

بررسی امکان ایجاد ریزگردهای نمکی در پهنه‌ی شمال شرقی دریاچه‌ی ارومیه

ابراهیم اصغری کلجاهی*: دانشیار گروه علوم زمین، دانشکده‌ی علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

سکینه حسین پور اصل کلیبر: دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه تبریز

عطاالله ندری: دانشیار گروه علوم زمین، دانشکده‌ی علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲۹)

چکیده

دریاچه‌ی ارومیه یکی از بزرگترین دریاچه‌های آب شور جهان است که در حال خشک شدن می‌باشد. یکی از نگرانی‌هایی که در این باره وجود دارد، انتشار ریزگردهای نمکی از پهنه‌های خشک شده‌ی این دریاچه به وسیله‌ی باد است. در این راستا، به بررسی پتانسیل ایجاد گردوغبار نمکی در پهنه‌ی شمال شرقی دریاچه ارومیه - که نزدیک‌ترین پهنه به شهر تبریز محسوب می‌شود - پرداخته شده‌است. براساس بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، بازدیدهای محلی و با توجه به جنس رسوبات، این پهنه به ۴ زیرپهنه تفکیک شده‌است. این چهار زیرپهنه به ترتیب از سمت خشکی به دریاچه، زیرپهنه‌ی خاک طبیعی، خاک نمک‌دار، سنگ نمک خاک‌دار و سنگ نمک خالص نامگذاری شده که مساحت هر کدام به ترتیب ۱۶۰، ۲۲۰، ۱۷۰ و ۵۸ کیلومتر مربع است. برای بررسی موضوع، ابتدا بر اساس آمار و اطلاعات موجود به بررسی شرایط اقلیمی پرداخته و گلباد منطقه تهیه شد. جهت غالب بادهای منطقه به سمت شرق و شمال شرقی است. با نمونه‌برداری از زیرپهنه‌های مختلف و آزمایش‌های فیزیکی و مدل‌سازی و آزمایش‌های تونل باد، مدول فرسایش بادی رسوبات در ساحل شمال جزیره‌ی اسلامی، ۱۱۵۷ گرم بر متر مربع و مدول فرسایش بادی رسوبات ساحل شرفخانه، ۱۹۴۸ گرم بر متر مربع در دقیقه تعیین شده‌است. برای پهنه‌های نمکی هر دو منطقه مدول فرسایش بادی خیلی کم (با امکان فرسایش ناچیز) حاصل شد. در زیرپهنه‌های نمک خالص و نمک خاک‌دار - که نمک به صورت متبلور و سنگ نمک دیده می‌شود - احتمال ایجاد گرد و غبار نمکی خیلی کم است، اما در زیرپهنه‌ی خاک نمک‌دار به خصوص در سواحل جزیره‌ی اسلامی، پتانسیل ایجاد گرد و غبار نمکی کم و بیش وجود دارد. مساحت این زیرپهنه حدود ۳۵ درصد پهنه‌ی مورد مطالعه است. در مجموع بر خلاف ارزیابی‌های اولیه، خوشبختانه پتانسیل ایجاد گردوغبار نمکی در این پهنه اندک است.

واژگان کلیدی: تونل باد، دریاچه‌ی ارومیه، ریزگرد، فرسایش بادی، نمک.

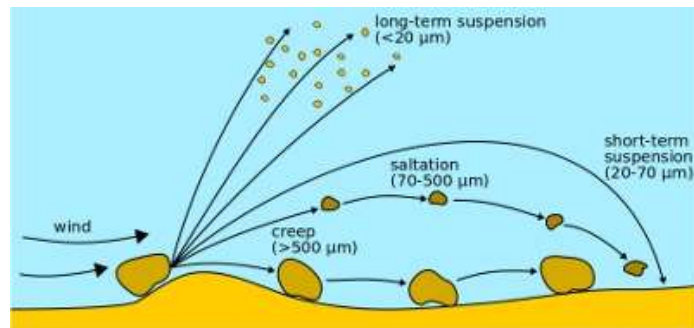
۱- مقدمه

طوفان‌های گردوغبار نمکی، نوع خاصی از طوفان‌های گردوغبار است که توسط فرسایش بادی در رسوبات غنی از نمک در پلایاهای شور ایجاد می‌شود (Micklin, 2007 & Abuduwailli et al, 2008). طوفان نمکی در مقایسه با طوفان‌های گردوغبار معمول، غلظت بالایی از ریزدانه‌های شور و مواد قلیایی مانند سولفات سدیم، کلرید سدیم و دیگر اجزای سمی را انتقال می‌دهد که به تحریک و آب شدن یخچال‌های طبیعی، شور شدن خاک و مسمومیت پوشش

گیاهی زمین منجر می‌شود و امنیت زیست محیطی مناطق خشک را به طور جدی تهدید می‌کند (Small et al, 2001 & Singer et al, 2003 & Erdinger et al, 2004 & Abuduwaili and mu, 2006). حدود ۳۰ درصد منشأ گردوغبار جهان، پهنه‌های خشک شده از جمله پلایاها است (Ginoux et al, 2012). پلایاهای شور، مناطق بیابانی شوری هستند که پس از خشک شدن دریاچه‌های شور، در اثر به هم خوردن موازنه‌ی آب منطقه و فعالیت‌های انسانی به وجود می‌آیند (Reynolds et al, 2007). پلایا یا دریاچه‌های فصلی، حاوی ذخایر فراوانی از خاک و رس است که به صورت دوره‌ای به علت فرسایش بادی می‌تواند در معرض آسیب قرار گیرد. در نتیجه، به عنوان منابع اصلی گردوغبار در مقیاس جهانی در نظر گرفته می‌شود (Baddock et al, 2016). آب بسیاری از دریاچه‌های شور جهان به میزان هشدار دهنده‌ای در حال کاهش است که این امر به کاهش زیستگاه پرندگان آبی و منافع اقتصادی منجر می‌شود و سلامت انسان‌ها را تهدید می‌کند (Wurtsbaugh et al, 2017).

در این میان خشک شدن سریع و نگران‌کننده‌ی دریاچه‌ی ارومیه، بزرگ‌ترین دریاچه‌ی داخلی ایران و دومین دریاچه‌ی فوق‌اشباع از نمک دنیا، بارزترین نمونه‌ی تشدید خشکی دریاچه در جهان به شمار می‌رود. طی دو دهه‌ی اخیر و تحت تأثیر تحولات اقلیم‌شناسی کلان در شمال غرب ایران، کاهش میزان نزولات آسمانی، تبخیر و تعرق ناشی از افزایش متوسط درجه‌ی حرارت در شمال غرب کشور و دخالت عوامل انسان‌زاد از قبیل سدسازی، به بروز مخاطره‌ی زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری در شمال غرب ایران منجر شده‌است (Asghari-Zamani, 2013). طی ۱۴ سال گذشته، دریاچه‌ی ارومیه حدود ۷۰ درصد از آب خود را از دست داده‌است (Tourian et al, 2015). بدون تردید گسترش دفعات رویداد و بسط گستره‌ی طوفان‌های نمکی برخاسته از بستر دریاچه‌ی ارومیه، مهم‌ترین پیامد خشک شدن این دریاچه است (Zarasavandi, 2014). منشأ گردوغبار نمکی از منشأ گردوغبار سیلتی متفاوت است. منشأ طوفان گردوغبار شور، عمدتاً بستر دریاچه‌ی خشک شده یا زمین‌های مشابه است. این مناطق به علت فقدان تعادل هیدرولوژیکی، کاهش مساحت دریاچه، تبخیر آب‌های زیرزمینی خیلی شور و تجمع نمک در کف دریاچه‌ی خشک شده به دلیل فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود (Gill, 1996 & Blank et al, 1999). این رسوبات سطحی به دلیل تجمع نمک، بافت سستی دارد و به علت فقدان پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی پراکنده، فرسایش بادی در آن به راحتی رخ می‌دهد.

عوامل مؤثر بر خیزش گردوغبار عبارت است از: سرعت باد، زبری سطح زمین، اندازه و بافت ذرات، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و کانی‌شناسی رسوبات. هنگام وزش باد، ذرات خاک یا نمک حرکت خود را به صورت‌های مختلف شروع می‌کنند که در شکل ۱ به طور شماتیک نشان داده شده‌است. ذرات کوچک‌تر از ۲۰ میکرون از امکان برخاستن و تعلیق در هوا برخوردارند.



شکل ۱: فرایندهای معمول در فرسایش بادی که شامل غلتش^۱، جهش^۲ و تعلیق^۳ است (برگرفته از World meteorological organization, 2016).

