Archive of SID

دکتر کمال امیدوار، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد
K. Omidvar, Ph.D
E.mail: komidvar@yazduni.ac.ir
شماره مقاله: ۶۷۳

بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد- اردکان

چکیده

یکی از انواع بلایای طبیعی که هر ساله سبب خسارت‌های زیادی در نواحی خشک و بیابانی جهان و ایران می‌شود، طوفان‌های ماسه و بادهای شدید است.

استان یزد و دشت یزد- اردکان به سبب موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی که در منطقه خشک و بیابانی ایران مرکزی واقع شده، همواره در معرض این پدیده قرار دارد و در بعضی از سال‌ها خسارت‌های زیانباری را متحمل می‌شود. از این‌رو شناخت چگونگی پیدایش و وزش این طوفان‌ها و بادهای شدید می‌تواند در امکان کاهش اثرات مخرب این پدیده در منطقه مفید واقع شود.

پژوهش حاضر با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی سطح زمین و ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، داده‌های سمت و تندی باد، دید افقی، رطوبت، دما، ابر، فشار و پدیده گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه و داده‌های جو بالای ایستگاه‌های کرمان و یزد در ۱۲ دوره انتخابی نمونه انجام گردیده است.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در کم فشارهای دینامیک که با جبهه سرد همراه‌اند جریان‌های قائم هوا سبب ناپایداری شدید جو و ایجاد طوفان‌های شدید ماسه در منطقه می‌گردد. علت دیگر رخداد طوفان‌های ماسه در منطقه به سبب عبور یا نزدیک شدن ناوه‌ای است که در غرب منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد و همراه با فرارفت شدید هوای سرد و گرادیان فشار در سطح زمین می‌شود. همچنین وجود گرادیان فشار بین این منطقه و ناحیه‌ای در اطراف آن عامل دیگر رخداد این پدیده است. اکثر طوفان‌ها و بادهای شدید این منطقه در ساعت‌های بعد از ظهر در ماه می و عمدتاً از سمت غرب تا شمال غرب می‌وزند.

کلید واژه‌ها: طوفان، دشت یزد- اردکان، ماسه، نقشه سینوپتیک، باد، ناوه.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کشور ایران به لحاظ ویژگی‌های خاص اقلیمی و موقعیت جغرافیایی از سرزمین‌های خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. یکی از انواع بلایای طبیعی که هر ساله باعث خسارت‌های زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود، طوفان‌های ماسه است.

طوفان‌های ماسه و گرد و خاک نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورهای آسیایی، افریقایی و امریکایی موجب بروز خسارت‌های مالی و جانی فراوانی شده است (*Lin,2002*). در سال ۱۹۹۳ در طوفان سیاه شمال چین ۸۵ نفر کشته شده و حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی تخریب گردید (*Youlin, 2002*). فرسایش بادی سالانه حداقل ۱۶۱ میلیون تن خاک را در کانادا جا به جا می‌کند که ارزش دلاری آن به ۲۴۹ میلیون دلار امریکا می‌رسد (*Squires, 2002*). طوفان‌های بزرگ هنگامی ایجاد می‌شوند که خشکی طولانی مدت رخ داده، سطح خاک کاملاً خشک باشد و باد با سرعت قابل ملاحظه‌ای بوزد (*عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱، ۱۴۰*). باد یک تعدیل‌کننده مهم در طبیعت است زیرا اختلافات مربوط به دما، رطوبت و فشار که در جهات افقی جو وجود دارد، از بین رفته و هوا به حالت تعادل در می‌آید (*علیزاده، ۱۳۸۱، ۱۷۹*). دانستن سمت و سرعت باد برای پیش‌بینی پراکندگی مواد آلوده کننده نیز اهمیت دارد (*غیاث الدینی، ۱۳۷۷، ۱۵۸*). عمل باد در تفکیک مواد نرم سطحی زمین از خود محل تخریب شروع شده و تا فاصله صدها کیلومتری ادامه می‌یابد. گرد و غبار حاصل که اغلب از ذرات کلوئیدی (سیلت و رس) است کمتر تابع مانع بوده و بیشتر به جریان‌های جوی و قدرت ادامه حرکت باد بستگی دارد (سالاری، ۱۳۷۵، ۲۱). بعضی طوفان‌های گرد و خاک با ابرهای جوششی ناپایدار (کومولونیمبوس) همراه است و بعضی به علت وجود فشار کم در سطوح فوقانی ناوه[1] به وجود می‌آیند (*نعمت، ۱۳۴۷، ۱۱*).

پیشینه تحقیق

بادها و جریان‌های جوی در ترازهای مختلف جو در هر تیپ هوای غالب دارای ویژگی‌های خاصی هستند، یکی از عوامل مؤثر در تقویت بارش، سرعت باد در ترازهای

1. Trough.

www.SID.ir

Archive of SID

پایین جو است (*قائمی،۱۳۴۹، ۷۷*). از عوامل مؤثر در تکوین و ایجاد پدیده‌های ناپایدار نیز سرعت باد و جریان‌های شدید لایه زیرین تروپوسفر است (*قائمی و عدل،۱۳۷۱، ۷*).

در سال ۱۳۷۲ مرجانی با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی، بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (طوفان) را در خراسان مورد بررسی و مطالعه قرار داده است. او عوامل مؤثر بر وقوع طوفان در استان خراسان را وجود مرکز کم فشار حرارتی در قسمت‌های مرکزی و جنوبی ایران، وجود و حرکت پرفشار از قسمت‌های مرکزی و جنوبی سیبری به شمال استان در زمستان و وجود پرفشار جنب حاره‌ای در تابستان و وجود جت جنب حاره‌ای بر روی منطقه شمالی ایران و جابجایی آن تا قسمت‌های مرکزی ایران می‌داند (*مرجانی، ۱۳۷۲، ۱۸۲- ۱۸۱*). در سال ۱۳۷۹ حسینی با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی و شاخص‌های ناپایداری، بادهای بیش از ۲۰ نات تهران را مطالعه کرده است. وی نتیجه گرفته است که وزش بادهای شدید ناشی از وجود دو مرکز کم فشار بسته شده ۱۰۰۴ هکتوپاسکال در حوالی منطقه مورد مطالعه، حاکمیت هوای سرد قبل از عبور جبهه سرد از ایستگاه، همجوار بودن با منطقه کویر و وجود ناپایداری بوده است (*حسینی،۱۳۷۹، ۱۲۴*).

