



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال دوازدهم، شماره‌ی ۳۹
پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۵۸-۳۷

قاسم عزیزی^۱
حسین محمدی^۲
ایمان روستا^۳
محمود داودی^۴

تحلیل سینوپتیک سوزبادهای منطقه غرب و شمال غرب ایران در دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۰۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۶/۰۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۸/۱۹

چکیده

شاخص سوزباد جهت بیان ارتباط عدم راحتی انسان در اثر تأثیر مشترک باد و دمای هوا ارائه شده است. قسمت‌هایی از ایران، همانند شمال غرب کشور، هر از گاهی تحت تأثیر پدیده یخبندان‌ها و دماهای خیلی پایین، به همراه بادهای شدید قرار می‌گیرند که این عوامل می‌تواند تأثیرهای سوئی بر سلامت انسان و موجودات زنده داشته باشد. بنابراین هدف از این مطالعه، محاسبه شاخص سرمازایی باد، به عنوان یکی از شاخص‌های مهم راحتی بدن و شناخت و ارائه الگوهای همدیدی مربوط به این شاخص برای شمال غرب ایران می‌باشد. برای انجام این پژوهش

Emai: ghazizi@ut.ac.ir

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۴- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

داده‌های اقلیمی ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه مربوط به دوره آماری ۲۶ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵ میلادی) برای ایستگاه‌های سینوپتیک شمال غرب کشور استخراج گردید و داده‌های فشار، دما، مؤلفه‌های باد (U&V) در ترازهای متفاوت نیز به صورت ساعتی از پایگاه NCEP/NCAR برای روزهای نماینده دارای بیشینه شاخص سوزباد استخراج گردیده‌اند. نقشه‌های ترکیبی فرارفت دما، فشار هوا، جهت و سرعت باد در تراز میانی جو و در سطوح پایین‌تر، ۸۵۰ هکتوپاسکال و سطح زمین با بکارگیری نرم افزار گرادس تولید شدند. برای محاسبه ضریب شاخص سوزباد نیز از رابطه ابداع شده توسط پاول و سایپل استفاده گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که سوزباد تحت دو الگوی ناوه عمیق و بندالی اتفاق افتاده است. فرارفت هوای سرد در هر دو الگو از سه منبع تأمین شده است: پرفشار واقع در شمال آفریقا و جنوب اروپا، ناوه عمیق واقع در روی سیبری (شمال دریای سیاه) و پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه.

کلید واژه‌ها: مطالعه همدیدی، شاخص سوزباد، پشته بندالی.

مقدمه

واژه سوزباد^۵ برای نخستین بار در رساله دکتری سایپل^۶ در سال ۱۹۳۹ تحت عنوان سازگاری «مکتشفان قطب جنوب با هوای سرد» مطرح شده است (رسولی و عزیززاده، ۱۳۸۵، ۳۱). دمای هوا از عناصر مهم آب و هوایی می‌باشد که تغییرات آن می‌تواند به طور موثری بر سلامت موجودات زنده از جمله انسان تأثیر بگذارد (اهرنس^۷، ۲۰۰۲، ۵۴۴). احساس دما توسط بدن انسان با تغییر شرایط جوی تغییر می‌کند (اسکوزیسکی^۸، ۲۰۰۰، ۱۸). برای ثابت ماندن دمای بدن باید دمای جذب و تولید شده توسط بدن با دمای از دست رفته برابر شود. در صورتی که دمای از دست رفته بیشتر از دمای تولید و جذب شده باشد، انسان احساس سرما و اگر برعکس شود بدن احساس گرما می‌کند (قاسمی و اسلامیان، ۱۳۸۶، ۱۸).

وزش شدید باد در دماهای زیر صفر می‌تواند گرما را به سرعت از بدن خارج کند که این فرایند ممکن است موجب یخ‌زدگی پوست شود. دمای هوا به تنهایی نمی‌تواند اطلاعات کافی برای پوشیدن نوع و مقدار لباس در اختیار ما قرار دهد. عامل دیگر آب و هوایی بویژه باد نقش مهمی در این مسأله دارند. اهمیت شاخص سوزباد (WCI^۹) در

5 - Wind Chill

6 - Siple

7- Ahrens

8- Osczevski

9- Wind Chill Index

این است که می‌تواند به عنوان یک معیار مناسب برای چگونگی لباس پوشیدن در آب و هوای سرد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Final report for environment Canada, 23, 1999). سوزباد که از لحاظ ماهیت به موج سرمایی خیلی شبیه می‌باشد، جزو ۸ بلایای طبیعی اول دنیا از لحاظ اقتصادی می‌باشد (جدول ۱).

جدول (۱): میزان خسارات اقتصادی مخاطرات طبیعی در سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۱

(سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۲، ۳۴، نقل از محمدی، ۱۳۸۷، ۳۰)

نوع خسارت	مبلغ خسارت
زمین لرزه	۲۴۸۶۲۴۹۰۰۰۰۰ دلار
سیل	۲۰۶۶۳۹۸۰۰۰۰۰ دلار
سیکلون‌های حاره ای	۸۰۰۷۷۷۰۰۰۰۰ دلار
طوفان باد	۴۳۸۹۰۰۰۰۰۰۰ دلار
آتش سوزی	۲۰۲۱۲۸۰۰۰۰۰ دلار
خشکسالی	۱۶۸۰۰۰۰۰۰۰۰ دلار
موج سرما	۹۵۵۵۰۰۰۰۰۰۰ دلار
موج گرما	۵۴۵۰۰۰۰۰۰۰۰ دلار
جمع کل	۶۳۱۲۵۰۲۰۰۰۰۰ دلار

مطالعه سرماهای شدید به خاطر مسائلی که برای جوامع به وجود می‌آورد (مثل ترکیدن لوله‌های آب، دیواره استخرها و حوض‌ها) بروز بیماری‌های واگیردار زمستانی (مثل سرماخوردگی آنفلوآنزایی، افسانگی و سارس)، آلودگی هوا بر اثر مصرف زیاد از حد سوخت، مرگ و میر حیوانات وحشی بر اثر سرما و هجوم آنها به مراکز زیست انسانی (به ویژه در هنگام بارش برف سنگین که موجب کم شدن غذای وحوش می‌شود) و وقوع اینورژن‌های حرارتی و تشعشعی دارای اهمیت کاربردی است (قویدل رحیمی و خوشحال دستجردی، ۱۳۸۹، ۱۸۰). سوزباد یکی از مهم‌ترین عوامل مختل کننده راحتی انسان محسوب می‌شود که ضمن ایجاد اختلال در شرایط زیستی، باعث آسیب دیدن اعضای بدن انسان از طریق سرمازدگی نیز می‌شود (رسولی و عزیززاده، ۱۳۸۵، ۳۰).

در سال‌های اخیر محققان به بررسی و تحلیل سینوپتیکی یخبندان در کشور پرداخته‌اند. براتی (۱۳۷۵) با بررسی یخبندان‌های بهاره ایران، تمام یخبندان‌ها را از نوع فرارفتی دانسته و جابجایی محورهای ناوه در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و پرفشارهای مهاجر در سطح زمین و سپس ادغام آنها با فرود و پرفشار معمول و شدید سیبری را دلیل

رخداد آن‌ها شناسایی کرده است. مجرد قره باغ (۱۳۷۶) در تحقیقی یخبندان‌های آذربایجان را بررسی کرده است. عزیزی (۱۳۸۳) در پژوهشی به ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران پرداخته است. عزیزی و نوخندان (۱۳۸۴) به مطالعه توزیع زمانی- مکانی یخبندان در جاده‌های هراز و فیروزکوه پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که در مناطق کوهستانی جاده هراز و فیروزکوه با شروع دوره سرد احتمال وقوع یخبندان بسیار افزایش می‌یابد. رسولی و عزیززاده (۱۳۸۵) توزیع مکانی سرمایش بادی در شمال غرب کشور را ناهمگن دانسته که عامل توپوگرافیک در توزیع آن نقش عمده‌ای دارد. حیدری و سعیدآبادی (۱۳۸۶) با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، شمال غرب و غرب ایران را بر اساس سوزباد ناحیه بندی کردند. هژبر و علیجانی (۱۳۸۶) وقوع یخبندان‌های شدید در اردبیل را ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح زمین و یک ناوای عمیق در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال دانستند. قویدل رحیمی (۱۳۸۷) به بررسی دماهای فرین دوره سرد سال در شمال غرب ایران پرداخته است. نتایج وی نشان دهنده‌ی این است که عامل اصلی دماهای سرد ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا است. الگوی پرفشار سیبری و الگوی ترکیبی پرفشار سیبری و غربی (مدیترانه‌ای) الگوهای غالب به وجود آورنده زمستان‌های سرد شمال غرب کشور می‌باشند. قویدل رحیمی (۱۳۸۷) بین زمستان‌های سرد تبریز و نوسانات شمالگان رابطه‌ای معنادار یافته است. علیجانی (۱۳۸۷) با شناخت الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید در شمال غرب ایران به این نتیجه رسیده است که در ۷۰ درصد موارد سرماهای شدید در شمال غرب ایران، اکثراً با استقرار ناوای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهند. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) با تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران نشان دادند که تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی، بیشترین تأثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند. پرایور و کیبل^{۱۰} (۱۹۹۰) به استفاده از داده‌های سوزباد برای طراحی ایمن میکروکلیمای اطراف ساختمان‌ها پرداخته‌اند. گاوه‌د^{۱۱} و دیگران (۲۰۰۰) به بررسی اثرات دما بر افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی ریوی، هنگام مواجهه با بادهای سرد تا -۱۰ درجه پرداخته‌اند. گاوه‌د و دیگران (۲۰۰۳) به بررسی اثر سرمای حاصل از باد سرد بر اشیای متحرک پرداخته و میزان خطر سرمازدگی در افراد را نسبت به فعالیت‌های مختلف آن‌ها تخمین زده‌اند. توروس^{۱۲} و دیگران (۲۰۰۵) تغییرپذیری فضایی دماهای سرد و سرعت باد را در ماه‌های اکتبر تا مارس سال‌های ۱۹۲۹-۱۹۹۰، در ۹۰ ایستگاه هواشناسی ترکیه مشخص و به بررسی تأثیر آن بر آسایش انسان پرداخته‌اند. براجکویچ^{۱۳} و دیگران

