



تعیین حساسیت رسوبات دریاچه مهارلو به فرسایش بادی و جهت حرکت گردوغبار حاصل از آن

محسن کاظمی^۱، سادات فیض‌نیا^۲، حسن خسروی^{۳*}، حمید مصباح^۴

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
 ۲. استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
 ۳. دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
 ۴. مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
- * نویسنده مسئول: hakhosravi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۰

چکیده

فرسایش بادی از مهم‌ترین فرآیندهای طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در سال‌های اخیر با خشک‌شدن دریاچه‌ها و تالاب‌ها، تولید گردوغبار از سطح آن‌ها در حال افزایش است. دریاچه مهارلو یکی از دریاچه‌های شور ایران است که در سال‌های گذشته سطح آن در حال خشک‌شدن بوده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی حساسیت رسوبات دریاچه مهارلو به فرسایش بادی و تعیین جهت حرکت گردوغبار حاصل از رسوبات دریاچه است. در این پژوهش، بافت رسوبات نمونه‌برداری شده تعیین و با ترسیم گلباد و گل‌طوفان جهت حرکت بادهای غالب و فرساینده مشخص و مقدار غلظت گردوغبار منطقه طی یک دوره بررسی شد. نتایج دانه‌بندی و هیدرومتری رسوبات نشان داد که بیش از ۶۰ درصد رسوبات تشکیل‌دهنده دریاچه مهارلو از ذرات سیلت است. همچنین نتایج حاصل از گلباد و گل‌طوفان ترسیم‌شده از منطقه نشان‌دهنده این است که جهت حرکت بادهای غالب و نائب غالب، غربی و شمال غربی و باد فرساینده نیز غربی است. بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از تعیین غلظت گردوغبار حاصل از دو نمونه‌بردار TSP و PM 2.5 از اطراف دریاچه، می‌توان گفت که مقدار گردوغبار جمع‌آوری شده ناشی از رسوبات دریاچه بالاتر از حد معمول بوده است. با توجه به جهت باد غالب منطقه، گردوغبار ایجادشده، روستاهای اطراف دریاچه و شهرستان سروسران را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین با توجه به درصد فراوانی ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات دریاچه مهارلو و حساسیت زیاد آن‌ها به فرسایش بادی، این معضل در آینده نزدیک متوجه دیگر شهرستان‌های استان فارس و حتی استان‌های اطراف نیز خواهد شد.

واژگان کلیدی: دانه‌بندی رسوبات؛ میکروپنس؛ گلباد؛ گل‌طوفان

■ مقدمه

دریاچه‌ها و تالاب‌ها از متنوع‌ترین بوم‌نظام‌های (اکوسیستم) زیستی زمین هستند. در سال‌های اخیر با شدت یافتن نوسان اقلیمی و مدیریت نامناسب آب و زمین، سطح آب تالاب‌ها و دریاچه‌ها کاهش یافته است. روند کاهش سطح آب به گونه‌ای است که شرایط مناسبی برای ایجاد فرسایش بادی و تولید گردوغبار از سطح تالاب‌ها و دریاچه‌ها فراهم شده است.

پژوهش‌های زیادی در صحرای آفریقا، با موضوع مناطق مستعد تولید گردوغبار، انجام شده است. دریاچه‌های نمک خشک‌شده با زهکش درونی یکی از مناطق مستعد تولید گردوغبار است (۷). تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای نشان می‌دهد منابع آبرفتی و دریاچه‌ای تولیدکننده عمده گردوغبارهای جهانی هستند (۸،۵). اندازه گردوغبار انتقالی در مسافت‌های طولانی معمولاً در اندازه غالب بین ۰/۰۶۸ - ۰/۰۲ میلی‌متر است (۲۶). تولید گردوغبار از سطح پلایاها و دریاچه‌های در معرض خشک شدن در حال افزایش است (۲۵،۲۱). نتایج حاصل از تحقیقات بر روی دریاچه اوزن آمریکا نشان داد که این دریاچه بر اثر فعالیت‌های انسانی تقریباً خشک شده و با وزش باد در عرض ۲۴ ساعت از سطح دریاچه، ذرات PM10 به غلظتی با بیش از ۱۲۰۰۰ میکروگرم بر متر مکعب می‌رسد؛ این مقدار گردوغبار می‌تواند اغلب سلامت و رفاه زندگی مردم را تا ۸۰ Km دریاچه تحت تاثیر قرار دهد. طی این مطالعه سطح آلودگی هوا در جوامع اطراف دریاچه اوزن بیش از ۴۰۰ میکروگرم بر متر مکعب در ۳۳۰ روز از سال‌های ۲۰۰۲ - ۱۹۹۵ برآورد شده است (۱۱). ویژگی گردوغبار جمع‌آوری شده موجود در هوا در بخش‌های مختلف از دره اوزن از نظر متوسط اندازه ذرات و تنوع ترکیبات متناسب با محل فصل، مورد بررسی قرار گرفتند. در تجزیه و تحلیل‌ها، ۶۰٪ - ۹۰٪ جرم نمونه‌ها، ذراتی با قطر کمتر از ۱۰ میکرومتر و ۱۰ - ۵۰ درصد جرم ذرات، کوچک‌تر از ۲ میکرومتر بوده است (۲۲). طی مطالعات انجام شده بر روی دریاچه بالخاش و براساس نقشه‌های بدست آمده در ارزیابی کمی، میانگین طولانی مدت انتقال شن و ماسه بین ۶۶ T/km².year - ۲۹۴۰ متفاوت بوده است. این منطقه منبع اصلی تولید

