

T. Mesbahzade

H. Ahmadi

E.mail: tmesbah@ut.ac.ir

طیبه مصباح زاده: دانشجوی دکتری بیابانزایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

حسن احمدی: عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران

شماره مقاله: ۸۰۳

شماره صفحه پیاپی ۱۶۷۲۴-۱۶۷۱۰

## نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای

(مطالعه موردی: سبزوار)

### چکیده

هدف اصلی این تحقیق، بررسی و تجزیه و تحلیل آماری باد، نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین، داده‌های باد سنجی ایستگاه سبزوار طی یک دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۶)، با استفاده از گلماسه تجزیه و تحلیل شد. مقدار پتانسیل حمل ماسه در منطقه سبزوار حدود ۱۶۰/۹ واحد و جهت نهایی حمل ماسه جنوب غربی و دبی حمل ماسه براساس معادله لتو- لتو (۱۹۷۸) برابر  $22/335 \text{ Ton/m. year}$  است، با توجه به این مقادیر و طبقه بندی فرای برگرو دین (۱۹۷۹) منطقه مورد مطالعه از نظر قدرت فرسایشی باد در کلاس کم قرار می‌گیرد. مقدار شاخص همگنی (RDP/DP) برای این منطقه ۰/۴ است که موجب تشکیل تپه‌های بارخانی می‌شود و بیانگر بادهای قدرتمند و دو جهتی با زاویه منفرجه است. گلبادهای فصلی منطقه نشان می‌دهد که در تمام فصول سال، عمده بادهای غالب منطقه از شرق و شمال شرقی می‌وزد و بادهای جنوب شرقی در رتبه سوم قرار دارد. گل طوفان‌های سالانه منطقه نشان می‌دهد که درصد بادهایی با سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش ۱۲/۵ درصد است که از جهات شرق، شمال شرقی و جنوب شرقی می‌وزد و عمده آنها در

فصول تابستان و بهار می‌وزند و جهت وزش آنها یکطرفه است، اما در پاییز و زمستان چند جهته است.

**واژه‌های کلیدی:** رژیم بادی، تپه ماسه ای، پتانسیل حمل ماسه، جهت نهایی حمل ماسه، سبزوآر.

### مقدمه:

حدود ۲۴ میلیون هکتار از اراضی کشور ایران را مناطق تحت فرسایش بادی تشکیل می‌دهند که ۱۲-۱۵ میلیون هکتار از این اراضی در سیطره ماسه زارها و تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد (طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، ۱۳۸۱، ۱۵). رسوبگذاری ماسه بادی و تحرک تپه‌های ماسه‌ای تابعی از شرایط باد غالب هستند (بگنولد، ۱۹۴۱، ۱۵۴)، (مک کی، ۱۹۷۹، ۴۲۹). رژیم بادی یا مقدار انرژی باد و تغییر پذیری آن، کنترل قابل توجهی روی مورفولوژی، و حفظ تغییرات سطح زمین بر اثر بادهای دارند (پیرس، ۲۰۰۴، ۴۰)؛ بویژه فراوانی، مقدار و جهت بادهای، که کنترل اصلی روی شکل تپه‌ها و مورفودینامیک آنها نشان داده است (الوادهی، ۲۰۰۵، ۴۲۶). از آنجایی که باد یکی از عوامل اصلی ایجاد فرسایش و تخریب در سطح زمین، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است، لذا به منظور جلوگیری از خسارات ناشی از آن، مطالعه وضع و خصوصیات آن ضروری به نظر می‌رسد (رفاهی، ۱۳۷۸، ۲۲)؛ به طوری که با تحلیل داده‌های بادسنجی یک ایستگاه می‌توان نوع تپه‌های ماسه‌ای قابل تشکیل را پیش بینی نمود (واسون، ۱۹۸۳، ۳۳۷). تسوار (تسوار، ۲۰۰۵، ۵۴) میزان انرژی باد و نوع رژیم بادی را مهمترین عامل در فعالیت و یا پایداری تپه‌های ماسه‌ای معرفی می‌کند. اثر فرسایشی باد روی تپه‌های ماسه‌ای به وسیله سه خصوصیت باد تعیین می‌شود: الف) سرعت باد بیشتر از سرعت آستانه؛ نرخ فرسایش ارتباط مستقیمی با توان سوم سرعت باد دارد؛ ب) فراوانی بادهای بیشتر از سرعت آستانه؛ ج) تغییرپذیری جهات باد. هنگامی که تغییرپذیری جهات باد کم باشد، به ایجاد بادهای یک جهته منجر می‌شود و بنابراین، کل انرژی باد بر روی

نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزوار) ۱۰۳

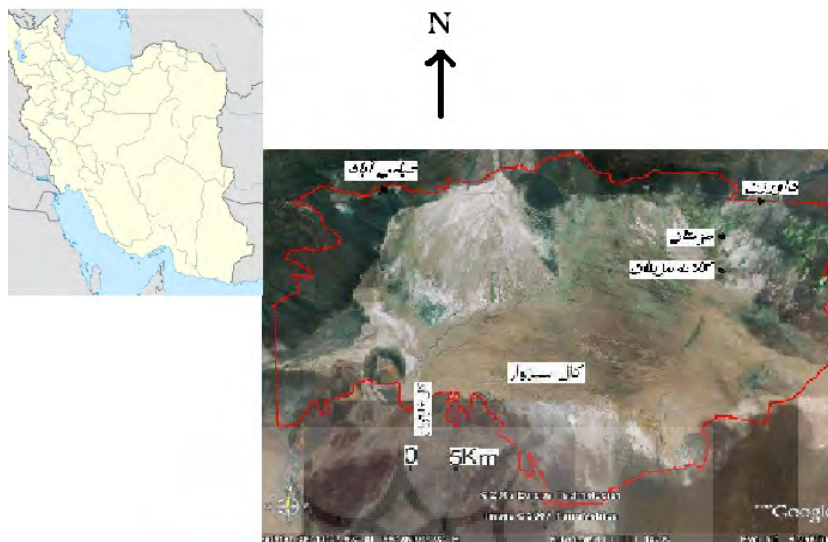
یک سطح تپه‌های ماسه‌ای توزیع خواهد شد. شاخص تغییرپذیری جهات باد (UDI)<sup>۱</sup> نسبت برآیند حمل ماسه به پتانسیل حمل ماسه است ( $RDP/DP_1$ ). هرچه این عدد به یک نزدیکتر باشد، بادهای یک جهته بیشتر می‌وزد و هرچه به صفر نزدیکتر باشد، بادهای قدرتمند و چند جهته هستند (الواهی، ۲۰۰۵، ۴۲۶). دونگ و همکاران (دونگ، ۲۰۰۴، ۳۳۵) به منظور کنترل حرکت ماسه‌های روان در طول جاده بیابان تکلی، مکان متوسط سرعت باد و پتانسیل حمل ماسه را بررسی کردند.

### منطقه مورد مطالعه

تپه‌های ماسه‌ای ارگ سبزوار - داورزن با وسعت ۲۲۹۹۳۰/۹ هکتار در جنوب غربی سبزوار و در شمال شرقی کشور واقع شده است. ارتفاع متوسط آن ۹۶۰ متر، میانگین بارش سالیانه ۱۹۳/۲ میلیمتر و میانگین روزانه دما ۱۶/۹ درجه سانتیگراد است و بر اساس روش اقلیمی دومارتن در منطقه خشک و بیابانی قرار می‌گیرد (خلیلی، ۱۳۶۹). در این ارگ انواع مختلفی از تپه‌های ماسه‌ای قابل مشاهده است که در مختصات جغرافیایی ۱۵° تا ۵۶° طول شرقی و ۱۵° تا ۳۵° عرض شمالی قرار گرفته است. این منطقه دارای ساختار رسوبی و شامل دو تیپ تپه‌های عرضی و خطی است (طرح بررسی ماسه زارهای ایران، ۱۳۸۲، ۶۱). خصوصیات کلی این مجموعه شامل انواع تپه‌های ماسه‌ای و گسترش آنها و مناطق برداشت می‌شود (شکل ۱) (مشهدی، ۱۳۸۹، ۵۰۳).

---

1. Uni Directional Index (UDI)



شکل (۱). محدوده منطقه مطالعاتی در کشور

### مواد و روش‌ها

- ۱- بررسی نقشه توپوگرافی با مقیاس  $1/50000$  برای مشخص نمودن منطقه مورد مطالعه.
- ۲- تهیه عکس‌های هوایی با مقیاس  $(1/55000)$  و بررسی نوع و جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای.
- ۳- مطالعات پایه با تاکید بر مطالعات هوا و اقلیم، بویژه روی شناسایی و تحلیل بادهای عمومی منطقه.
- ۴- تجزیه و تحلیل بادهای و طوفان‌های مؤثر بر منطقه در طی دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۶) و اندازه‌گیری شاخص‌های زیر:  
الف) ترسیم و تحلیل گلماسه (محاسبه مقدار و جهت نهایی ماسه و دبی جریان ماسه)؛  
ب) ترسیم و تحلیل گلباد (به منظور نمایش فراوانی نسبی سرعت‌های مختلف باد در جهات مختلف و در یک دوره معین)؛

نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزوار) ۱۰۵

ج) ترسیم و تحلیل گل طوفان ( فراوانی و سرعت بادهای مؤثر در ایجاد گرد و خاک)؛

۵- از نرم افزار WDconvert، برای تبدیل فرمت سازمان هواشناسی به فرمت Lake استفاده شد.

۶- برای ترسیم گلباد و گل طوفان از نرم افزار WRplot و برای ترسیم گلماسه از نرم افزار گلماسه نما<sup>۲</sup> استفاده شد.

### ترسیم و تحلیل گلماسه - گلباد - گل طوفان

گلماسه نمودار برداری مقدار انرژی قابل حمل ماسه توسط باد است که اولین بار توسط (فرای برگر و لتو، ۱۹۷۵، ۱۳۷) استفاده شد. در این روش برای هماهنگ کردن توان فرسایشی بادهای، آنهایی که دارای سرعتی بیش از سرعت آستانه فرسایش هستند، به واحدهای برداری با عنوان توان حمل ماسه<sup>۳</sup> (DP) تبدیل می‌شوند که با رسم آنها در جهات هشت یا شانزده گانه، گلماسه شکل گرفته است و براساس طبقه بندی (فرایبرگر و دین، ۱۹۷۹، ۱۴۰) اگر این مقدار بیش از ۴۰۰ باشد، قدرت فرسایشی باد زیاد و کمتر از ۲۰۰ قدرت فرسایشی باد کم و بین این دو مقدار قدرت فرسایشی باد متوسط است. به منظور محاسبه DP و رسم گلماسه بنا به پیشنهاد فرای برگر، کمترین حد سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری اراضی ایستگاه بادسنجی مورد نظر، به عنوان سرعت پایه آستانه فرسایش منظور می‌شود که در این حالت، مقادیر DP حاصل دارای بالاترین توان حمل ماسه (پتانسیل بالقوه) خواهد بود. لذا در این تحقیق نیز از سرعت آستانه ۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری به عنوان کمترین حد آستانه فرسایش خاک در منطقه استفاده گردید (زارعیان، ۱۳۸۶، ۱۱۲). با جمع برداری بازوهای گلماسه، بردار برآیند توان حمل

---

2. SandRose Graph  
3. Drift Potential

ماسه<sup>۴</sup> (RDP) به دست می‌آید و<sup>۵</sup> (RDD) مقدار و جهت نهایی حمل ماسه را در منطقه نشان می‌دهد. برای رسم گلماسه از نرم افزار گلماسه نما<sup>۶</sup> استفاده شد. از دیگر روش‌های تجزیه و تحلیل رژیم بادی گلباد است که سمت سرعت و فراوانی بادهای بیش از یک نات (۰/۵ متر بر ثانیه) را در جهات مختلف نشان می‌دهد. درحقیقت، گلباد صرفاً تحلیل سینوپتیکی و هواشناسی باد است (احمدی، ۱۳۸۵، ۲۵۳). علاوه بر این، جهت وزش بادهای غالب منطقه را نیز نشان می‌دهد. برای تحلیل طوفان خیزی در مناطق مورد نظر از گل طوفان استفاده می‌شود که سمت و فراوانی بادهایی که توان حمل ذرات گرد و خاک از سطح زمین را داشته باشند، به نمایش در می‌آیند. در گل طوفان، ارتباط فضایی باد با فرسایش پذیری خاک یا زمین برقرار شد، به تحلیل طوفان خیزی در اراضی مورد نظر پرداخته می‌شود، در صورتی که این تحلیل به کمک گلباد امکان پذیر نیست (اختصاصی، ۱۳۸۳).