طی سال‌های گذشته، اظهارنظرهای متفاوتی در مورد خطر گردوغبار نمکی ناشی از خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه مطرح شده‌است که به نظر می‌رسد برخی از آنها، مبنای علمی دقیقی ندارد؛ از جمله این اظهارنظرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- رسوبات، نمکی با حجم تقریبی ۵ میلیارد تن و سایر املاح بر جای می‌گذارد که می‌تواند اراضی کشاورزی دو استان شرق و غرب دریاچه‌ی ارومیه را نابود کند (Jamshidi, 2008).
 - خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه بحران ملی بود و انتشار ریزگردهای آن، تا شعاع ۵۰۰ کیلومتری خواهد رسید (Fakherifard, 2015).
 - ایجاد و تشدید ریزگردها به ویژه ریزگردهای نمکی، از جمله پیامدهای مستقیم خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه بود که به شدت سلامت ساکنین مجاور دریاچه و استان‌های همجوار آن را تهدید می‌کرد (Rajabi, 2015).
- در این مقاله پهنه‌ی شمال شرقی دریاچه از نظر بافت و رسوبات به قسمت‌های مختلف تفکیک و از نظر پتانسیل ایجاد گردوغبار نمکی بررسی شد. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده، دریاچه در این پهنه پس‌روی زیادی داشته‌است. خشک شدن این دریاچه نیز از سال ۱۳۷۷ شروع شده‌است (Urmia Lake Restoration Program, 2017).



شکل ۲: وضعیت بخش شمالی دریاچه‌ی ارومیه در عکس ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ میلادی

¹ Creep
² Saltation
³ Suspension

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق روش‌های مورد مطالعه برای تعیین پتانسیل تولید ریزگرد نمکی، شامل گردآوری اطلاعات، مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و بررسی داده‌های هواشناسی برای تعیین جهت و سرعت باد در منطقه است. بر روی نمونه‌های برداشته شده، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی انجام شده است.

نمونه‌برداری و بررسی ویژگی‌های بافتی و ساختی رسوبات سطحی مانند تعیین افق‌های تشکیل‌دهنده رسوبات در هر ناحیه، ضخامت پوسته‌های نمکی^۱، نوع پوسته‌های نمکی (پیوسته، منقطع، برجسته یا شیاردار، مسطح و غیره)، وجود پوشش ماسه‌ای^۲ در سطح رسوبات برای تلفیق با نتایج آزمایش‌های تونل باد، اطلاعات هواشناسی (نوع اقلیم منطقه و سرعت و جهت باد) و اندازه‌ی دانه‌ها، برای تعیین پتانسیل تولید ریزگرد نمکی در پهنه‌ی مورد مطالعه انجام گرفته است. نمونه‌گیری‌ها با توجه به تغییر بافت و نوع رسوبات در پهنه‌ی مورد مطالعه صورت گرفت. در برداشت نمونه از رسوبات، سعی شد این نمونه‌ها از فواصل چند متری نزدیک هم واقع بر گوشه‌های یک مثلث، برداشت و با اختلاط آنها یک نمونه معدل حاصل شود.

برای مطالعه‌ی فرسایش‌پذیری رسوبات در پهنه‌ی مورد مطالعه، از ماشین تونل باد در آزمایشگاه دانشکده‌ی مکانیک دانشگاه تبریز استفاده شد که در شکل ۳ تصویری از آن نشان داده شده است. نمونه‌های برداشته شده ابتدا خشک شد تا در مستعدترین حالت برای فرسایش بادی قرار گیرد. سپس به حالت سست در سینی‌های آزمایش ریخته شد، سپس سطح آن با خط‌کش به دقت صاف و وزن شد. آن گاه در کانال آزمایش تونل باد قرار گرفت و موتور مکنده‌ی تونل روشن شد تا باد در کانال (تونل) ایجاد شود. ماشین تونل باد مورد استفاده از قابلیت ایجاد سرعت‌های مختلف از ۱ تا حدود ۳۰ متر بر ثانیه (معادل ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت) برخوردار است. آزمایش دانه‌بندی نمونه با استفاده از الک و در حالت خشک، طبق استاندارد ASTM D422 انجام گرفت. اطلاعات هواشناسی مهم در این خصوص شامل جهت و سرعت باد و داده‌های بارندگی و دما است. ذکر این امر لازم است که اقلیم منطقه نیز از نوع خشک و سرد است (Hoseinpour, 2017).



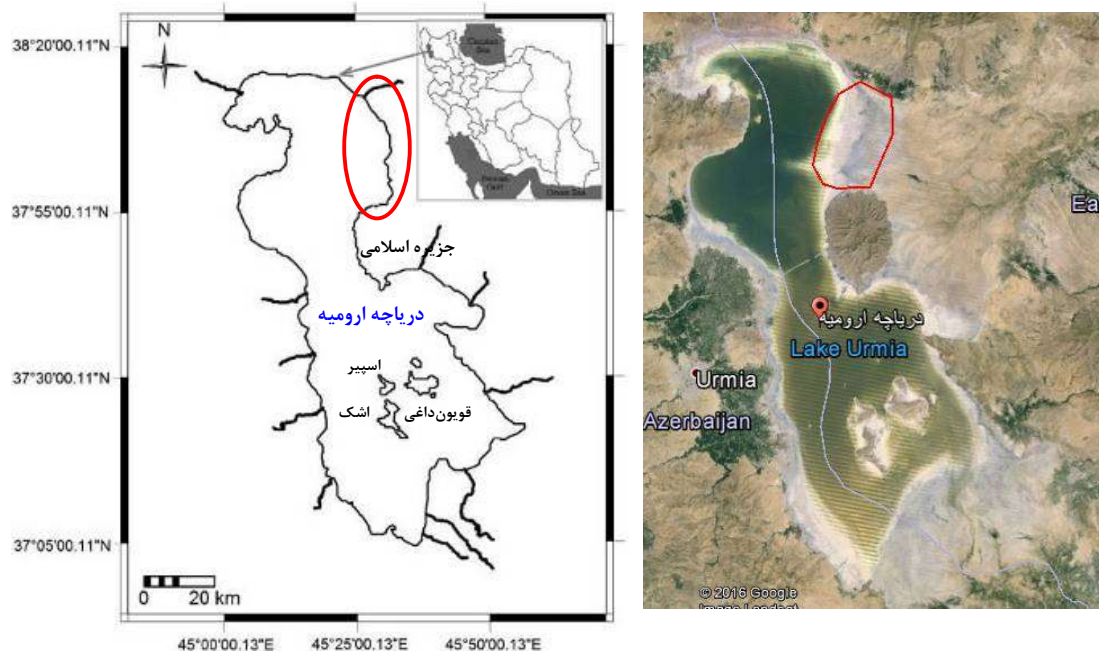
شکل ۳: تصویری از تونل باد مورد استفاده واقع در دانشکده‌ی مکانیک دانشگاه تبریز

¹ Salt crust

² Sand pavement

۳- موقعیت پهنه‌ی مورد مطالعه

دریاچه‌ی ارومیه در یک فرورفتگی طبیعی درون حوضه‌ی آبریز، در ۱۷ کیلومتری شرق ارومیه و ۵۵ کیلومتری غرب شهر تبریز و در بین استان‌های آذربایجان شرقی و غربی در شمال غرب ایران قرار گرفته‌است. این دریاچه مساحتی حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع را می‌پوشاند و بیشترین طول و عرض آن به ترتیب ۱۴۰ و ۵۰ کیلومتر است. اکنون مساحت این دریاچه به ۱۷۰۰ کیلومتر مربع کاهش یافته‌است (ISNA news Agency, 2018). پهنه‌ی خارج شده از زیر آب دریاچه در این ناحیه (حدفاصل شرفخانه تا جزیره‌ی اسلامی) حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع است (شکل ۴).



شکل ۴: موقعیت پهنه‌ی مورد مطالعه در شمال شرقی دریاچه‌ی ارومیه

مختصات جغرافیایی مرکز پهنه‌ی مورد مطالعه، $37^{\circ} 5' - 38^{\circ} 2'$ شمالی است. این پهنه‌ی خشک شده، نزدیک‌ترین پهنه به شهر ۲ میلیونی تبریز است. با توجه به جهت باد غالب منطقه که به سمت شرق و شمال شرق است، در صورتی که در این ناحیه گردوغبار نمکی ایجاد شود مهم‌ترین مرکز جمعیتی که آسیب خواهد دید، کلان‌شهر تبریز است (Hoseinpour, 2017).

۴- نتایج و بحث

نتایج تحقیق از بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، مطالعات صحرائی، مطالعات هواشناسی، نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها و پرس‌وجوهای محلی حاصل شد.

۴-۱- بررسی عکس‌های ماهواره‌ای

عکس‌های ماهواره‌ای ۱۸ سال گذشته‌ی منطقه و روند خشک شدن دریاچه در این قسمت، سال به سال بررسی شد.

بر اساس بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، در پهنه‌ی شمال شرقی دریاچه در حدفاصل بندر شرفخانه تا جزیره‌ی اسلامی بالغ بر ۵۰۰ کیلومتر مربع خشک شده و از زیر آب بیرون آمده‌است (شکل ۲).