10- Prior & Keeble

11- Gavhed

12- Toros

13- Brajkovic

(۲۰۰۶) به بررسی اثر سرمای ناشی از در معرض باد سرد قرار گرفتن، بر کاهش فشار خون و دمای پوست پرداخته و نشان دادند که در مواجهه با باد سرد با سرعت‌های مختلف، دمای پوست کاهش می‌یابد. شیتزر^{۱۴} (۲۰۰۶) به مطالعه پارامتریک دماهای معادل سوزباد با استفاده از تحلیل‌های بی بعد پرداخته و بر حالت‌های آرام باد، تأثیر سرعت باد و زاویه وزش آن تأکید می‌کند. تیکویسیا^{۱۵} و دیگران (۲۰۰۷) به بررسی اثر باد سرد بر افزایش گردش خون در پوست افرادی که در معرض هوای سرد قرار گرفته بودند، پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌داد فشار خون افراد به صورت متفاوتی در برابر سرما دچار نوسان می‌شوند. چن^{۱۶} و دیگران (۲۰۰۸) به بررسی افزایش قدرت سوزبادهای و همچنین تحلیل کارآمدی آن‌ها پرداخته و بر استفاده از سوزبادهای برای تولید انرژی تأکید می‌کنند و نشان داده‌اند که سوزبادهای علاوه بر اثرات مخرب، در صورت برنامه ریزی و استفاده اصولی می‌توانند مفید نیز واقع شوند.

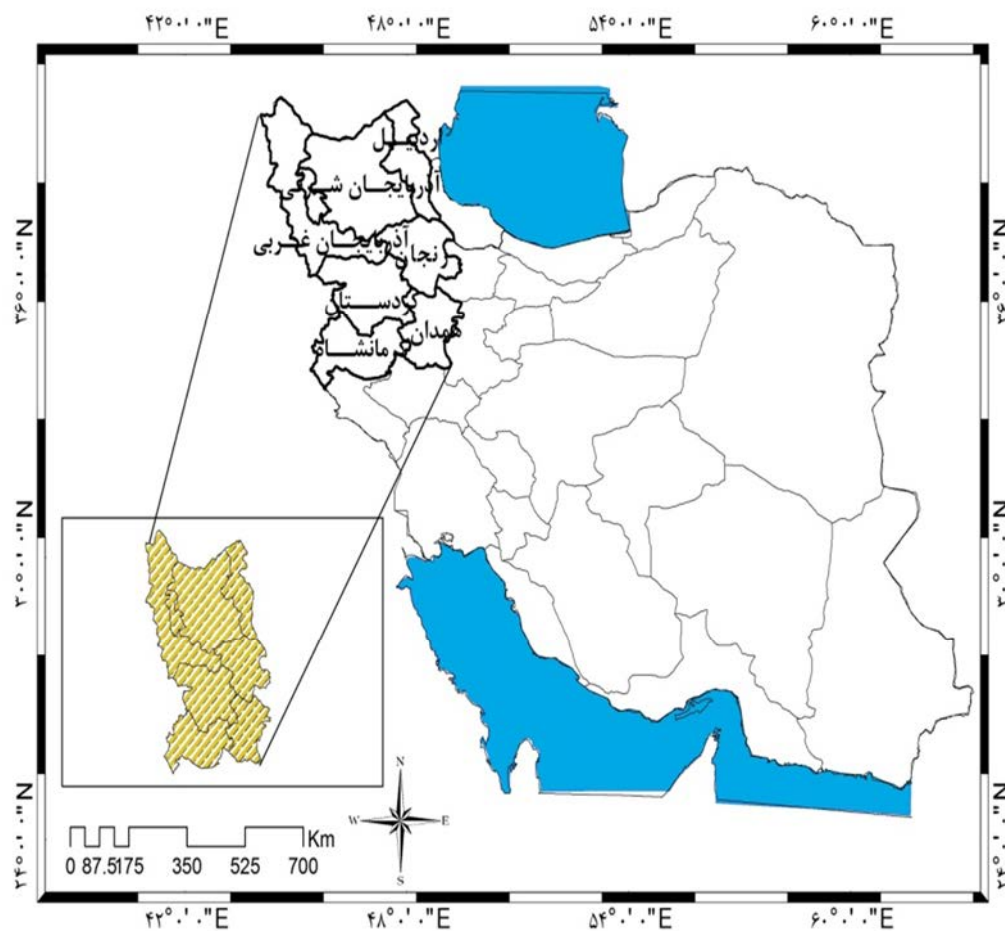
علی رغم توجه و اهمیتی که در کشورهای دیگر بویژه در یکی دو دهه اخیر به شاخص سوزباد می‌شود، در ایران مطالعه جامع و کاملی در این زمینه صورت نگرفته و ضرورت انجام چنین مطالعه‌ای در سطح کشور احساس می‌شود. مخصوصاً با توجه به رخداد ناهنجاری‌های جوی متأثر از گرمایش جهانی در سال‌های اخیر، مطالعه اینگونه آنومالی‌های جوی که با تکرار بیشتری رخ می‌دهند از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. اگر چه ایران همانند کشورهای اسکانندیناوی، کانادا و در مجموع کشورهای عرض‌های بالا، شاید کمتر تحت تأثیر پدیده سوزباد قرار گیرد، اما قسمت‌هایی از ایران، همانند شمال غرب کشور، هر از گاهی تحت تأثیر پدیده یخبندان‌ها و دماهای خیلی پایین، به همراه بادهای شدید قرار می‌گیرند که این عوامل می‌تواند اهمیت مطالعه این پدیده را مشخص نماید؛ بنابراین هدف این تحقیق شناخت و ارائه الگوهای همدیدی مربوط به شاخص سوزباد، برای پیش بینی تکرار این بلای طبیعی در آینده، جهت برنامه‌ریزی‌ها و اتخاذ مدیریت‌های بحران، برای مقابله با آسیب‌های این بلای جوی و کاهش دادن اثرات آن است.

مواد و روش‌ها

به دلیل اینکه روابط مربوط به سرمازایی باد عموماً در مناطق گرم کاربرد ندارد، بنابراین ایستگاه‌های مورد بررسی در قسمت‌های سرد و نیمه سرد مناطق کوهستانی زاگرس، نواحی شمال غربی و شمالی کشور انتخاب شده‌اند. همچنین به دلایل یاد شده در بالا، بررسی قدرت سرمازایی باد در فصول گرم سال (بهار و تابستان) مورد ندارد؛ لذا برای

14- Shitzer
15- Tikuisisa
16- Chen

انجام این پژوهش، ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر مربوط به دوره آماری ۲۶ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵ میلادی) برای ۸ ایستگاه سینوپتیک منتخب شمال غرب کشور مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

برای محاسبه ضریب شاخص سوزباد از رابطه ابداع شده توسط پاسل و سایپل استفاده گردیده است. در مدل آن‌ها، از سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و میانگین درجه حرارت بر حسب درجه سلسیوس استفاده شده است. متغیرهای مرتبط به شاخص سوزباد، در جداول مختلف با تغییراتی همراه می‌باشد که این امر به دلیل استفاده از فرمول‌های متفاوت برای اتلاف گرما و یا تصورات متفاوت از اتلاف دمای بدن و یا سرعت باد آرام است (درگاهیان و میرزایی، ۱۳۸۵، ۲۴). در دهه ۱۹۳۰ سایپل و پاسل در تحقیقات خود در قطب جنوب رابطه‌ای برای گرمای هدر رفته از بدن