ذرات معلق در هواست و شرایط آب و هوایی و زیست-محیطی جنوب شرق قزاقستان را تحت تاثیر قرار داده است (۱۲). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی در بستر خشک‌شده دریای آرال نشان داد که بخش شمال شرقی صحرای آرال یکی از منابع گردوغبار فعال در منطقه و مسئول غلظت آئروسول بالا در اتمسفر است. علل اصلی ایجاد گردوغبار در این منطقه، تغییرات اصلی در پوشش اراضی، کاهش قابل توجه پوشش گیاهی و مخازن آبی کوچک است (۱۵). نتایج نمونه‌های گردوغبار در پایه‌های یک ماهه و دو ماهه از ۸ نقطه مختلف در شهر ریاض در دوره زمانی مارس ۱۹۹۱ تا فوریه ۱۹۹۲ نشان داد که ذرات گردوغبار بین لوم و لوم سیلت قرار گرفته و دارای ۳۷٪ ماسه، ۴۷٪ سیلت و ۱۶٪ رس هستند (۱۹). اندازه بیشتر ترکیبات گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران بین ۰/۰۶۸ - ۰/۰۲ میلی‌متر است (۱۸). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اندازه ذرات گردوغبار در عراق نشان داد که بافت اصلی نمونه گردوغبار، سیلت رسی شنی و به مقدار کمتر سیلت شنی رسی است. این امر به انرژی و سرعت باد منطقه‌ای در ایجاد گردوغبار که حامل این ذرات است بستگی دارد (۲). در مطالعاتی ذرات گل به طور متوسط ۷۴٪ از نمونه‌های گردوغبار را در کشور عراق دارا بوده‌اند در حالی که ۲۶٪ باقی‌مانده را ذرات شن و ماسه تشکیل داده‌اند. این در حالی است که متوسط نمونه‌هایی از گردوغبار جهانی، اندازه ذرات سیلت را ۶۱٪ اندازه ذرات نشان دادند (۳). نتایج حاصل از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای ریزگردها و طوفان‌های گردوغباری در ایران به منظور بررسی منشأهای داخلی و خارجی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های کنترل آن نشان داد که خشک‌سالی‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش جهانی در منطقه مهم‌ترین عوامل طبیعی پدیده گردوغبار بوده است. برخی عوامل دیگر از قبیل خشک‌شدن تالاب‌های منطقه و نابودی آن‌ها، درصد پایین پوشش گیاهی در برخی مناطق مستعد گردوغبار، ساخت سدهای بزرگ توسط کشور ترکیه، توسعه ناپایدار ناشی از مسئله جنگ و ویرانی‌های منطقه خلیج فارس، بر شدت و وسعت پدیده گردوغبار افزوده و باعث گسترش آن بر اکثر مناطق ایران

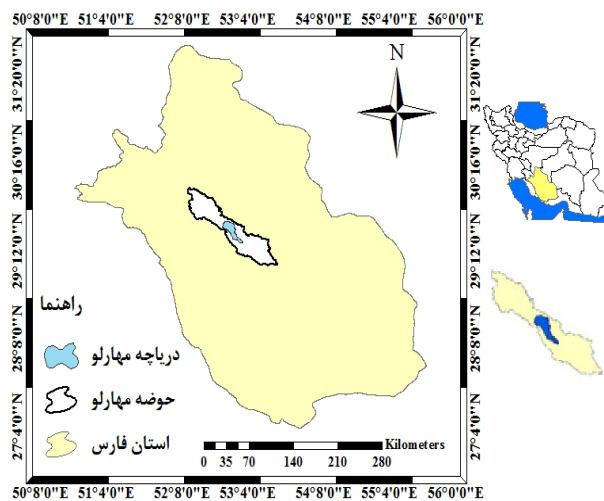
هدف از پژوهش حاضر، تعیین حساسیت رسوبات سطحی بستر دریاچه مهارلو به فرسایش بادی و پتانسیل تبدیل رسوبات به منبع گردوغبار و همچنین تعیین جهت حرکت رسوبات بادی به منظور جلوگیری از خطرات احتمالی ناشی از آنهاست.

■ مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

آبخیز مهارلو یکی از مهم‌ترین حوزه‌های آبخیز استان فارس به شمار می‌رود. از لحاظ جغرافیایی این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی $29^{\circ} 35' 59''$ و $29^{\circ} 57' 36''$ و طول جغرافیایی $52^{\circ} 17' 28''$ و $53^{\circ} 28' 51''$ واقع شده است (۲۰). محدوده دریاچه مهارلو بین طول‌های جغرافیایی $52^{\circ} 36' 43''$ و $53^{\circ} 04' 37''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $29^{\circ} 18' 58''$ و $29^{\circ} 36' 43''$ شمالی، در جنوب شرقی شهرستان شیراز واقع است. دریاچه مهارلو در ۱۰ کیلومتری شیراز واقع شده است. پهنای دریاچه ۱۵-۱۰ km طول آن ۲۸ km، وسعت آن 275 km^2 که متشکل از دریاچه فعلی، پوشش نمکی و پوشش گلی است. ارتفاع محل استقرار ۱۴۸۰ متر است. این دریاچه از طرف شمال غربی به شهرستان شیراز و از طرف جنوب شرقی به دشت سروستان محدود می‌شود (شکل ۱)، (۱۴). اهمیت حوضه مهارلو بیشتر به دلیل در بر گرفتن شهرهای شیراز و سروستان است که بیشترین تراکم جمعیتی در بین حوضه‌های استان فارس را داراست (شکل ۲).

