**پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸**
**ص ۴۳۰- ۴۱۷**

# تحلیل نقش باد و آب‌های زیرزمینی بر مکان‌گزینی و استقرار ریگزارهای چاله‌های ساختمانی (مطالعهٔ موردی: ریگ صادق‌آباد- بافق)

علی شهریار*- استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران
کاظم طاهری‌نژاد- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱۴

## چکیده

**اقلیم خشک و توسعهٔ انواع چاله‌های زمین‌ساختی سبب گسترش ریگزارهای مختلف در ایران مرکزی شده است که در این زمینه می‌توان به ریگ صادق‌آباد در شمال غرب بافق اشاره کرد. برای کشف علت استقرار این پهنهٔ ماسه‌ای، فاکتورهایی از قبیل تکتونیک، مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، توپوگرافی، سطح آب‌های زیرزمینی، سامانهٔ فشار جوی و رژیم باد با استفاده از داده‌هایی چون نقشه‌های زمین‌شناسی و داده‌های باد ایستگاه سینوپتیک بافق ارزیابی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در طول سال وزش باد از جهات مختلفی برخوردار است؛ به‌طوری‌که تحت تأثیر این امر مورفولوژی غالب ریگ صادق‌آباد به‌صورت تپه‌های ماسه‌ای هرمی ظاهر شده است که این نوع مورفولوژی بیابانی خود نشانه‌ای از تنوع جهت بادهای حاکم بر آن منطقه و تمرکز ماسه‌های روان است. به‌طورکلی، علاوه‌بر نقش رژیم بادی حاکم بر منطقه، بالابودن سطح آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر فعالیت گسل‌ها در مجاور ریگ صادق‌آباد بافق نیز در استقرار و تمرکز این تودهٔ ماسه‌ای در پلایای درانجیر مؤثر است؛ به‌گونه‌ای‌که سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در مجاور ریگ صادق‌آباد از عمق کمتری نسبت به مناطق مجاور برخوردار است.**

***واژگان کلیدی: تپهٔ ماسه‌ای، ریگ صادق‌آباد- بافق، شاخص همگنی وزش باد، مکان‌گزینی ریگزار.***

## مقدمه

فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود و عموماً از غالب‌ترین نوع فرسایش در این مناطق است (کوپینگر و همکاران، ۱۹۹۱: ۲۵۵). تخمین زده می‌شود که هرساله بر اثر فرسایش خاک ۵۰۰ میلیون تن غبار تولید و در هوا پراکنده می‌شود (معتمد، ۱۳۷۹: ۱۵۹). در حال حاضر، حدود ۳۶درصد سطح خشکی‌های زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک دربر گرفته که ۱۹درصد از این سطوح کاملاً خشک و فاقد حیات گیاهی است (رفاهی، ۱۳۸۰: ۴۱). در ایران نیز بیش از دوسوم مساحت آن را اراضی خشک و نیمه‌خشک فراگرفته که به‌علت نقصان رطوبت و کاهش تراکم پوشش گیاهی، باد از سطح این اراضی ذرات خاک را با خود حمل می‌کند و در نهایت با تراکم مواد حمل‌شده به تشکیل تپه‌های ماسه‌ای و ریگ‌ها منجر می‌شود؛ به‌طوری‌که در حال حاضر در ایران حدود ۱۳ میلیون هکتار اراضی به‌شکل تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۰: ۳۳). ریگ‌ها به‌صورت توده‌های عظیمی از پهنه‌های ماسه‌ای سطح بیابان‌ها را پوشانده‌اند و به‌صورت تپه‌های ماسه‌ای فعال یا تثبیت‌شده ظاهر می‌شوند (ویسون و هید، ۱۹۸۳: ۳۳۷). بنابراین، یکی از مهم‌ترین اشکال ژئومورفولوژیکی حاصل از فرسایش بادی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۳۴۵۰۶۵۴
Email: a.shahriar@yazd.ac.ir

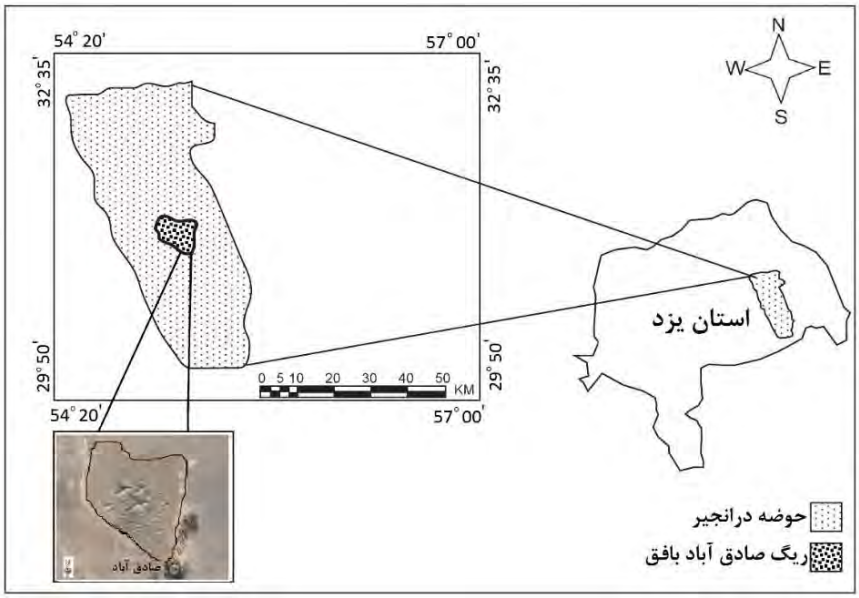
تپه‌های ماسه‌ای است که به‌عنوان یکی از اشکال غالب مناطق خشک پهنهٔ وسیعی از سطح بیابان‌ها را اشغال می‌کند (وین‌های و نینگ، ۲۰۱۶: ۱۲). استقرار توده‌های ماسه‌ای در یک منطقه تا حدودی منعکس‌کنندهٔ رژیم بادی، شرایط توپوگرافیکی، اندازه و شکل حوضه‌ها، و شرایط رسوب‌گذاری است (اوینگ و کوکورک، ۲۰۱۰: ۱۷۷). به این دلیل یکی از فاکتورهای اقلیمی مهم در شکل‌گیری و فعالیت تپه‌های ماسه‌ای قدرت باد است که با میزان سرعت آن مشخص می‌شود (تسور و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۱۷ ). بنابراین، حرکت ماسه‌های روان و تراکم تپه‌های ماسه‌ای تابعی از شرایط باد غالب‌اند (بگنولد، ۱۹۴۱: ۲۰۴). درحقیقت، وزش باد فرایندی است وابسته به زمان؛ به‌گونه‌ای‌که در هر لحظه سرعت و جهت آن تحت تأثیر سایر پدیده‌های جوی، اقلیمی، و توپوگرافی تغییر می‌کند و وضعیتی متفاوت با لحظهٔ قبل به خود می‌گیرد (صارمی نائینی و همکاران، ۱۳۸۵: ۴۵). مقدار انرژی باد و تغییرپذیری آن نقش قابل توجهی در کنترل مورفولوژی و تغییرات سطح زمین دارد و برحسب تغییرات مقدار انرژی باد طی زمان نوع فرسایش بادی و تولید رسوب نیز متفاوت است (پیرس، ۲۰۱۸: ۲۵). بر این اساس، نیروی باد همیشه ثابت نیست، بلکه در طی سال و حتی در طول روز نیز تا حد زیادی تغییر می‌کند (زوبک، ۱۹۹۱). از این جهت فراوانی، سرعت، و جهت حرکت بادها به‌عنوان عوامل اصلی کنترل‌کنندهٔ شکل تپه‌های ماسه‌ای و مورفودینامیک آن‌ها شناخته می‌شود (الوادهی، ۲۰۰۵: ۳۳). اندازه و شکل تپه‌های ماسه‌ای موجود در یک ناحیه گویای شرایط اتمسفری و توپوگرافی حاکم بر آن طی زمان‌های مختلف (فصل- دهه) با اندازه‌های متفاوت (از چند دسی‌متر تا چندین کیلومتر) است (سوئرمن و همکاران، ۲۰۰۱: ۲). در زمینهٔ تمرکز ماسه‌های روان و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای می‌توان گفت که جایگاه اصلی تپه‌های ماسه‌ای حد فاصل بین باد و محل اصلی تمرکز ریگ است (هوور و همکاران، ۲۰۱۸: ۳۱). بنابراین، پهنه‌های تحت اشغال تپه‌های ماسه‌ای، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوارض مناطق بیابانی در ایران، دارای وسعت زیادی است و می‌توان بیان کرد که، با توجه به خصوصیات سطح زمین، باد عنصر اصلی در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای است (محمودی، ۱۳۸۳: ۷۵). نحوهٔ تجمع ماسه‌ها توسط فاکتورهایی مانند مقدار ماسه، میزان رسوب‌گذاری، جهت و سرعت باد، وضعیت مورفولوژی، و موانع موجود در بستر حرکت ماسه کنترل می‌شود (موسوی حرمی، ۱۳۸۹). تحت این شرایط توپوگرافی، به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری و تراکم پهنه‌های ماسه‌ای، نه‌تنها عوامل ژئومورفولوژیکی را در ارتباط با جنس زمین و رژیم آب و هوایی حاکم بر منطقه به فعالیت وامی‌دارد، بلکه توپوگرافی نیز تحت تأثیر آن‌ها قرار می‌گیرد و تغییر شکل می‌یابد (رجایی، ۱۳۷۹: ۸۹). در شرایط آب و هوایی مشخص و زمین‌شناسی معین، عوامل توپوگرافی اثرهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند که می‌توان آن را به‌عنوان پایهٔ تخریب و فرسایش به‌شمار آورد و رابطهٔ بین آن‌ها و شدت فرسایش را به‌دست آورد (جداری عیوضی و جوکار سرهنگی، ۱۳۸۰: ۷۴). در ارتباط با بررسی تپه‌های ماسه‌ای، ال هارتی (۲۰۰۲)، با مطالعهٔ منشأ و علت استقرار تپه‌های ماسه‌ای بین مناطق اللیته و جده در غرب عربستان سعودی به ارتباط بین جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای و باد غالب پرداخت. سپس، با نمونه‌برداری از رسوبات، علت استقرار تپه‌های ماسه‌ای غرب عربستان سعودی را به انتقال رسوبات بادی از محدوده‌های سنگ‌های آذرین و دگرگونی نسبت داد. وانگ و همکاران (۲۰۰۵)، با مطالعهٔ شرایط بادی و فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در بیابان‌های چین، به این نتیجه رسیدند که تپه‌های ماسه‌ای تحت تأثیر رژیم بادی کنترل می‌شوند و توسعه می‌یابند. بر این اساس، به طبقه‌بندی و نحوهٔ استقرار تپه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت‌شده در طول سواحل چین پرداختند. جوآنا و همکاران (۲۰۰۸) عوامل و عناصر اقلیمی و نقش آن‌ها در کنترل مورفولوژی و استقرار تپه‌های ماسه‌ای بیابان‌های ویکتوریا را بررسی کردند و عامل تعیین‌کنندهٔ مورفولوژی و استقرار بیشتر تپه‌های ماسه‌ای را توپوگرافی محلی و فون بادهای خشک جنوب غربی به‌شمار آوردند و به نقش توپوگرافی و جریانات محلی در جابه‌جایی