انسان ارائه کردند (وجیساک^{۱۷}، ۲۰۰۴، قاسمی و اسلامیان، ۱۳۸۶، ۱۵) که این رابطه در سال ۱۹۳۹ به صورت زیر اصلاح گردید:

برای محاسبه مقدار شاخص سوزباد از رابطه (۱) استفاده گردیده است (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷، ۸۲):

$$H = (10.45 + 10\sqrt{V} - V)(33 - T) \quad \text{رابطه (۱)}$$

H: مقدار دفع انرژی بر حسب کیلوکالری متر مربع طی یک ساعت

V: سرعت باد به متر در ثانیه

T: معدل دما به درجه سلسیوس

به منظور استخراج روزهای دارای سوزباد شدید، ابتدا میانگین دما و سرعت باد روزانه (در دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵) در ایستگاه‌های نمونه منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) از سازمان هواشناسی تهیه گردید. سپس با استفاده از شاخص سوزباد (فرمول ۱) روزهای با شاخص سوزباد بالای ۸۰۰ و با پوشش بیش از ۵۰٪ ایستگاه‌ها (حداقل ۵ ایستگاه از ۹ ایستگاه) انتخاب شدند که به طور میانگین در تمام ایستگاه‌ها، در کل دوره آماری ۵۳ روز بوده است که نشان دهنده‌ی سرد بودن منطقه است. بر اساس این فرمول فقط در سه ماه دسامبر، ژانویه و فوریه مقادیر بیشتر از ۸۰۰ به دست آمد. در نهایت تمام روزهای مورد مطالعه از این سه ماه انتخاب شد و همگی مورد مطالعه قرار گرفتند. برای شناسایی الگوها از رویکرد محیطی به گردشی که یکی از رویکردهای روش طبقه بندی دستی است استفاده گردیده است. به این صورت که ابتدا روزهای با شاخص سوزباد بالای ۸۰۰ و با پوشش بیش از ۵۰٪ ایستگاه‌ها که ۵۳ روز بود انتخاب و سپس با ترسیم نقشه‌های ترکیبی به تحلیل سینوپتیکی این روزها پرداخته شد. ولی با توجه به زیاد بودن تعداد روزها از هر الگو یک روز که: الف) دارای رخداد سوزباد شدیدتر بوده ب) با توجه به نقشه‌های تهیه شده به وضوح الگوی مورد نظر را برای خواننده به نمایش می‌گذاشت، به عنوان نمونه انتخاب و به طور کامل بحث گردیده است (جدول ۳) و در ادامه نیز نتایج سایر روزها ذکر شده است.

جدول شماره (۲): ضرایب شاخص سوزباد (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷، ۸۳)

مقدار دفع انرژی (Kcal/hr/m ²)	حالت و احساس غالب
۱۴۰۰ و بیشتر	گوشت در معرض این دما منجمد می‌شود
۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰	فوق‌العاده سرد
۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰	بسیار سرد

سرد	۸۰۰ تا ۱۰۰۰
بسیار خنک	۶۰۰ تا ۸۰۰
خنک	۳۰۰ تا ۶۰۰
مطبوع و دلپذیر	۲۰۰ تا ۳۰۰
نه گرم و نه سرد	۵۰ تا ۲۰۰
گرم	۵۰ تا ۸۰

برای تعیین الگوهای همدیدی سوزیادهای شدید در منطقه مورد مطالعه، داده‌های مربوط به فشار، فرارفت دما و مؤلفه باد مداری (U) و نصف‌النهاری (V) برای ترازهای مختلف (سطح زمین، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) تهیه شد. این داده‌ها به صورت ساعتی از مرکز ملی پیش بینی محیطی آمریکا (NCEP/NCAR) برای روزهای با سرمای شدید تهیه شد. سپس جهت شناسایی الگوهای گردش به مطالعه آنها پرداخته شد.

جدول ۳): شاخص سوزیاد روزهای منتخب در ایستگاه‌های همدیدی منطقه مورد مطالعه

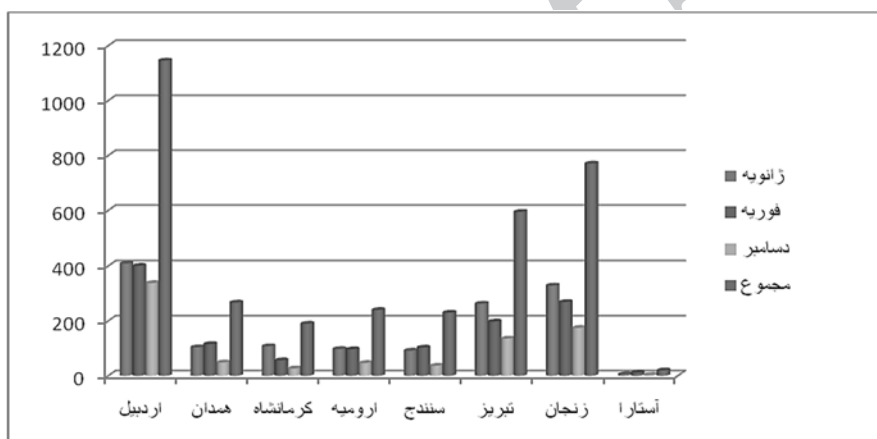
سال	ماه	روز	اردبیل	همدان	کرمانشاه	ارومیه	سندج	تبریز	زنجان	آستارا
۱۹۸۵	فوریه	۶	۱۰۱۳/۲	۹۹۶	۸۷۲/۱	۸۷۸/۱	۸۱۶/۸	۱۰۷۶/۹	۱۰۸۹/۵	۶۰۳/۸
۲۰۰۲	ژانویه	۸	۱۲۵۶/۶	۸۹۵/۷	۸۰۳/۵	۷۹۰/۶	۸۳۳/۱	۹۱۲/۷	۹۱۴/۲	۶۱۱/۶

یافته‌ها و بحث

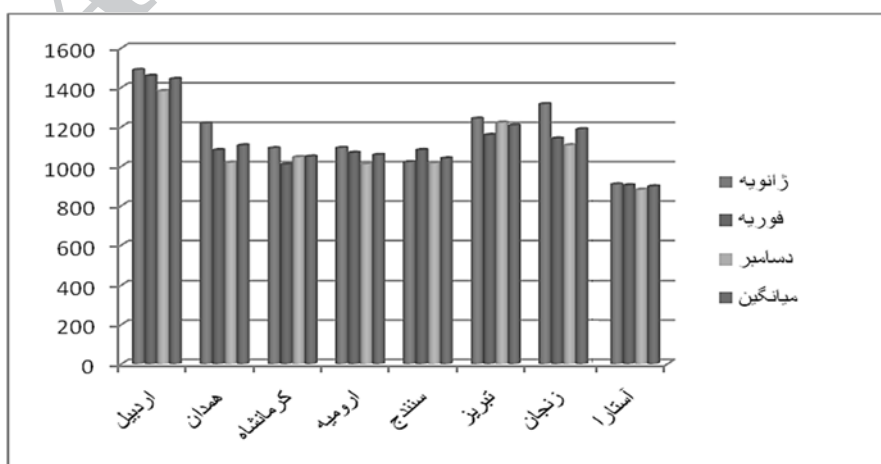
پس از تجزیه و تحلیل باد ملاحظه شد که در تمام ایستگاه‌ها، بیشترین درصد آرامش باد به فصل تابستان تعلق دارد و زمستان دارای بیشترین میانگین سرعت باد است. اما در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بیشترین میانگین سرعت باد در فصول مختلف سال مربوط به اردبیل می‌باشد، که از میان فصول مختلف بیشترین میانگین سرعت باد در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر به ترتیب با ۳/۸ متر بر ثانیه به ایستگاه اردبیل، ۳/۴ به تبریز و ۲/۸ به کرمانشاه تعلق دارد و ایستگاه آستارا با میانگین سرعت ۱/۸ متر بر ثانیه برای ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر دارای ملایم‌ترین سرعت‌های رخداد باد در میان دیگر ایستگاه‌ها است.