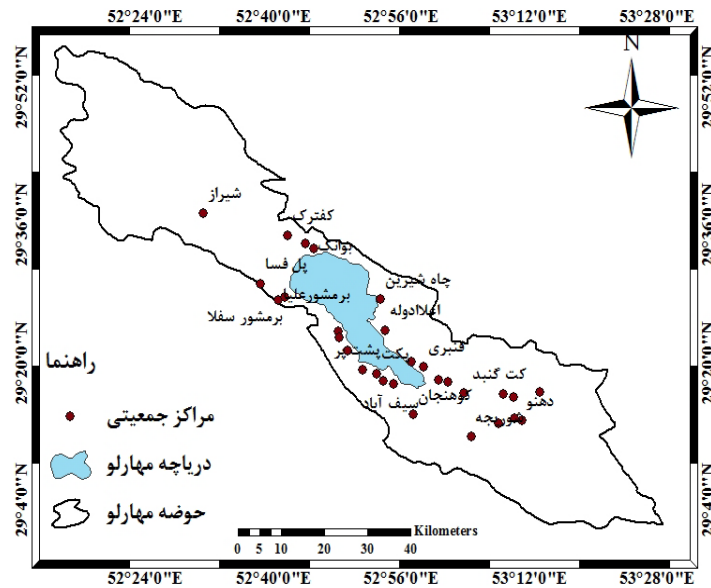
گردیده است (۱۷). نتایج بررسی طوفان گردوغبار در نواحی جنوبی و مرکزی ایران در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ با استفاده از داده‌های هواشناسی، داده‌های سینوپتیکی جو میانه و بالا، مدل رهگیری جریان باد برای شناسایی مناطق منشا و ردیابی طوفان‌های گردوغبار در ایستگاه‌های شیراز، فسا و بوشهر نشان داد که این توده گردوغباری از مناطق شمال غرب عراق و شرق سوریه سرچشمه گرفته و با جهت شمال غربی - جنوب شرقی وارد ایران شده است (۲۴). نتایج حاصل از برداشت ۳۲۰ نمونه رسوب از دوره‌های خشک از دریاچه مهارلو نشان داد که برخلاف پلایاهای دیگر در این دریاچه شور، مقدار کربنات از مقدار کلسیم و منیزیم کمتر است و بیشتر سازندهای این حوضه نسبت به فرسایش و تخریب حساس هستند (۹). مطالعه رخساره‌ها و رسوبات در استان فارس نشان‌دهنده آن است که کف دریاچه مهارلو، از سازند گورپی^۱ و پابده^۲ تشکیل شده است (۴). دریاچه مهارلو یکی از مهم‌ترین دریاچه‌های شور ایران است. شوری دریاچه مهارلو به‌طور میانگین حدود ۳۰۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شده است. این مقدار شوری ۱۰ برابر میانگین شوری آب دریاست (۱۶). با توجه به اینکه سال‌های اخیر با کاهش رطوبت رسوبات سطحی دریاچه و همچنین وزش باد، این منطقه می‌تواند به مکان مستعد تولید گردوغبار تبدیل شود. طبق مطالعات سنجش‌ازدور صورت‌گرفته در بازه زمانی ۳۰ ساله ۱۳۵۶-۱۳۸۹، پهنه شوره‌زار بستر دریاچه به‌مقدار $17/6$ کیلومتر مربع افزایش یافته است (۱۳).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

^۱Gurpi

^۲Pabdeh



شکل ۲. مراکز جمعیتی اطراف دریاچه مهارلو

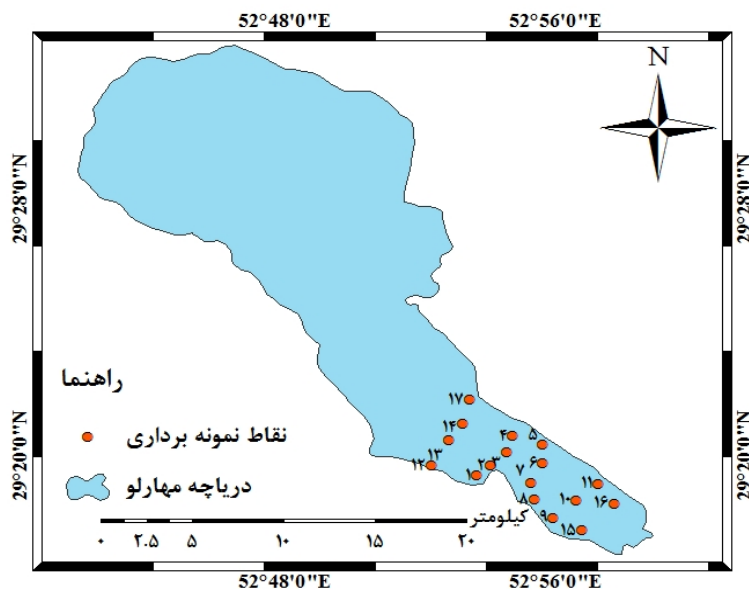
LVS1 با دو روش نمونه‌گیر TSP و $PM_{2.5}$ به مدت دو هفته تعیین شد.

تعیین بافت رسوبات

برای تعیین بافت رسوبات دریاچه مهارلو، ۱۷ نمونه رسوب از بخش انتهایی دریاچه برداشت شد. قسمت مرکزی و شمال غربی دریاچه دارای لایه نمکی هستند، بنابراین نمونه‌برداری از رسوبات در قسمتی با مساحتی بیش از ۵۰ کیلومتر مربع و با استفاده از دستگاه GPS به روش تصادفی نظام‌مند از عمق صفر-۱۵ سانتی‌متری صورت گرفت (شکل ۳).

روش تحقیق

برای بررسی مقدار حساسیت رسوبات دریاچه مهارلو به فرسایش بادی، به روش تصادفی نظام‌مند (سیستماتیک) از رسوبات دریاچه نمونه‌برداری شده است. اولین نقطه برای نمونه‌برداری، به صورت تصادفی انتخاب شد. با در نظر گرفتن فاصله طولی و عرضی بخش انتهایی بستر دریاچه، که فاقد پوشش نمکی است، مبادرت به تعیین تعداد نقاط، فاصله آن‌ها و مکان نمونه‌برداری شد (۱۰)؛ سپس بافت رسوبات تعیین و با ترسیم گلباد و گل-طوفان، سرعت و جهت وزش بادهای غالب و فرساینده تعیین گردید. غلظت گردوغبار اطراف دریاچه نیز با استفاده از سه دستگاه جمع‌آوری گردوغبار میکروپنس نوع



شکل ۳. نقشه موقعیت نقاط نمونه‌برداری

سطح دریاچه بود. به این منظور از اطلاعات بادسنجی منطقه مورد مطالعه و همچنین نمونه برداری و بررسی سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه از روی ویژگی‌های خاک و فرمول تجربی استفاده شد.