الگوهای سینوپتیک و کانالیزه‌شدن بادها و تغییرات سریع در نوع تپه‌های ماسه‌ای، به‌ویژه در ماه نوامبر، اشاره کردند. تسوآر و همکاران (۲۰۰۹) در ایالت سیرا (شمال شرق برزیل) با رسم گل ماسه‌های سه منطقهٔ شرق فورتالیزا نشان دادند که توان حمل ماسهٔ خیلی بالا در طول فصل خشک با شاخص یک‌جهتی خیلی زیاد (۰/۹۵– ۰/۹۹) بوده و نوع رژیم باد مناسب برای شکل‌گیری تپه‌های پارابولیک و بارخانی است. تسوآر (۲۰۱۴) جهت شناخت عوامل تعیین‌کننده در استقرار تپه‌های ماسه‌ای به نقش باد، بارندگی، یا فعالیت‌های انسانی اشاره کرد. بر این اساس، وی بیان کرد که تپه‌های ماسه‌ای خطی با پوشش گیاهی شایع‌ترین نوع تپهٔ ماسه‌ای در بیابان‌های جهان در اواخر پلیستوسن است که دارای اقلیمی با مشخصهٔ بادهای شدید است. هوور و همکاران (۲۰۱۸) میزان انتقال و جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای ریگزار آیداهو در امریکا را با استفاده از سری عکس‌های هوایی ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۱ و داده‌های اقلیمی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهندهٔ آن بود که بین ۲۴ تا ۴۵درصد جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای تحت تأثیر دما، بارش، و سرعت باد است. در ایران نیز، به‌عنوان کشوری با شرایط اقلیمی خشک، به‌دلیل پراکندگی ریگزارهای مختلف، مطالعاتی در ارتباط با استقرار ریگزارها انجام شده است؛ از جملهٔ این مطالعات می‌توان به پژوهش یمانی (۱۳۸۱) اشاره کرد که با مطالعهٔ نقش توپوگرافی، قطر ذرات رسوب، مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، و بادهای غالب در محدودهٔ بند ریگ کاشان، سلول همگرای کم‌فشار محلی را در استقرار این مجموعهٔ ماسه‌ای مؤثر درنظر گرفت. یمانی و همکاران (۱۳۹۰) نیز، به‌منظور بررسی علت استقرار ریگ کرمان، با بررسی آمار باد ایستگاه‌های سینوپتیک، بادهای غالب، و تطبیق جهت باد با توپوگرافی منطقه، وجود یک سیکلون حرارتی غالب بر چالهٔ لوت را در استقرار ریگ کرمان مؤثر دانستند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعهٔ پراکندگی چهار ریگ خارتوران، ریگ سرگردان، ریگ جن و ریگ چاه جم و رژیم بادی ایستگاه‌های هواشناسی مجاور دشت کویر جهت فعالیت الگوهای جوی سطح فشار ۹۲۵ هکتوپاسکال را با جهت قرارگیری و استقرار ریگزارها منطبق و مرتبط دانستند. احراری رودی (۱۳۹۶) به‌منظور تعیین عامل تشکیل و گسترش پهنه‌های ماسه‌ای در محیط‌های ساحلی دریای عمان، از طریق مطالعات دانه‌سنجی، باد، و تکتونیک به این نتیجه رسید که تکتونیک و بادهای ۱۲۰روزهٔ سیستان عامل مسبب تراکم و استقرار تپه‌های ماسه‌ای در نوار ساحلی است. صانعی و شهریار (۱۳۹۶) به بررسی مورفولوژی ریگ چاه جم با استفاده از آمار باد ایستگاه شاهرود و رسم گل‌ماسه پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها از نقش بادهای چندجهته در استقرار و نوع مورفولوژی هرم‌های ماسه‌ای در ریگ چاه جم حکایت دارد.

## موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مورد مطالعه

در ارتباط با موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه، می‌توان چنین بیان کرد که ریگ صادق‌آباد در چالهٔ ساختمانی درانجیر واقع شده است. این چالهٔ ساختمانی با مختصات جغرافیایی ۱۵ ۲۰ °۵۴ تا ″۳۰ ۴۹ °۵۵ طول شرقی و ″۵۰ ۳۴ °۳۲ تا ۲۰ ۰۸ °۳۱ عرض شمالی در امتداد جنوب شرقی استان یزد قرار دارد که از خرانق تا بافق گسترده است. ریگ صادق‌آباد نیز در مختصات جغرافیایی ″۳۰ ۱۷ °۵۵ تا ″۲۴ ۱۹ °۵۵ طول شرقی و ″۳۲ ۴۴ °۳۱ تا ″۱۹ ۴۶ °۳۱ عرض شمالی در ۱۵ کیلومتری شمال غربی شهر بافق و تقریباً در مرکز چالهٔ درانجیر قرار گرفته است (شکل ۱).

از آنجا که در چالهٔ ساختمانی درانجیر برجسته‌ترین شکل تراکم تپه‌های ماسه‌ای در مجاور صادق‌آباد تشکیل شده است و تودهٔ ماسه‌ای به این شکل متمرکز در جاهای دیگر پلایای درانجیر واقع نشده و همچنین به‌دلیل آنکه علت استقرار ریگ صادق‌آباد بافق تاکنون ناشناخته است، مطالعهٔ حاضر گامی جهت درک علت مکان‌گزینی پهنهٔ ماسه‌ای ریگ صادق‌آباد در شمال غربی بافق شناخته می‌شود.

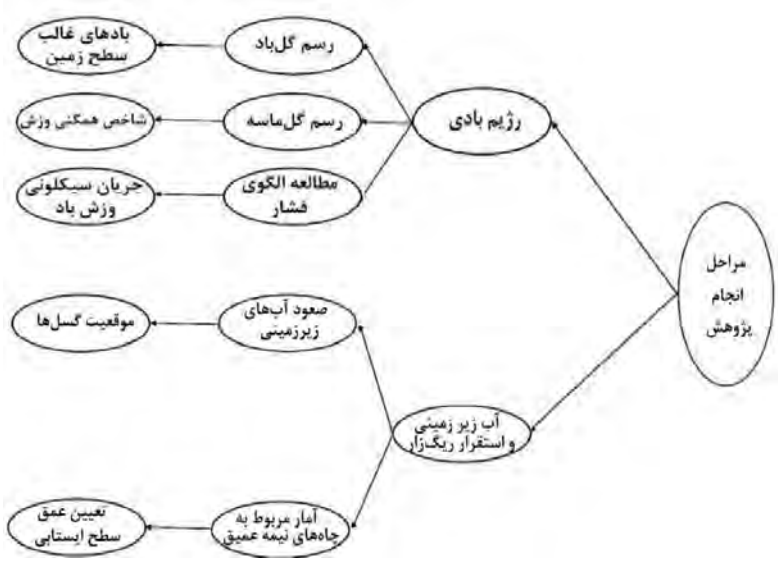



**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ریگ صادق‌آباد بافق در حوضهٔ درانجیر**

## مواد و روش‌ها

همهٔ عوامل مؤثر در کاهش میزان سرعت انتقال ماسه‌های روان در داخل چاله‌های ساختمانی می‌تواند در تراکم ماسه‌های روان و توسعهٔ ریگزارها نقش داشته باشد. ازاین‌رو، در این پژوهش سعی شده تا میزان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر در استقرار ریگزار صادق‌آباد بافق بررسی شود. وضعیت آب‌های زیرزمینی با مشاهدهٔ میدانی و استفاده از نرم‌افزار Adobe illustrator و همچنین آمار مربوط به عمق آب‌های زیرزمینی در چهار چاه پیزومتری در حوضهٔ درانجیر بررسی شده است. همچنین، از DEM ۱۰متری منطقه برای شناخت موقعیت توپوگرافی و بررسی نقش ارتفاعات در شکل‌گیری ریگ صادق‌آباد استفاده شده است. از آنجا که وجود برخی عوارض ژئومورفولوژیکی مانند مخروط‌افکنه‌ها خود نشانه‌ای از تغذیهٔ مناسب آب‌های زیرزمینی است (مددی و بابامحمدی، ۱۳۹۲: ۳)، در مرحلهٔ بعد با مطالعهٔ موقعیت توپوگرافی و زمین‌شناسی به رسم نقشهٔ ژئومورفولوژی از چالهٔ درانجیر اقدام شد و موقعیت گسل‌ها و برخی عوارض ژئومورفولوژیکی مؤثر در تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی مشخص شد.

از طرفی، با توجه به اهمیت نقش باد در انتقال و تراکم توده‌های ماسه‌ای، مطالعهٔ رژیم باد منطقه با استفاده از داده‌های باد ایستگاه سینوپتیک بافق و رسم گل‌باد و گل‌ماسه به‌ترتیب در نرم‌افزارهای Wrplot و Sand Rose Graph انجام شد. از آنجا که شناخت نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای تا حدودی می‌تواند نشانهٔ استقرار یا جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای باشد، می‌توان با مطالعهٔ جهات وزش باد در دوره‌های زمانی مختلف نوع مورفولوژی غالب تپه‌های ماسه‌ای را در یک ریگزار تشخیص داد و از این مطالعات در زمینهٔ علل استقرار پهنه‌ای ماسه‌ای استفاده کرد. همچنین، با توجه به مطالعاتی که در برخی مناطق جهان و به‌خصوص در زمینهٔ نقش الگوهای فشار جو بر استقرار پهنه‌های ماسه‌ای وجود دارد، به‌منظور تعیین نقش شرایط همگرایی بادهای محلی در استقرار ریگ صادق‌آباد بافق، با استفاده از داده‌های دینامیکی جو در سال ۲۰۱۶ و نرم‌افزار IDV 5.0 شرایط همگرایی بادهای سطحی غالب بر چالهٔ ساختمانی درانجیر مشخص و اثر آن بر ریگ صادق‌آباد بررسی شد (شکل ۲).




**شکل ۲. چارچوب مراحل شناسایی علل مکان‌گزینی ریگ صادق‌آباد- بافق**

## یافته‌های پژوهش

با توجه به عوامل مختلفی که در استقرار پهنه‌های ماسه‌ای و ریگ‌ها نقش دارد، در استقرار هر ریگزار ممکن است یک یا چند مورد از این عوامل تأثیرگذار باشد. بر این اساس، ممکن است در بین عوامل مختلفی که در استقرار ریگزارها نقش دارند اثر برخی از این عوامل نسبت به موارد دیگر چشم‌گیرتر و پُررنگ‌تر باشد یا اینکه عوامل دیگر را نیز تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، به‌منظور درک علت استقرار ریگ صادق‌آباد- بافق، عوامل مؤثر در این زمینه بررسی می‌شود.

## بررسی شرایط بادهای منطقه

شاید بتوان مطالعهٔ رژیم بادی یک منطقه و تعیین میزان سرعت و جهت بادهای حاکم بر آن را مهم‌ترین مرحلهٔ مطالعهٔ فرسایش بادی درنظر گرفت. از آنجا که جریان بادهای موجود در یک منطقه تحت تأثیر الگوهای فشار حاکم بر آن منطقه است، می‌توان با شناخت الگوهای فشار حاکم بر سطوح بالای یک منطقه شرایط عمومی رژیم بادی آن را مشخص کرد. همچنین، به‌منظور درک دقیق‌تر از بادهای سطح زمین، می‌توان با استفاده از آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک و رسم گل‌باد، گل‌ماسه، و گل‌طوفان به درک مناسبی از شرایط بادهای سطحی دست یافت.