در بررسی متوسط دما طی این دوره مطالعاتی، پایین‌ترین میانگین دمای سالانه با ۳/۱۴ درجه سلسیوس به ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر و بالاترین با ۲۳/۴ درجه سلسیوس برای تابستان مشاهده شده که در این بین میانگین دمای

ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر در اردبیل با صفر درجه سلسیوس از همه ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه پایین‌تر بوده و ایستگاه زنجان و همدان به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند، اما آستارا با $6/4$ درجه سلسیوس از گرم‌ترین دمای زمستانی در بین دیگر ایستگاه‌ها برخوردار بوده است. بررسی فراوانی وقوع سوزبادهای نشان دهنده این است که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، در هر سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر اردبیل دارای بیشترین فراوانی است و زنجان در رتبه بعد قرار دارد. به طوری که اردبیل با ۱۱۴۵ مورد بیشترین فراوانی وقوع سرمای شدید را دارد. بعد از آن زنجان با ۷۷۰، تبریز با ۵۹۴ و همدان با ۲۶۶ مورد در رتبه‌های بعدی قرار داشته و آستارا نیز با مجموع ۱۹ مورد سوزباد مشاهده شده در جایگاه آخر قرار می‌گیرد (شکل ۲). همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود ایستگاه اردبیل دارای شدیدترین سوزبادهای می‌باشد. ایستگاه آستارا در همه ماه‌ها کمترین شدت را دارد. در سایر ماه‌ها به جز ژانویه به ترتیب تبریز و زنجان بعد از اردبیل قرار داشته و در ماه ژانویه زنجان از لحاظ شدت بعد از اردبیل می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۲: فراوانی وقوع سوزباد بر اساس شاخص سوزباد در دوره آماری



شکل ۳: شدت وقوع سوزبادهای بر اساس شاخص سوزباد در دوره آماری

بررسی‌ها مشخص کرد که طی وقوع سوزباده‌ها در منطقه دو الگوی هم‌مدیدی حاکم بوده است. اولی الگوی ناوه عمیق که با ۳۲ مورد از مجموع ۵۳ مورد رخداد سوزباد، مهم‌ترین الگو از لحاظ تعداد روزها می‌باشد. بعد از آن الگوی بندالی با ۲۱ مورد دومین الگوی موثر در وقوع سوزباده‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. منظور از روزهای همراه با الگوی ناوه عمیق، روزهایی هستند که ناوه‌ای عمیق از عرض‌های شمالی گسترش یافته به گونه‌ای که منطقه مورد بررسی در پشت محور ناوه قرار گرفته است؛ که این ویژگی به دلیل فرارفت هوای بسیار سرد از عرض‌های بالا به عرض‌های پائین‌تر شرایط ایجاد سوزباد را فراهم نموده است. همچنین روزهایی که در آن‌ها الف) جریان اصلی بادهای غربی تبدیل به دو شاخه شده، ب) هر شاخه از جریان توده هوای مشخصی را منتقل کند، ج) جریان‌های دو شاخه شده حداقل ۴۵ درجه طول جغرافیایی را در برگیرد، د) در جریان دو شاخه شده، یک تغییر حالت از شارش مداری بالادست به شارش نصف‌النهاری پایین دست مشاهده شود، ه) و بالاخره این الگو حداقل برای ۵ روز همراه با پیوستگی مشخص دوام داشته باشد به عنوان الگوی بندالی انتخاب شده‌اند (عزیزی، ۱۳۸۷، ۳۸-۳۹).

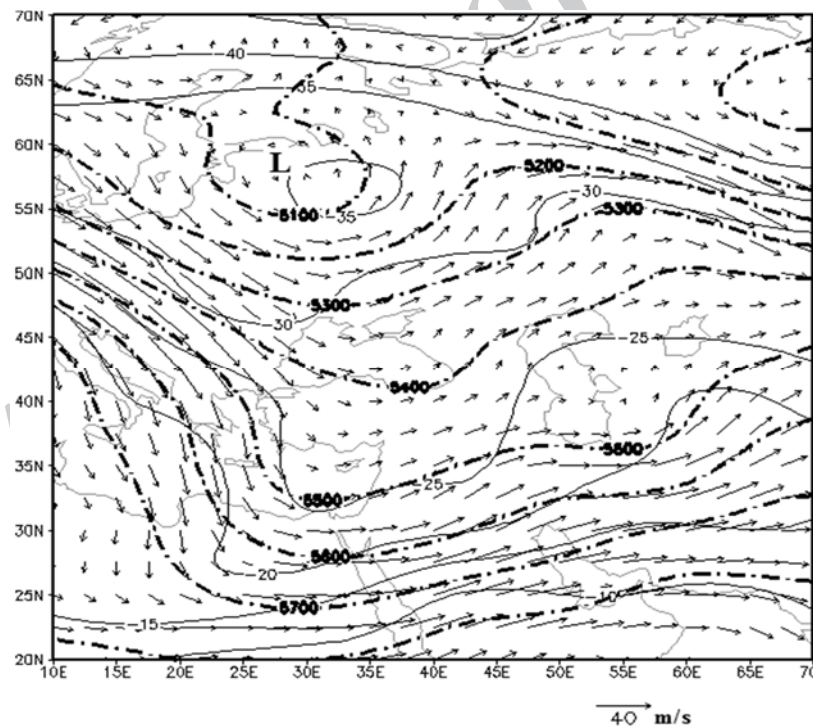
الگوی ناوه عمیق (۶ فوریه ۱۹۸۵)

در اکثر موارد از سوزباده‌های شدید منطقه مورد مطالعه، وجود ناوه‌ای عمیق سبب وقوع این سوزباده‌ها شده است. در این الگو رخداد سوزباد به دلیل وجود ناوه‌ی عمیقی بوده که با حرکت نصف‌النهاری زیاد از عرض‌های بالا به عرض‌های پایین رسیده و باعث قرارگیری منطقه در پشت ناوه شده است. این شرایط با نزول هوا و پایداری همراه است. هر قدر ناوه عمیق‌تر باشد این پایداری بیشتر خواهد بود.

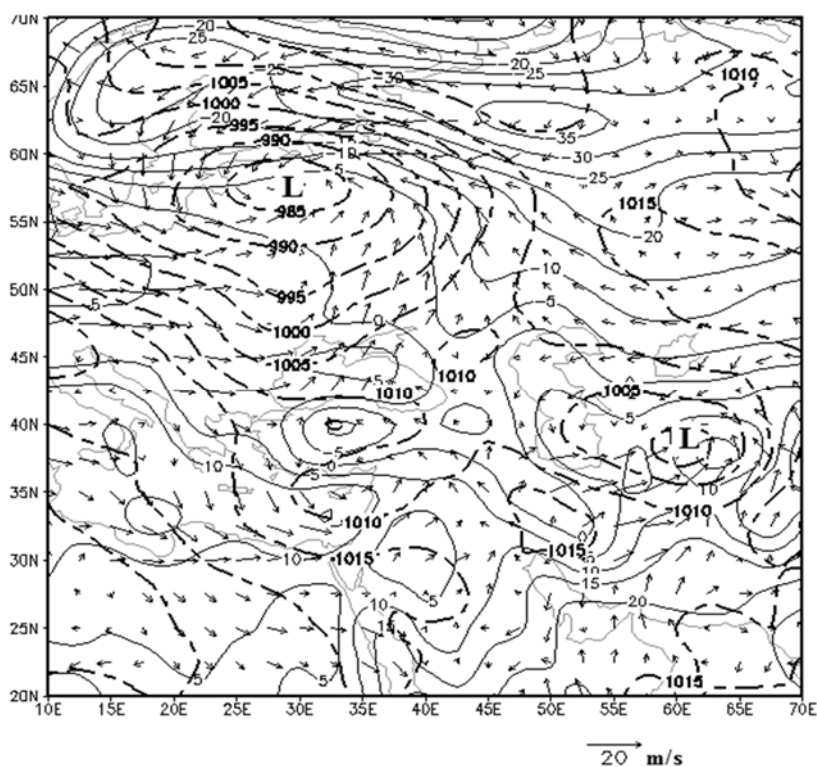
۲ روز قبل از وقوع سرمای شدید ناوه‌ی عمیقی (۳۷ درجه عرض جغرافیایی) که محور آن روی دریای سیاه قرار گرفته است هوای بسیار سرد قطبی را با خود به سمت عرض‌های پایین کشانده و باعث قرار گرفتن منطقه در شرق ناوه شده است. این موج حرکت پاد ساعت‌گرد بسیار کندی را به سمت شرق داشته به طوری که در فاصله ۳ تا ۵ فوریه حداکثر ۲ درجه طول جغرافیایی به سمت شرق جابجا شده و عمیق‌تر نیز گردیده است. در روز ۵ فوریه این ناوه عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۷۰ درجه را پوشش می‌دهد و محور ناوه در غرب منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. نحوه آرایش خطوط هم ارتفاع در قسمت شرق ناوه که تقریباً به حالت مداری در آمده‌اند، باعث همرفت هوای سرد عرض‌های بالا بر روی منطقه و ایجاد سوزباد شده است. در روز ۶ فوریه با توجه به اینکه محور ناوه در غرب منطقه مورد مطالعه مستقر گردیده، سوزباد شدیدتر و فراگیرتر شده است. در روز ۷ فوریه همراه با کاسته شدن از عمق ناوه، شدت سوزباد نیز کاهش یافته و به تدریج ناوه از کشور خارج می‌گردد. در روز ۳ فوریه خطوط همدمای

۱۰- و ۱۵- از جنوب و شمال منطقه مورد مطالعه عبور می‌کند که به تدریج با حرکت به سمت روزهای وقوع سوزباد دما کاهش می‌یابد به طوری که در روز ۶ فوریه به ۲۰- تا ۲۵- کاهش می‌یابد (شکل ۴).