برای بدست آوردن سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه از رابطه باگنولد (۲۳) و برای محاسبه سرعت آستانه برشی از رابطه (۱) استفاده شد.

$$U_{*t} = A \sqrt{\frac{\rho_p - \rho_a}{\rho_p} g * d} \quad (1)$$

U_{*t} : سرعت آستانه برشی بر حسب متر بر ثانیه.
A: ضریب ثابت که باگنولد آن را برای شروع حرکت ۰/۱ در نظر گرفته است.

ρ_a : چگالی هوا بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب.

ρ_p : چگالی ذره بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب.

g: شتاب ثقل که برابر ۹/۸ است بر حسب متر بر مجذور ثانیه.

d: قطر معادل ذره بر حسب متر. باگنولد برای شروع حرکت مقدار A را برابر ۰/۱ بدست آورد. چگالی هوا و چگالی ذره به ترتیب برابر با ۱/۲۸ و ۱۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و قطر معادل ذره نیز ۰/۰۰۰۰۶۲ متر در آزمایشگاه تعیین شد.

نمونه‌گیری از ذرات گردوغبار در اطراف دریاچه

برای جمع‌آوری ذرات معلق در هوا و گرد و غبار از دستگاه میکروپنس (شکل ۴)، با دو نوع نمونه‌گیر TSP و PM2.5 که به ترتیب مجموع ذرات معلق در هوا و ذرات معلق در هوا با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون را جمع‌آوری می‌کنند، در بازه زمانی تعیین شده، به کار گرفته شد (جدول ۱).

براساس دستورالعمل، پیش تیمار نمونه‌ها برای دانه‌بندی، مجموع املاح موجود در نمونه حذف شد (۶). حذف کربنات‌ها با استفاده از اسید کلریدریک یک نرمال و با نسبت ۱:۱۰ انجام شد.

حذف سولفات‌ها با شستشوی مکرر نمونه‌ها و فیلترکردن آن‌ها با استفاده از کاغذ صافی انجام گرفت. کلریدها نیز با توجه به مقدار حلالیت بالا ضمن شستشوی نمونه‌ها حذف شدند. سپس نمونه‌ها خشک شده و پس از توزین، به روش الک تر، دانه‌بندی شدند. دانه‌بندی ذرات ریزتر از ۶۲/۵ میکرون نیز از روش هیدرومتری رسوب‌شناسی صورت گرفت (۱۰).

برای بررسی دانه‌بندی، به صورت تصادفی حدود ۲۰۰ گرم از هر نمونه برای الک کردن برداشت شد. با توجه به چسبندگی زیاد رسوبات دریاچه مهارلو امکان الک کردن به روش خشک وجود نداشت، بنابراین از روش الک‌بندی تر استفاده شد (۱۰).

سپس به ترتیب از الک‌های ۴، ۲/۸، ۱/۷، ۱/۱۸ میلی‌متری و ۶۰۰، ۳۰۰، ۱۵۰، ۶۲/۵ میکرون عبور داده شدند. در مجموع درصد ذرات باقی‌مانده در هر الک برای نمونه‌ها تعیین شد. با انجام روش هیدرومتری، درصد رس و سیلت ذرات رسوب برای تمام نمونه‌ها تعیین شد (۱۰).

گلباد و گل‌طوفان

نقش باد در فرسایش از دو نظر اهمیت دارد: نخست باد عامل اصلی فرسایش بادی است و دیگر اینکه باد با افزایش تبخیر، رطوبت خاک را کاهش می‌دهد و آن را مستعد فرسایش بادی می‌سازد (۱).

به منظور مطالعه ویژگی‌های باد، داده‌های باد مربوط به ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شیراز تجزیه و تحلیل شد. برای ترسیم گلباد سالانه از نرم‌افزار WRplot نسخه ۵/۹ استفاده شد. برای محاسبه گل‌طوفان نیاز به سرعت آستانه فرسایش رسوبات



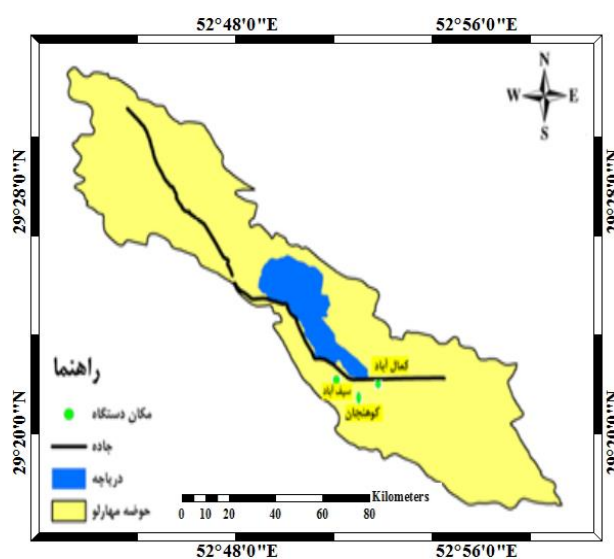
شکل ۴. دستگاه جمع‌آوری‌کننده گردوغبار میکروپنس نوع LVS₁ به همراه نمونه‌گیر آن در قسمت فوقانی

جدول ۱. برنامه زمانی استفاده از انواع نمونه‌گیرها

نوع نمونه‌گیر	زمان نمونه‌برداری	زمان اتمام نمونه‌برداری
TSP	۱۳۹۲/۷/۱۶	۱۳۹۲/۷/۲۳
PM _{2.5}	۱۳۹۲/۸/۱	۱۳۹۲/۸/۸

مقدار مکش پمپ دستگاه، ۲/۳ مترمکعب بر ساعت است. طی دو هفته نمونه‌برداری با دستگاه جمع‌آوری گردوغبار، ۶ نمونه برداشت شد. برای جمع‌آوری ذرات بسیار ریز معلق در هوا، نیاز به فیلترهای مخصوصی بود. در پژوهش حاضر، از فیلترهای رشته‌ای کوارتز بی‌شکل استفاده شد که دارای قطر ۴۷ میلی‌متر، چگالی ۸۵ گرم بر مترمربع و شبکه ۲/۲ میکرون است (شکل ۶).