۲-۴- مطالعات صحرایی

از پهنه‌ی مورد مطالعه در چند نوبت بازدید و وضعیت رسوب‌شناسی ساحل قدیمی و پهنه‌ی خشک شده بررسی شد و نمونه‌برداری صورت گرفت. مهم‌ترین قسمت‌های بازدید شده بندر شرفخانه، روستای شیخولی (در غرب شرفخانه) و ساحل شمال جزیره‌ی اسلامی است. در هر بازدید ضمن بررسی‌های محلی، نمونه‌برداری و عکس‌برداری از رسوبات مختلف صورت گرفت. در شکل ۵، تصاویری از رسوبات نمکی مختلف در پهنه‌ی خشک شده نشان داده شده‌است. بر اساس عکس‌های ماهواره‌ای و مشخصات رسوب‌شناسی، در این پهنه چهار زیرپهنه تفکیک شده‌است که در شکل ۶ شرح داده می‌شود.



شکل ۵: تصاویری از رسوبات پهنه مورد مطالعه، الف) تناوبی از رسوبات روشن (ماسه‌ای) و تیره (لجنی)، ب) سنگ نمک‌های تیره رنگ ترک‌دار، ج) پوسته نمکی ترک خورده سطحی، د) رسوبات نمکی سفید رنگ

مشخصات این زیرپهنه‌ها به شرح زیر است:

الف- زیرپهنه‌ی خاکی

این زیرپهنه شامل کرانه‌ی ساحلی قدیمی است که هیچ‌گاه زیر آب دریاچه ارومیه نبوده و لذا مقدار نمک آن ناچیز است. در این زیرپهنه، ذرات خاک منفصل و مخلوطی از ذرات ماسه، سیلت و رس (خاک لوم) وجود دارد. پوشش گیاهی پراکنده و زبری سطح، از جمله ویژگی‌هایی است که در این زیرپهنه می‌توان به آن اشاره کرد. مساحت

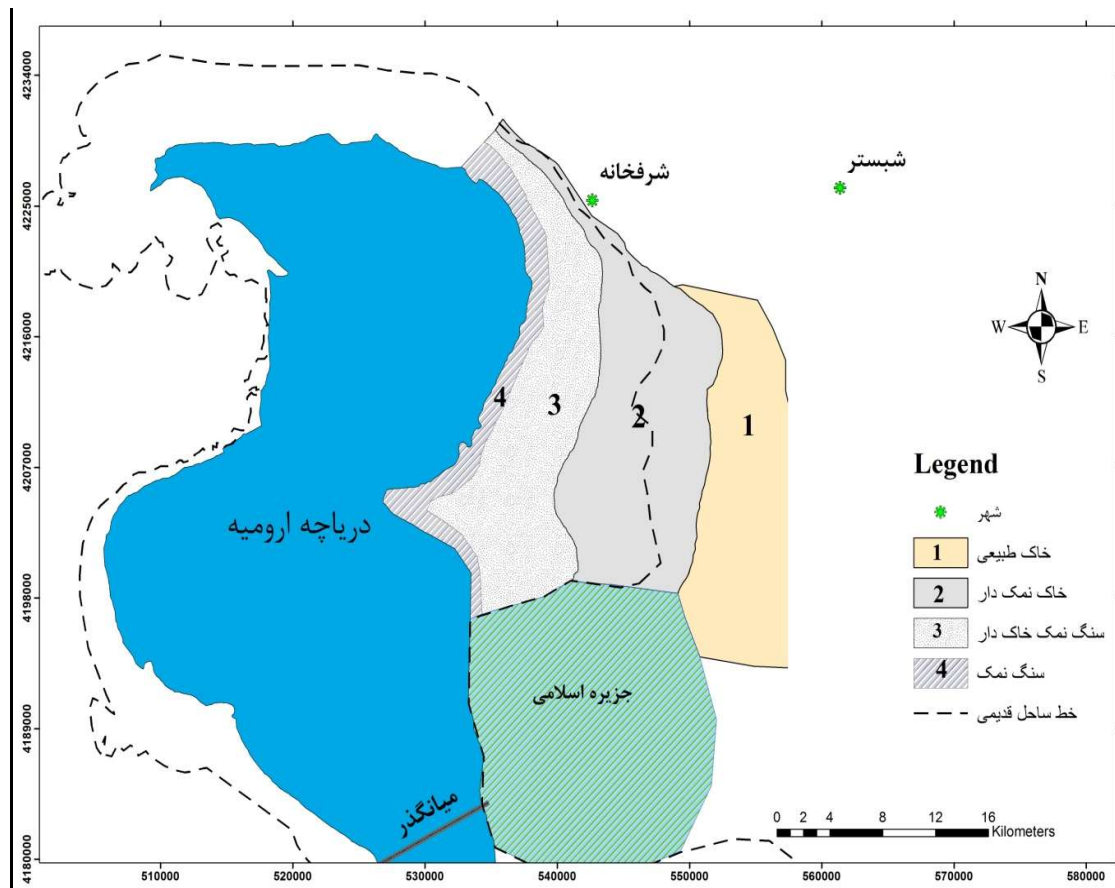
آن حدود ۱۶۰ کیلومتر مربع است.

ب- زیرپهنه‌ی خاک نمک‌دار

زیرپهنه‌ی خاک نمک‌دار - که بیشتر شامل ماسه‌ها، سیلت‌ها و لجن‌های نمک‌دار است - وسعت قابل توجهی دارد. رسوبات این پهنه، حالت سست و پودری دارد و می‌تواند منشأ گردوغبار نمکی باشد. مساحت زیرپهنه‌ی مذکور حدود ۲۲۰ کیلومتر مربع است.

ج- زیرپهنه‌ی سنگ نمک خاک‌دار

این زیرپهنه اغلب از پوسته‌های نمکی ضخیم، سفت، مستحکم با ترک‌های چند وجهی در اندازه‌های مختلف تشکیل شده است. یک لایه‌ی نمک نازک چند میلی‌متری تا چند سانتی‌متری، بر اثر بارش‌های فصلی و انحلال بر روی پوسته‌های سفت قرار گرفته است. نوع بافت و ضخامت رسوبات در بخش‌های مختلفی از این زیرپهنه نیز متغیر است. در زیر این پوسته‌ی نمکی، تناوبی از رسوبات گلی و ماسه‌ای و نمکی دیده می‌شود. تمرکز تبلور مجدد نمک‌ها به صورت سفیدک و قارچی در امتداد ترک‌های گلی دیده می‌شود. مساحت این زیرپهنه حدود ۱۷۰ کیلومتر مربع است. با توجه به پیوستگی ذرات رسوب در این زیرپهنه، به نظر نمی‌رسد که رسوبات آن می‌تواند منشأ ایجاد گردوغبار نمکی باشد.



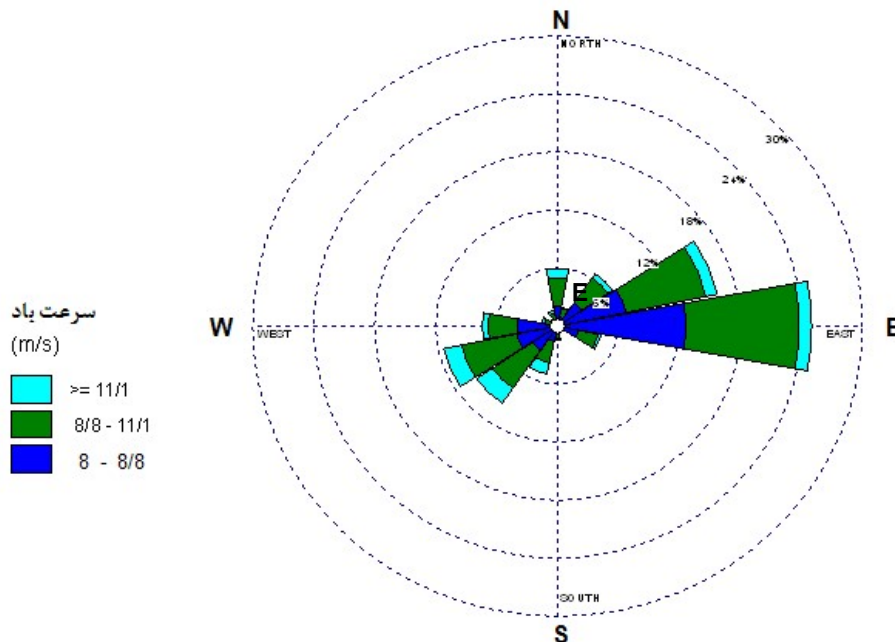
شکل ۶: زیرپهنه‌های تفکیک شده بر اساس مشخصات رسوبات در پهنه مورد مطالعه

د- زیر پهنه‌ی نمک خالص

رسوبات این زیرپهنه - که مجاور بخش باقیمانده‌ی دریاچه است - سفید رنگ، سخت و محکم است و حالت سنگ نمک دارد، اما هر چه که به سمت داخل دریاچه پیش می‌رود، حالت نرم و مرطوب می‌یابد. انواع بافت‌ها مانند بافت‌های پولکی، گل کلمی و کریستالی در این پهنه وجود دارد که احتمالاً به سرعت تبلور و دمای آب بستگی دارد (Hoseinpour, 2017). در بعضی قسمت‌های این زیر پهنه، ترک‌هایی ایجاد شده‌اند. با توجه به پیوستگی ذرات رسوبات این زیرپهنه، به نظر نمی‌رسد که رسوبات آن منشأ ایجاد گردوغبار نمکی باشد.