چند روز قبل از وقوع سوزباد قرارگیری ناوه عمیقی در غرب ایران باعث ایجاد وزش باد مداری (غربی-شرقی) بر روی منطقه شده است و منحنی باد هم سرعت 10 m/s منطقه را پوشش می‌دهد که این جهت وزش باد و منحنی هم سرعت در روزهای وقوع سوزباد نیز تقریباً ثابت بوده که نشانگر و موید پایداری هوا در نتیجه فرارفت هوای سرد از عرض‌های بالا می‌باشد. در نقشه ترکیبی فشار و دمای سطح زمین در روز ۶ فوریه ۱۹۸۵ منحنی هم فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکالی در جنوب منطقه و زبان‌های کم فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکالی در شمال منطقه هوای سرد را به شمال غرب تزریق می‌کنند و مرکز کم فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی واقع بر روی شمال شرق ایران و شرق خزر نیز با چرخش سیکلونی هوای سرد را بر روی شمال غرب می‌ریزد. به نظر می‌رسد که استقرار پرفشار بر روی منطقه باعث ایجاد آسمانی صاف شده است و یخبندان تابشی در ایجاد سوزباد موثر بوده است. در این روز خط هم‌دمای صفر درجه‌ی سلسیوس تقریباً تمامی منطقه‌ی مورد مطالعه را پوشش داده است (شکل ۵).



شکل ۴: نقشه خطوط ژئوپتانسیل متر، جهت و سرعت باد و هم‌دمای سطح ۵۰۰ HP (۶ فوریه ۱۹۸۵)



شکل ۵: نقشه خطوط همفشار، جهت و سرعت باد و همدم‌ها- سطح زمین (۶ فوریه ۱۹۸۵)

بررسی تمامی روزهای با سوزیاد در منطقه مورد مطالعه که سوزیادهای آنها تحت این الگو رخ داده است نتایج زیر را نشان می‌دهد:

عمق ناوه در تمامی روزهای دارای این الگو بین حداقل ۳۰ تا ۶۰ و حداکثر ۲۵ تا ۷۵ متغیر بوده است. به همین صورت محور ناوه نیز با نزدیک شدن به روز سوزیاد شدید روی منطقه مورد مطالعه، در شرق یا غرب آن استقرار داشته است. در تمامی روزهای دارای سوزیاد شدید در منطقه مورد مطالعه محور ناوه بین عرض ۲۰ درجه شرقی (غرب دریای سیاه) تا ۶۰ درجه غربی (اطراف دریاچه آرال) بوده است. جهت وزش باد نیز در تمام روزهای این الگو بیانگر فرارفت دمای سرد از سه جهت جنوب غرب - شمال شرق (فرارفت دما از پرفشار واقع در شمال آفریقا یا جنوب اروپا)، شمال غرب - جنوب شرق (فرارفت دما از ناوه عمیق واقع در روی سیبری) و غربی-شرقی (فرارفت دما از پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه) بوده است.

دمای منطقه نیز به تدریج از چند روز قبل از وقوع سرمای شدید شروع به کاهش کرده است. مقدار دما در روزهای سوزیاد شدید در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۳۵- درجه و حداکثر ۲۰- درجه سلسیوس متغیر بوده است. این مقدار برای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۱۰- و حداکثر ۲ درجه سلسیوس بوده است. در نقشه سطح زمین منحنی هم فشار حداقل ۱۰۱۵ و حداکثر ۱۰۲۵ هکتوپاسکالی تقریباً تمامی منطقه را پوشش داده و در اکثر موارد

مرکز کم فشار واقع بر روی شمال شرق ایران و شرق خزر، ایستگاه آستارا و بعضاً اردبیل را تحت تأثیر خود قرار داده است. در این الگو خط همدمای صفر درجه‌ی سلسیوس تمامی منطقه‌ی را در روزهای دارای سوزباد پوشش داده و فقط در ۴ مورد از رخدادهای منحنی همدمای ۵- درجه‌ی سلسیوس ایستگاه‌های ارومیه و تبریز را در بر گرفته است. در تمامی روزهای رخداد سوزباد منحنی باد هم سرعت 10m/s منطقه را پوشش می‌دهد که نشانگر پایداری هوا در نتیجه فرارفت هوای سرد از عرض‌های بالا می‌باشد. فرارفت دما در سوزبادهای رخ داده تحت این الگو از ۳ منبع تأمین شده است. این ۳ منبع شامل پرفشار واقع در شمال آفریقا و جنوب اروپا، ناوه عمیق واقع در روی سیبری و پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه می‌باشند. تشکیل سلول کم فشاری در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال که گاهاً هسته مرکزی آن از شمال دریای سیاه تا اسکانندیناوی را پوشش می‌دهد باعث فرارفت دما از عرض‌های بالا و جنب قطبی، به سمت منطقه مورد مطالعه شده است که این فرارفت با گردش پاد ساعت‌گرد سبب نفوذ و فرارفت هوای بسیار سرد به منطقه و وقوع سوزبادهای شدید شده است. مطابق نقشه‌های جریان هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال فرارفت دما معمولاً از ۳ مسیر انجام شده است. مسیر اول با جهت شمال غرب - جنوب شرق (فرارفت دما از سیبری)، دومی با جهت جنوب غرب - شمال شرق (فرارفت دما از شمال آفریقا و جنوب اروپا) و سوم با جهت غربی - شرقی (فرارفت دما از پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه) می‌باشد.

الگوی بندالی (۸ ژانویه ۲۰۰۲)

در این الگو وجود سامانه بندالی در عرض‌های بالا باعث تغییر مسیر بادهای و جهت گیری نصف‌النهاری آنها می‌شود و ناوه عمیقی را ایجاد می‌کند. در زمانی که منطقه‌ای در قسمت پشت محور این ناوه قرار گیرد به دلیل فرارفت هوای سرد می‌توان انتظار سوزبادهای شدید را داشت.

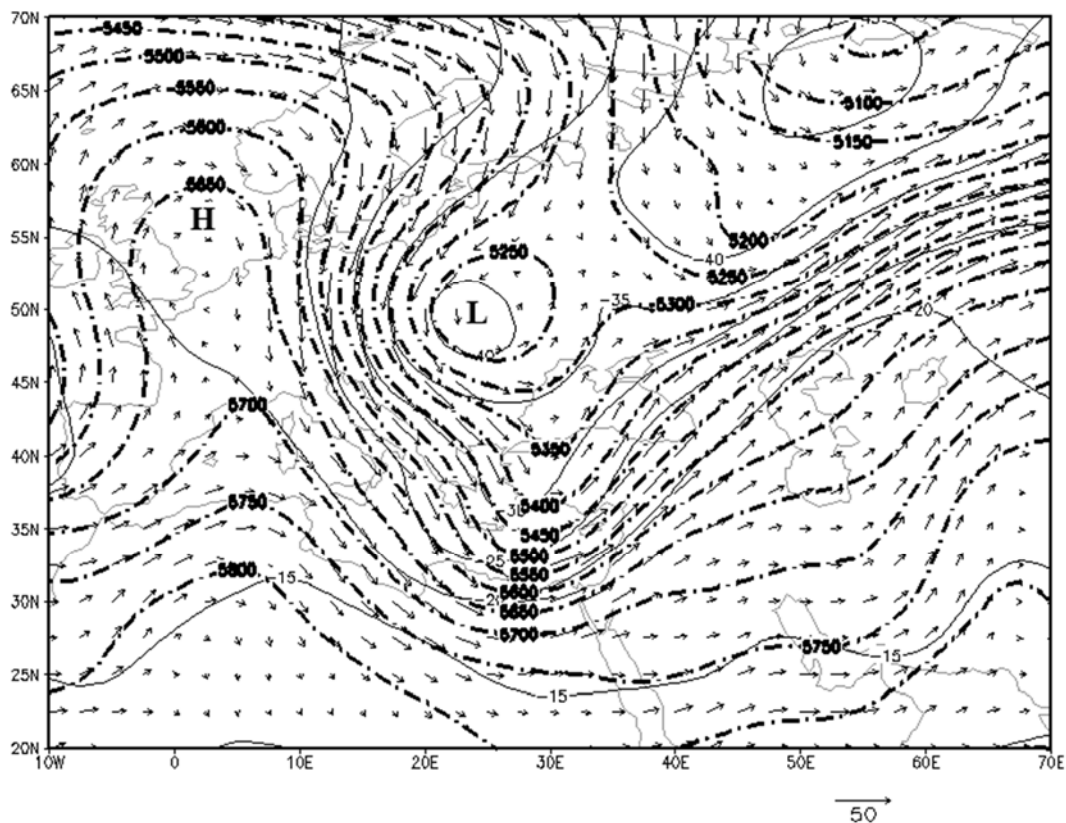
در روز ۸ ژانویه ۲۰۰۲ سامانه بندالی در شمال غرب دریای سیاه تشکیل شده است. این سامانه بندالی یک بریده‌ی کم فشار^{۱۸} با ارتفاع مرکزی ۵۲۵۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شمال دریای خزر می‌باشد. که باعث دو شاخه شدن بادهای غربی شده و بادهای غرب کم فشار از عرض ۷۰ درجه شمالی به عرض‌های پایین جریان یافته‌اند. در واقع سامانه بندالی باعث انحراف جریان‌های غربی تا عرض خیلی بالا شده است. این تغییر مسیر اجباری و حرکت رو به شمال تاوایی را افزایش داده است. به دلیل تاوایی منفی زیاد و همچنین وجود هوای سرد (با توجه به عمق نفوذ شمال سو)، بادهای غربی تا عرض‌های ۲۵ درجه شمالی نفوذ کرده و باعث قرار گیری ایران در جلو محور ناوه شده است و منطقه شمال غرب نیز در قسمت شرقی ناوه واقع گردیده است (شکل ۶). در ۶ ژانویه سامانه بندالی بین