بیشترین خشکی رسوبات بستر دریاچه در اواخر شهریور تا نیمه آبان است (۲۰). دستگاه‌های جمع‌کننده گردوغبار با حجم پایین مکش، تنها توانایی استفاده از یک دامنه از اندازه ذرات را دارند، بنابراین با در نظر گرفتن ویژگی‌های دستگاه و شرایط مورد نیاز برای استقرار آن و همچنین جهت وزش باد در منطقه از سه دستگاه به مدت دو هفته به صورت هم‌زمان استفاده شد. مکان استقرار دستگاه‌های نمونه‌گیر گردوغبار در اطراف دریاچه در شکل ۵ آمده است.



شکل ۵. مکان استقرار دستگاه‌های نمونه‌گیر گردوغبار

نتایج

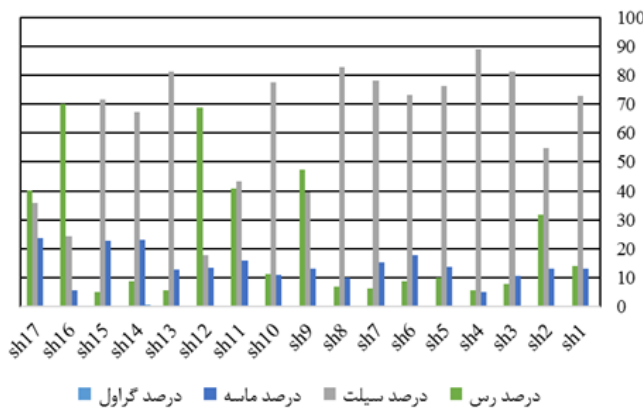
نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات با استفاده از روش الک‌بندی و هیدرومتری در شکل ۷ آمده است. در بسیاری از نمونه‌ها درصد سیلت بیشترین درصد تشکیل‌دهنده مواد تخریبی را دارد. به‌طور میانگین درصد سیلت رسوبات دریاچه حدود ۶۰٪ است. رس و ماسه به ترتیب فراوانی کمتری دارند.

مطالعات باد منطقه

گلباد

نتایج حاصل از گلباد سالانه ایستگاه شیراز از سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۱۰ بیانگر این است که ۴۵/۵٪ از بادهای منطقه آرام و ۵۴/۵٪ از بادهای دارای سمت و سرعت هستند. جهت

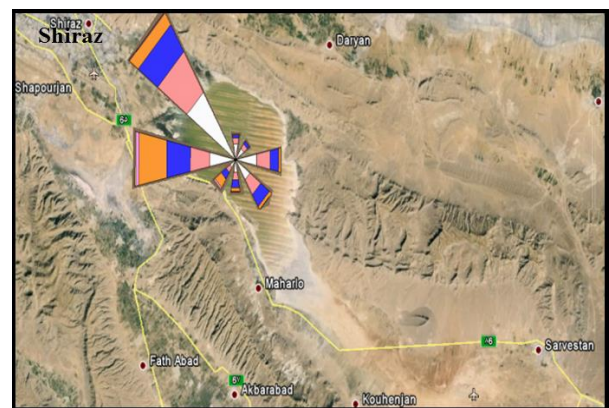
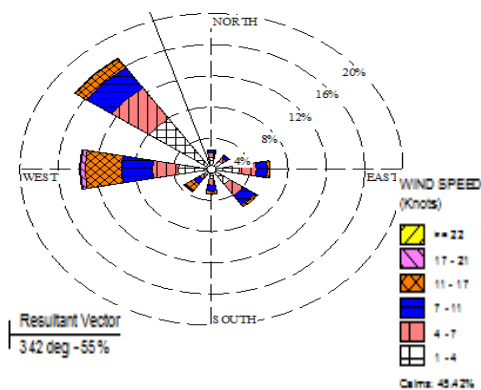
باد غالب، که ۱۷/۲٪ از کل بادهای منطقه را شامل می‌شود، شمال غربی است. ۷/۸٪ باد غالب با سرعت ۱-۴ نات، ۴/۷٪ با سرعت ۴-۷ نات، ۳/۱٪ با سرعت ۷-۱۱ نات، ۱/۳٪ باد غالب با سرعت ۱۱-۱۷ نات از سمت شمال غربی می‌وزد. باد نائِب غالب ۱۳/۷٪ از کل بادهای را شامل می‌شود، دارای جهت غربی است. از این جهت ۳/۴٪ بادهای با سرعت ۱-۴ نات، ۲/۶٪ بادهای با سرعت ۴-۷ نات، ۳/۲٪ بادهای با سرعت ۷-۱۱ نات، ۳/۷٪ بادهای با سرعت ۱۱-۱۷ نات و ۰/۵٪ از بادهای با سرعت ۱۷-۲۱ نات می‌وزد. سرعت و جهت سایر بادهای نیز شامل ۲/۵٪ از سمت شمال، ۲/۳٪ از سمت شمال شرقی، ۶/۱٪ از سمت شرق، ۵/۸٪ از سمت جنوب شرقی، ۳/۲٪ از سمت جنوب و ۳/۵٪ از سمت جنوب غربی است (شکل ۸).