۴-۳- مطالعات هواشناسی

برای بررسی جهت بادهای غالب در منطقه، بر اساس داده‌های هواشناسی حاصل از ایستگاه هواشناسی تبریز به ترسیم گلباد پرداخته شد. بادهایی که سرعت کم دارند، نمی‌توانند گردوغبار ایجاد کنند. در نتیجه، بادهای با سرعت کمتر از ۸ متر بر ثانیه (حدود ۲۹ کیلومتر بر ساعت) حذف و گلباد ترسیم و در شکل ۷ نشان داده شد. همان طور که در این شکل نیز مشخص است، جهت بیشتر بادهای به سمت شرق است و جهت درصد کمی از آنها به سمت جنوب غرب. بیشترین مقدار وزش بادهای مربوط به سرعت ۸/۸ تا ۱۱/۱ با فراوانی ۴۶ درصد، بعد از آن بادهایی با سرعت ۸ تا ۸/۸ با فراوانی ۴۳ درصد و در نهایت، بادهایی با سرعت بیش از ۱۱ متر بر ثانیه با فراوانی ۱۰/۵ درصد است. با توجه به اطلاعات موجود، تندترین باد منطقه در ۵۰ سال اخیر مربوط به تندباد آوریل ۲۰۱۴ است که حدود ۳۸ متر بر ثانیه معادل ۱۳۷ کیلومتر بر ساعت سرعت داشته است (Iran Meteorological Organization, 2017).



شکل ۷: گلباد تبریز برای بادهای بالای ۸ متر بر ثانیه در طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶

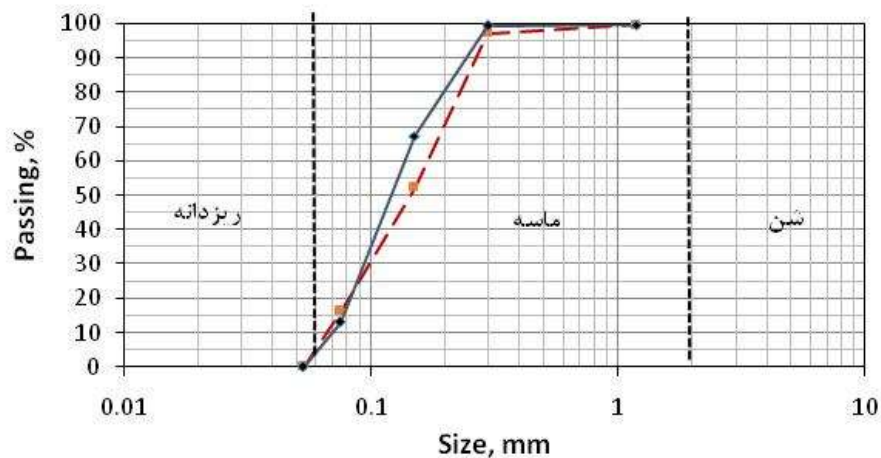
۴-۴- نمونه‌برداری و آزمایش‌های آزمایشگاهی

در پهنه‌ی مورد مطالعه از چند نقطه‌ی واقع بر هر زیرپهنه، نمونه‌هایی از خاک یا رسوبات نمکی برداشته و به

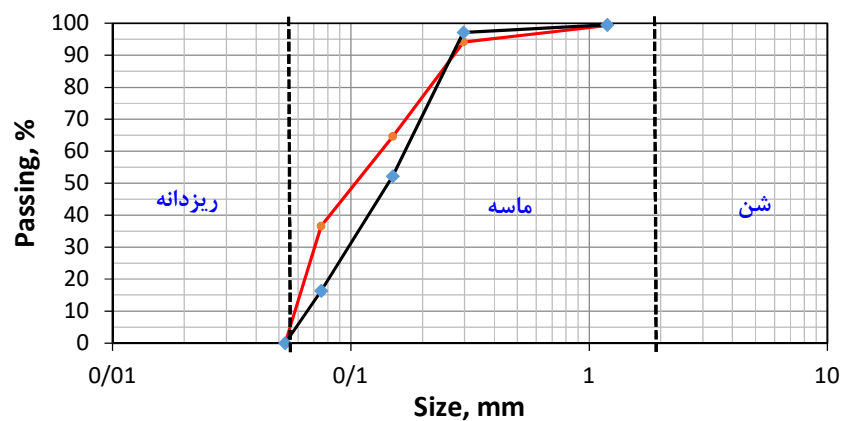
آزمایشگاه منتقل شد. بر روی نمونه‌های برداشته شده، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی اجرا شد. مهم‌ترین آزمایش‌ها شامل این موارد بود: دانه‌بندی، بررسی‌های مورفومتر، تعیین درصد نمک، XRD و آزمایش تونل باد.

الف- نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی

این آزمایش‌ها با الک‌های استاندارد صورت گرفته‌است. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های دانه‌بندی نشان می‌دهد که در نمونه‌ی رسوبات ماسه‌ای بندر شرفخانه، مقدار ریزدانه (عبوری از الک شماره ۲۰۰) حدود ۱۳ درصد است. مقدار ریزدانه‌ی رسوبات ماسه‌ای ساحل روستای شیخولی حدود ۱۶ درصد، ریزدانه‌ی رسوبات ماسه‌ای - سیلتی شمال جزیره‌ی اسلامی ۳۶ درصد و رسوبات نمک‌دار ساحل جزیره‌ی اسلامی - که سست و نامستحکم است - حدود ۴۷ درصد است. شکل‌های ۸ و ۹، نمودارهای دانه‌بندی این نمونه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۸: نمودار دانه‌بندی نمونه‌های زیرپهنه‌ی ماسه نمک‌دار در حوالی شرفخانه



شکل ۹: نمودار دانه‌بندی نمونه‌های زیرپهنه ماسه نمک‌دار در ساحل شمال جزیره اسلامی

ب- آزمایش تعیین درصد نمک نمونه‌ها

برای بررسی مقدار نمک قابل حل در نمونه‌ها، از آزمایش انحلال در آب مقطر استفاده شد. در این آزمایش، مقدار

۲۰۰ گرم از هر نمونه انتخاب شد، سپس هر نمونه در یک لیتر آب مقطر ریخته و به هم زده شد. بعد از ۴۸ ساعت که مواد محلول به طور کامل در آب حل و رسوب ته‌نشین شد، آن را از صافی عبور دادند و نمونه خاک را در گرمخانه خشک و وزن کردند. سپس اختلاف وزن قبل و بعد از انحلال، میزان درصد نمک‌های محلول را نشان می‌دهد. نتایج این آزمایش‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. میزان نمک‌های محلول در رسوبات ساحل شمال جزیره اسلامی، بسیار بیش از رسوبات ساحل روستای شیخولی و شرفخانه است.

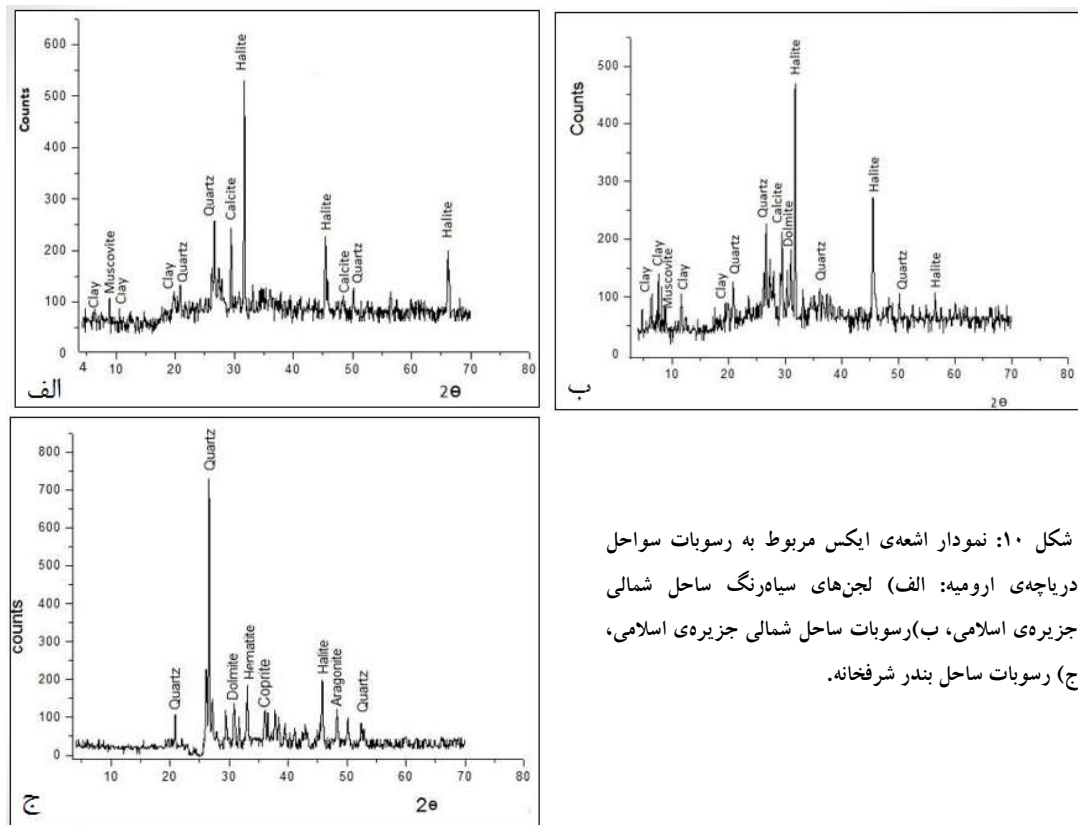
جدول ۱: درصد نمک محلول در رسوبات زیرپهنه‌ی خاک نمک‌دار