طول‌های ۱۰ درجه غربی تا ۳۵ درجه شرقی تشکیل شده است. که همزمان با آن کم فشار بریده نیز در شمال سیبری (عرض ۵۵ تا ۷۰ درجه) در حال تشکیل است که مجموعه این عوامل باعث نفوذ ناوه تا عرض ۲۵ درجه شمالی و نهایتاً باعث قرارگیری ایران در شرق ناوه می‌شود. دمای هوا در هسته مرکزی کم فشار در دو روز قبل از سوزباد ثابت و ۳۰- درجه سلسیوس می‌باشد اما در روز وقوع سوزباد به ۴۰- کاهش می‌یابد در این روز سامانه بندالی کمی به عرض بالاتر تر منتقل شده و باعث نفوذ ناوه تا عرض ۲۵ درجه شمالی شده است. همچنین هسته کم فشار واقع در شمال سیبری نیز تقویت و به سمت جنوب کشیده شده است. حرکت شمال سوی بادهای غربی و گسترش رو به جنوب کم فشار شمال سیبری سبب تقویت این دو، در روز ۸ ژانویه گردیده که از طرفی باعث کاهش دمای هسته کم فشار و از طرف دیگر تقویت کل سامانه بندالی گردیده (شکل ۶) و علی رغم فرارفت هوا از عرض‌های ۳۰ درجه ولی به دلیل اینکه منشأ این هوا از عرض‌های ۸۰-۷۰ درجه شمالی است، سرما را به شمال غرب ایران ریخته است. در روز ۶ ژانویه خطوط همدمای ۱۰- و ۱۵- از جنوب و شمال منطقه مورد مطالعه عبور می‌کند که به تدریج با حرکت به سمت روزهای وقوع سوزباد دما کاهش می‌یابد به طوری که در روز ۸ فوریه تقریباً به ۱۵- تا ۲۰- می‌رسد (شکل ۶).

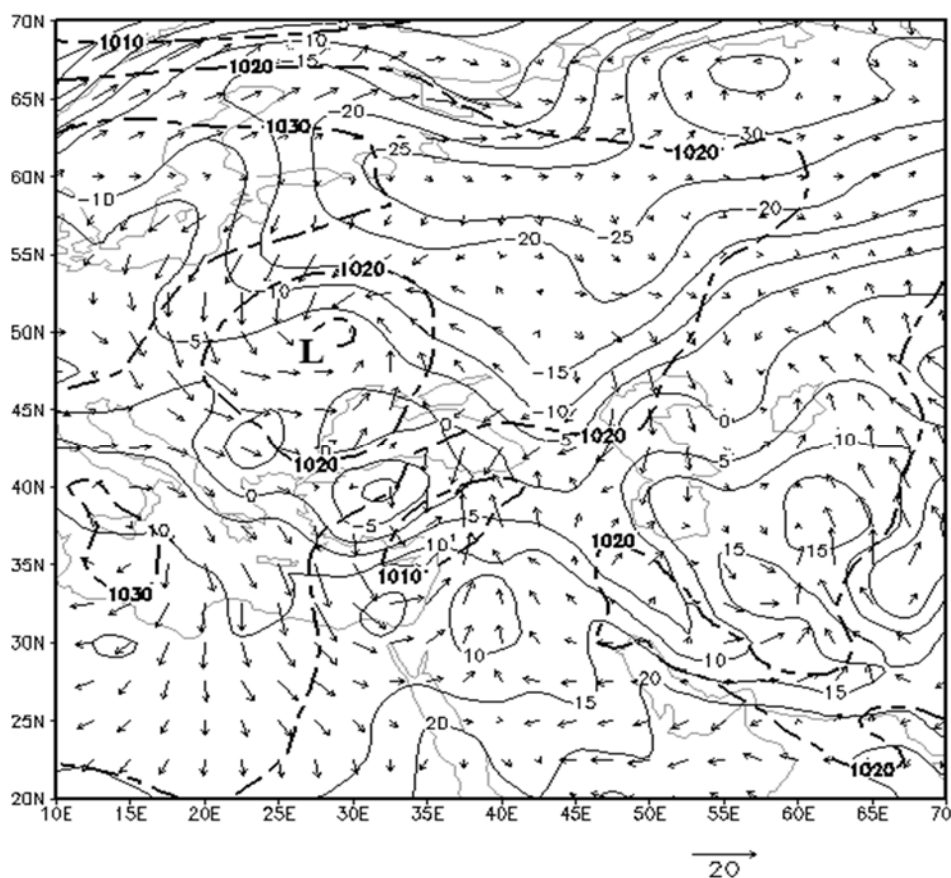
در روز ۶ ژانویه شاهد قرارگیری ناوه ای بر روی دریای مدیترانه می‌باشیم که باعث ایجاد وزش بادی با جهت جنوب غربی-شمال شرقی بر روی منطقه مورد مطالعه شده است و منحنی باد هم سرعت 10 m/s منطقه را پوشش می‌دهد. در این روز با توجه به فرارفت دما از عرض‌های خیلی پایین (کشیدگی ناوه تا عرض ۲۵ درجه) نمی‌توان انتظار وقوع سوزباد را داشت. اما در روزهای بعد با عقب نشینی ناوه به سمت عرض‌های بالاتر جهت وزش باد نیز مداری شده و در نتیجه باعث فرارفت دما به طور مستقیم از عرض‌های بالا بر روی منطقه مورد مطالعه و ایجاد سوزباد در روز ۸ ژانویه گشته است. منحنی‌های هم سرعت در روزهای قبل از وقوع و روز رخداد سوزباد تقریباً ثابت بوده که نشانگر و موید پایداری هوا در نتیجه فرارفت هوای سرد از عرض‌های بالا می‌باشد. در روز ۸ ژانویه ۲۰۰۲ منحنی هم فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی پرفشار سیبری که به صورت زبانه‌ای به سمت غرب گسترش یافته، تقریباً تمامی منطقه مورد مطالعه را تحت سیطره خود داشته و تقریباً تمامی منطقه‌ی مورد مطالعه به جز آستارا بین خط همدمای صفر و ۵ درجه‌ی سلسیوس قرار دارند (شکل ۷).

در واقع سامانه بندالی از موقعیت طول ۳۰ درجه شرقی تا ۴۰ درجه شرقی در روز ۶ ژانویه به موقعیت ۲۰ درجه شرقی تا ۳۰ درجه شرقی در ۸ ژانویه تغییر موقعیت داده است. این سامانه بادهای غربی عرض ۷۰ درجه شمالی را به عرض‌های پایین منتقل کرده و همچنین در روز ۸ ژانویه با تقویت بیشتر کم فشار و گسترش غربی‌تر آن تا طول

۲۰ درجه شرقی باعث قرارگیری کامل منطقه مورد مطالعه در قسمت جلو ناوه و فرارفت دمای سرد عرض‌های بالا به منطقه و وقوع سوزباد شده است (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه خطوط ژئوپتانسیل متر، جهت و سرعت باد و همدمای سطح ۵۰۰ HP (۸ ژانویه ۲۰۰۲)



شکل ۷: نقشه خطوط همفشار، جهت و سرعت باد و همدمای-سطح زمین (۸ ژانویه ۲۰۰۲)

بررسی نقشه‌های روزهای سوزباد شدید با الگوی بندالی نشان دهنده‌ی این است که وجود سامانه بندالی باعث انحراف شدید بادهای غربی و نفوذ آنها تا عرض‌های پایین شده است. در بین روزهای با سوزباد شدید میزان دامنه موج بین ۳۰ تا ۵۰ درجه متغیر بوده است که این سبب شده که دمای هوا نیز در سطح ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب از ۱۰ تا صفر و ۱۵ تا ۲۵- در طی روزهای با سوزباد شدید الگوی بندالی متغیر باشد. عمق ناوه بین حداقل ۳۰ تا ۶۰ و حداکثر ۲۵ تا ۷۵ متغیر بوده است. به همین صورت محور ناوه نیز با نزدیک شدن به روز سوزباد شدید، در غرب یا در شرق منطقه استقرار داشته است. در تمامی روزهای دارای سوزباد شدید در منطقه مورد مطالعه محور ناوه بین عرض ۲۰ درجه شرقی (غرب دریای سیاه) تا ۶۰ درجه شرقی (اطراف دریاچه آرال) بوده است. جهت وزش باد در این الگو نیز همانند الگوی ناوه عمیق در تمام روزها از سه جهت جنوب غرب-شمال شرق (فرارفت دما از پرفشار واقع در شمال آفریقا یا جنوب اروپا)، شمال غرب-جنوب شرق (فرارفت دما از ناوه عمیق واقع در روی سبیری) و غربی-شرقی (فرارفت دما از پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه) بوده است.