شکل ۷. نمودار حاصل از دانه‌بندی رسوبات بستر دریاچه مهارلو



شکل ۶. نمونه‌ای از فیلتر کوارتز خالی از گردوغبار



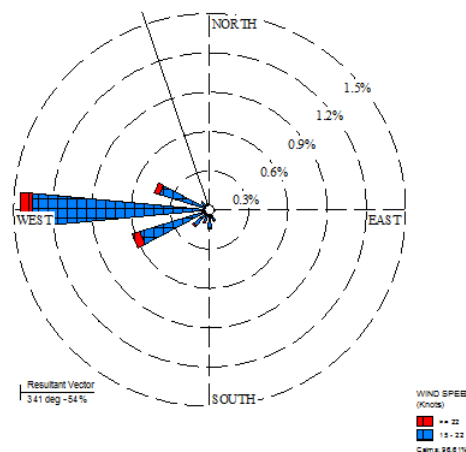
شکل ۸. گلباد سالانه ایستگاه شیراز

گل طوفان

نتایج حاصل از گل طوفان سالانه ایستگاه شیراز از سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ نشان داد که ۹۶/۷٪ از بادهای منطقه آرام و ۳/۳٪ از بادهای دارای سمت و سرعت هستند (شکل ۹). جهت باد غالب فرساینده منطقه، غربی است. به طوری که باد غالب ۱/۴٪ از کل بادهای فرساینده را شامل می شود. باد فرساینده نایب غالب نیز دارای جهت جنوب غربی بوده که مقدار آن ۰/۶٪ از کل بادهای شامل می شود. همچنین مقدار سرعت آستانه فرسایش با استفاده از رابطه بگنولد ۱۲ نات برآورد شد.

تعیین غلظت گردوغبار در زمان نمونه گیری در اطراف دریاچه پس از نصب نمونه گیرها و راه اندازی همزمان دستگاه های جمع کننده گردوغبار، مبادرت به جمع آوری گردوغبار در سه ایستگاه سیف آباد، کمال آباد، کوهنجان شد. نمونه ها در دو دامنه TSP و PM2.5 جمع آوری شده

و مقادیر مختلف وزن نمونه های گردوغبار جمع آوری شده در ۳ ایستگاه مطالعاتی در جدول ۲ آمده است. نتایج حاصل از جدول ۲ نمونه های جمع آوری شده در ایستگاه کمال آباد در دو دامنه TSP و PM2.5 به مقدار ۳۷/۵ و ۲۸/۶ میکروگرم بر متر مکعب دارای بیشترین مقادیر وزنی بوده اند. ایستگاه سیف آباد دارای مقادیر وزنی ۳۴/۶ و ۲۶، کوهنجان ۲۲/۱ و ۱۴/۱ میکروگرم بر متر مکعب در دو دامنه TSP و PM2.5 هستند. با توجه به نتایج بدست آمده از مقدار گردوغبار جمع آوری شده در ایستگاه ها می توان بیان کرد که با افزایش فاصله از دریاچه مهارلو مقدار گردوغبار جمع آوری شده در هر دو دامنه کاهش یافته است (شکل ۱۰). فیلترهای حاصل از جمع آوری گردوغبار در اطراف دریاچه در دو دامنه TSP و PM2.5 در شکل ۱۰ آمده است.



شکل ۹. گل طوفان سالانه ایستگاه شیراز

جدول ۲. زمان و مکان نمونه برداری گردوغبار در دو دامنه TSP و PM2.5 به همراه مقدار وزن و غلظت گردوغبار در زمان نمونه برداری

شماره نمونه		
۲	۱	نوع نمونه گیر
PM 2.5	TSP	تاریخ شروع تا اتمام نمونه برداری
۱۳۹۲/۸/۱-۱۳۹۲/۸/۸	۱۳۹۲/۷/۱۶-۱۳۹۲/۷/۲۳	غلظت نمونه ایستگاه کمال آباد (میکروگرم بر متر مکعب)
۲۸/۶	۳۷/۵	غلظت نمونه ایستگاه سیف آباد (میکروگرم بر متر مکعب)
۲۶	۳۴/۶	غلظت نمونه ایستگاه کوهنجان (میکروگرم بر متر مکعب)
۱۴/۱	۲۲/۱	



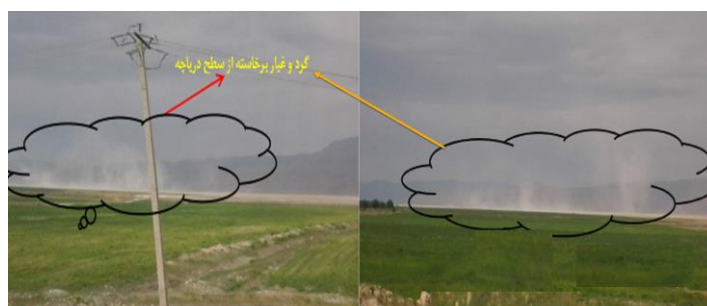
شکل ۱۰. فیلترهای حاصل از نمونه‌های جمع‌آوری گردوغبار در ایستگاه‌های اطراف دریاچه مهارلو

■ بحث و نتیجه‌گیری

کمال‌آباد و سیف‌آباد در دو دامنه TSP و PM_{2.5} دارای بیشترین مقادیر وزنی‌ست. با دورشدن از دریاچه مهارلو، مقدار گردوغبار جمع‌آوری‌شده توسط دستگاه در هر دو نوع نمونه‌گیر کاهش یافت. همچنین تفاوت مقدار گردوغبار جمع‌آوری‌شده نشان‌دهنده جهت حمل رسوبات از سطوح دریاچه به سمت شرق و جنوب شرقی دریاچه است. تولید گردوغبار از سطح لایه‌های نمک در دریاچه مهارلو در سال‌های اخیر با کاهش سطح آب دریاچه و به‌همراه آن کاهش رطوبت رسوبات مشاهده شده است (شکل ۱۱).

