ambient particulate matter, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 129, 15-20.
36. Mahmoudi, Z. & Khademi, H. (2014). Identification of the origin of atmospheric dust in Isfahan using its chemical and mineralogical properties, *Water and Soil Conservation Research*, 21(1), 217-233. (in Farsi)
37. Menendez, I., Diaz-Hernandez, J.L., Mangas, J., Alonso, I., & Sanchez-Soto, P.J. (2007). Airborne dust accumulation and soil development in the North-East sector of Gran Canaria (Canary Islands, Spain), *Arid Environments*, 71(1), 57-81.
38. Menhaje-Bena. R. Koochi. MK. Modabberi. S. Ghazi Khansari. M. and Bakand. S. (2021). Investigation of geological and environmental factors of airborne suspended particles from sand and gravel quarries in the west of Tehran, Iran, *Health and Safety at Work*, 11(1), 117-135
39. Modaish, A.s (1997). Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city Saudi Arabia, *Arid Environments*, 36(2), 211-213.
40. Mousavi, H., Deniaei, A., and Pourkhabaz, A. Rez. (2017). *Study of physicochemical properties of suspended particles larger than 10 μm in South Khorasan province, East Iran*, 4th International Conference on Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, University of Tehran.
41. Moslempour, M. E., & Shahdadi, S. (2013). Assessment of heavy metal contamination in soils around of Khash cement plant, SE Iran, *Earth Sciences*, 5(2), 111-118.
42. Mounteney, I., Burton, A. K., Farrant, A. R., Watts, M. J., Kemp, S. J., & Cook, J. M. (2018). Heavy mineral analysis by ICP-AES a tool to aid sediment provenancing. *Geochemical Exploration*, 184, 1–10.

43. Najafi, M. S., Khoshakhllagh, F., Zamanzadeh, S. M., Shirazi, M. H., Samadi, M., & Hajikhani, S. (2013). Characteristics of tsp loads during the Middle East springtime dust storm (MESDS) in western Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(12), 5367-5381.
44. National Cartographic Center, (2017). *Topographic maps with scales of 1:25000 and 1:50,000 of the study area*.
45. Norouzi, S., & Khademi, H. (2015). Spatial and temporal variation in dust deposition rate in Isfahan and its relationship with selected climatic parameters. *Water and Soil Science*, 19(72), 149-162
46. Pe-Piper, G., Piper, D. J.W., Wang, Y., Zhang, Y., Trottier, C., Ge, Ch., & Yin, Y. (2016). Quaternary evolution of the rivers of northeast Hainan Island, China: Tracking the history of avulsion from mineralogy and geochemistry of river and delta sands Author links open overlay panel, *Sedimentary Geology*. 333(3), 84-99
47. Perrone, MR., Turnone, A., Buccoieri, A., & Buccolieri, G. (2006). Particulate matter characterization at a coastal site in south-eastern Italy. *Environmental Monitoring*, 8(1), 183-90.
48. Pye, K. (1992). Aeolian dust transport and deposition over Crete and adjacent parts of the Mediterranean Sea. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17, 271-288.
49. Roughani, R., Feiznia, S., Soltani, S., & Shahbazi, R. (2019). Physicochemical characteristics of dust deposits collected by MDCO in the suburbs of Isfahan, *Range and Desert Research*, 26(2), 313-324. (in Farsi)
50. Sadrian, M. R., Mohammad Khan, Sh., Mashhadi, N., & Piri, A. (2013). *Mineralogy of sediments caused by falling dust on the city of Ilam in the spring of 2013*, the third national conference on wind erosion and dust storms, Yazd, December 17-18, 2013. (in Farsi)
51. Shao, L., Li, W., Xioa, Z., Sun, Zh. (2008). The Mineralogy characteristics of airborne particles collected in Beijing during a severe Asian dust storm period in spring 2002, *Science in China Series D: Earth sciences* 50 (6), 953-959.
52. Shen, Z. X., Caquineauc, S., Caoa, J., Zhangb, X., Hana, Y., Gaudichetd, A., & Gomese, L. (2009). Mineralogical characteristics of soil dust from source regions in northern China. *Particuology*, 7(6), 507-512.
53. Watts, M.J., Button, M., Brewer, T.S., Jenkin, G.R.T. & Harrington, C.F. (2008). Quantitative arsenic speciation in two species of earthworms from a former mine site, *Environment Monitoring and Assessment* 10(6), 753-759
54. Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F. & Rastmanesh, F. (2011a). Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran), *Geochemical Exploration*, 111(3), 138-151.
55. Zarasvandi, A.R., Moore, F., & Nazarpour, A. (2011b). The first report of lead isotopic composition of dust particles in Khuzestan province in 2009 with emphasis on determining the origin and characteristics of environmental geology *Crystallography and Mineralogy*, 19(2), 263-270. (in Farsi)
56. Zarasvandi, A.R., Moore, F., & Nazarpour, A. (2011c). Mineralogy and morphology of dust storms particles in Khuzestan province: xrd and sem analysis concerning, *Crystallography and Mineralogy*, 19(3), 511-518. (in Farsi)

57. Zarasvandi, A.R. (2016). *Distribution of elements and geochemistry of wind sediments in Khuzestan plain*, 34th conference and the second specialized conference on earth sciences, Tehran, March 2016. (in Farsi)
58. Zhang, R., Shen, Z., Cheng, T., Meigen Zhang, M., & Liu, Y. (2010). The elemental composition of atmospheric particles at Beijing during asian dust events in spring 2004, *Aerosol and Air Quality Research*, 10, 67-75.
59. Zohrabi, S., Khosravi, H., Mesbahzadeh, T., Jafari, M., & Dastorani, M. (2019). Investigating wind erosion threshold velocity and the effect of soil characteristics in dust production centers in Alborz province, *Arid Regions Geographic Studies*, 10 (38), 1-13. (in Farsi)