دمای منطقه نیز به تدریج از چند روز قبل از وقوع سرمای شدید شروع به کاهش کرده است. فرارفت دما در سوزبادهای رخ داده تحت این الگو از ۳ منبع تأمین شده است. پرفشار واقع در شمال آفریقا و جنوب اروپا، فرارفت دما از ناوه عمیق واقع در روی سیبری و فرارفت دما از پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه. در تمامی روزهای رخداد سوزباد منحنی باد هم سرعت 10 m/s منطقه را پوشش می‌دهد. مطابق نقشه‌های جریان هوای سطح 850 هکتوپاسکال معمولاً هوای سرد از سه مسیر به شمال غرب ایران رسیده‌اند. این مسیرها شامل: مسیر اول با جهت شمال غرب- جنوب شرق (سیبری)، دومی با جهت جنوب غرب- شمال شرق (شمال آفریقا و جنوب اروپا) و سوم با جهت غربی- شرقی (پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه) می‌باشند. در سطح زمین زبانه‌ای از پرفشار واقع بر روی سیبری در اکثر موارد تمامی ایستگاه‌های منطقه را فرا گرفته و همچنین خط هم‌دمای صفر درجه‌ی سلسیوس تقریباً تمامی منطقه‌ی مورد مطالعه را پوشش می‌دهد.

حالت کلی وقوع سرمای شدید در این الگو هنگامی است که این پدیده باعث ایجاد ناوه عمیقی شده که محور آن بر روی شمال غرب یا غرب ایران استقرار داشته است. که این عامل با فرارفت هوای بسیار سرد از عرض‌های بالا همراه بوده و باعث ایجاد سوزباد گردیده است.

مقایسه‌ی دو الگو

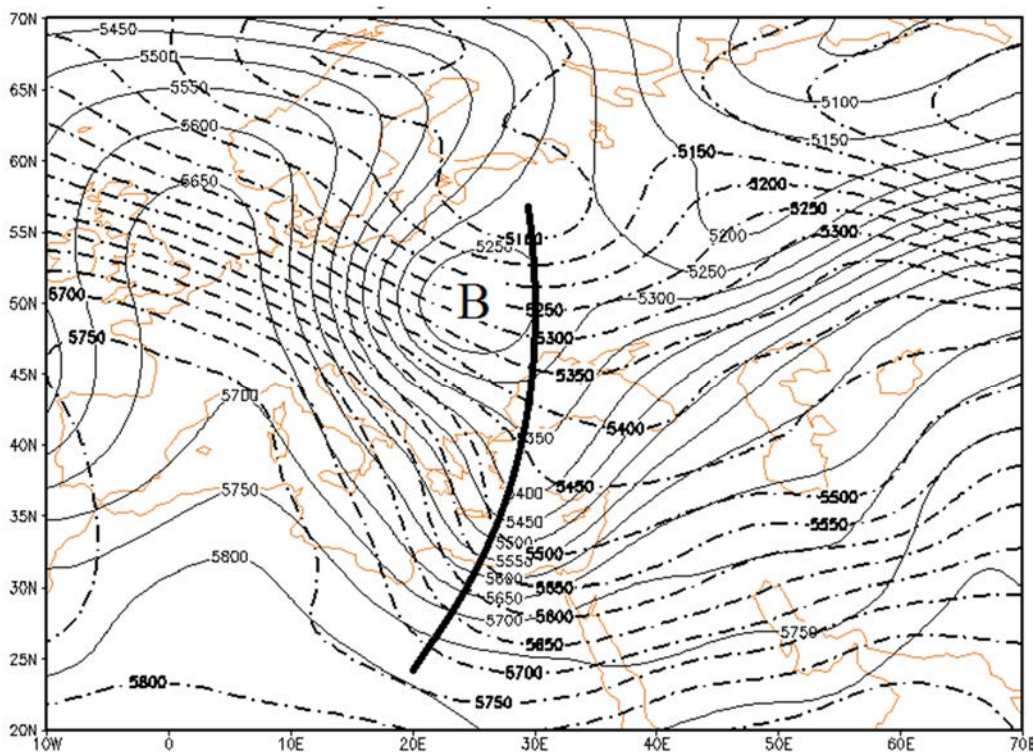
حداقل و حداکثر شاخص سوزباد رخ داده تحت الگوی ناوه‌ی عمیق در طی دوره‌ی آماری از الگوی بندالی بیشتر بوده است. حداکثر شاخص سوزباد رخ داده با الگوی ناوه عمیق 1830 بوده در حالی که الگوی بندالی 1712 بوده است. میانگین شاخص سوزباد تمام 53 روز نیز تایید کننده‌ی این مطلب است که الگوی ناوه‌ی عمیق سوزبادهای شدیدتری را نسبت به الگوی بندالی ایجاد می‌کند (1175 در برابر 1101) (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه‌ی حداکثر، حداقل و میانگین شدت شاخص سوزباد در 53 سوزباد فراگیر رخ داده طی دوره‌ی آماری

الگوی بندالی	الگوی ناوه‌ی عمیق	
۴۹۰	۵۲۰	حداقل شاخص سوزباد رخ داده در 53 سوزباد فراگیر طی دوره‌ی آماری
۱۷۱۲	۱۸۳۰	حداکثر شاخص سوزباد رخ داده در 53 سوزباد فراگیر طی دوره‌ی آماری
۱۱۰۱	۱۱۷۵	میانگین

در نقشه‌های جو بالا طی سوزبادهای رخ داده در هر دو الگو منطقه در غرب یا شرق محور ناوه قرار می‌گیرد که این ناوه دارای عمق زیادی است و باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به شمال غرب ایران شده است. در الگوی

ناوه عمیق وجود مراکز فشار قوی باعث حرکت هوا تا عرض‌های بالا شده که در نتیجه‌ی آن تاوایی منفی زیاد ایجاد شده که نتیجه آن انتقال هوای سرد عرض‌های بالا تا عرض‌های پایین شده و سرما را به شمال غرب ایران ریخته است. همین حالت نیز در الگوی بندالی وجود دارد اما تفاوت آن با الگوی ناه عمیق در این است که حرکت رو به شمال و سپس رو به جنوب هوای سرد در نتیجه وجود سامانه بندالی است که هوا را مجبور به حرکت نصف‌النهاری کرده است و در نهایت باعث انتقال هوای سرد تا عرض‌های پایین شده است (شکل ۸).



شکل ۸: مقایسه‌ی خطوط هم ارتفاع تراز ۵۰۰ HP الگوی ۶ فوریه ۱۹۸۵ (منحنی‌های منقطع-الگوی ناه عمیق) و ۸ ژانویه ۲۰۰۲ (منحنی‌های پیوسته-الگوی بندالی). حرف B مرکز سامانه بندالی و خط ممتد پیوسته، محور ناه را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

بررسی فراوانی وقوع سوزبادهای نشان دهنده این است که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر اردبیل دارای بیشترین فراوانی است و زنجان در رتبه بعد قرار دارد و آستارا نیز با مجموع ۱۹ مورد سوزباد مشاهده شده در جایگاه آخر قرار می‌گیرد. از لحاظ شدت سوزباد نیز ایستگاه اردبیل دارای شدیدترین رخدادهای سوزباد بوده و ایستگاه آستارا به جز دسامبر در بقیه ماه‌ها کمترین شدت سوزباد را دارد.

مطالعه همدیدی سوزباد در شمال غرب کشور نشان می‌دهد که در طی وقوع سوزبادهای در منطقه مورد مطالعه، دو الگوی همدیدی حاکم بوده است که عبارتند از: الگوی ناوه عمیق و الگوی بندالی. الگوی ناوه عمیق مهم‌ترین الگو از لحاظ تعداد روزها و شدت سوزباد می‌باشد. حداقل و حداکثر شاخص سوزباد رخ داده تحت الگوی ناوه عمیق در طی دوره‌ی آماری از الگوی بندالی بیشتر بوده است. حداکثر شاخص سوزباد رخ داده با الگوی ناوه عمیق ۱۸۳۰ بوده در حالی که الگوی بندالی ۱۷۱۲ بوده است. الگوی ناوه عمیق با ۳۲ مورد از مجموع ۵۳ مورد رخداد سوزباد در مقابل ۲۱ مورد سوزباد رخ داده با الگوی بندالی، در رخداد سوزباد موثر تر بوده است.