### الف) مطالعهٔ جریان بادهای سطحی و شاخص همگنی وزش باد

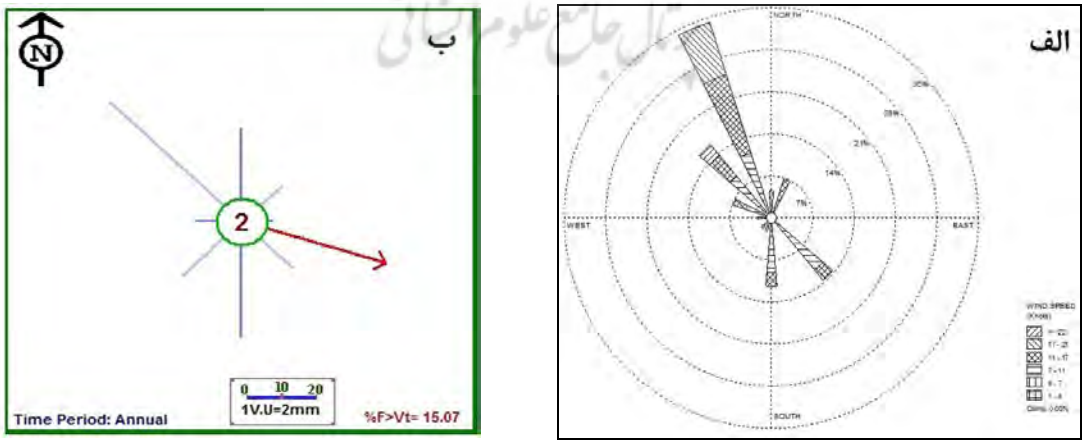
از آنجا که تنها ایستگاه سینوپتیک در چالهٔ ساختمانی درانجیر ایستگاه بافق واقع است، با استفاده از آمار روزانهٔ باد این ایستگاه، رژیم بادی حاکم بر درانجیر در یک دورهٔ زمانی بیست‌ساله (۱۳۷۶-۱۳۹۶) بررسی شد. مطالعات حاصل از باد نشان‌دهندهٔ آن است که با وجود غلبهٔ بادهای شمال غربی و جنوب شرقی می‌توان شاهد وجود بادهایی از جهات دیگر نیز بود که در این زمینه تغییر جهت بادهای شدید طی ماه‌های مختلف بیشتر مشخص است (جدول ۱).

مطالعات حاصل از رسم گل‌باد سالانهٔ بافق نشان‌دهندهٔ آن است که با وجود غلبهٔ بادهای شمال غربی در منطقهٔ مورد مطالعه، بادهایی از جهات دیگر نیز در ایستگاه سینوپتیک بافق ثبت شده‌اند (شکل ۳- الف). علاوه‌بر رسم گل‌باد، برای شناخت فرایند حمل و انتقال ماسه، از گل‌ماسه استفاده می‌شود. بدین منظور، براساس معادلهٔ پیشنهادی فرای برگر و دین

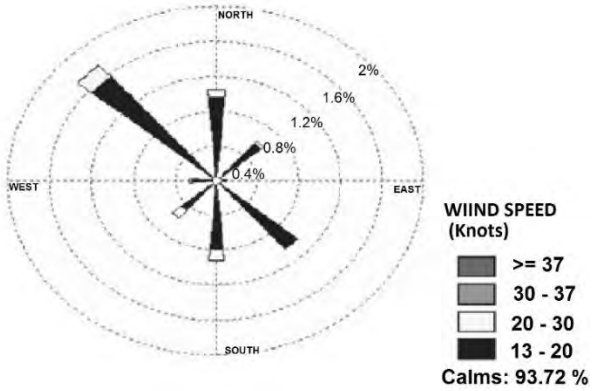
در نرم‌افزار Sand Rose Graph با استفاده از آمار ایستگاه هواشناسی بافق، به رسم گل‌ماسه و تعیین شاخص‌های مختلفی از قبیلDP (توانایی حمل ماسه در هشت جهت جغرافیایی)، RDP (مقدار برآیند وضعیت حمل ماسه)، RDD (جهت حمل ماسه)، و شاخص UDI (شاخص همگنی وزش باد) اقدام شد. در این میان، UDI میزان ثبات یا تغییر جهت بادهای حامل ماسه را نشان می‌دهد که از نسبت RDP/DP محاسبه می‌شود. هر چقدر نسبت UDI به ۱ نزدیک‌تر شود نشان‌دهندهٔ میزان ثبات باد در یک جهت خاص است و هر چقدر UDI به صفر نزدیک شود، نشان‌دهندهٔ عدم ثبات در جهت باد است. شواهد حاصل از رسم گل‌ماسهٔ سالانه نشان‌دهندهٔ بادهای غالب حامل ماسه با جهتی متمایل به شرق و جنوب شرق است (RDD=۱۰۷). ولی با توجه به مقدار شاخص همگنی سالانه UDI=۰٫۲۴۹ مشخص می‌شود که این نسبت تا عدد ۱ فاصلهٔ نسبتاً زیادی دارد و این نشانهٔ آن است که منطقهٔ مورد مطالعه دارای سیستم بادهای چندجهته است و وجود بازوهای مختلف در گل‌ماسهٔ سالانهٔ بافق نیز گویای حمل ماسه از جهات مختلف است (شکل ۳- ب). از طرفی، برای شناخت بهتر الگوی بادهای شدید غالب بر منطقهٔ مورد مطالعه، گل‌طوفان سالانهٔ ایستگاه بافق نیز رسم شد که رسم گل‌طوفان سالانهٔ بافق نیز گویای شرایط بادهای شدید از جهات متفاوت و حمل ماسه است (شکل ۴).

**جدول ۱. رژیم بادی ماهانهٔ ایستگاه سینوپتیک بافق طی دورهٔ آماری ۱۳۷۶-۱۳۹۶**

| ماه شمسی | باد آرام (%) | جهت باد غالب | باد غالب (%) | سرعت متوسط | جهت بادهای شدید |
|---|---|---|---|---|---|
| دی | ۷٫۶۱ | SE | ۵٫۲۰ | ۲٫۳ | SE |
| بهمن | ۲٫۵۰ | SE | ۹٫۱۹ | ۴٫۰ | SW |
| اسفند | ۷٫۵۰ | SE | ۴٫۱۶ | ۱٫۴ | S |
| فروردین | ۲٫۴۷ | SE | ۳٫۱۴ | ۹٫۳ | W |
| اردیبهشت | ۴٫۵۵ | NW | ۱٫۱۶ | ۷٫۳ | W, S, NW |
| خرداد | ۸٫۵۱ | NW | ۴٫۱۷ | ۴٫۰ | N, NW |
| تیر | ۵٫۴۷ | N | ۵٫۱۷ | ۴٫۴ | NW |
| مرداد | ۳٫۵۲ | NW | ۶٫۱۵ | ۴٫۴ | N, NE |
| شهریور | ۷٫۵۲ | NW | ۱٫۱۵ | ۹٫۳ | N, NW |
| مهر | ۶٫۶۴ | NW | ۵٫۱۱ | ۹٫۳ | N |
| آبان | ۳٫۶۳ | SE | ۳٫۱۶ | ۶٫۳ | S |
| آذر | ۴٫۷۰ | SE | ۱۷٫۰۰ | ۴٫۰ | S, SE, NW |