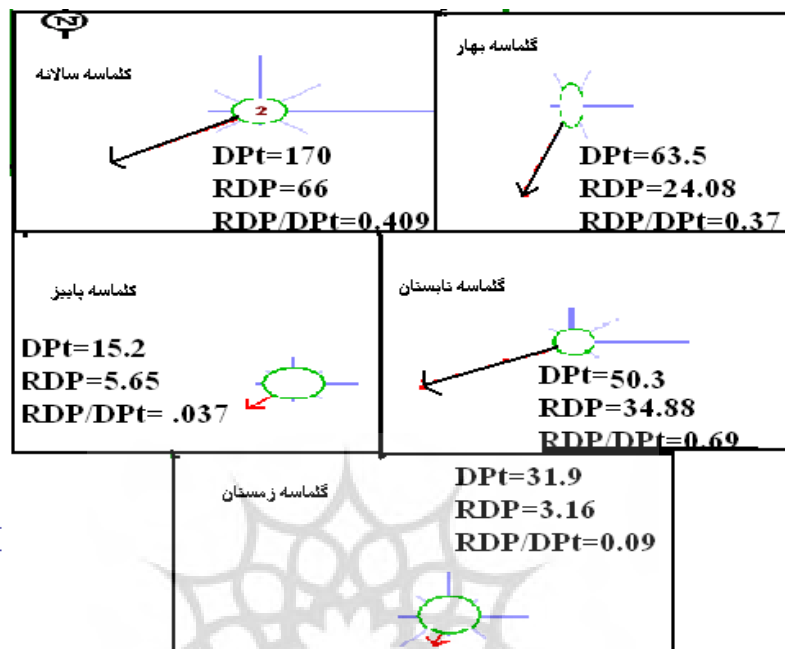
## نتایج

### تجزیه و تحلیل گلماسه

با استفاده از نرم افزار گلماسه نما، گلماسه‌های سالانه، فصلی و ماهانه ایستگاه سبزواری بر اساس داده‌های بادسنجی در یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۶) براساس حداقل سرعت آستانه فرسایش بادی (۶ متر بر ثانیه) رسم شد (شکل ۲).

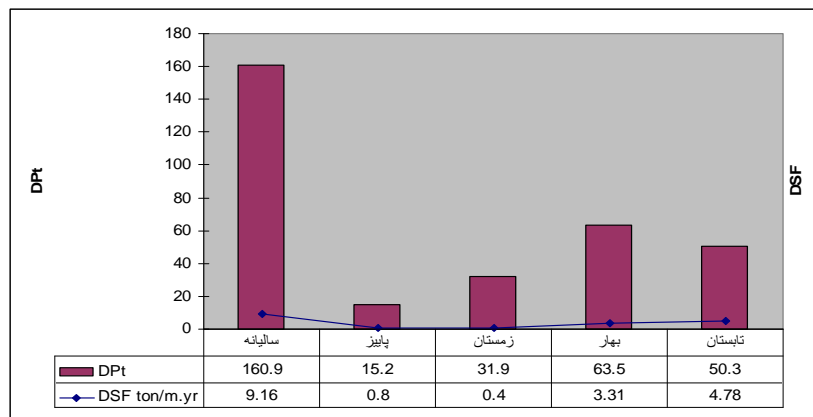
- 
4. Resultant Drift Potential
  5. Resultant Direction Drift
  6. Sand Rose Graph

نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزوار) ۱۰۷



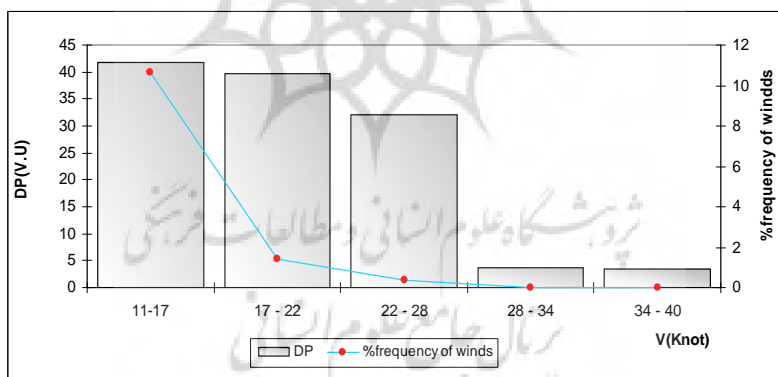
شکل (۲). گلماسه‌های فصلی و سالانه ایستگاه سبزوار (۱۹۹۶-۲۰۰۵)

گلماسه سالانه نشان می‌دهد که جهت نهایی حمل جنوب غربی است و توان حمل ماسه سالیانه حدود  $160/9 (V. U)$  واحد برداری است که براساس طبقه بندی فرای برگر و دین (۱۹۷۹) توان فرسایشی باد کم است. محاسبه DPT در فصول مختلف سال نشان می‌دهد که پرتوان ترین بادهای به ترتیب در فصل‌های بهار و تابستان  $63/5$  و  $50/3$  جریان دارد و بیشترین دبی خالص جریان نیز به این دو ماه مربوط می‌شود. در فصل پاییز توان فرسایشی بادهای منطقه حداقل و حدود  $(15/2)$  است که کمترین دبی خالص را دارد شکل (۳).