دریاچه‌های نمک خشک‌شده با زهکش درونی یکی از مناطق مستعد تولید گردوغبارند. به‌گونه‌ای که سطوح این دریاچه‌ها بر اثر کریستالیزه‌شدن نمک، به‌هم ریخته و شکاف‌هایی در سطوح آن ایجاد می‌شود (۷). دریاچه‌های در حال خشک‌شدن می‌توانند منبع مستعدی برای تولید گردوغبار باشند (۲۵، ۲۱، ۱۵). اندازه بیشتر ترکیبات گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران بین ۰/۰۶۸-۰/۰۲ میلی‌متر است (۱۸). متوسط نمونه‌هایی از گردوغبار جهانی، اندازه ذرات سیلت را ۶۱٪ اندازه ذرات نشان می‌دهند (۳).

بیشترین اندازه رسوبات دریاچه مهارلو در عمق صفر-۱۵ سانتی‌متری بیش از ۶۰٪ نمونه‌ها، قطری کمتر از ۶۲/۵ میکرون دارند. ذرات سیلت بیشترین ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات بستر دریاچه مهارلوست. با توجه به اینکه ذرات سیلت بیشترین حساسیت را نسبت به فرسایش بادی دارند (۲۳)، با بالا بودن مقدار مواد تبخیری رسوبات دریاچه (۹)، همچنین با کاهش رطوبت سطحی مقدار حساسیت رسوبات این دو بخش نیز بالاتر خواهد رفت. نتایج حاصل از گلباد منطقه ۴۵/۵٪ بادهای منطقه آرام و ۵۴/۵٪ بادهای منطقه دارای سمت و سرعت هستند. مجموع باد غالب و نایب حدود ۳۱٪ از بادهایی که سمت و سرعت دارند را تشکیل داده که به ترتیب دارای جهت شمال غربی و غربی هستند. جهت باد غالب فرساینده منطقه نیز غربی است. نمونه بردار TSP و PM_{2.5} نشان‌دهنده مقدار گردوغبار ناشی از رسوبات بادی است. بنابراین نتایج حاصل از تعیین غلظت گردوغبار در اندازه‌های مختلف ذرات در اطراف دریاچه مهارلو نشان داد که نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در ایستگاه



شکل ۱۱. برخاستن ذرات گردوغبار (نمک) از سطح دریاچه مهارلو، تاریخ ۱۳۹۳/۱/۱۲

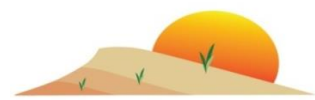
قرار می‌دهد. تشدید گردوغبار از سطح دریاچه سبب مهاجرت از روستاها و شهرستان‌های تحت تاثیر می‌شود و بیشترین مخاطرات اجتماعی و اقتصادی ناشی از مهاجرت افراد در این حوضه متوجه کلان‌شهر شیراز، نزدیک‌ترین شهر به دریاچه و مرکز استان، خواهد بود. با مطالعات انجام گرفته در زمینه فاصله تاثیرگذاری اثرات گردوغبار در اطراف دریاچه اوزن آمریکا، که نشان می‌دهد اثرات گردوغبار بر سلامتی و رفاه ساکنین دریاچه اوزن تا ۸۰ کیلومتر از دریاچه موثر است (۱۱)، جهت جلوگیری از خطرات پیش رو نیاز به اقدام فوری برای احیای دریاچه مهارلو است. در غیر این صورت بروز گردوغبار از سطح دریاچه با توجه به حساسیت بالای رسوبات آن به فرسایش بادی، خطرات جبران‌ناپذیر رفاهی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی برای شهرستان‌های اطراف دریاچه مهارلو در سال‌های آینده در پی دارد.

مسیر حرکت طوفان‌های گردوغباری از شهر شیراز و شهرستان‌های اطراف دارای جهت شمال غربی-جنوب شرقی است (۲۴). بافت اصلی نمونه گردوغبار در کشور عراق سیلت رسی شنی است (۲). بنابراین با مطالعات صورت گرفته در سراسر جهان، ذرات سیلت مستعدترین ذرات برای تبدیل به گردوغبار هستند و این ذرات بیشترین فراوانی ذرات تشکیل دهنده گردوغبار جهانی را شامل می‌شوند. با فراوانی بالای ذرات سیلت در رسوبات دریاچه مهارلو و نمونه برداری‌های حاصل از دستگاه گردوغبار، می‌توان دریاچه مهارلو را یکی از مستعدترین مناطق تولید گردوغبار در استان فارس دانست. از آنجاکه جمعیت بالایی در نزدیکی دریاچه مهارلو زندگی می‌کنند، با شدت گرفتن برداشت رسوبات و نمک از دریاچه توسط باد، مشکلات اجتماعی و اقتصادی ایجاد می‌شود. با توجه به جهت وزش باد غالب و باد فرساینده به‌ویژه شهرستان سروستان، خرامه، فسا و روستاهای اطراف را تحت تاثیر