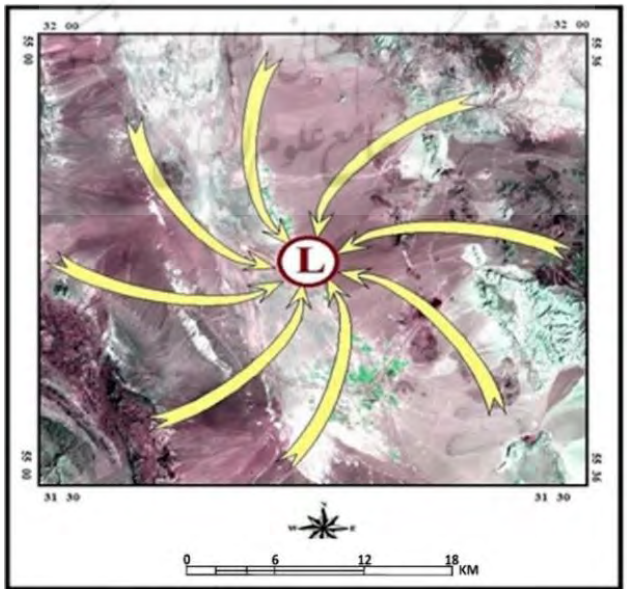

**شکل ۳. گل‌باد و گل‌ماسهٔ سالانه در ایستگاه سینوپتیک بافق (دورهٔ آماری ۱۳۷۶-۱۳۹۶)**




**شکل ۴. گل‌طوفان سالانهٔ ایستگاه سینوپتیک بافق و غلبهٔ بادهای طوفانی از جهات متفاوت (دورهٔ آماری ۱۳۷۶-۱۳۹۶)**

## ب) الگوهای فشار حاکم بر سطح چالهٔ درانجیر

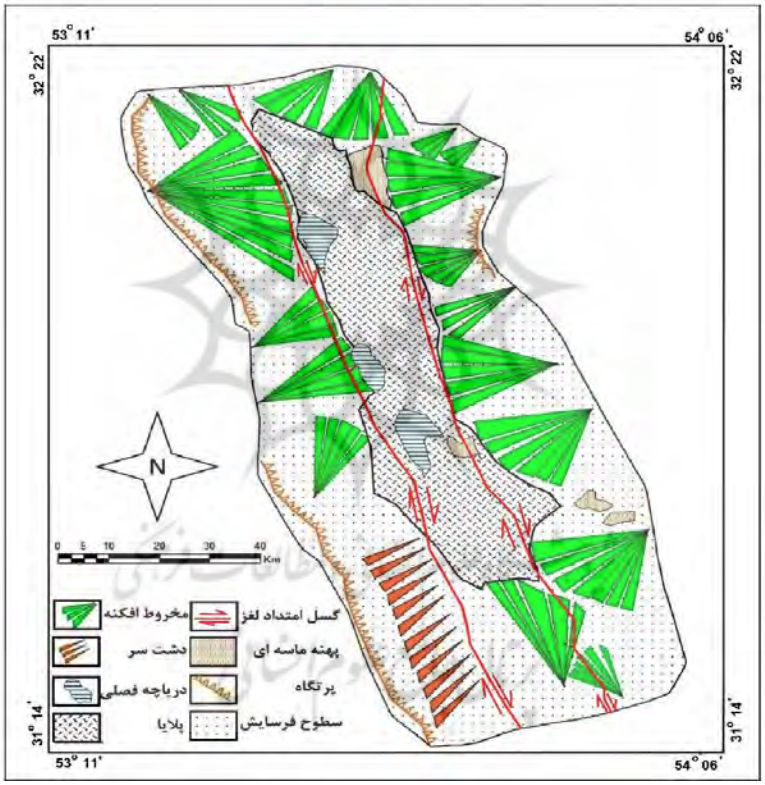
الگوهای سطوح بالای جو به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در مکان‌گزینی و استقرار ریگزارهای مناطق خشک شناخته شده است که در نوع جهت وزش بادهای حاکم در این مناطق تأثیرگذار است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۲؛ یمانی، ۱۳۹۴). در مطالعهٔ ریگ صادق‌آباد- بافق از ترکیب داده‌های فشار دینامیکی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ در نرم‌افزار IDV میانگین شرایط فشار سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال در سطح زمین بررسی شده که این امر نشان‌دهندهٔ تأثیر این الگوی فشار در جهت‌دهی به بادهای محلی سطح زمین است؛ به‌طوری‌که مسیر جریان این الگوی کم‌فشار حرارتی تا حدودی منطبق بر گل‌باد و گل‌طوفان ایستگاه بافق است. بنابراین، وزش باد در بافق در همهٔ ماه‌های سال یک سیستم معین را دنبال نمی‌کند و در جهات مختلف در مسیری سیکلونی ظاهر می‌شود. این تغییر جهت باد در فصول مختلف باعث ایجاد نوعی از تودهٔ هوای چرخشی در ناحیهٔ مورد مطالعه شده و همین حرکت چرخشی بادها نقش مؤثری در تمرکز ماسه‌های روان در این بخش از کویر درانجیر داشته است (شکل ۵).




**شکل ۵. وجود الگوی کم‌فشار حرارتی و سیستم همگرایی بادها در سطح زمین**

**مطالعهٔ شرایط آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ ریگ صادق‌آباد- بافق**

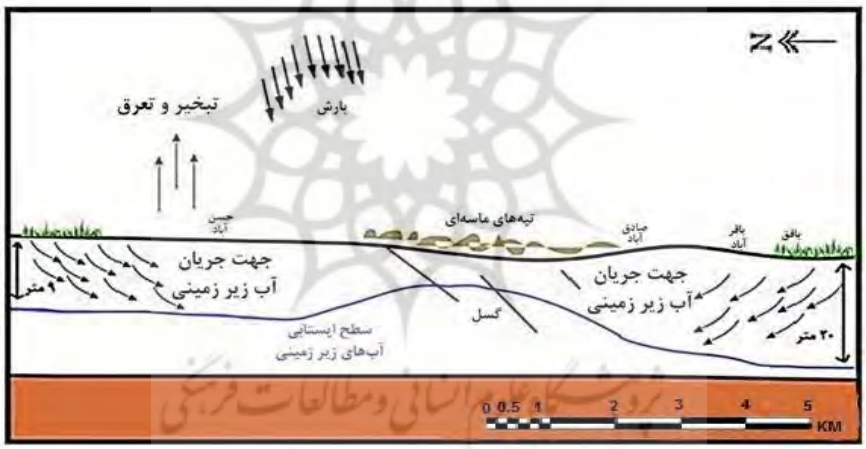
با توجه به فعالیت تکتونیک جنبا در ایران مرکزی، می‌توان تأثیر این فعالیت‌های تکتونیکی را به‌صورت توسعهٔ چاله‌های ساختمانی با جهت شمال غربی- جنوب شرقی مشاهده کرد. در این زمینه می‌توان چالهٔ ساختمانی درانجیر را نام برد که به‌دلیل فعالیت دو سیستم گسلی عمده، چالهٔ ساختمانی درانجیر به‌صورت یک گرابن ظاهر شده که از شرق به گسل بافق و از غرب با گسل کویر درانجیر محدود شده است. فعالیت تکتونیکی در این منطقه سبب تنوع توپوگرافیکی در سطح زمین شده که شاخص‌ترین آن وضعیت توپوگرافی چاله‌ای در مجاور گسل بافق است. این شرایط تکتونیکی و موقعیت گسل‌ها در مجاور ریگ صادق‌آباد نقش مؤثری در توسعهٔ مخروط‌افکنه‌ها، جریان بادهای محلی از ارتفاعات مجاور به سمت چالهٔ درانجیر، و به‌خصوص عمق آب‌های زیرزمینی دارد. در این زمینه پراکندگی مخروط‌افکنه‌های متفاوت در مجاور چالهٔ درانجیر می‌تواند نقش مهمی در نفوذ نزولات جوی و در نتیجه تقویت سفره‌های آب‌های زیرزمینی داشته باشد (شکل ۶).