در سوزبادهای رخ داده تحت هر دو الگو، عمق ناوه بین حداقل ۳۰ تا ۶۰ و حداکثر ۲۵ تا ۷۵ متغیر بوده است. در هر دو الگو محور ناوه با نزدیک شدن به روز سوزباد شدید، بر روی منطقه مورد مطالعه یا در غرب آن استقرار داشته است. در تمامی سوزبادهای رخ داده تحت هر دو الگو محور ناوه بین عرض ۲۰ درجه شرقی (غرب دریای سیاه) تا ۶۰ درجه شرقی (اطراف دریاچه آرال) استقرار داشته و منحنی باد هم سرعت 10 m/s منطقه را پوشش داده است که نشانگر پایداری هوا در نتیجه فرارفت هوای سرد از عرض‌های بالا می‌باشد. در نقشه‌ی سطح زمین در الگوی ناوه عمیق تقریباً در اکثر موارد مرکز کم فشار واقع بر روی شمال شرق ایران و شرق خزر، ایستگاه آستارا و بعضاً اردبیل را تحت تأثیر خود قرار داده است. خط هم‌دمای صفر درجه‌ی سلسیوس تقریباً تمامی منطقه‌ی مورد مطالعه را پوشش داده و فقط در ۴ مورد از رخدادها منحنی هم‌دمای ۵- درجه‌ی سلسیوس ایستگاه‌های ارومیه و تبریز را در بر گرفته است. در الگوی بندالی منحنی هم فشار حداقل ۱۰۱۵ حداکثر ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی پرفشار سیبری که به صورت زبانه‌ای به سمت غرب گسترش یافته، تقریباً تمامی منطقه مورد مطالعه را تحت سیطره خود داشته و خط هم‌دمای صفر درجه‌ی سلسیوس تقریباً تمامی منطقه‌ی مورد مطالعه به جز آستارا (فقط ۵ مورد) را پوشش می‌دهد. همچنین جهت وزش باد نیز از سه جهت جنوب غرب - شمال شرق (شمال آفریقا یا جنوب اروپا) و شمال غرب - جنوب شرق (سیبری) و غربی-شرقی (جنوب دریای سیاه) بوده است. بنابراین فرارفت دما در سوزبادهای رخ داده تحت دو الگو از ۳ منبع تأمین شده است: پرفشار واقع در شمال آفریقا و جنوب اروپا، فرارفت دما از ناوه عمیق واقع در روی سیبری و فرارفت دما از پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه. دما در روزهای سوزباد شدید الگوی بندالی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۲۵- درجه و حداکثر ۱۵- درجه سلسیوس و در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۱۰- و حداکثر صفر درجه سلسیوس متغیر بوده است. ولی در سوزبادهای رخ داده تحت الگوی ناوه عمیق دمای هوا در سطح ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب از ۲ تا ۱۰- و ۲۰- تا ۳۵- درجه سلسیوس متغیر بوده است.

منابع

- ۱- براتی، غ؛ (۱۳۷۵)، «طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیک یخبندان‌های بهاره ایران»، رساله دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، صص ۱۹۰.
- ۲- حیدری، ح، سعید آبادی، ر، (۱۳۸۶)، «ناحیه بندی سوزباد در شمال غرب و غرب ایران»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، ۱۰۷-۹۳.
- ۳- درگاهیان، ف و میرزایی، ح، (۱۳۸۵)، «شاخص سوز باد به عنوان یک شاخص اقلیمی موثر بر راحتی انسان»، مجله تخصصی سازمان هواشناسی (نیوار)، صص ۱۹ - ۳۰.
- ۴- رسولی، ع، عزیززاده، م ر، (۱۳۸۵)، «مدل‌سازی مکانی پدیده سرمایش بادی در شمال غرب کشور»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۰، صص ۵۰ - ۳۰.
- ۵- سالنامه هواشناسی، ۲۰۰۰ تا ۱۹۵۱ انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- ۶- عزیزی، ق و حبیبی نوخندان، م، (۱۳۸۴)، «مطالعه توزیع مکانی و زمانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیک GIS»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۶۳-۵۱.
- ۷- عزیزی، ق، (۱۳۷۸)، «بلوکنگ»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۶، صص ۵۰-۳۷.
- ۸- عزیزی، ق، (۱۳۸۳)، «ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران»، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۸، شماره ۱، صص ۹۹-۱۱۳.
- ۹- علیجانی، ب، (۱۳۸۷)، «شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۶-۱.
- ۱۰- فتاحی، ا و صالحی پاک، ت، (۱۳۸۸)، «تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران»، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۱۳۶-۱۲۷.
- ۱۱- قاسمی، ا و اسلامیان، س، (۱۳۸۶)، «تأثیر سرمایی باد بر میزان راحتی انسان در مناطق مختلف ایران»، مجله دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، شماره ۳، صص ۱۳-۲۶.
- ۱۲- قویدل رحیمی، ی، (۱۳۸۷)، «تحلیل هم‌دید دماهای فرین دوره سرد سال در شمال غرب ایران»، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان.
- ۱۳- قویدل رحیمی، ی، خوشحال دستجردی، جواد، (۱۳۸۹)، «جستاری پیرامون سختی اقلیم زمستانی تبریز و ارتباط آن با نوسانات شمالگان»، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، شماره ۱، ۱۹۶-۱۷۹.

- ۱۴- مجرد قره باغ، ف، (۱۳۷۶)، «تحلیل و پیش بینی یخبندان در آذربایجان»، رساله دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، صص ۱۸۷.
- ۱۵- محمدی، ح و سعیدی، ع، (۱۳۸۷)، «شاخص‌های زیست اقلیمی موثر بر ارزیابی آسایش انسان، مطالعه موردی: شهر قم»، *مجله محیط‌شناسی*، شماره ۴۷، صص ۷۳-۸۶.
- ۱۶- محمدی، ح، (۱۳۸۷)، «مخاطرات جوی»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۲۱۷.
- ۱۷- هژبر، ق، علیجانی، ب، (۱۳۸۶)، «تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل»، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، ۸۹-۱۰۶.
- 18- Ahrens, C. D, (2002), "*Meteorology Today, an Introduction to Weather, Climate and the Environment*", 7th Edition, West Publishing Company, New York, pp. 544.
- 19- Avraham Shitzer, (2006), "A parametric study of wind chill equivalent temperatures by a dimensionless steady-state analysis", *Int J Biometeorol*, No 50, pp. 215-223.
- 20- Chen-Ching Ting, Jing-Nang Lee, Chun-Hong Shen, (2008), "Development of a wind forced chiller and its efficiency analysis", *Applied Energy*, No 85, pp. 1190-1197.
- 21- Desiree Gavhed, Tero Makinen, Ingvar Holmer, Hannu Rintamaki, (2000), Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10 °C", *Eur J Appl Physiol*, No 83, pp. 449 - 456.
- 22- Desiree Gavhed, Tero Mkinen · Ingvar Holmr · Hannu Rintamki, (2003), "Face cooling by cold wind in walking subjects", *Int J Biometeorol*, No 47, pp. 148-155.
- 23- Dragan Brajkovic, Michel B. Ducharme, (2006), "Facial cold-induced vasodilation and skin temperature during exposure to cold wind", *Eur J Appl Physiol*, No 96, pp. 711-721.
- 24- Final Reported for Environment Canada, (1999), "Evaluation of the Perception of Wind Chill and the Receptiveness to Change", *Environics Research Group*, pp. 23.
- 25- H. Toros, A. Deniz, L. S_aylan, O. Sen, and M. Balog̃lu, (2005), "Spatial variability of chilling temperature in Turkey and its effect on human comfort", *Meteorol Atmos Phys* No 88, pp. 107-118.
- 26- M.J.Prior, and E. J. Keeble, (1990/1991), "Directional wind-chill data for planning sheltered microclimates around building", *Energy and building*, no 15 - 16, pp. 887. 893.
- 27- Osczevski, R.J, (2000), "windward cools: an overlooked factor in the calculation of wind chill", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, pp. 2975-2978.
- 28- Peter Tikuisisa, Michel B. Ducharme, Dragan Brajkovic, (2007), "Prediction of facial cooling while walking in cold wind", *Computers in Biology and Medicine* 37, pp. 1225 - 1231.

- 29- The World Health Report, (2002), "Reducing Risks, Promoting Healthy Life", *World Health Organization*, pp. 230.
- 30- Vojtesak, M. (2000), "Unifying the wind chills advisory and warning thresholds for the NWSO Goodland Public Service Area", National Weather Service Office Goodland, Kansas Web Site: <http://www.crh.noaa.gov/techpapers/arp19/19-07.html>.
- 31- Willemsen, D, (2004), "Wind chill and sailing: Wind chill forecast", <http://www.sailingissues.com/windchill.html>.

Archive of SID