■ References

- Ahmadi, H. (2008). Applied geomorphology-wind erosion and desert. University of Tehran Press, 706. (in Farsi)
- Al-Dabbas, M. A., Abbas, M. A., & Al-Khafaji, R. M. (2012). Dust storms loads analyses—Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 5(1), 121-131
- Al-Dousari, A. M., Al-Awadhi, J., & Ahmed, M. (2013). Dust fallout characteristics within global dust storm major trajectories. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(10), 3877-3884.
- Bahrami, M., & Parvanehnezhad Shirazi, M. (2010). Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh Formations and the type of Mesozoic– Cenozoic boundary in Fars province, Iran, *Journal of Applied Geology*, 5(4):330-335.
- Bryant, R.G. (2003). Monitoring hydrologic controls on dust emissions: preliminary observations from Etosha Pan, Namibia. *Geographic Journal*, 169: 131–141.
- Carter M.R., & Gregorich E.G. (2008). Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, 1263.
- Coude-Gaussen, G. (1984). Le cycle des poussières éoliennes désertiques actuelles et la sédimentation des loess péri-désertiques quaternaires. *Bull Centres Rech Explor.-Prod and Elf-Aquitaine*, 8: 167-182.
- Engelstadter, S., Kohfeld, K. E., Tegen, I., & Harrison, S. P. (2003). Controls of dust emissions by vegetation and topographic depressions: An evaluation using dust storm frequency data. *Geophysical Research Letters*, 30(6).
- Fayazi, F., Nakhaci, M., & Lak, R. (2007). Propose minor changes in the brine evolution graph provided by Agos and Hardy with brine review Maharloo Lake, (in Farsi)
- Feiznia, S. (2008). Applied sedimentology with emphasis on soil Erosion and Sediment Production. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, P. 356. (in Farsi)
- Great Basin Unified Air Pollution Control District (GBUAPCD) (2003). Owens Valley PM₁₀

- planning area demonstration of attainment site implementation plan 2003 revision, Board Order 031113-01, Bishop Calif.
12. Gulnura, I., & Abuduwaili, J. (2013). Deflation processes and their role in desertification of the southern Pre-Balkhash deserts. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(11), 4513-4521.
 13. Hoshmandi, F. (2011). Change detection border lake shore and surrounding land since 1330-1380 using data Remote Sensing, Master Thesis, Environmental Geology, Faculty of Science, University of Shiraz. (in farsi).
 14. Hatami, KH., Bigloo, B., & Khoshhali, J. (2010). Climatic regions of Fars province to factor analysis, *geographical space magazine*, 2, 36-48. (in farsi)
 15. Indoitu, R., Kozhoridze, G., Batyrbaeva, M., Vitkovskaya, I., Orlovsky, N., Blumberg, D., & Orlovsky, L. (2015). Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea. *Aeolian Research*, 17, 101-115.
 16. Jahanshahi, R. (2007). Investigate the southeastern margin of groundwater pollution Maharloo Lake, Master Thesis, Faculty of Science, University of Shiraz. (in Farsi)
 17. Kermani, M., Taherian, A., & Iranlou, M. (2016). Analysis of Satellite Images of drowning and dust storms in Iran to Investigate the Internal and External Origins and its Control Methods, *Rahed Health Journal*, 2(1) 51-40. (in farsi)
 18. Khoshakhlagh, F., Najafi, M. H., Zamanzadeh, S. M., Shirazi, M. H., & Samadi, M. (2013). The Study of the Composition of Dust in West and Southwest Iran. *Geography and Environmental Hazards*, 6, 17-36 (in Farsi).
 19. Modaihsh, A. S. (1997). Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city, Saudi Arabia. *Journal of arid environments*, 36(2), 211-223.
 20. Mesbah, H. (2011). Investigate the origin of Maharloo Lake deposits, Fars Research Center for Agriculture and Natural Resources, *Institute of Soil and Water Conservation*, 40(2), 12-46. (in Farsi)
 21. Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E., & Gill, T. E. (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of geophysics*, 40(1).
 22. Reheis, M. C. (1997). Dust deposition downwind of Owens (dry) Lake, 1991-1994: Preliminary findings. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D22), 25999-26008.
 23. Refahi, h. GH. (2003). Wind erosion and control. University of Tehran Press, (in Farsi)
 24. Vali, A. A., Khamoshi, S., Mousavi. S. H., Panahi, F., & Tamasoki, E. (2014). Climatic analysis and tracking of storm dust in the south and center of Iran, *Environmental studies Journal*, 40(4), 972-961 (in Farsi)
 25. Washington, R., Todd, M., Middleton, N. J., & Goudie, A. S. (2003). Dust-storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 297-313.
 26. Walker, P. H., & Costin, A. B. (1971). Atmospheric dust accession in South-Eastern Australia. *Soil Research*, 9(1), 1-5.



Investigating of Susceptibility of Maharloo Lake Sediments to Wind Erosion and Determination of Dust Movement Direction

M. Kazemi¹, S. Feiznia², H. Khosravi^{3*}, H. Mesbah⁴

1. M.Sc. Student in Arid lands Management, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Senior Research Expert, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Fars, AREEO, Shiraz, Iran.

* Corresponding Author: hakhosravi@ut.ac.ir

Received date: 11/02/2018

Accepted date: 11/07/2018

Abstract

Wind erosion is one of the most important natural processes in arid and semi-arid regions. In recent years, due to lake drying, dust producing has been increased from lakes and wetlands surfaces. Maharloo Lake, as one of the most important saline lakes of Iran, dried up in recent years. This research aims to study the susceptibility of Maharloo Lake sediments to wind erosion and determining of direction of the Lake surface dust movement. At first step, texture of the sampled sediments were determined. Next, direction of the dominant and erosive winds were determined by drawing wind and storm rose graphes and concentration of dust was calculated over a period. Results of sediment granulometry and hygrometry showed that more than 60% of the Maharloo Lake sediments were silt. Results of wind and storm roses showed that the direction of dominant wind is west and northwest; while the direction of erosive wind is western. According to the results of dust concentrations from two TSP and PM 2.5 samplers around the lake, it is derived that the amount of dust collected from the lake's sediments is higher than normal. Also, based on the dominant wind direction, created dust would affect mostly villages around the lake and also, Sarvestan Township. Therefore, in regard to the percentage of particles frequency containing Maharloo Lake's sediments and their high sensitivity to wind erosion, this challenge described in advanced will soon become apparent to other cities located in Fars province and even to other adjucent provinces.

Keywords: Sediment granulometry; Micropenes; Wind rose; Storm rose