**شکل ۶. موقعیت ژئومورفولوژیکی چالهٔ درانجیر و محل قرارگیری گسل‌ها و مخروط‌افکنه‌ها در مجاور ریگ صادق‌آباد- بافق**

از آنجا که یکی از ویژگی‌های مناطق کویری، مانند کویر درانجیر، ارتفاع نسبتاً بالای سطح آب‌های زیرزمینی است، عامل رطوبت می‌تواند همواره یکی از عوامل مؤثر در کاهش حرکت ماسه‌های روان و تثبیت آن‌ها به‌شمار آید. در مناطق خشک و کم‌آب، وجود آب‌های زیرزمینی که از ارتفاعات مجاور مناطق خشک و کویری تغذیه می‌شوند می‌تواند منبع تأمین رطوبت لازم جهت تثبیت ماسه‌های روان در این مناطق شناخته شود. وجود آب در زیر سطح زمین به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک چسبندگی بیشتری را در اجزای ریزدانهٔ خاک رسی- ماسه‌ای فراهم می‌کند که پیامد آن می‌تواند به ایجاد سفره‌های آب کاذب حتی در ارتفاعی بالاتر از سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی منجر شود. به‌طور مسلم،

با افزایش رطوبت خاک‌های سطحی در نتیجهٔ بالاآمدن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی، قدرت آب در چسبندگی ذرات خاک و در نتیجه تثبیت ماسه‌های روان افزایش می‌یابد. ذرات خاک در محدودهٔ بافق بیشتر از نوع کانی‌های رسی است؛ به‌طوری‌که کانی‌های رسی مانند مونت موریلونیت یا اسمکتیت خود با جذب آب آماس پیدا می‌کنند. آماس این کانی‌ها به‌مراتب به نفع تثبیت تپه‌های ماسه‌ای است؛ به‌طوری‌که جذب آب خود باعث افزایش نیروی ثقلی در این ذرات می‌شود که این امر ثبات آن‌ها را بیشتر می‌کند (طاهری‌نژاد و زارع، ۱۳۹۷: ۱۳۶). در مبحث مطالعهٔ آب‌های زیرزمینی، نقش تکتونیک و فعالیت گسل بافق در انتقال آب به حوالی سطح زمین و تقویت سفره‌های کاذب در مجاور ریگ صادق‌آباد بسیار مؤثر است. بنابراین، برای بررسی و نمایش عمق آب‌های زیرزمینی، از آمار مربوط به عمق چهار چاه نیمه‌عمیق (چاه بافق با عمق ۱۴ متر، چاه باقرآباد با عمق ۶ متر، چاه صادق‌آباد با عمق ۵ متر، و چاه حسن‌آباد با عمق ۸ متر) که با دستگاه عمق‌سنج الکتریکی به‌ثبت رسیده‌اند استفاده شده است. در نهایت، با تکیه بر آمار مربوط به چاه‌های نیمه‌عمیق و استفاده از آن‌ها در نرم‌افزار Adobe Illustrator سطح ایستابی سفرهٔ آب زیرزمینی پهنه‌بندی و نیمرخ آن ترسیم شد. بررسی نیمرخ حاصله نشان‌دهندهٔ آن است که به‌دلیل قرارگرفتن ریگ صادق‌آباد در توپوگرافی گودی‌شکل مجاور گسل بافق سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در عمق کمتری قرار گرفته و در مجاور ریگ صادق‌آباد سطح آب‌های زیرزمینی حدود ۳ متر و گاهی کمتر از این عمق است (شکل ۷).




**شکل ۷. نمایی از سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در منطقهٔ مورد مطالعه**

در مبحث استقرار ماسه‌های روان و نقش آب‌های زیرزمینی در تشکیل ریگزارها، باید اشاره کرد که آب‌های زیرزمینی باید از عمق نسبتاً کمی برخوردار باشند تا بتوانند بر استقرار ماسه‌های روان نقش داشته باشند. در این زمینه، سطح آب‌های شور زیرزمینی در مناطق مجاور ریگ صادق‌آباد بافق به حدی بالا بوده که در بیشتر مواقع با احداث زهکش این آب‌های مازاد تخلیه می‌شود و همین عامل می‌تواند نقش مؤثری در استقرار این تودهٔ ماسه‌ای ایفا کند (شکل ۸). بنابراین، در ارتباط با نقش آب‌های زیرزمینی، می‌توان گفت این عامل بیشتر عاملی درنظر گرفته می‌شود که در استقرار تودهٔ ماسه‌ای ارگ بافق نقش داشته است. ولی باد، علاوه‌بر اینکه در قالب الگوی کم‌فشار محلی در استقرار و تمرکز ماسه‌ای روان در این بخش از چالهٔ ساختمانی بافق نقش داشته، مورفولوژی غالب این ریگزار را نیز تحت تأثیر قرار داده است.

**شکل ۸. وجود زهکش‌ها به‌عنوان نشانه‌ای از بالابودن سطح آب‌های شور زیرزمینی در مجاور ریگ صادق‌آباد- بافق**

## نتیجه‌گیری

مکان‌گزینی و استقرار یک ریگزار می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی انجام گیرد. در بیشتر موارد هر عاملی که در یک منطقه در کاهش سرعت بادهای حامل ماسه نقش داشته باشد یا به‌صورت مانع عمل کند می‌تواند در تمرکز ماسه‌های روان و تشکیل ریگزارها نقش داشته باشد که در این مورد در کنار شرایط مربوط به رژیم بادی حاکم بر یک منطقه می‌توان به توپوگرافی، رطوبت، پوشش گیاهی، و ... نیز اشاره کرد. بررسی و تحلیل باد در ایستگاه بافق به‌عنوان تنها ایستگاه سینوپتیک واقع در چالهٔ ساختمانی درانجیر نشان‌دهندهٔ آن است که، با وجود غلبهٔ بادهای شمال غربی در چالهٔ درانجیر در طول سال، جهت بادها از ثبات کاملی برخوردار نبوده و در فصول مختلف باد از جهات مختلفی به سمت چالهٔ درانجیر جریان داشته و به انتقال ماسه‌های روان به این منطقه منجر می‌شود. در این زمینه، اختلاف دمای حاصل از سطوح پست کویر درانجیر (مرکز کم‌فشار حرارتی) نسبت به ارتفاعات مجاور خود (پُرفشار حرارتی) به ایجاد شرایط فشار متفاوت و در نتیجه وزش بادهای محلی از اطراف به‌سمت کویر درانجیر منجر شده است. در این زمینه نتایج حاصل از بررسی الگوهای فشار سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال در نرم‌افزار IDV این الگوی فشار را به‌صورت جریان بادهای محلی سیکلونی در جهت خلاف عقربه‌های ساعت با مرکزیت چالهٔ درانجیر نشان می‌دهد.

علاوه‌بر مطالعهٔ الگوی فشار سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال، بررسی آمار بیست‌سالهٔ باد در ایستگاه سینوپتیک بافق و رسم گل‌باد، گل‌ماسه و گل‌طوفان سالانه نیز وجود رژیم بادهای چندجهته را در این منطقه اثبات می‌کند؛ به‌نحوی‌که شاخص همگنی وزش باد در ایستگاه بافق با مقدار UDI=۰٫۲۴۹ نشان‌دهندهٔ آن است که در طی سال باد از جهات مختلف اقدام به حمل ماسه به‌سمت چالهٔ درانجیر کرده است. یکی از نشانه‌های سلطهٔ این بادهای چندجهته در چالهٔ درانجیر وجود تپه‌های ماسه‌ای هرمی‌شکل در داخل ریگزار صادق‌آباد بافق است که این تپه‌های ماسه‌ای هرمی‌شکل در یک بیابان نشان‌دهندهٔ حرکت ماسه‌های روان از جهات مختلف به‌سمت آن‌هاست. بنابراین، وجود مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای هرمی‌شکل در ریگ صادق‌آباد بافق دلیل و نشانه‌ای از تثبیت و تمرکز ماسه در این منطقه و نقش بادهای چندجهته در تمرکز و استقرار این ریگزار است.