شکل (۳). میزان DSF-DPt (دبی خالص جریان) در فصول مختلف سال

همچنین، نمودار تغییرات توان حمل ماسه و فراوانی کلاس‌های مختلف سرعت باد نشان می‌دهد که بیشترین مقدار حمل رسوب به وسیله بادهای با سرعت (۲۸-۱۱ انات) صورت می‌گیرد.



شکل (۴). تغییرات توان حمل ماسه و فراوانی کلاس‌های مختلف سرعت باد

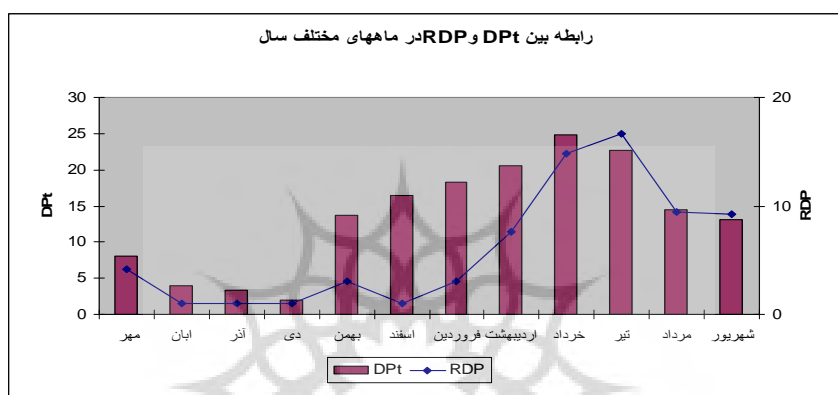
مجموع ماسه جا به جا شده در واحد عرض در واحد طول یک سال (TSF)<sup>۸</sup> برابر ۲۲/۳۳۵ تن بود، دبی جریان ماسه (DSF)<sup>۹</sup> حدود ۰/۹ تن بر متر در سال است.

8. Total Sand Flux

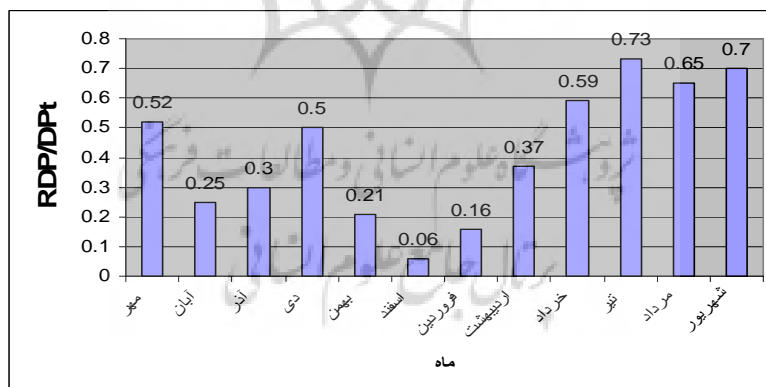


نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزواری ۱۰۹)

همچنین، شاخص همگنی جهت حمل ماسه به طور فصلی و سالانه برای ایستگاه سبزواری محاسبه شد (شکل ۶). با توجه به ترسیم گلماسه در همه ماه‌های سال دیده می‌شود که برآیند حمل ماسه RDP در ماه‌های آبان، آذر و دی حداقل است و بیشترین برآیند حمل ماسه مربوط به ماه تیر (۱۶/۶) است (شکل ۵).