درصد مواد حل شونده (نمک)	محل نمونه برداری
۸/۷	ساحل روستای شیخولی
۴/۲	ساحل شرفخانه
۳۴/۲	ساحل شمال جزیره اسلامی (دارای نمک‌های سوزنی)
۲۲/۷	ساحل شمال جزیره اسلامی (رسوبات سیاه زنگ)

ج- کانی‌شناسی با XRD

برای شناسایی کانی‌های موجود در رسوبات دانه‌ریز، از روش دیفراکسیون اشعه‌ی ایکس (XRD) استفاده می‌شود. با توجه به اینکه کانی‌های تبخیری مختلف، رفتار متفاوتی در برابر جریان‌های بادی نشان می‌دهد، با شناسایی انواع مختلف آنها در محیط خشک دریاچه‌ی ارومیه می‌توان تفسیر مناسبی در زمینه‌ی استعداد پهنه‌های مختلف این دریاچه برای تولید گردوغبار ارائه کرد؛ برای مثال، کربنات و سولفات‌های تبخیری - که سطوح باد را تولید می‌کند و نرم^۱ یا رسوب سست و ریز را می‌نمایاند - استعداد بالایی در تولید گرد و غبار دارد؛ در صورتی که رسوبات تبخیری غنی از سدیم کلرید، لایه‌های سیمانی و سختی ایجاد می‌کند که در برابر جریان‌های بادی و فرسایش مقاومت بالایی نشان می‌دهد (Shahbazi et al, 2015). شکل ۱۰ نمودارهای XRD، سه نمونه از مواد ریزدانه‌ی رسوبات را در پهنه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کانی‌های اصلی موجود در این نمونه، هالیت، کوارتز، کانی‌های رسی، کلسیت و دولومیت است. نمودارهای الف و ب شکل ۱۰، تقریباً شبیه به یکدیگر است که با توجه به آن می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات خشک شده‌ی مربوط به سواحل جزیره اسلامی، لجن‌هایی هستند که خشک، سست و پودری شده‌اند. در نمودار (ج) این شکل، مقدار کوارتز بسیار زیادتر از مقدار دو نمونه‌ی دیگر است. هالیت، هماتیت، آراگونیت، کوپریت و دولومیت از دیگر کانی‌های اصلی موجود در این رسوبات است.

^۱ Soft puffy

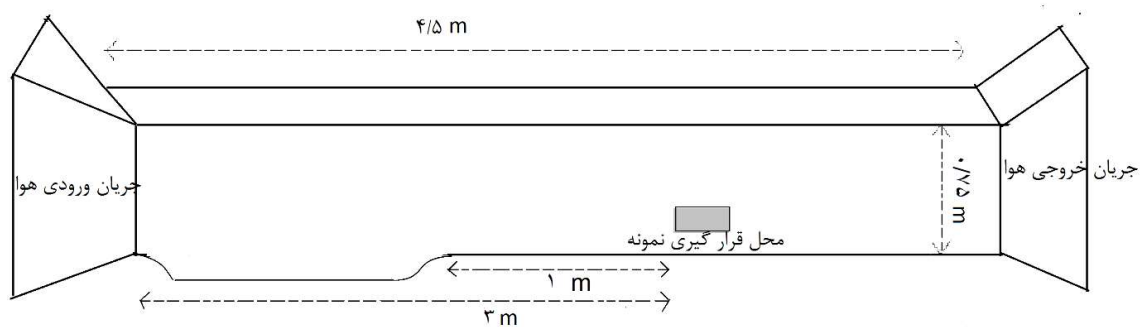


شکل ۱۰: نمودار اشعه‌ی ایکس مربوط به رسوبات سواحل دریاچه‌ی ارومیه: الف) لجن‌های سیاه‌رنگ ساحل شمالی جزیره‌ی اسلامی، ب) رسوبات ساحل شمالی جزیره‌ی اسلامی، ج) رسوبات ساحل بندر شرفخانه.

د- آزمایش تونل باد

با استفاده از تونل باد می‌توان تأثیر سرعت باد، خصوصیات خاک و فرآیندهای حمل ذرات را در شرایط کنترل شده بررسی کرد (Burri et al, 2011). با کمک این دستگاه علاوه بر بررسی فرآیند حرکت ذرات در شروع فرسایش، این امکان وجود دارد که سرعت‌های مختلف باد را - که در طبیعت کنترل‌ناپذیر است - با دقت بیشتری شبیه‌سازی کرد (Kohak et al, 2010 & Zobek, 1996). همچنین برای بررسی توان رسوبات در ایجاد گردوغبار و سرعت آستانه‌ی فرسایش آن، می‌توان از تونل باد استفاده کرد. در شکل ۱۱، از طرح شماتیک تونل باد استفاده و محل قرارگیری سینی نمونه نشان داده شد. ابعاد سینی‌ها برای آماده‌سازی نمونه خاک، ۲۸ در ۴۵ سانتی‌متر و عمق آن حدود ۴ سانتی‌متر بود. بعد از ریختن نمونه رسوب در سینی با استفاده از یک خط‌کش، سطح نمونه هموار و با دقت وزن شد. آن گاه سینی نمونه با احتیاط در داخل کانال تونل باد قرار گرفت و دریچه‌ی آن کاملاً بسته شد تا در فرآیند ایجاد باد اغتشاش ایجاد نشود.

آزمایش با سرعت باد کم شروع و به تدریج بر سرعت آن افزود می‌شود تا سرعت آستانه فرسایش مشخص گردد. در سرعت‌های کم اثری از فرسایش بادی مشاهده نشد، ولی با افزایش سرعت برای هر نمونه در یک حدی از سرعت، فرسایش (حرکت ذرات از سطح نمونه) شروع شد. شکل ۱۲، سینی‌های آزمایش را بعد از اجرای آزمایش‌ها نشان می‌دهد. در یک مدت زمان مشخص، وزن کاهش یافته‌ی نمونه بیانگر قابلیت فرسایش آن نمونه خاک است.



شکل ۱۱: شکل شماتیک تونل باد

برای ارائه‌ی نتیجه‌ی فرسایش بادی از مدول فرسایش بادی استفاده می‌شود. این مدول به شرح زیر است:

$$Re = \frac{m_0 - m'}{S \times T} \quad (\text{رابطه‌ی ۱})$$

Re : مدول فرسایش بادی بر حسب گرم بر متر مربع در دقیقه؛

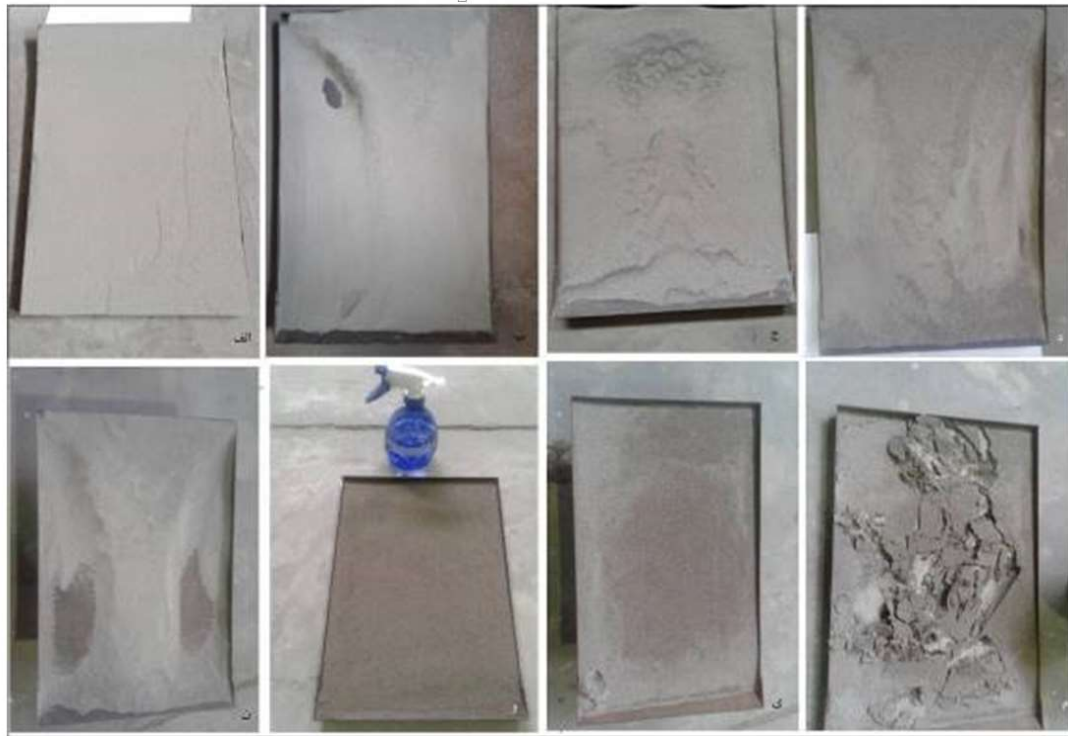
m_0 : وزن نمونه قبل از آزمایش؛

m' : وزن نمونه بعد از آزمایش؛

T : مدت زمان آزمایش؛

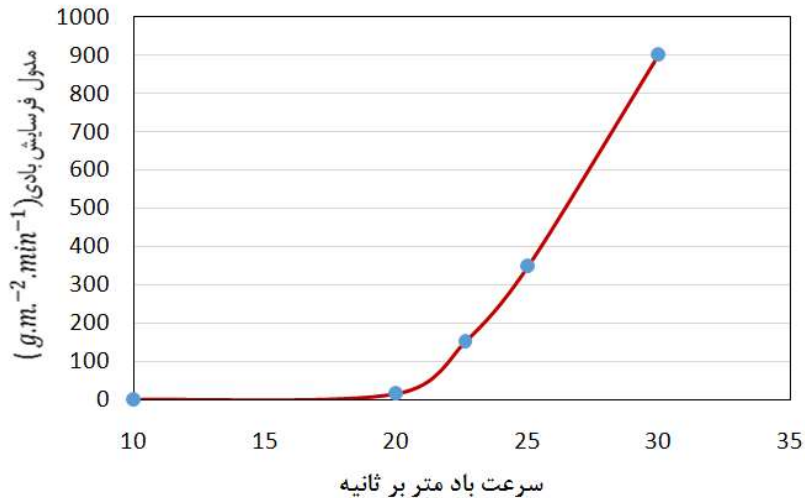
S : مساحت سطح نمونه.

این آزمایش بر نمونه‌های اخذ شده از زیرپهنه‌های مختلف صورت گرفت و نتایج آنها در نمودار شکل‌های ۱۳ و ۱۴ ارائه شد. در سرعت‌های کم، هیچ فرسایشی در رسوبات مشاهده نشد. همچنین آزمایش تونل باد بر نمونه‌های پوسته نمکی نیز انجام شد. این نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در تونل باد با سرعت‌های مختلف تا حداکثر سرعت ۳۰ متر بر ثانیه قرار گرفت که وزن آنها قبل و بعد از قرارگیری در تونل تغییری نکرد. این امر فقدان تأثیر باد بر فرسایش پوسته‌های نمکی را نشان می‌دهد. شکل ۱۵ به صورت تصویری، پوسته‌های نمکی و رسوبات سست مورد آزمایش را در تونل باد نشان می‌دهد. در جدول ۲، سرعت آستانه‌ی فرسایش رسوبات در هر یک از زیرپهنه‌های مختلف بیان شده است.

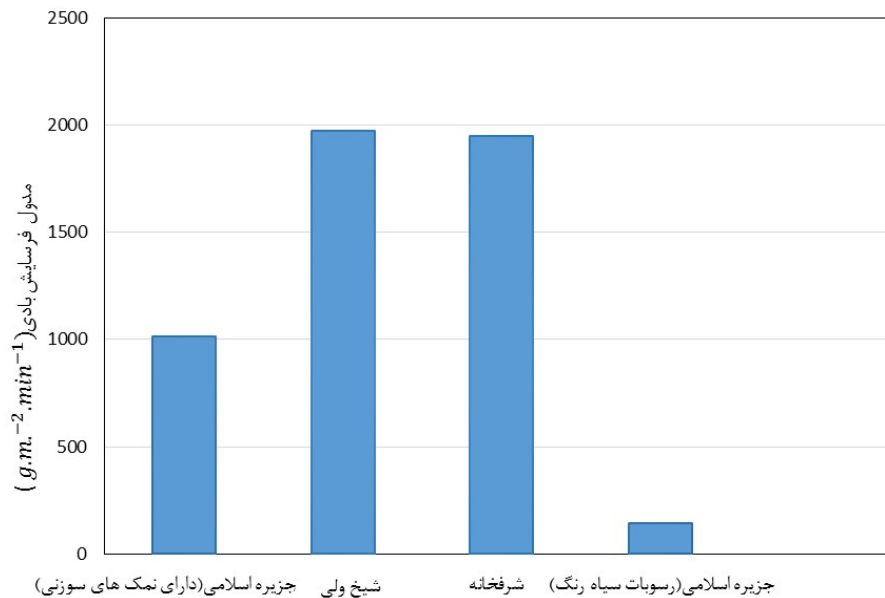


شکل ۱۲: سینی‌های نمونه در آزمایش تونل باد: الف) تصویر یک نمونه قبل از قرارگیری در تونل باد، ب) تصویر نمونه بعد از فرسایش بادی در سرعت ۲۵ متر بر ثانیه (بندر شرفخانه)، ج) سینی رسوبات جزیره‌ی اسلامی، فرسایش در سرعت حدود ۲۵ متر بر ثانیه شروع و ذرات خاک در جهات مختلف پخش شد، د) نمونه رسوبات جزیره‌ی اسلامی در سرعت ۳۰ متر بر ثانیه، ن) فرسایش بادی برای رسوبات بندر شرفخانه در سرعت ۳۰ m/s، و، ی و م) بررسی تأثیر رطوبت در فرسایش خاک

رسوبات منطقه‌ی شرفخانه و شیخولی، بیشترین مدول فرسایش را نشان می‌دهد (شکل ۱۴) که دلیل آن، درشت بودن اندازه‌ی دانه‌های این رسوبات نسبت به رسوبات جزیره‌ی اسلامی است. با توجه به شکل ۱۴ مشاهده می‌شود که مدول فرسایش بادی رسوبات در پهنه‌ی مورد مطالعه، در سرعت حدود ۲۲ متر بر ثانیه معادل ۸۰ کیلومتر بر ساعت افزایش می‌یابد. این بدان مفهوم است که بادهایی با سرعت کمتر از ۸۰ کیلومتر بر ساعت، نمی‌توانند رسوبات زیرپهنه‌های خاکی و خاک نمک‌دار را فرسایش دهند.



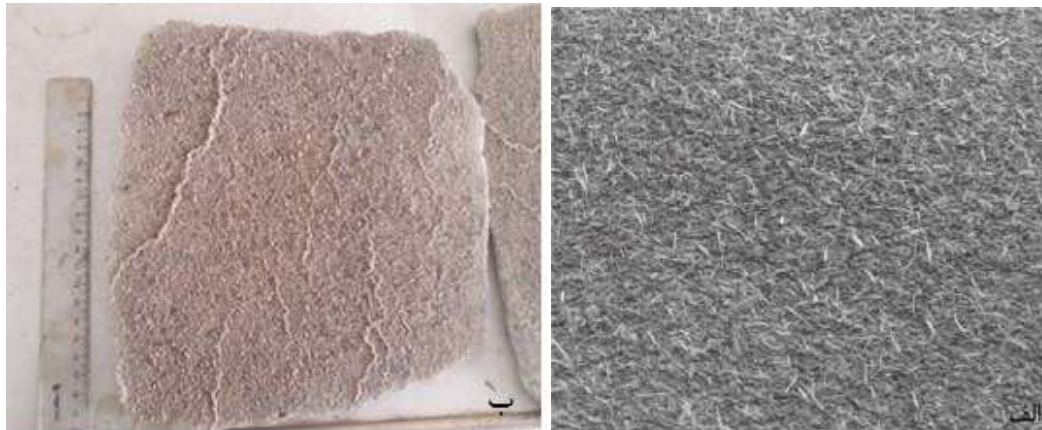
شکل ۱۳: رابطه‌ی بین سرعت باد و معدل فرسایش بادی برای رسوبات در پهنه‌ی شمال شرقی دریاچه‌ی ارومیه



شکل ۱۴: مقایسه‌ی میزان فرسایش بادی نمونه‌های قسمت‌های مختلف در سرعت ۳۰ متر بر ثانیه

جدول ۲: سرعت آستانه فرسایش برای هر یک از رسوبات زیر پهنه‌های مختلف

سرعت آستانه (متر بر ثانیه)	نوع رسوب و محل نمونه برداری
۲۱/۵	ماسه ریز بندر شرفخانه
۲۱	ماسه ریز ساحل روستای شیخ ولی
۱۷	رسوبات شمال ساحل جزیره اسلامی
۲۱	رسوبات ریزدانه سیاه رنگ ساحل شمالی جزیره اسلامی
بیش از ۳۰	پوسته نمکی



شکل ۱۵: بافت دو نمونه از رسوبات برداشت شده از پهنه‌ی مورد مطالعه، رسوبات با بلورهای ریز سوزنی از نمک و گچ (عکس چپ) و پوسته‌های نمکی سفت (عکس راست)

فرسایش بادی در نواحی خشک و نیمه‌خشک اتفاق می‌افتد؛ زیرا کمبود باران در این مناطق باعث می‌شود سطح خاک به مدت طولانی خشک بماند و از سوی دیگر، عامل محدودکننده‌ای برای پوشش گیاهی باشد. میزان رطوبت موجود در خاک نیز در شدت فرسایش آن مؤثر است (Ravi et al, 2004).

برای بررسی تأثیر رطوبت در فرسایش بادی، با استفاده از یک اسپری از فاصله‌ی حدود نیم متری مقداری آب روی هر یک از سینی‌های نمونه پاشیده و بلافاصله این سینی‌ها برای آزمایش در تونل باد قرار داده شد. سینی حاوی رسوب مرطوب به مدت ۱۵ دقیقه در تونل باد قرار گرفت. نمونه‌ها به علت تأثیر باد خشک شد، اما در طول این مدت به دلیل چسبندگی سطحی ناشی از رطوبت، اثری از فرسایش بادی مشاهده نشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در صورتی که خاک محل، رطوبت کافی داشته باشد مقاومت آن در برابر فرسایش بادی بیشتر خواهد بود.

۴-۵- مشاهدات محلی

از دیرباز در نزدیکی پهنه‌ی مورد مطالعه مزارع و باغ‌هایی وجود دارد که در صورت وقوع طوفانی نمکی، این مناطق نخستین قربانیان این پدیده خواهند بود. طی بازدیدی که از باغ‌های بندر شرفخانه انجام شد و براساس پرس و جو‌هایی که صورت گرفت، خوشبختانه هنوز اثرات سوء قابل توجهی از این پدیده در مناطق کشاورزی دیده نشده‌است. در شکل ۱۶، تصویری از یکی از باغ‌های سرسبز شرفخانه نشان داده شد که طبق اظهارات صاحب باغ (آقای طاهر گلی)، هنوز اثر محسوسی از پدیده‌ی گردوغبار نمکی در آن دیده نمی‌شود. همچنین بر اساس اظهارات اهالی شرفخانه، در سال‌های اخیر گردوغبار نمکی ته‌نشین شده‌ی زیادی در منازل بر روی سطوح صاف مشاهده نمی‌شود.



شکل ۱۶: تصویر یکی از باغ‌های سرسبز در بندر شرفخانه در ۳۰۰ متری ساحل قدیمی دریاچه (عکس تیر ماه ۱۳۹۵).

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی عکس‌های ماهواره‌ای و بازدیدهای محلی از پهنه‌ی شمال شرقی دریاچه‌ی ارومیه، در نواحی ساحل قدیمی دریاچه و بخش خشکیده‌ی آن از نظر جنس رسوبات، ۴ زیرپهنه قابل تفکیک است. این چهار زیرپهنه به ترتیب از سمت خشکی به مرکز دریاچه شامل این موارد است؛ زیرپهنه‌ی خاک طبیعی، خاک نمک‌دار، سنگ نمک خاک‌دار و سنگ نمک خالص که مساحت هر کدام به ترتیب ۱۶۰، ۲۲۰، ۱۷۰ و ۵۸ کیلومتر مربع است. هر کدام از این زیرپهنه‌ها، بافت‌های رسوبی ویژه‌ای دارد؛ برای مثال می‌توان به رسوبات نمکی متبلور، رسوبات منفصل سست و نامستحکم و رسوبات متصل مستحکم اشاره کرد.

زیرپهنه‌ی خاک طبیعی به دلیل داشتن زبری آیرودینامیکی، پوشش گیاهی و با توجه به این مسئله که مشابه رسوبات این زیرپهنه در سایر مناطق وجود دارد، فاقد پتانسیل ایجاد گردوغبار نمکی خاص است. سطوح خشک و سخت نشده‌ی نزدیک به ساحل شمال جزیره‌ی اسلامی - که مربوط به زیر پهنه‌ی خاک نمک‌دار است - به دلیل ریز بودن رسوبات و خشک و سست بودن آنها، بالاترین پتانسیل را در تولید گردوغبار دارد. در زیر پهنه‌های نمک خاک‌دار و نمک سفید، بافت‌های نمک متبلور گوناگونی مشاهده می‌شود که از جمله آنها می‌توان به بافت‌های گل کلمی، پولکی و کریستال‌های مکعبی اشاره کرد. این رسوبات، سفت، محکم و سیمانی است و در زمینه‌ی خیزش گردوغبار نمکی مستعد نمی‌باشد.

آزمایش‌های تونل باد بر رسوبات سست پهنه‌ی مورد مطالعه نشان داد که مدول فرسایش رسوبات در ساحل شمال جزیره‌ی اسلامی، ۱۱۵۷ گرم بر متر مربع و مدول فرسایش رسوبات ساحل شرفخانه، ۱۹۴۸ گرم بر متر مربع در دقیقه

است. کمترین سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی متعلق به رسوبات نمک‌دار در ساحل شمال جزیره‌ی اسلامی است. اندازه-ی رسوبات این قسمت از نواحی دیگر ریزتر و میزان نمک‌های رسوبات خاکی این بخش نیز بیش از نواحی دیگر است. میزان فرسایش در رسوبات ساحل روستای شیخولی و شرفخانه زیاد می‌باشد که این امر به دلیل اندازه‌ی درشت‌تر دانه‌های این رسوبات نسبت به رسوبات ساحل شمال جزیره‌ی اسلامی است. اندازه‌ی رسوبات این مناطق بیشتر در حد ماسه و به میزان بسیار کمی سیلت و رس است؛ به همین دلیل، پتانسیل گردوغبار خیزی پایینی دارد. با توجه به نتایج آزمایش‌های دانه‌سنجی، تونل باد و مشاهدات صحرائی مشخص شد که ناحیه‌ی نزدیک به ساحل جزیره‌ی اسلامی نسبت به قسمت‌های شمالی‌تر یعنی ساحل بندر شرفخانه و ساحل روستای شیخولی، پتانسیل گردوغبار خیزی بالاتری دارد. آزمایش‌های تونل باد نیز نشان داد که رطوبت خاک در جلوگیری از فرسایش بادی نقش بالایی دارد. بررسی‌های محلی نشان داد که خوشبختانه تاکنون طوفان نمکی گسترده‌ای به وجود نیامده است که بتواند مزارع و باغ‌های منطقه را متأثر کند.

۶- سپاس‌گزاری

از آزمایشگاه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تبریز و آزمایشگاه مکانیک سیالات دانشکده‌ی مکانیک به دلیل مساعدت در آزمایش‌ها قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abuduwaili, J.; Gabchenko, M.V.; & X. Junrong, 2008. Eolian transport of salts- a case study in the area of Lake Ebinur (Xinjiang, Northwest China), *Journal of Arid Environments*, 72(10), 1843-1852.
2. Abuduwaili, J., & G. Mu., (2006). Eolian factor in the process of modern salt accumulation in western Dzungaria, China. *Eurasian Soil Sci.* 39, 367-376.
3. Asghari-Zamani, A., 2013. Variation on water level of Urmia lake as a deep environmental challenge in the north west of Iran, *Journal of geography space*, 13(14), 77-91 (in Persian).
4. Baddock, M. C.; Ginoux, P.; Bullard, J. E.; & T. E. Gill, 2016. Do MODIS-defined dust sources have a geomorphological signature?, *Geophysical Research Letters*, 43(6), 2606-2613.
5. Blank, R. R.; Young J. A.; & F. L. Allen, 1999. Aeolian dust in a saline playa environment, Nevada, USA, *Journal of Arid Environments*, 41, 365-381.
6. Burri, K.; Gromke, C.; Lehning, M.; & F. Graf, 2011. Aeolian sediment transport over vegetation canopies: A wind tunnel study with live plants, *Aeolian Research*, 3(2), 205-213.
7. Erdinger, L.; Eckl, P.; & F. Ingel, 2004. The Aral Sea disaster-human biomonitoring of Hg, As, HCB, DDE, and PCBs in children living in Aralsk and Akchi, Kazakhstan, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207, 541-547.
8. Fakherifard, A., 2015. Drying Lake Urmia National Crisis, *Zist Bom News analytic site* (in Persian).
9. Gill, T. E., 1996. Eolian sediments generated by anthropogenic disturbance of playas: human impacts on the geomorphic system and geomorphic impacts on the human system, *Geomorphology*, 17(1), 207-228.

10. Hoseinpour, S., 2017. Evaluation of dust occurrence potential in the north east of Urmia Lake, *MSc thesis of Environmental Geology*, University of Tabriz (in Persian).
11. Iran Meteorological Organization, 2017. Web site, <http://www.irimo.ir>
12. ISNA news Agency, 2018. Spreading hazard of dust around Urmia Lake, *News code: 97063014552*, <https://www.isna.ir/news> (in Persian).
13. Jamshidi, M., 2008. Urmia Lake Passageway; Masterpiece of Engineering or Environmental Disaster?, *Online News Monday*, December 19, 2008 (in Persian).
14. Kohake, D. J.; Hagen, L. J.; & E. L. Skidmore, 2010. Wind erodibility of organic soils, *Soil Science Society of America Journal*, 74(1), 250-257.
15. Micklin, P., 2007. The Aral sea disaster, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 35, 47-72.
16. Rajabi, M., 2015. Urmia lake reclamation necessity: drying reasons and threats, *Urmia Lake Restoration Program web site*, http://ulrp.sharif.ir/sites/default/files/field/files/node_1082_zarurat_chya.pdf (in Persian).
17. Ravi, S.; Raghunathan, A.; Kocher, P.; & S. Hattangady, 2004. Security in embedded systems: Design challenges, *ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS)*, 3(3), 461-491.
18. Reynolds, R. L.; Yount, J. C.; Reheis, M.; Goldstein, H.; Chavez, Jr. P.; Fulton, R.; Whitney, J.; Fuller, C.; & R. M. Forester, 2007. Dust emission from wet and dry playas in the Mojave Desert, USA, *Earth Surf. Process. Landf*, 32, 1811-1827.
19. Shahbazi, R.; Lak, R.; & M. Korean, 2015. Sedimentology study of areas susceptible to dust production in marginal lands of northwestern region of Urmia lake, *Ministry of Industry and Mining, Geological Survey and Mineral Exploration* (in Persian).
20. Singer, A.; Zobeck, T.; & L. Poberezsky, 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.
21. Small, I.; Van der Meer, J.; & R. E. Upshur, 2001. Acting on an environmental health disaster, the case of the Aral Sea, *Environmental Health Perspectives*, 109(6), 547.
22. Stout, J. E., & T. M. Zobeck., (1996). The Wolfforth field experiment: a wind erosion study. *Soil Science*. 161(9), 616-632.
23. Tourian, M. J.; Elmi, O.; Chen, Q.; Devaraju, B.; Roohi, S.; & N. Sneeuw, 2015. A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran, *Remote Sensing of Environment*, 156, 349-360.
24. Urmia Lake Restoration Program, 2017. Urmia lake as the greatest lake of Iran, national park and biological reserves, West Azarbaijan Province office, <http://www.urmialake.ir> (in Persian).
25. Wurtsbaugh, W. A.; Miller, C.; Null, S. E.; DeRose, R. J.; Wilcock, P.; Hahnenberger, M.; & J. Moore, 2017. Decline of the world's saline lakes, *Nature Geoscience*, 10(11), 816.
26. World meteorological organization 2016. <https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/source.html>.
27. Zarasavandi, A., 2014. A look at the environmental and medical consequences of Urmia Lake, *Past, Present and Future Seminar, Urmia Lake*, 108-89 (in Persian).

Evaluation of salt dust occurrence potential in the North east Zone of Urmia Lake

Ebrahim Asghari-Kaljahi*: Associate professor, Department of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz

Sakineh Hoseinpour: MSc. in Environmental Geology, University of Tabriz, Tabriz

Ata Ollah Nadiri: Associate professor, Department of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz

Article History (Received: 2018/04/25 Accepted: 2018/10/21)

Extended abstract

1- Introduction

Urmia Lake as the largest domestic lake in Iran is drying. Climate change in the northwest of Iran, rainfall reduction and evaporation, due to the increase in average temperature in the Northwest of the country accompanied with the involvement of human factors such as dam construction, have caused an irreparable environmental hazard in the northwestern of Iran. Undoubtedly, extending the frequency of events and expanding the range of salt dust originating from the bed of Urmia Lake is the most important consequence of the lake's dryness (Zarasavandi, 2014).

There have been various ideas about the risk of salt dust caused by the dryness of Urmia Lake. It seems that some of them do not have an exact scientific basis. In this article, the north-eastern zone of Urmia Lake is divided into different parts in terms of texture and sediments and has been investigated for the potential of salt dust generation.

2- Methodology

In this research, the determination of producing the potential of salt dust is carried out through four steps including: collecting information, field and laboratory studying, checking meteorological data, and determining the winds speed and direction in regions. Different physical and chemical tests have been carried out on samples taken. Sampling and evaluating of the texture and structural properties of surface sediments, such as determining the horizons that makes sediment in each area, thickness of salt shells, type of salt shells, presence of sand cover at sediment surface to integrate with the results of wind tunnel tests, meteorological information (climate region and wind speed and direction), grain size which determine the production of salt dust potential in the area has been studied.

The sampling was done according to the texture changes and the types of sediments in studied areas. Wind tunnel was used to study the evaluation of erosion of the sediments of the study area. At first, the samples were dried to be placed in the most suitable condition for wind erosion. Subsequently, samples were poured into test trays and its surface was carefully flattened and then weighed. Afterwards, it was placed inside the wind tunnel channel.

3- Results

The results of the research were obtained from satellite images, field studies, meteorological studies, sampling, and laboratory experiments and local inquiries. Satellite images of the 15 past years have been surveyed and the lake's drying process has been investigated. Based on the survey of satellite images in the northeast of the lake between the Sharaf- Khaneh port and the Islamic island, it has dried up over 500 square kilometers and has come out of the water. In order to investigate the prevailing winds in the region, according to the weather data of Tabriz station, wind rose-diagram has been drawn. Due to the fact that low-speed winds

* Corresponding Author: e-asghari@tabrizu.ac.ir

are not capable of producing dust storms, winds were eliminated at speeds less than 8 m/s and wind rose-diagram was drawn. The direction of most winds is to eastward.

In studied areas, samples from soil or saline sediments were removed from a few points on each substrate and transferred to the laboratory. Different physical and chemical tests have been carried out on samples taken. The most important experiments including grading tests, morphometric soil particle studies, salt content determination, XRD and wind tunnel testing. To study of the sediment potential for dust generation as well as sediment erosion threshold speed has been used of wind tunnel. The experiment began with low wind speed and gradually increased the wind speed to determine the speed of erosion threshold. At low speeds, there was no effect in wind erosion, but with increasing the speed for each sample at a rate of speed (threshold speed), erosion began.

This experiment was performed on samples from different subzones. At low velocities, any erosion was not observed in sediments. Also were tested salt samples in wind tunnel. The samples were placed for 15 minutes in wind tunnel at different speeds up to 30 m/s. Its weight did not change before and after being placed in the tunnel, this is a sign of a lack of wind erosion impact on the salt shells. Sharaf- Khaneh and Sheikhvali area sediments have the most erosion modulus because of the coarse size of the sediment grains compared with the sediments of the Islamic island. The wind erosion modulus of the studied sediments at speeds of about 22 m/s, the equivalent of 80 km/h increased.

4- Discussion &Conclusions

Based on satellite images studies and field studies, and types of sediments, the North East Zone of Urmia Lake is divided into four subzones. Subzones separated outwards from the old coast of lake to center of lake that contains, loose soil subzone, soil saltyferous subzone, salt soilferous, subzone and pure salt subzones. The area of these subzones are about 160, 220, 170 and 58 square kilometers, respectively. Each of these subzones has special sedimentary texture.

According to the results of wind tunnel testing, the module of sediment erosion of northern area of the Islamic island is $1157 \text{ g.m.}^{-2} . \text{min}^{-1}$ and for Sharaf-Khaneh sediments is $1948 \text{ g.m.}^{-2} . \text{min}^{-1}$. The lowest threshold speed of wind erosion belongs to the saline sediments of the northern shore of the Islamic island. The size of sediments in this area is smaller than other areas and the amount of salinity of sediments in this area is more than other areas too. The amount of erosion for the coastal deposits of Sheikhvali and Sharaf-Khaneh areas has been high, which is due to the coarser size of these sediments grains than the northern shore of the Islamic island. The size of sediments grains in these areas was more sand and at a very low rate silt and clay and therefore, they had low dusting potential. According to the results of sediment grading tests, wind tunnel and field investigations, it was found that the area near the Islamic island has a higher dust potential than the northern parts of the Sharaf-Khaneh shore and the Sheikhvali shore. Wind tunnel tests showed that the soil moisture plays a major role in preventing wind erosion. Fortunately, the results of this research show that the salt storms did not have considerable impact on agriculture and gardening of area so far.

Keywords: Salt dust storm, Urmia Lake, Wind tunnel, Wind erosion.