علاوه‌بر نقش بادهای چندجهته در تمرکز ماسه‌های روان از اطراف به‌سمت ریگ صادق‌آباد بافق، می‌توان به نقش آب‌های زیرزمینی و رطوبت حاصل از آن به‌عنوان عامل مهم دیگری که در تمرکز ماسه‌ها در منطقهٔ مورد مطالعه نقش داشته اشاره کرد. از آنجا که آب‌های زیرزمینی در اعماق بسیار زیاد نقش ناچیزی می‌تواند در فرایندهای سطح زمین از قبیل حرکت

ماسه‌های روان داشته باشد، باید شرایطی وجود داشته باشد تا این آب‌ها به مجاور سطح زمین راه یابند. در این زمینه در مورد کویر درانجیر می‌توان به تأثیر گسل‌های مهمی چون گسل بافق و درانجیر اشاره کرد؛ به‌طوری‌که دو گسل امتداد لغز بافق در شرق و گسل درانجیر در غرب چالهٔ درانجیر نقش مؤثری در ایجاد گرابن درانجیر به‌صورت چالهٔ ساختمانی با روند شمال غربی- جنوب شرقی داشته‌اند. در این ارتباط، گسل بافق، که از مجاور ریگ صادق‌آباد عبور می‌کند، نقش چشم‌گیری در انتقال آب‌های زیرزمینی به مجاور سطح زمین داشته؛ به‌نحوی‌که در پهنه‌بندی و تعیین سطح ایستابی مشخص شد که آب‌های زیرزمینی در مجاور گسل بافق و در محدودهٔ ریگ صادق‌آباد از عمق نسبتاً کمتری نسبت به نواحی دیگر برخوردارند. بنابراین، فعالیت گسل‌ها در انتقال رطوبت آب‌های زیرزمینی به مناطق مجاور سطح زمین به‌دلیل شرایط گودی‌شکل این منطقه بیشتر میسر بوده و سبب شده سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در ارتفاع کمتری نسبت به سطح زمین قرار گیرد. بالاآمدن سطح آب‌های زیرزمینی سبب افزایش درجهٔ چسبندگی رسوبات ریزدانهٔ رسی در سطح کویر درانجیر و توسعهٔ سفره‌های آبی کاذب در مجاور سطح زمین شده که این شرایط نقش مهمی در توقف ماسه‌های روان و تمرکز آن‌ها در مجاور گسل بافق داشته است.

همچنین، بررسی مربوط به چهار چاه آب نیمه‌عمیق در مجاور ریگ صادق‌آباد نشان‌دهندهٔ ارتفاع بالای سطح آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ ریگزار مورد مطالعه است. از طرفی، تهیهٔ نقشهٔ ژئومورفولوژی از چالهٔ درانجیر نیز نشان‌دهندهٔ آن است که وجود مخروط‌افکنه‌های فراوان و گسترده در حاشیهٔ چالهٔ درانجیر خود دلیلی بر انتقال حجم گسترده‌ای از آب‌های سطحی به مرکز این چالهٔ ساختمانی و در نتیجه تغذیهٔ مناسب آب‌های زیرزمینی است. بررسی موقعیت قرارگرفتن گسل‌های مهمی چون گسل بافق در مجاور ریگ صادق‌آباد و تهیهٔ نیمرخ مربوط به سطح ایستابی در مجاور ریگ صادق‌آباد نشان‌دهندهٔ بالابودن سطح آب‌های زیرزمینی در این ناحیه است که این رطوبت بالا در مجاور گسل بافق خود می‌تواند نقش مؤثری در تمرکز ماسه‌های روان به‌صورت ریگ صادق‌آباد داشته باشد.

همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد، برخی محققان استقرار ریگزارها را به شرایط توپوگرافی (جوآنا و همکاران، ۲۰۰۸)، برخی به شرایط جوی و باد (بگنولد، ۱۹۴۱؛ هوور و همکاران، ۲۰۱۸؛ محمودی، ۱۳۸۳؛ تسور، ۲۰۱۴)، برخی به نقش سلول همگرای حرارتی و توپوگرافی (یمانی، ۱۳۸۱؛ یمانی و همکاران، ۱۳۹۰)، و پاره‌ای از محققان نیز استقرار ریگزارها را به شرایط تکتونیکی نسبت داده‌اند (احراری رودی، ۱۳۹۶). بنابراین، برخلاف برخی از تحقیقات علمی که در ارتباط با مکان‌گزینی ریگزارها انجام شده و بر یک یا دو عامل در استقرار پهنه‌های ماسه‌ای تأکید دارند، در پژوهش حاضر نمی‌توان به‌صورت مطلق فقط یک عامل را در استقرار ریگ صادق‌آباد- بافق مؤثر دانست. در این زمینه موقعیت ریگ صادق‌آباد- بافق به‌گونه‌ای است که مجموعه‌ای از شرایط اقلیمی (اقلیم خشک و جریان همگرای جریان بادها)، تکتونیکی و توپوگرافیکی (نقش گسل بافق در تغییر توپوگرافی و صعود رطوبت خاک در مجاور سطح زمین)، رطوبت خاک (سطح ایستابی نسبتاً بالای آب‌های زیرزمینی)، و ... در استقرار این پهنهٔ ماسه‌ای نقش داشته‌اند. باوجوداین، در بین همهٔ این عوامل مؤثر در استقرار ریگ صادق‌آباد- بافق موقعیت این منطقه از نظر جریان بادهای همگرا در تمرکز ماسه‌ها و به‌خصوص عمق سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی از شرایط خاصی نسبت به مناطق مجاور خود برخوردار بوده که این شرایط سبب شده تا در مجاور صادق‌آباد مهم‌ترین تجمع تودهٔ ماسه‌ای چالهٔ ساختمانی درانجیر تحت عنوان ریگ صادق‌آباد- بافق پدید آید. بنابراین، در ارتباط با نقش آب‌های زیرزمینی و باد در توسعهٔ ریگ بافق می‌توان گفت آب‌های زیرزمینی بیشتر عاملی درنظر گرفته می‌شود که در استقرار تودهٔ ماسه‌ای ریگ بافق نقش داشته است. ولی باد، علاوه‌براینکه در قالب الگوی کم‌فشار محلی در استقرار و تمرکز ماسه‌ای روان در این بخش از چالهٔ ساختمانی نقش داشته، مورفولوژی غالب این ریگزار را نیز تحت تأثیر قرار داده است.

## منابع

احراری رودی، م. (۱۳۹۶). بررسی نحوهٔ تشکیل تپه‌های ماسه‌ای و تأثیر آن بر مورفولوژی محیط ساحلی دریای عمان، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۶(۳): ۱۶۳–۱۷۵.

احمدی، ح.؛ فیض‌نیا، س.؛ اختصاصی، م. و قانعی بافقی، م. (۱۳۸۰). منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق، بیابان، ۶(۲).

جداری عیوضی، ج. و جوکار سرهنگی، ع. (۱۳۸۰). کارایی واحدهای ژئومورفولوژی در ارزیابی فرسایش و رسوب (مطالعهٔ موردی، حوضهٔ آبخیز بوجان)، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۰: ۷۳–۹۱.

رجایی، ع. (۱۳۷۹). کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، نشر قومس.

رفاهی، ح. (۱۳۸۰). فرسایش بادی و کنترل آن، چ ۲، تهران: دانشگاه تهران.

صارمی نائینی، م.؛ احمدی، ح.؛ خلیلی، ع. و اختصاصی، م. (۱۳۸۵). تحلیل مقایسه‌ای بر توزیع مکانی گل‌باد، گل‌طوفان، و گل‌ماسه در مطالعات فرسایش بادی با استفاده از تکنیک GIS (مطالعهٔ موردی: دشت یزد– ارکان)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

صانعی، ن. و شهریار، ع. (۱۳۹۶). بررسی رژیم بادی مناطق خشک و نقش آن در تعیین مورفولوژی غالب تپه‌های ماسه‌ای (مطالعهٔ موردی: ریگ چاه جم– شاهرود)، چهارمین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

طاهری جوزم، ک. و زارع، ف. (۱۳۹۷). تحلیل مکان‌گزینی، منشاءیابی و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای (ریگ‌زار دروازه قرآن یزد و صادق آباد بافق)، یزد: انتشارات اندیشمندان یزد.