شکل (۵). رابطه بین DpT و RDP در ماه‌های مختلف سال



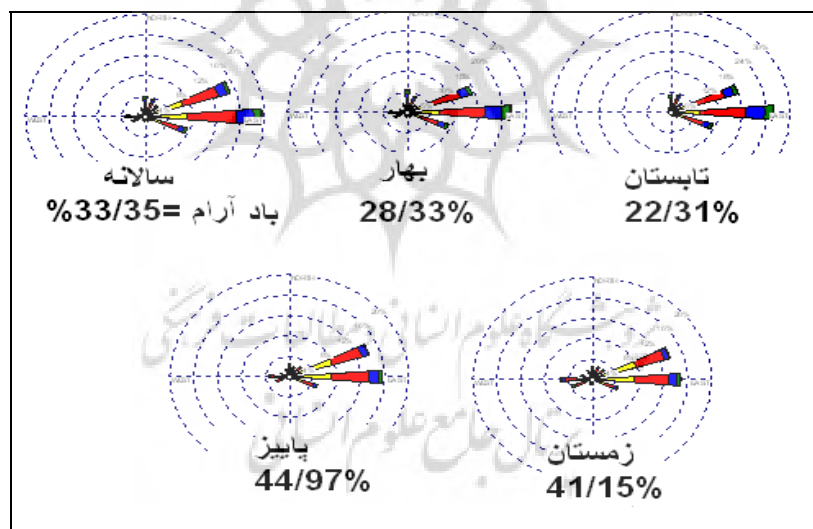
شکل (۶). شاخص تغییر پذیری جهت باد در ماه‌های مختلف (۱۹۹۱-۲۰۰۵)

## 9. Discharge Sand Flow

با توجه به شکل بالا، کمترین تغییرپذیری باد مربوط به شهریور ۰/۷ و بعد از آن تیر، خرداد و مرداد ماه به ترتیب (۰/۷۳، ۰/۶۵ و ۰/۵۹) است و بیشترین آن مربوط به اسفند ماه است. شاخص UDI نسبت تاثیر بادهای متقابل را در منطقه بخوبی نشان می‌دهد و برابر ۰/۴ است که بیانگر بادهای قدرتمند و دو جهتی با زاویه منفرجه است.

### تجزیه و تحلیل گلباد

با توجه به گلبادهای فصلی و سالانه ایستگاه هواشناسی سبزوار و وضعیت عمومی سمت و سرعت و فراوانی بادهای حاکم در منطقه دیده می‌شود. در حدود ۳۳/۳۲ درصد از بادهای دارای سرعتی کمتر از یک نات (۰/۵ m/s) بوده که به عنوان بادهای آرام در نظر گرفته شده اند و در هنگام ترسیم گلباد از آنها صرف نظر شده است.

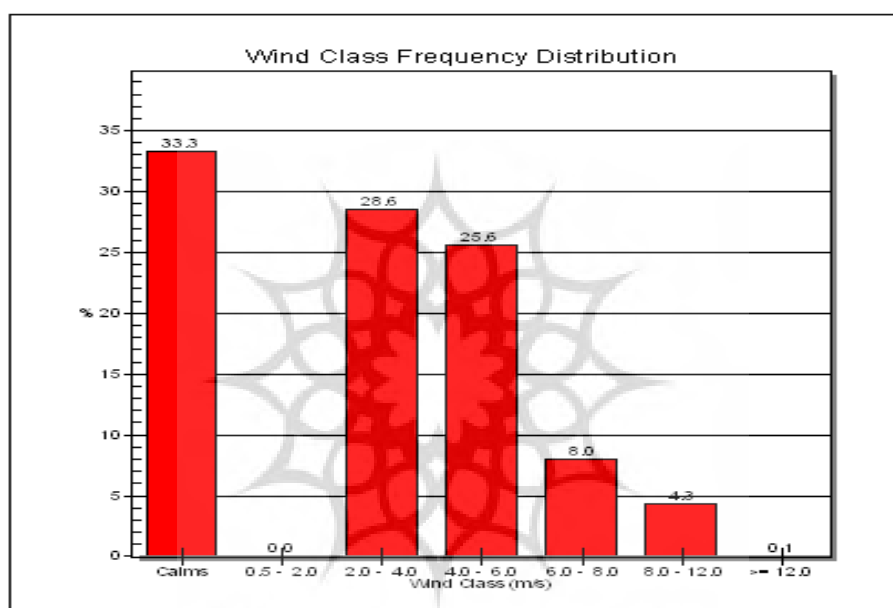


شکل (۶). گلباد فصلی و سالانه ایستگاه سبزوار (۲۰۰۵-۱۹۹۶)

گلبادهای فصلی منطقه نشان می‌دهد که در تمام فصول سال، عمده بادهای غالب منطقه از شرق و شمال شرقی می‌وزند و بادهای جنوب شرقی در رتبه سوم قرار دارند. و فراوانی

نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزوار) ۱۱۱

بادهای آرام ۳۳/۳۲٪ است. همچنین با توجه به نمودار به ترتیب بادهای ۶-۲ m/s بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده اند؛ به طوری که بیش از ۵۴/۲ درصد از بادها مربوط به این دو کلاس سرعت است و در نتیجه، بادهای با سرعت بیش از (۱۲ m/s) به عنوان کمترین توزیع فراوانی کلاس باد حدود ۰/۱٪ درصد است.



شکل (۷). توزیع فراوانی کلاس باد در ایستگاه سبزوار (۲۰۰۵-۱۹۹۶)

### تجزیه و تحلیل گل طوفان

گل طوفان‌های سالانه منطقه نشان می‌دهد که درصد بادهایی با سرعت بیش از سرعت آستانه ۱۲/۵ درصد است که از جهات شرق، شمال شرقی و جنوب شرقی می‌وزند و عمده ی آنها در فصول تابستان و بهار می‌وزند و جهت وزش آنها یکطرفه است، اما در پاییز و زمستان چند جهته است.

## نتیجه گیری

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار حمل رسوب به وسیله بادهای با سرعت (۵/۵ - ۱۴ متر بر ثانیه) صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، بیشترین نقش را در جا به جایی ماسه‌های روان و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای، بادهای با سرعت متوسط و فراوانی بیشتر ایفا می‌کنند و این برخلاف تصویری است که نسبت به بادهای طوفانی لحظه‌ای بیان می‌شود، زیرا اگرچه با افزایش سرعت باد توان حمل رسوب با توان سوم افزایش می‌یابد ولی به دلیل فراوانی و یا تراکم کمتر این دسته از بادها در مجموع نقش آنها در انتقال رسوب و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای چشمگیر نیست و این گونه بادها در ایجاد تصادفات جاده‌ای، آسیب به تیرهای برق و تاسیسات نقش عمده‌ای دارند که با نتایج زارعیان (۱۳۸۶: ۱۳۷) در جاسک مطابقت دارد.

برای تحلیل داده‌های بادسنجی ترسیم گلباد کافی نیست، بلکه دخالت دادن خصوصیات فیزیکی مثل سرعت آستانه فرسایش خاک توسط باد نیز اهمیت دارد که برای بررسی این مورد از نمودارهای گل طوفان و گلماسه استفاده می‌شود که می‌توانند فراوانی و بادهای طوفانزا و توان حمل ماسه را نشان دهند. گل طوفان با دخالت دادن سرعت آستانه فرسایش خاک، بادهای مؤثر در ایجاد گرد و غبار را نشان می‌دهد.

گلبادهای سالانه منطقه نشان می‌دهند که عمده بادهای حاکم از شرق و شمال شرقی می‌وزند و بادهای جنوب شرقی در رتبه سوم قرار می‌گیرند. بادهای بین ۶-۲ متر بر ثانیه بیشترین فراوانی را در تمام جهات به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، گلبادهای فصلی منطقه نشان می‌دهند که در هر چهار فصل بیشترین فراوانی بادهای منطقه مربوط به جهت شرقی است.

محاسبه دبی جریان ماسه در جهت بردار برآیند نشان داد که مجموع ماسه جا به جا شده در واحد عرض در واحد طول یک سال حدود ۲۲/۳۳ تن بوده که در راستای شمال غربی به طرف جنوب غربی است و بر پایه معادله لتو-لتو توسط نرم افزار به دست آمد.

نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزوار) ۱۱۳

مقدار شاخص همگنی در منطقه سبزوار ۰/۴ است که بیانگر حاکمیت بادهای دو جهته است که زمینه را برای ایجاد تپه‌های عرضی، بویژه بارخانی به سمت جنوب غربی مساعد می‌کند. نتایج حاصل از این بخش نشان داد که از شاخص همگنی می‌توان به نوع رژیم بادناکی موثر در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای و نیز مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه پی برد که با نتایج افراد دیگری مثل مورسی و همکاران (۲۰۰۱)؛ وانگ و همکاران (۲۰۰۲: ۱۹۵)؛ ساکو و همکاران (۲۰۰۴)؛ اختصاصی (۱۳۸۳) و زارعیان (۱۳۶: ۱۳۸) مطابقت دارد. تطابق جهت نهایی حمل ماسه در بهار و تابستان با جهت سالانه، نشان دهنده ی این است که بادهایی که در این فصل می‌وزند، نقش فراوانی در جهت نهایی حمل ماسه دارند و همچنین، به دلیل داشتن بیشترین بادهای طوفان زا دارای بیشترین پتانسیل حمل ماسه هستند. همچنین، بررسی وضعیت رژیم بادناکی و سرعت آستانه فرسایش در سطح منطقه می‌تواند در بررسی فرسایش بادی نقش بسزایی داشته باشد که می‌توان میزان پتانسیل حمل ماسه و جهت حمل ماسه را برآورد نمود.

#### منابع

۱. احمدی، حسن. (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی کاربردی - بیابان و فرسایش بادی، ج ۲، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۶۷۷ صفحه.
۲. اختصاصی، محمد رضا. (۱۳۸۳). بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی در دشت یزد - اردکان و تعیین شاخص‌های این فرآیند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابانزایی، استاد راهنما: احمدی، حسن، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی.
۳. اختصاصی، محمد رضا، محمد علی صارمی نایینی و سید زین العابدین حسینی. (۱۳۸۳). تاثیر تناسب کاربری اراضی در کاهش خسارات طبیعی و بهبود توسعه اقتصادی - اجتماعی استان یزد، همایش تحول در توسعه استان یزد.
۴. خلیلی، علی. (۱۳۶۹). توزیع جغرافیایی میانگین همتراز بارندگی‌های سالانه در ایران، وزارت نیرو.
۵. رفاهی، حسینقلی. (۱۳۷۸). فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۳۲۰ صفحه.
۶. زارعیان جهرمی، مجتبی. (۱۳۸۶). بررسی مورفودینامیک تپه‌های ماسه‌ای جنوب ایران، استاد راهنما: احمدی، حسن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی.
۷. طرح شناسایی کانونهای بحرانی فرسایش بادی و تعیین اولویت‌های اجرایی در کشور. (۱۳۸۱). دفتر فنی تثبیت شن و بیابان زدایی، مهندسین مشاور تاک سبز، سازمان جنگلها و مراتع و آبخیزداری کشور.

۸. طرح بررسی ماسه زارهای ایران (ارگ) به منظور برنامه ریزی بیابانزدایی در سطح کشور در جهت توسعه پایدار. (۱۳۸۲). شورای پژوهشهای علمی کشور، برنامه ملی تحقیقات، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، ۹۹ صفحه.
۹. مشهدی، ناسر، حسن احمدی. (۱۳۸۹). تعیین منابع ماسه براساس دان هبندی خاک یا رسوب سطحی (توان رسوب زایی)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۴، ص: ۴۹۹-۵۱۷.
10. Al-Awadhi J. M, Al-helal. A, Al-Enezi et al. .2005, Sand drift potential in the desert of Kuwait , Journal of Arid Environment 425– 438.
11. Bagnold. , R. A. , 1941, The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen, London.
12. Dong. ,Z,Chen. G. , He. X,Han. Z, Wang. X. 2004, Controlling blown sand along the highway crossing the Taklimakan Desert , Journal of Arid Environment 57,329- 344.
13. Fryberger, S. G. and Dean, G. 1979. Dune forms and wind regimes. In: A Study of Global Sand Seas. E. D. Mckee (Ed). Geological Survey Professional Paper 1052, p. 137-169.
14. Fryberger. S. G. , H. Lettaue, Dune forms and wind regims, in E. D. makee(ed), A study of global sand seas, 137-140, United States Geological Survey,professionalpaper1052,1979.
15. Khalaf, F. I. , Al-Ajmi, D. , 1993, Aeolian processes and sand encroachment problems in Kuwait. Geomorphology 6: 111–134.
16. McKee, ED. , 1979. A Study of Global Sand Seas, Geological Survey Professional Paper 1052. United States Department of Interior: Washington, DC.(429pp).
17. Moursy, F, Gaber. E. I, Samak. M, 2001, Sand Drift Potential in EL – KHANKA , Egypt.
18. Pearce, Kim I. , Walker, Ian J. ,2004, Frequency and magnitude biases in the Fryberger model,with implications for characterizinggeomorphically effective winds. Geomorphology 68 (39–55)
19. Saqqa. W,Atallah. M. , 2004. Characterization of the Aeolian Terrain Facies in Wadi Desert, Southest Jordan , Geomorphologyxxx xxx-xxx.
20. Tsoar, Haim, 2005. Sand dune mobility and stability in relation to climate. Physica A 357: 50-56.
21. Wasson ,R. J. , R. H. 1983. Factors determining desert dune type. Nature , 304: 337 – 339.
22. Wang. X, Dong. Z, Zhang. J,Chen. G. 2002,Geomorphology of Sand Duns in the Northeast Taklimakan, Desert, Geomorphology 42: 183- 195.