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز یزد- اردکان به صورت چاله بسته‌ای است که در قسمتی از فلات مرکزی ایران قرار گرفته و بخشی از استان یزد را شامل می‌شود. وسعت این حوضه آبریز ۱۱۸۰۰ کیلومتر مربع است که ۴۶۴۰ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات، تپه ماهورها و شوره‌زارها تشکیل می‌دهد (*وزارت نیرو، ۱۳۶۵، ۳ -۱*).

دشت یزد- اردکان را می‌توان برکه شیرکوه- سیاهکوه نیز عنوان داد، زیرا به صورت تقریباً لگن بسته‌ای است که به خارج راه ندارد و از هر طرف به وسیله کوه‌ها و ارتفاعات محدود می‌گردد (*قبادیان،۱۳۶۱، ۴۶*). فرسایش بادی در سراسر دشت یزد- اردکان به شدت حاکم است. اشکال عمده ژئومورفولوژیکی ناشی از عمل باد در منطقه را می‌توان برخانها، تلماسه‌های معلق، صعودی و دره‌ای و نبکاها نام برد (*مهرشاهی،۱۳۶۹، ۱۳۹- ۱۳۴*). در بخش وسیعی از دشت میانی یزد- اردکان تپه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شود که مهمترین محدوده تپه‌های ماسه‌ای، شمال شهر یزد و منطقه رستاق است (*معتمد،۱۲،۱۳۷۰*). رسوبات این دشت در پایان دوران سوم (حرکات آلپی جوان) چین خورده‌اند (*Valeh, 1977, 107*).

www.SID.ir

Archive of SID

بیان مسأله و هدف تحقیق

با توجه به این که میانگین بارش سالانه استان یزد حدود ۱۴۵/۷ میلی‌متر (*امیدوار، ۱۳۸۳، ۴۳*) است. بنابراین استان یزد و دشت یزد- اردکان به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی آن که در منطقه خشک و بیابانی ایران مرکزی قرار دارد، همواره در معرض طوفان‌های گرد و خاک و ماسه قرار دارد و تقریباً هر ساله خسارت‌های زیادی را از این جهت متحمل می‌شود. این طوفان‌ها بین سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۹ حدود ۱۲۷۰۹۲ میلیون ریال به استان یزد خسارت وارد کرده است (*استانداری یزد،۱۳۸۳*). طوفان ماسه و گرد و غبار توده عظیمی از ذرات بادرفت است که توسط باد جا به جا می‌شود. انتقال ذرات به صورت معلق و رسوب ذرات محموله از جو، بارزترین مشخصه طوفان‌های گرد و غبار است (*اختصاصی،۱۳۷۶*). حرکت ماسه‌های روان و خاک به ویژه در منطقه بین یزد و اردکان بسیار شدید و اغلب سبب راه‌بندان می‌شود. تهدید راه‌ها و آبادی‌ها به وسیله ماسه‌های روان در قسمت مرکزی دشت به ویژه از اسفند تا خرداد به شدت رایج است. گاهی طوفان‌های گرد خاک تمام دشت را در بر می‌گیرد و ذرات ریز خاک به صورت توده‌های بزرگ از ابر سیاه درمی‌آید، به طوری که شهرهای یزد، زارچ، اشکذر، میبد و اردکان را برای ساعت‌ها در تاریکی فرو می‌برد. طوفان شدید سال ۱۳۷۹ خسارات زیادی را به بخش کشاورزی و باغداری استان وارد کرد و مشکلاتی را محورهای مواصلاتی استان به ویژه در محور یزد- اردکان به وجود آورد (*اداره کل هواشناسی استان یزد، ۱۳۸۰، ۱۴*).

بنابراین هدف این مقاله شناخت چگونگی پیدایش و وزش طوفان‌های ماسه و بادهای شدید به منظور یافتن راهکارهایی جهت کاهش اثرات زیانبار این پدیده در منطقه مورد مطالعه است.

روش و مواد

به منظور مطالعه و شناخت دقیق وضعیت‌های سینوپتیکی و دینامیکی غالب در رخداد طوفان‌های ماسه و گرد و خاک در دشت یزد- اردکان، پس از شناسایی موقعیت جغرافیایی منطقه، دوره‌های طوفانی نمونه انتخاب شدند. در این تحقیق بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر همراه با پدیده گرد و غبار، طوفان تعریف شده است. بدین جهت با توجه به آمار و اطلاعات مورد نیاز، از ۱۲ دوره طوفان فراگیر ماسه در منطقه در طول سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۳ استفاده شده است (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

سپس سمت و تندی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در منطقه در طول دوره آماری مورد نظر جمع‌آوری و مشخص شدند. در ادامه داده‌های مربوط به دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر همراه با پدیده‌های گرد و غبار، رطوبت، دما، ابر و فشار ایستگاه‌های سینوپتیک یزد، بافق، رباط پشت بادام و طبس در دوره‌های انتخابی نمونه استخراج گردیدند. با توجه به اینکه برای برقرار کردن جریان باد و حرکت توده هوا به سمت منطقه مورد مطالعه می‌توان از نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده کرد (*W.M.O,1978,43*)، لذا جهت شناسایی موقعیت‌های وضع هوا و بررسی سیستم‌های سینوپتیکی، از نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال از دو روز قبل از وقوع تا پایان طوفان در هر دوره نمونه انتخابی استفاده شده است (*سازمان هواشناسی کشور،۱۳۸۲*). برای مطالعه ناپایداری‌ها و وضعیت توده‌های هوا از داده‌های جو بالای ایستگاه‌های یزد و کرمان در زمان‌هایی که داده‌های آن موجود بوده برای هر دوره انتخابی استخراج گردیده است (*سازمان هواشناسی کشور،۱۳۸۳*).

سرانجام با تحلیل و تفسیر نقشه‌های سینوپتیکی و داده‌های مذکور به وضعیت‌های سینوپتیکی در دوره‌های انتخابی نمونه طوفان‌های ماسه در منطقه پی برده شد.

جدول ۱ دوره های انتخابی نمونه جهت مطالعه طوفان‌های ماسه در منطقه

ردیف	ماه	سال	ردیف	ماه	سال
۱	مارس	۱۹۸۹	۷	می	۱۹۹۴
۲	می	۱۹۸۹	۸	ژون	۱۹۹۷
۳	می	۱۹۹۱	۹	اکتبر	۱۹۹۷
۴	می	۱۹۹۳	۱۰	می	۲۰۰۱
۵	نوامبر	۱۹۹۳	۱۱	آوریل	۲۰۰۳
۶	فوریه	۱۹۹۴	۱۲	می	۲۰۰۳

مأخذ: نگارنده

بحث و نتایج

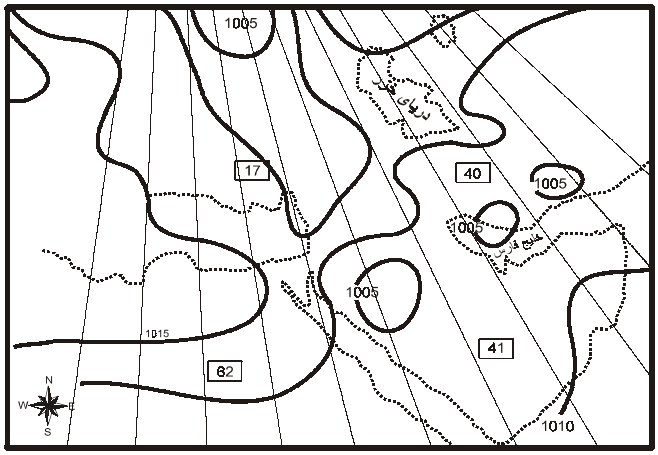
به منظور بررسی وضعیت‌های سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در منطقه، از ۱۲ دوره انتخابی نمونه در طول دوره آماری مورد نظر استفاده شده است (جدول ۱). جهت اختصار در اینجا بعضی از دوره‌های انتخابی را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. اولین مورد از طوفان‌های فراگیر در منطقه مربوط به ساعت 1400 UTC روز ۲ اکتبر ۱۹۹۷ است. در این روز، منطقه مورد مطالعه و استان یزد به سبب عبور یک سامانه ناپایدار تحت تأثیر طوفان ماسه قرار گرفت و دید افقی به کمتر از ۸۰۰ متر رسید. این پدیده در طبس هم با شدت کمتر

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده شد ولی از تداوم کوتاهی (یک ساعت) برخوردار بود. در لحظه طوفان در ایستگاه سینوپتیک یزد ۵/۸ آسمان از ابرهای پایین پوشیده شده بوده که ۲/۸ آن از نوع ابرهای cb (کومولونیمبوس) بود. همچنین فشار هوا ۸۷۸/۴ هکتوپاسکال، دما ۳۱/۴ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۱ درصد، دمای شبنم ۲/۶- درجه سلسیوس و حداکثر سرعت باد از سمت ۲۷۰ درجه، بیش از ۱۷ متر بر ثانیه گزارش شده است.

در ساعت 1200 UTC روز ۱ اکتبر در نقشه سطح زمین سه سلول کم فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال یکی در شمال غرب شبه جزیره عربستان، دیگری بر روی خلیج فارس و سومی بر روی جنوب شرق ایران بسته شده است. در شرق عربستان پرفشار ضعیف ۱۰۱۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌گردد (شکل ۱). در ساعت 0000 UTC روز ۲ اکتبر این سلول‌های کم فشار با هم ترکیب شده و ایران را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. در ساعت 1200 UTC این روز پرفشار ضعیف ۱۰۱۵ هکتوپاسکال بر روی مرکز ایران و کم‌فشاری نیز بر روی شمال تنگه هرمز دیده می‌شوند. گرادیان فشار در این الگوی توزیع فشار بین ایستگاه‌های یزد و بندر عباس بیش از ۱۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد.



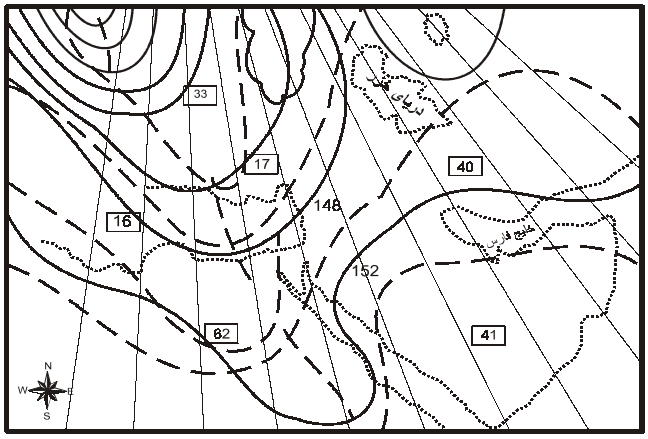
شکل ۱ نقشه سطح زمین در ساعت 1200 UTC روز ۱ اکتبر ۱۹۹۷

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت 1200 UTC روز ۱ اکتبر ناوه‌ای عمیق در شرق مدیترانه دیده می‌شود که مرکز آن ۱۳۶ ژئوپتانسیل دکامتر در شمال دریای سیاه بسته شده است. در روز ۲ اکتبر این ناوه کاملاً به طرف ایران کشیده شده و از دامنه عمیقی نیز برخوردار گردیده است. این ناوه با مرکز کم فشار سطح زمین بر روی خلیج فارس

www.SID.ir

Archive of SID

همراهی می‌کند. در شرق شبه جزیره عربستان نیز پشته ۱۵۶ ژئوپتانسیل دکامتر دیده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲ نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت 0000 UTC روز ۲ اکتبر ۱۹۹۷

در روز ۱ اکتبر ساعت 1200 UTC در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز ناوه‌ای عمیق در شرق مدیترانه دیده می‌شود که محور ناوه درست در شرق دریای مدیترانه تا شمال غرب دریای سرخ امتداد دارد و مرکز ارتفاع زیادی با منحنی ۵۹۲ ژئوپتانسیل دکامتر در شرق شبه جزیره عربستان و دریای عمان مستقر است. در روز ۲ اکتبر در این ساعت این ناوه مستقر در شرق مدیترانه عمیق‌تر و به طرف شرق کشیده شده است. خط ناوه در غرب ایران مستقر گردیده و مرکز ارتفاع زیادی ۵۹۲ ژئوپتانسیل دکامتر نیز به طرف شرق و کشور پاکستان کشیده شده است. این مرکز پرارتفاع نمی‌تواند ناوه مستقر در شرق مدیترانه و غرب ایران را به خوبی تغذیه نماید. تغییرات ارتفاع و دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ۱ و ۲ اکتبر در ایستگاه جو بالای یزد ۶ درجه سلسیوس کاهش دما و بیش از ۳۰ متر کاهش ارتفاع و در ایستگاه تهران بیش از ۳۰ متر کاهش ارتفاع و ۳ درجه سلسیوس کاهش دما را نشان می‌دهد. این کاهش ارتفاع و دما نشان از نزدیک شدن ناوه همراه با گرادیان شدید دما در منطقه است.

بنابراین با توجه به مسایلی که شرح داده شد در روز ۲ اکتبر ۱۹۹۷، وجود گرادیان فشار بین نواحی مرکزی و جنوبی ایران و وجود ناوه‌ای با دامنه عمیق در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب ایران و منطقه مورد مطالعه این ناوه نتوانسته از نظر رطوبت و دما به خوبی تغذیه شود. از طرفی در این ماه منطقه مورد مطالعه یک دوره بسیار خشک و

www.SID.ir

Archive of SID

طولانی تابستان را پشت سرگذارده و از طرف دیگر این دشت تقریباً به صورت لگن بسته‌ای بوده که از اطراف به وسیله کوه‌ها محدود می‌گردد و فرسایش بادی شدیدی در آن حاکم است. عبور این ناوه و آزاد شدن انرژی آن سبب ایجاد طوفان گرد و خاک و بادهای شدید با تندی بیش از ۱۷ متر بر ثانیه در منطقه مورد مطالعه شده است. منشأ و منبع تغذیه این طوفان‌ها، تپه‌های ماسه‌ای کواترنر در اطراف شهرهای اردکان، میبد، اشکذر و یزد می‌باشد. بنابراین اثر هدایتی دره توپوگرافی یزد- اردکان تأثیر زیادی در کانالیزه کردن این بادهای شدید از شمال و شمال غرب در محدوده اردکان و میبد به سمت غرب در محدوده شهر یزد دارد. به طوری که این روند تغییرات با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نیز مطابقت دارد. مورد دوم طوفان‌های گرد و غبار فراگیر روز ۶ می ۱۹۹۴ است. در ساعت 1400 UTC این روز به سبب تحت تأثیر قرار گرفتن یک ناوه و سامانه ناپایدار، دشت یزد- اردکان مورد تهاجم طوفان ماسه و گرد و غبار قرار گرفت. این طوفان فراگیر بود و مناطق طبس، بافق و رباط پشت بادام نیز تحت تأثیر این طوفان قرار گرفتند. طوفان مذکور از ساعت ۲ به وقت گرینویچ آغاز گردید و تا ساعت ۱۶ ادامه یافت. سمت باد از ساعت ۲ تا ۹ به وقت گرینویچ، شرق- جنوب شرق بود و تندی باد به ۸ تا ۱۰ متر بر ثانیه رسید. سمت باد از ساعت ۹ تا لحظه طوفان (ساعت ۱۴) جنوب غربی و در زمان طوفان شمال غربی (۳۳۰ درجه) شده و تندی آن به بیش از ۱۵ متر بر ثانیه رسید. ۲/۸ آسمان از ابرهای cb پوشیده شد و دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر کاهش یافت. این وضعیت تا ساعت ۱۶ ادامه داشت. از این ساعت به بعد از تندی باد کاسته شد و بر مقدار دید افزوده گردیده و سمت باد بین غرب- شمال غرب در نوسان بود.

با توجه به داده‌های جو بالای ایستگاه کرمان (نزدیک‌ترین ایستگاه جو بالا به منطقه) در این روز مشاهده می‌گردد که دمای سطح زمین ۱۳ درجه سلسیوس، در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب ۶/۴ و ۱۰/۱- درجه سلسیوس، دمای پتانسیل تر در سطح زمین ۱۹ درجه سلسیوس و در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۸/۵ درجه سلسیوس بوده است. این امر نشان می‌دهد که در سطح زمین هوای گرم و در ترازهای میانی جو هوای سردی قرار داشته و در نتیجه هوای این ایستگاه نیز ناپایدار است (جدول ۲). شاخص‌های ناپایداری در این روز Si = -۰/۱ و Ki = ۳۲ هر دو هوای کاملاً ناپایدار را در این روز نشان می‌دهند (لازم به یادآوری است که شاخص‌های ناپایداری Si بین ۱ و ۳- و Ki بیش از ۲۰ ناپایداری زیاد را نشان می‌دهند (*قائمی و عدل، ۱۳۷۱، ۱۰*).

www.SID.ir

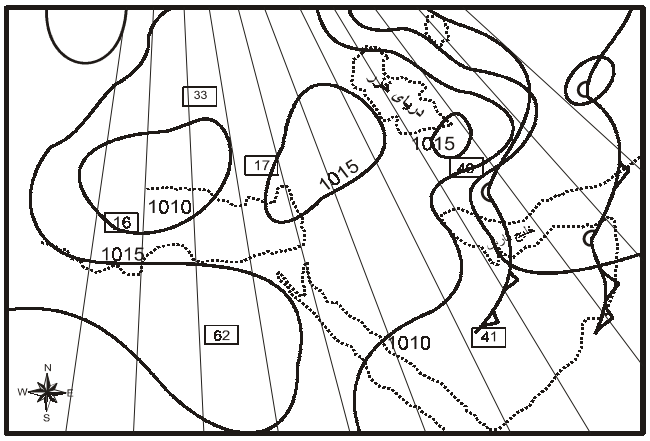
Archive of SID

جدول ۲ ویژگی های توده هوای ایستگاه کرمان در ساعت 0000 UTC روز ۶ می ۱۹۹۴
(*سازمان هواشناسی کشور*)

سطح	دما به درجه سلسیوس	نسبت آمیزه به گرم بر کیلوگرم	دمای پتانسیل خشک به درجه سلسیوس	دمای پتانسیل تر به درجه سلسیوس
سطح زمین	۱۳	۹	۳۰	۱۹
تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	۶/۴	۷	۳۶	۱۸/۵
تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال	-۱۰/۱	۳	۴۸	۱۸/۵

با توجه به اختلاف دمای نقطه شبنم و دما در لایه‌های زیرین و میانی جو که مشخصه نبودن رطوبت کافی در جو منطقه است، ابرهای کومه‌ای با رشد زیاد و جریان‌های بالاروی شدیدی ایجاد شده و با توجه به نبود بارش، انرژی آزاد شده از این ناپایداری‌ها به ویژه در مرحله سوم رشد ابرهای کومه‌ای، بادهای شدیدی را در منطقه ایجاد می‌کند.

در روز ۵ می ساعت 1200 UTC در سطح زمین دو سامانه کم فشار یکی در غرب و دیگری در شمال شرق عربستان و جنوب غرب ایران دیده می‌شوند. این سامانه‌های کم فشار در روز ۶ می در همین ساعت بر روی ایران مستقر گردیده‌اند. در واقع در این روز بر روی ایران دو سامانه کم فشار یکی بر روی شرق و دیگری بر روی غرب ایران دیده شده به طوری که ناحیه مرکزی ایران بین این دو سامانه کم فشار واقع شده‌اند (شکل ۳). ورود سامانه کم فشار غربی بر روی دشت یزد- اردکان از ساعت ۹ به وقت گرینویچ به بعد بوده و سمت باد در مراحل اولیه شرقی- جنوب شرقی و سپس جنوب غربی شده است. در ساعت ۱۴ به وقت گرینویچ که طوفان اصلی در منطقه رخ داده، سامانه غربی کاملاً از نواحی مرکزی ایران عبور کرده و تحت تأثیر جریان‌های غربی- شمال غربی واقع می‌شود. این سامانه از رطوبت کمی برخوردار است.

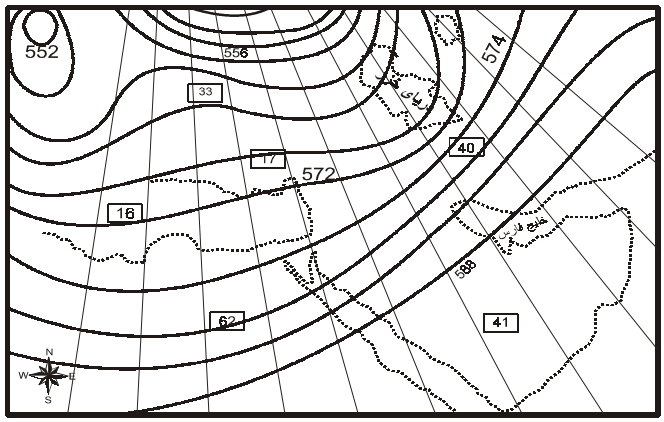


شکل ۳ نقشه سطح زمین در ساعت 1200 UTC روز ۶ می ۱۹۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

در روز ۵ می ساعت 1200 UTC در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوه‌ای نسبتاً عمیق در شرق مدیترانه مستقر بوده به طوری که خط ناوه بین عراق و سوریه و در غرب ایران قرار گرفته است. در روز ۶ می در این ساعت ناوه مزبور به سمت شرق حرکت کرده و بر روی ایران مستقر گردیده است. خط ناوه از شرق زاگرس، حوالی تهران، اصفهان و مرکز ایران عبور می‌کند. این ناوه (تراف) همراه با سامانه کم فشاری است که در نواحی غربی ایران در سطح زمین گسترده شده است (شکل ۴). تغییرات ارتفاع و دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که در روزهای ۴ تا ۶ می در ساعت 1200 UTC در ایستگاه‌های جو بالای تهران ۶۰ متر کاهش ارتفاع و ۴ درجه سلسیوس کاهش دما، اصفهان ۴۰ متر کاهش ارتفاع و ۳ درجه سلسیوس کاهش دما و در یزد ۵۰ متر کاهش ارتفاع و ۳ درجه سلسیوس کاهش دما داشته است. این کاهش ارتفاع و دما نشان می‌دهد که ناوه تقریباً در نزدیکی مناطق مذکور قرار دارد. این ناوه همراه با کم فشاری است که در نواحی غربی ایران گسترده شده است. بنابراین نبود بارش از چند روز قبل از آغاز طوفان، خشک بودن منطقه، عبور یک ناوه عمیق و شدت ناپایداری در روز ۶ می ۱۹۹۴، سبب ایجاد بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و طوفان گرد و خاک فراگیر در منطقه مورد مطالعه شده است. مدت زمان وقوع طوفان گرد و خاک ۲ ساعت ولی باد شدید بیش از ۱۲ ساعت در منطقه ادامه داشته است. پشت سرگذاردن بارش‌های بهاری، خشک بودن منطقه در ماه می، بسته بودن و محدود شدن این منطقه توسط ارتفاعات، کانالیزه شده و افزایش سرعت این بادها و وجود تپه‌های ماسه‌ای در آن، سبب برخاستن گرد و خاک بسیار وسیعی در منطقه شده و دید افقی را به کمتر از ۱۰۰۰ متر کاهش داده است.



شکل ۴ نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت 1200 UTC روز ۲ اکتبر ۱۹۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

مورد سوم از طوفان‌های ماسه فراگیر در منطقه، در ۲۹ می ۲۰۰۳ رخ داده است. در ساعت 1500 UTC این روز منطقه مورد مطالعه به سبب تحت تأثیر قرار گرفتن یک سامانه ناپایدار مورد تهاجم طوفان گرد و خاک و ماسه قرار گرفت. این طوفان گرد و خاک[۲] منطقه وسیعی را با سرعتی بیش از ۲۵ متر بر ثانیه و جهت غالب شمال غربی (۳۳۰ درجه) در محدوده زمانی ۱۴ و ۴۶ دقیقه تا ۱۵ و ۵۱ دقیقه به وقت گرینویچ در ایستگاه یزد درنوردید. سرعت این طوفان در میبد ۱۴۰، یزد ۹۵، عقدا ۹۰ و ابرکوه به بیش از ۱۱۰ کیلومتر در ساعت رسید و با سرعت کمتری تا ساعت ۱۹ به وقت گرینویچ ادامه داشت. از ساعت ۴ تا یک ساعت قبل از طوفان به وقت گرینویچ، سمت باد بین ۱۲۰ تا ۳۳۰ درجه و تندی آن بین ۳ تا ۸ متر بر ثانیه در نوسان بود که همراه با پدیده گرد و خاک می‌شد. در لحظه طوفان در ایستگاه یزد فشار هوا ۸۶۷/۲ هکتوپاسکال، دما ۳۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۶ درصد، دمای نقطه شبنم ۲ درجه سلسیوس، ۳/۸ آسمان پوشیده از ابرهای cb و دید افقی حتی به صفر نیز رسید. در ساعت بعد از طوفان حدود ۱۶ درجه سلسیوس از دمای هوا کاسته گردید.

اختلاف دما و دمای نقطه شبنم در لایه‌های زیرین و میانی جو، عدم وجود رطوبت کافی در جو منطقه را نشان می‌دهد. بنابراین ابرهای کومه‌ای که با رشد زیاد در منطقه ایجاد شده، بارشی را ایجاد نکرده ولی انرژی آزاد شده از این ناپایداری، بادهای بسیار شدیدی را در منطقه ایجاد کرده است. این امر عبور یک جبهه سرد و خشک با ریزش هوای سرد از ابرهای کومه‌ای را به اثبات می‌رساند. گرادیان حرارتی سبب ایجاد یک همگرایی و جریان‌های صعودی و بالاروی شدید هوا و در نتیجه صعود گرد و خاک به سطوح فوقانی جو منطقه شده است.

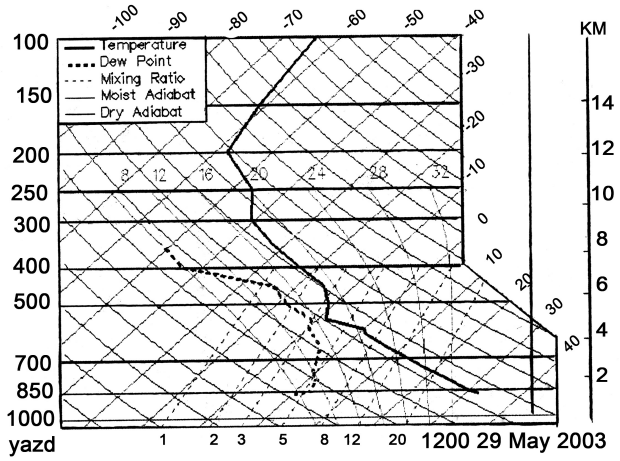
در ایستگاه جو بالای یزد در ساعت 1200 UTC، افت دما بین ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال به بیش از ۱۰ درجه سلسیوس در هر کیلومتر بوده که این نشان می‌دهد در ارتفاع ۷۰۰ هکتوپاسکال هوای سردی وجود دارد. وجود هوای گرم در سطح زمین (۳۲ درجه سلسیوس) و هوای سرد در لایه‌های میانی (دمای هوا در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب ۱۲/۷ و ۱۱/۴- درجه سلسیوس است) سبب ناپایداری شدید جو منطقه و رشد زیاد ابرهای کومه‌ای شده است. نبود منبع رطوبتی و ریزش هوای سرد از

2. Dust Storm.

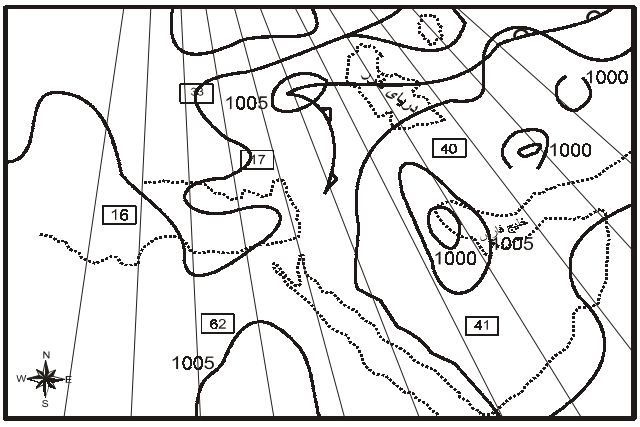
www.SID.ir

Archive of SID

درون ابرهای مذکور با رشد زیاد سبب ایجاد طوفان گرد و خاک و ماسه در منطقه شده است. دمای پتانسیل تر (در ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب ۱۹،۲۰ و ۱۶/۵ درجه سلسیوس است) و شاخص‌های ناپایداری (Si = -۱/۴ و Ki = ۳۰) هر دو ناپایداری شدیدی را نشان می‌دهند (شکل ۵). وجود دمای نقطه شبنم ۲ الی ۳ درجه سلسیوس در ساعتی قبل از وقوع طوفان، ویژگی یک تودهٔ هوای بسیار خشک در منطقه است ولی پس از ریزش هوای سرد از ابرهای کومه‌ای و نیز فرا رفت هوای سرد در این ایستگاه، دمای نقطه شبنم به ۹/۴ درجه سلسیوس رسیده که نشان می‌دهد هوای نسبتاً سرد و مرطوبی از ابرهای کومه‌ای خارج شده و منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است.



شکل ۵ نمودار ترمودینامیکی ایستگاه یزد در ساعت 1200 UTC روز ۲۹ می ۲۰۰۳



شکل ۶ نقشه سطح زمین در ساعت 0000 UTC روز ۲۸ می ۲۰۰۳

مأخذ: سازمان هواشناسی کشور

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نقشه سطح زمین ساعت 0000 UTC در روز ۲۸ می چنین استنباط می‌گردد که سه سامانه کم فشار به تدریج از جنوب غرب، جنوب (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) و غرب (۱۰۰۵ هکتوپاسکال) به سوی مرکز ایران انتقال می‌یابند (شکل ۶) و اختلاف فشار بین مرکز و نواحی غربی ایران حدود ۵ هکتوپاسکال است.

در روز ۲۹ می در این ساعت این سلول‌های کم فشار دارای خط هم فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بوده و فشار مرکزی آنها به کمتر از ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز می‌رسد. در ۱۲ ساعت بعد این سه سلول بسته کم فشار یکپارچه شده و سراسر مرکز ایران را فرا گرفته است. به تدریج اختلاف فشار بین یزد و اطراف آن افزایش می‌یابد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت 0000 UTC روز ۲۹ می، مرکز کم ارتفاع ۱۴۸ ژئوپتانسیل دکامتر بر روی مرکز ایران مشاهده می‌گردد که این مرکز کم ارتفاع با کم فشارهای سطح زمین در ایران هماهنگی دارد. خطوط هم‌دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس به ترتیب از شمال یزد و سواحل جنوب ایران می‌گذرد و اختلاف دمای بین مرکز و جنوب ایران ۵ درجه سلسیوس است. محور اصلی ناوه در شرق مدیترانه مشاهده می‌گردد ولی یک محور فرعی دیگر در ۱۲ ساعت دیگر در نواحی مرکزی ایران دیده می‌شود و خط هم‌دمای ۱۵ درجه سلسیوس از جنوب ایستگاه یزد می‌گذرد، بنابراین در این تراز نیز ریزش هوای سرد مشاهده می‌گردد. فرا رفت هوای سرد از نواحی شمالی و هوای گرم از نواحی جنوبی ایران از پشت و جلوی ناوه، سبب افزایش گرادیان دما و نزدیک شدن ناوه به منطقه مورد مطالعه است.

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت 1200 UTC روز ۲۸ می، ناوه‌ای در شرق مدیترانه با ۵۶۴ ژئوپتانسیل دکامتر بسته شده است. خط ناوه در شرق دریای مدیترانه قرار دارد که در روز بعد خط ناوه در غرب ایران مشاهده می‌گردد. در ساعتUTC 0000 روز ۲۹ می اختلاف دمای بین سواحل شمال و جنوب ایران ۱۰ درجه سلسیوس است. در ۱۲ ساعت دیگر خط هم‌دمای ۱۰- درجه سلسیوس از جنوب یزد می‌گذرد و فرارفت هوای سردی را در نواحی غربی ایران در لایه‌های میانی جو منطقه نشان می‌دهد.

تغییرات دما و ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت 1200 UTC روزهای ۲۷ تا ۲۹ می در ایستگاه‌های جو بالای یزد، تهران و اصفهان ۶۰ متر کاهش ارتفاع و بیش از ۳ درجه سلسیوس کاهش دما و در نتیجه نزدیک شدن ناوه به منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به سبب خشک بودن هوا در سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ابرهای کومه‌ای با رشد زیاد که تشکیل شده نتوانسته بارش را در منطقه ایجاد کند و انرژی آزاد

www.SID.ir

Archive of SID

شده از این ناپایداری باد بسیار شدیدی را ایجاد کرده است. در ضمن خشک بودن زمین و نبود بارش از قبل سبب ایجاد طوفان گرد و خاک در منطقه شده است. بنابراین علت طوفان گرد و خاکی که بین ساعت ۱۴ و ۴۶ دقیقه و ۱۵ و ۵۱ دقیقه به وقت گرینویچ روز ۲۹ می در منطقه رخ داده است و دید افقی را به صفر و سرعت باد را به بیش از ۲۵ متر بر ثانیه رسانده است. به سبب ناپایداری ترمودینامیکی و محلی درون یک سیستم کم فشار، عبور یک جبهه سرد ضعیف و خشک از شمال غرب، ریزش هوای سرد از ابرهای کومه‌ای (cb) و فرارفت هوای سرد همراه با ناوه کم عمقی با حرکت سریع در منطقه بوده است. وجود هوای بسیار سرد در تراز میانی جو و هوای نسبتاً گرم در سطح زمین، سبب ایجاد جریان‌های شدید بالارو و ناپایداری زیاد هوای دشت یزد- اردکان شده است. در ماه می این دشت دوره مرطوب و سرد سال را پشت سر گذارده و سطح زمین آن خشک و از پوشش گیاهی بسیار فقیر و شرایط بیابانی برخوردار است. از طرفی این منطقه از اطراف به وسیله ارتفاعات محدود می‌شود. کانالیزه شدن و گذر این بادهای شدید و طوفان‌های ماسه از روی این زمین‌های خشک به شکل طوفان سیاه درآمده و سبب بسته شدن جاده سراسری اردکان- یزد به مدت ۴ ساعت و ایجاد تصادفات و خسارات زیادی در منطقه شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل نقشه‌های سینوپتیکی و بررسی داده‌های جو بالای منطقه در دوره‌های انتخابی نمونه طوفان‌های ماسه، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

دشت یزد- اردکان که می‌توان برکه شیرکوه- سیاهکوه نیز نامید، به صورت تقریباً لگن بسته‌ای است که از اطراف به وسیله ارتفاعات محدود می‌گردد. این دشت به علت دور بودن از گستره‌های آبی کشور، وجود ارتفاعات البرز در شمال و زاگرس در غرب که نقش دیواره‌ای در مقابل جریان‌های مرطوب ایفا می‌کنند، در قلمرو خشک و بیابانی جهان قرار گرفته است. ارتفاعات شیرکوه در مقابل جریان‌های مرطوب جنوب غربی نیز مانعی نسبت به دشت مذکور به حساب می‌آید و فرسایش بادی در سراسر آن به شدت حاکم است. دره توپوگرافی اردکان-یزد تأثیر زیادی در کانالیزه شدن بادهای شدید منطقه از سمت شمال و شمال غرب در محدوده شهرهای میبد و اردکان و افزایش سرعت آن به سمت غرب در محدوده شهر یزد دارد و این روند تغییرات با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نیز مطابقت نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه بیشتر طوفان‌های ماسه منطقه در ماه می رخ می‌دهند و در این ماه سطح زمین منطقه به علت پشت سر گذاردن بارش‌های زمستانی و اوایل بهار کاملاً خشک و از پوشش گیاهی بسیار فقیری برخوردار است، از طرفی منبع مهم تغذیه این طوفان‌ها و بادهای شدید، تپه‌های ماسه‌ای کواترنر در اطراف شهرهای اردکان، میبد، اشکذر و یزد می‌باشد، عبور این طوفان‌ها از روی این زمین‌ها به شکل حادتری درمی‌آید و گاهی به شکل طوفان‌های سیاه در منطقه رخ می‌دهد به طوری‌که دید افقی را حتی به صفر رسانده، موجب تصادف‌های بسیار شدید و خسارت‌های زیادی در جاده سراسری اردکان یزد می‌شود.

- مهمترین علت در تشکیل طوفان‌های ماسه دشت یزد- اردکان عبور یک سامانه کم فشار دینامیک همراه با جبهه سرد و خشک و ابرهای کومه‌ای (cb) ناشی از آن است. معمولاً در جلوی این سامانه‌ها جریان‌های جنوب شرقی وجود دارد که خود سبب انتقال هوای گرم از عرض‌های پایین به سوی عرض‌های بالاتر می‌گردد و جریان‌های قائم هوا سب ناپایداری شدید جو منطقه می‌شود. به سبب خشک بودن جو منطقه به جای بارش، انرژی ناشی از این ناپایداری‌ها به صورت بادهای شدیدی حادث می‌شود که از جلوی ابرهای کومه‌ای با رشد تقریبا زیاد به وجود می‌آید. در صورت نبود بارش در چند روز قبل از آن در منطقه، سبب پیدایش پدیده گرد و خاک گسترده در سطح زمین می‌گردد. این نوع پدیده‌ها به صورت محلی رخ داده، فراگیر نبوده و تداوم کوتاهی دارند.

- مکانیسم دیگر رخداد طوفان‌های ماسه در منطقه، به سبب عبور یا نزدیک‌تر شدن ناوه‌ای به ویژه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال است که در غرب منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد که همراه با فرارفت شدید هوای سرد و گرادیان فشار در سطح زمین می‌شوند. این نوع پدیده‌ها در منطقه فراگیر و گسترده بوده و از تداوم زیادی نیز برخوردارند.

تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیلی و دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ۲ روز قبل و روز رخداد طوفان در ایستگاه جو بالای یزد حدود ۶۰ متر کاهش ارتفاع و تا ۶ درجه سلسیوس کاهش دما را نشان می‌دهد. این کاهش دما و ارتفاع نشان از نزدیک شدن ناوه همراه با گرادیان شدید دما در منطقه است.

فرارفت هوای سرد و گرم به ترتیب از نواحی شمالی و جنوبی از پشت و جلوی ناوه به ویژه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، سبب افزایش گرادیان دما و در نتیجه نزدیک شدن ناوه به منطقه می‌شود. در صورت نبودن رطوبت کافی در جو، این گرادیان دما و وجود ناوه به صورت بادهای شدید و طوفان‌های ماسه در منطقه رخ می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

- علت دیگر رخداد این پدیده وجود گرادیان فشار بین این منطقه و اطراف آن است که خود سبب ایجاد بادهای شدید همراه با پدیده گرد و غبار در منطقه می‌شوند.

- اکثر طوفان‌های ماسه در این منطقه در ساعت‌های بعد از ظهر و بیشتر در ماه می رخ داده و بادهای شدید آن عمدتاً از سمت غرب تا شمال غرب می‌وزند.

منابع و مآخذ

۱. اختصاصی، محمدرضا و حسن احمدی (۱۳۷۶)؛ **بررسی کمی و کیفی فرسایش بادی و برآورد میزان رسوب در دشت یزد- اردکان**، مجله منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۲. اداره کل هواشناسی استان یزد (۱۳۸۰)؛ **حوادث پیش‌بینی نشده جوی اقلیمی**، ۱۴.

۳. استانداری یزد (۱۳۸۳)، ستاد حوادث غیر مترقبه؛ **گزارش میزان خسارات بلایای طبیعی در استان یزد**.

۴. امیدوار، کمال (۱۳۸۳)؛ **طرح پژوهشی مطالعه و ارزیابی رژیم بارش در استان یزد**، دانشگاه یزد، ۴۳.

۵. حسینی، سید باقر (۱۳۷۹)؛ **مطالعه سینوپتیکی طوفان‌های شدید در تهران**،پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۶. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۲)؛ اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر، **نقشه‌های سینوپتیکی سطح زمین و سطوح فوقانی جو در دوره‌های انتخابی نمونه**.

۷. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۳)؛ اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر، **داده‌های جو بالای ایستگاه‌های یزد و کرمان در دوره‌های انتخابی نمونه**.

۸. سالاری، محمود (۱۳۷۵)؛ **طرح بررسی و شناخت مواد آلوده کننده هوا**، سازمان حفاظت محیط زیست.

۹. عظیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۱)؛ **مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش‌پذیری خاک و ارایه مدل جهت پیشگویی آن**، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان.

۱۰. علیزاده، امین و دیگران (۱۳۸۱)؛ **هوا و اقلیم شناسی**، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۷۹.

۱۱. غیاث‌الدینی، منصور (۱۳۷۷)؛ **آلودگی هوا**، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۵۸.

۱۲. قائمی، هوشنگ (۱۳۴۹)؛ **بادهای شدید سطوح فوقانی در منطقه خاورمیانه**، نشریه هواشناسی، ۷۷.

۱۳. قائمی، هوشنگ و محمود عدل (۱۳۷۱)؛ **ناپایداری و طوفان‌های رعد و برق**، سازمان هواشناسی کشور،۱۰-۷.

۱۴. قبادیان، عطاء الله (۱۳۶۱)؛ **سیمای طبیعی استان یزد در ارتباط با مسایل کویری**، استانداری یزد، ۴۶.

۱۵. مرجانی، سید صدرالدین (۱۳۷۲)؛ **بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در خراسان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران،۱۸۲-۱۸۱.

۱۶. معتمد، احمد (۱۳۷۰)؛ **بررسی منشأ ماسه‌های منطقه یزد- اردکان**، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، مجله بیابان، شماره ۱۲،۳۰.

۱۷. مهرشاهی، داریوش (۱۳۶۹)؛ **نگاهی به ژئومورفولوژی استان یزد**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۳۴،۱۳۹.

۱۸. نعمت، ژینوس، **نشریه هواشناسی**، ۱۱.

۱۹. وزارت نیرو (۱۳۶۵)؛ شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد،**گزارش آبهای زیرزمینی یزد- اردکان**، ۱ و ۳.

20. Lin,Guanghui (2002); **Dust bowl in the 1930's and sand storms in 1999 in the USA**, Global Alarm: Dust and sand storms from the world ' s drylands, United Nations.

21. Squires,Victor,R. (2002); **Dust and sand storms: An early warning of impending disaster**, Global Alarm: Dust and sand storms from the world' s drylands, United Nations.

22. Valeh,N.and Davoudzadeh,M (1977); **Geology of the Khoranagh sector**, geological Survey of Iran., Tehran-107.

23. W.M.O (1978); **Survey of the climatology and synoptic**, PEP,No.10,43.

24. Youlin Yang (2002); **Black windstorm in northwest Chin: A case study of the strong sand-dust storms on May 5th 1993**. Global Alarm: Dust and sand storms from the world's drylands,United Nations.

www.SID.ir