محمودی، ف. (۱۳۸۳). ژئومورفولوژی اقلیمی، چ ۳، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

مددی، ع. و بابا محمدی، م. (۱۳۹۲)، کاربرد مورفولوژی مخروط‌افکنه در منابع آب زیرزمینی شهرستان نمین با تأکید بر بحران آب، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، مرکز تحقیقات کشاورزی، و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی ارومیه.

معتمد، ا. (۱۳۷۹). ژئومورفولوژی (دیدگاه‌ها)، ج ۳، تهران: سمت.

مقصودی، م.؛ یمانی، م.؛ خوش‌اخلاق، ف. و شهریار، ع. (۱۳۹۲). نقش باد و الگوهای جوی در مکان‌گزینی و جهت ریگزارهای دشت کویر، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۵(۲): ۲۱–۳۸.

موسوی حرمی، ر. (۱۳۸۹). رسوب‌شناسی، انتشارات به‌نشر، ص ۴۷۶.

یمانی، م. (۱۳۸۱)، نقش سلول‌های کم‌فشار محلی در استقرار مجموعه‌های ماسه‌ای ایران (مطالعهٔ موردی: بند ریگ کاشان)، مجلهٔ مدرس، ۴: ۱۳۳–۱۵۵.

یمانی، م. (۱۳۹۴). تأثیر همگرای بادها در مورفولوژی و استقرار ریگ‌های پیرامون دشت کویر، فصل‌نامهٔ کواترنری ایران، ۲: ۹۹–۱۱۲.

یمانی، م.؛ ذهاب ناظوری، س. و گورابی، ا. (۱۳۹۰). بررسی مورفومتری و علل استقرار ریگ کرمان از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه‌سنجی ذرات ماسه، مجلهٔ مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۴: ۱۷–۳۳.

Alharthi, A.A. (2002). Geohazard assessment of sand dunes between Jeddah and Al-Lith, western Saudi Arabia, Journal of Environmental Geology, pp 360-369.

Ahmadi, H.; Feyznia, S.; Ekhtesasi, M. and Ghanei Bafghi, M. (2001). The Origin of Sand dunes of South Bafgh, Desert, 6(2).

Ahrari Roudi, M. (2017). A Study on the Formation of Sand dunes and Its Impact on the Morphology of the Coastal Environment of the Oman Sea, Journal of Quantitative Geomorphology, 6(3): 175-163.

Al-Awadhi J.M.; Al-helal, A. and Al-Enezi et al. (2005). Sand drift potential in the desert of Kuwait, Journal of Arid Environment, 425-438.

Bagnold, R.A. (1941). The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen, London.

Coppinger, K.D.; Reiners, W.A.; Burke, I.C. and Olson, R.K. (1991). Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution, Soil Sci. Soc. Am. J., 55: 254-258.

Ewing, R. and Kocurek, G. (2010). Aeolian dune-field pattern boundary conditions, Geo-morphology, 114: 175-187.

Hoover, R.H.; Gaylord, D.R. and Cooper, C.M. (2018). Dune mobility in the St. Anthony Dune Fiel Idaho, USA: Effects of meteorological Variables and lag time, Journal of Geomorphology, 309: 29-37.

Jedari Eyvazi, J. and Jokar Sarhangi, E. (2001). The Effectiveness of Geomorphological Units in Estimating Erosion and Sediment (Case Study, Bojan Watershed), Geographical Research, 40: 91-73.

Johanna, C.; Speirs, Hamish, A. and David, T. (2008). Meteorological controls on sand transport and dune morphology in a polar-desert: Victoria Valley, Antarctica, Earth Surf. Process. Landforms, 33: 1875-1891.

Madadi, A. and Baba Mohammadi, M. (2014). The application of alluvial fan morphology in groundwater resources of Namin county with emphasis on water crisis, 2nd National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and Environment, Agricultural and Natural Resources Research Center of the Province West Azerbaijan, Orumieh.

Maghsoudi, M.; Yamani, M.; Khoshakhlagh, F. and Shahriar, A. (2013). The role of wind and atmospheric patterns in the location and direction of the desert plains, Natural Geography Research, 45: 38-21.

Mahmoudi, F. (2004). Climate geomorphology, Third edition, Payame Noor University Press, Tehran

Moosavi Harami, R. (2010). Sedimentology, Publication to Behnashr, p. 476.

Motamed, A. (2000). Geomorphology (views), Volume 3, Samt Publication, Tehran, Iran.

Pearce, Kim I. and Walker, Ian J. (2018). Frequency and magnitude biases in the Fryberger model,with implications for characterizing geomorphically effective winds, Geomorphology, 68: 39-55.

Rafahi, H. (2001). Wind Erosion and its Control, Second Edition, University of Tehran, p. 320.

Rajai, A. (2000). Application of geomorphology in land management and environmental management, Ghomes Publication, p. 123.

Sanei, N. and Shahriar, A. (2017). An Investigation on Wetlands Influence of Arid Areas and Its Role in Determining the Dominant Morphology of Mild Hills (A Case Study: Jam-Shahroud Rig), Fourth National Conference on Wind Erosion and Dust Storm, Yazd University.

Sarami Naeini, M.; Ahmadi, H.; Khalili, A. and Ekhtesasi, M. (2006). Comparative analysis on the spatial distribution of Wind rose, Storm rose and Sand rose in wind erosion studies using GIS technique (Case study: Yazd-Ardakan Plain), Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

Sauermann, G.; Kroy, K. and Herrmann, H.J. (2001). Continuum saltation model for sand dunes, Phys. Rev., E 64(3): 031305–1–10.

Tsoar, H. (2014). Linear dunes on Earth and Mars – Comparative research, Eighth International Conference on Mars, Pasadena, Calif., pp. 14-18.

Tsoar, H.; Levin, N.; Porat, N.; Maia, L.P.; Herrmann, H.J.; Tatumi, S.H. and Claudino-Sales, V; (2009). The effect of climate change on the mobility and stability of coastal sand dunes in Ceara state (NE Brazil), Quaternary Research, 71: 217-226.

Wang, X.; Dong, Z.; Yan, P.; Zhang, J. and Qian, G. (2005). Wind energy environments and dune field activity in the Chinese deserts, Geomorphology, 65: 33-48.

Wasson, R. and Hyde, R. (1983). Factors determining desert dune type, Nature, 304: 337-339.

Wenhai, Sun and Ning, Huang (2016). Influence of Slope Gradient on the Behavior of Saltating sand Particles in a wind Tunnel, Journal of Catena, 73: 10-23.

Yamani, M. (2002). The role of local low-pressure cells in the establishment of Iranian sand complexes (case study: Kashan's Band-e Rig), Journal of Modarres, Iran, 4: 133-155.

Yamani, M. (2015). The Convergence Effect of Winds on Morphology and Establishment of Pebbles around the Dasht-e Kavir Desert, Journal of Quaternary, Iran, 2: 99-112.

Yamani, M.; Zahab Nazouri, S. and Gourabi, A. (2011). Morphometric Study and Causes of Kerman Rig Establishment by Analyzing Wind Characteristics and Sediment Particle Evaluations, Journal of Geographical Studies in Arid Regions, 4: 33-17.

Zobeck, T.M. (1991). Soil Properties Affecting Wind Erosion, Journal of Soil and Water Conservation, 46(2): 112-118.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی