

جوان ترین فعالیت آذر آواری در آتشفشان دماوند، نمونه‌ای از یک فوران ساب‌پلینی با ارتفاع ستون فوران در استراتوسفر

سید محسن مرتضوی^{۱*}

^۱استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۱۰

چکیده

آتشفشان لایه‌ای (استراتوولکان) دماوند در طول فعالیتش به‌طور متناوب فوران‌های انفجاری پر قدرت داشته است و مواد حاصل از آن به‌گونه‌هایی متفاوت نهشته شده‌اند. بیشترین نهشته‌های آذر آواری ریزشی و جریانی دماوند عموماً در خاور دماوند دیده می‌شوند و گاه تا فاصله ۲۰ کیلومتری از قله در معرض نمایش هستند. مهم‌ترین دلیل گسترش بیشتر مواد آذر آواری در خاور دماوند این است که به هنگام فوران انفجاری این آتشفشان محور پراکنش تفرا به سوی خاور بوده است. به جز نهشته‌هایی که به فراوانی در دامنه‌های خاوری یافت می‌شوند، نهشته‌های ریزشی پامیس جوان دیگری در بخش‌های باختری دماوند یافت شد که شامل نهشته‌های نازک لایه پامیس‌های ریزشی تحکیم نیافته دور از منشأ (Distals) با جورشدگی خوب و نهشته‌های ستر جوش خورده نزدیک منشأ (Proximals) همراه با فیامه‌هاست که در محلی به نام کرم پشته و در بخش پایین مخروط شیب‌دار دماوند و در دیواره دره راوین رخنمون و با رنگ صورتی تا نارنجی کم رنگ نمود دارند. برای بررسی علت پراکنندگی تفرا جوان در بخش باختری، داده‌های باد در سطوح استاندارد میان سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ مطالعه و تجزیه و تحلیل شد. سوی جریان باد در بالای آتشفشان دماوند در تروپوسفر و استراتوسفر و در فصول سرد سال همواره باختری است بنابراین محور پراکنش تفرا همیشه به سوی خاور خواهد بود که خود توجیه کننده حجم عظیمی از نهشته‌های ریزشی دماوند در بخش‌های خاوری این آتشفشان است. بررسی داده‌های باد در استراتوسفر، روندی متفاوت نسبت به تروپوسفر نشان می‌دهد. جهت و سرعت باد در استراتوسفر نسبت به تروپوسفر در فصول مختلف سال متفاوت است. در ماه‌های گرم سال سوی وزش باد در ارتفاع میان ۱۴ تا ۱۹ هزار متری با یک تغییر کاملاً مشخص از سوی باختری به خاوری تغییر می‌کند. تغییر جهت و سرعت باد در استراتوسفر و در فصول گرم سال وجود نهشته‌های آذر آواری ریزشی در باختر دماوند و در دره کرم پشته را توجیه می‌کند. بنابراین گسترش تفرا در یک فوران انفجاری آتی در دماوند وابسته به ارتفاع ستون برآمده از فوران و زمان رخداد آن (فصل گرم یا سرد سال) خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: آتشفشان دماوند، نهشته‌های آذر آواری، سطوح استاندارد جو.

*نویسنده مسئول: سید محسن مرتضوی

E-mail: hsm_mortazavi@yahoo.co.uk

۱- پیش‌گفتار

خواهند بود. این مطالعات همچنین نشان‌دهنده فوران‌های بزرگ و شدید در تاریخ فعالیت‌های این آتشفشان است که جریان‌های گدازه و نهشته‌های آذر آواری ریزشی و جریانی حاصل از آنها در پهنه‌ای گسترده بر جای مانده است. نزدیکی این آتشفشان به تهران - یکی از پایتخت‌های پر جمعیت جهان - لزوم مطالعات جدی در این زمینه را دو چندان می‌کند. این مطالعه افزون بر توصیف جوان‌ترین نهشته‌های آذر آواری در آتشفشان دماوند برآمده از آخرین فعالیت انفجاری آن سعی دارد چگونگی گسترش آنها را با توجه به جریان‌های باد در سطوح مختلف بالای آتشفشان دماوند بررسی کند. این مطالعه می‌تواند مقدمه‌ای بر دیگر مطالعات در زمینه خطرات آتشفشانی در دماوند باشد.

۲- مطالعات پیشین

مطالعات بسیاری در قالب پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد، گزارش‌های داخلی و مقالات منتشر شده در مورد آتشفشان دماوند وجود دارد که برای رعایت اختصار تنها به چند مطالعه که در این پژوهش از آنها سود برده شده است بسنده می‌شود. Allenbach (1963) در قالب رساله دکتری خود، زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی دماوند را مطالعه کرد. او ترکیب مواد برون‌ریخته آتشفشان را تحول یافته از بازالت به تراکیت می‌داند و بازالت‌ها را کهن‌ترین گدازه‌های منطقه معرفی می‌کند. درویش‌زاده و مرادی (۱۳۷۵) نیز با توجه به نهشته‌های آذر آواری دماوند شدت فوران را ساب‌پلینی تعیین کردند. مطالعات دیگری توسط امامی (۱۳۷۰) انجام شد. در این مطالعه سنگ‌زایی و چگونگی فعالیت دماوند مطالعه و علت گوناگونی سنگ‌شناسی دماوند، پدیده تفریق ماگمای بازالتی آلکالن سدیک عنوان شد. (Davidson & Hassanzadeh, 2004)، زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، سنگ‌زایی

دماوند یا بام ایران یک آتشفشان لایه‌ای خفته (و نه خاموش) در بخش میانی رشته کوه‌های البرز در شمال ایران است. مواد برآمده از آتشفشان دماوند که بلندترین ارتفاع (۵۶۷۰ متر) در خاورمیانه و در باختر آسیاست مساحتی حدود ۴۰۰ کیلومتر مربع را پوشانده و گدازه‌های آن تا شعاع ۱۵ کیلومتری روانه شده‌اند. آتشفشان بزرگ دماوند، توسط کوه‌های بلندی با روند خاوری-باختری و با متوسط بلندی ۳۰۰۰ متر در بر گرفته شده است. توپوگرافی منطقه از شکل مخروطی دماوند تأثیر می‌پذیرد و از پیرامون به سمت مرکز آتشفشان به بلندی نقاط افزوده می‌شود. پست‌ترین نقطه منطقه، با ۱۴۸۰ متر بلندی از سطح دریا، در بخش جنوب خاوری منطقه قرار دارد (شکل ۱).

آتشفشان دماوند در استان مازندران با جمعیت بیش از ۲ میلیون نفر قرار گرفته است و حدود ۵۰۰۰۰ نفر در دامنه‌های این آتشفشان در شهرهای کوچک و روستاها ساکن هستند. استانی که از دید پراکنندگی جمعیت از پرتراکم‌ترین استان‌های کشور است و از دید اقتصادی نقشی پر اهمیت در کشور دارد. استان‌های تهران، گلستان و سمنان نیز در همسایگی آتشفشان دماوند قرار دارند.

مطالعاتی که تاکنون توسط پژوهشگران روی آتشفشان دماوند انجام شده است عموماً محدود به زمین‌شناسی عمومی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و زمین‌ساخت منطقه بوده است و در زمینه خطرات ناشی از فعالیت انفجاری نتایج قابل استناد کمی در دست است. با وجود مطالعاتی بسیاری که تاکنون انجام شده، هنوز شناخت ما از آتشفشان دماوند محدود است آنچنانکه هیچ نقشه‌ای اطلاعات جزئی و دقیقی از زمین‌شناسی دماوند ندارد.

مطالعات انجام شده (Mortazavi et al., 2009) نشان می‌دهد که ۳ استان هم‌جوار با آتشفشان دماوند تحت تأثیر خطرات برآمده از فعالیت‌های آتی این آتشفشان

نسبت به منشأ سقوط کرده و توپوگرافی منطقه را تقریباً به یک نسبت پوشانده‌اند. این نهشته‌ها به فراوانی در بخش‌های شمالی و خاوری و با گسترش کمتری در بخش‌های باختری نیز دیده می‌شوند.

بخش دیگری از نهشته‌ها که نهشته‌های آذرآواری جریان یافته‌اند، در نتیجه فروریزش ستون فورانی و به هنگام انفجار آتشفشان در جو شکل می‌گیرند. این نهشته‌ها به شکل جریان سطحی از مواد گازی و جامد، مرکب از قطعات پامیسی با اندازه‌های متفاوت، خاکستر و به مقدار جزئی قطعات سنگی در پیرامون آتشفشان جریان یافته و مواد خود را بر جای گذاشته‌اند (Sparks & Wright, 1979). از آنجا که این جریان‌ها به صورت خطی حرکت کرده و از شیب توپوگرافی پیروی می‌کنند، در دره‌ها و نقاط پست نهشته شده‌اند و جورشدگی بدی دارند. نهشته‌های جریان در بخش‌های خاوری و جنوبی به‌ویژه در دره گزنه به فراوانی یافت می‌شوند ولی در بخش باختری و در منطقه کرم‌پشته، به مقدار کم دیده شد.

نهشته‌های جریان دیگری که به نظر می‌رسد آشفته بوده‌اند و به هنگام حرکت نه تنها در دره‌ها بلکه با بالا رفتن از شیب‌ها مواد آذرآواری را تا مسافت‌های چند کیلومتری از دهانه آتشفشان برجای گذاشته‌اند، نهشته‌های سرچ نام دارند (Sparks et al., 1973) که در بخش خاوری دیده شده و احتمالاً نهشته‌های آذرآواری سرچ هستند.

به‌جز نهشته‌هایی که در دامنه‌های شمالی و خاوری به فراوانی یافت می‌شوند، نهشته‌های ریزشی پامیس جوان در بخش‌های باختری دماوند یافت شد (شکل‌های ۳- الف و ب). این نهشته‌ها را می‌توان از نهشته‌های آذرآواری جوان دماوند به‌شمار آورد ولی بی‌گمان از آخرین فعالیت آتشفشانی لایه‌ای دماوند که از نوع گدازه‌های بوده، کهن‌تر است؛ چرا که این نهشته‌ها روی جوان‌ترین گدازه‌های دماوند در بخش‌های شمالی و باختری که سطحی خشن و ناصاف دارند و محل مناسبی برای نمایش آذرآواری‌های ریزشی و جریان به‌شمار می‌آیند، دیده نمی‌شوند. در این پژوهش سعی می‌شود تا به این سؤال پاسخ داده شود که "اگر چه بیشترین مقدار نهشته‌های آذرآواری در بخش‌های شمالی و خاوری نهشته شده‌اند، به کدام دلیل و با چه سازوکاری این نهشته‌های آذرآواری ریزشی جوان کرم‌پشته در دامنه‌های باختری پراکنده شده‌اند".

نهشته‌های آذرآواری ریزشی در دامنه‌های باختری آتشفشان دماوند را می‌توان به دو گروه نهشته‌های پامیس‌های ریزشی نازک لایه تحکیم‌نیافته دور از منشأ (Distals) با جورشدگی خوب (شکل‌های ۳- الف و ب) و نهشته‌های ستر جوش‌خورده نزدیک منشأ (Proximals) تقسیم کرد (Sparks, 1973) (شکل ۴). نهشته‌های پامیسی ریزشی دور از منشأ که در فاصله ۱۵ کیلومتری از قله مطالعه شدند جورشدگی خوب دارند و منطقه‌ای با گدازه‌های به‌نسبت جوان را پوشانده‌اند. هر چند می‌توان کمی دانه‌بندی عادی را در نواحی بالا ملاحظه کرد، اما این نهشته‌ها، بیشتر دانه‌تدریجی نیستند و کمتر از ۵ درصد خرده‌سنگ دارند. قطعات سنگی درون این نهشته‌ها، گدازه‌های تراکی‌آندزیتی تازه و چگال، گدازه‌های تراکی‌آندزیتی هوازه و گدازه‌های سرخ‌رنگ شامل اکسیدهای آهن هوازه است. خرده‌های پامیس کم‌چگال ($500 \leq p \leq 1000 \text{ kg/m}^3$) به رنگ سفید هستند و قطعات خرده‌سنگی با رنگ خاکستری کم‌رنگ و متخلخل دیده می‌شوند. در میان لایه‌های پامیسی ریزشی و در ۱۰ کیلومتری باختر قله، می‌توان بهمین‌های آواری از پامیس را دید. در این صورت، وضعیت پیچیده به نظر می‌رسد؛ چرا که ریزش بهمین‌مانند دیواره‌های پرشیب کناری، عدسی‌هایی با دانه‌بندی وارون به‌وجود آورده است.

رخساره جوش‌خورده Proximals، در نزدیکی محلی که عملیات اکتشافی برای پی‌جویی پامیس انجام شده است و کرم‌پشته نام دارد، در بخش پایین مخروط شیب‌دار دماوند و در دیواره دره راوین رخنمون دارد (شکل‌های ۵- الف و ب). این نهشته‌ها در فاصله ۶ کیلومتری باختر- جنوب باختر قله قرار گرفته‌اند و لایه‌بندی

و ژئوشیمی دماوند را مطالعه و افزون بر توضیح واحدهای مختلف سنگی برخی از نمونه‌ها را تعیین سن کردند. (Mortazavi et al., 2009) با مطالعه ۳ واحد از جوان‌ترین واحدهای آذرآواری دماوند فوران آن را از نوع ساب‌پلینی دانستند. آنها همچنین میزان خطر یک فوران ساب‌پلینی را در مناطق همجوار دماوند نشان دادند. مرتضوی (۱۳۸۸) در قالب یک طرح پژوهشی، سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری جوان را در آتشفشان دماوند مطالعه کرد.

۳- روش مطالعه

مطالعه با بررسی روی زمین و مطالعه استراتیگرافی نهشته‌های آذرآواری جریان و ریزشی در آتشفشان دماوند شروع و پراکنده‌گی نهشته‌های آذرآواری جوان دماوند تعیین شد. نهشته‌های پیش‌گفته که برآمده از یک فوران انفجاری شدید است به دقت توصیف و دلیل پراکنده‌گی تفرای برآمده از این فعالیت در بخش‌های باختری با توجه به جریان‌های باد در تروپوسفر و استراتوسفر توضیح داده شد.

۴- زمین‌شناسی عمومی دماوند

آتشفشان دماوند در نتیجه یک فعالیت آتشفشانی در کواترنر و در البرز مرکزی به‌وجود آمد. دماوند، مخروط نامتقارنی است که گدازه‌ها در بخش جنوب باختر آن و نهشته‌های آذرآواری در بخش‌های شمالی و خاوری گسترش بیشتری دارند (شکل ۲) و همگی روی مجموعه‌ای از سازندها و واحدهای کهن‌تر، که در حدود ۳۵۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارند و چین‌خورده و گسلیده هستند، روان شده‌اند. مطالعات پیشین نشان داده است که سن فعالیت‌های دماوند دست‌کم به یک میلیون سال پیش برمی‌گردد. این فعالیت‌ها شامل دو توالی مجزا، یک بخش کهن‌تر (دماوند کهن) و یک بخش جوان‌تر (دماوند جوان) است (Allenbach, 1963). اگرچه فعالیت اصلی این آتشفشان از دهانه مرکزی آن صورت گرفته ولی فعالیت این آتشفشان محدود به دهانه مرکزی نیست و مواد بیرون‌آمده از دهانه‌های کناری در بلندی‌های بالای مخروط و در سوی جنوب باختر و شمال خاور نیز فوران کرده و در ایجاد و شکل مخروط نقش داشته‌اند. اگرچه گدازه‌های دماوند از بازالت تا تراکیت متغیر است ولی بیشتر ترکیب و سنگ‌شناسی همگنی دارند و عموماً شامل تراکیت تا تراکی‌آندزیت‌های پورفیری است. ژئوشیمی عناصر کمیاب و ویژگی آتشفشان‌های میان‌قاره‌ای را بیشتر از ویژگی‌های سنگ‌های وابسته به پهنه‌های فرورانش نشان داده‌اند (Davidson & Hassanzadeh, 2004).

گسترش مواد آذرآواری ریزشی و جریان بیشتر در بخش‌های خاوری و جنوب خاوری است ولی نهشته‌های برآمده از یکی از جوان‌ترین فعالیت انفجاری بخش باختری را پوشانده است. اگرچه از دید زمین‌ساختی آتشفشان‌ها در مناطق تحت تأثیر گسل‌های فشاری راندگی کمتر دیده شده است و معمول نیست، ولی آتشفشان دماوند در یک پهنه جوان بسیار فعال فشارشی با گسل‌های امتداد لغز قرار دارد. گسل‌های رورانه ژرف مرز این رشته‌کوه‌ها با گسل‌های امتداد لغز بزرگ به سوی مرکز و جنوب است.

۵- نهشته‌های آذرآواری

دماوند یک آتشفشان لایه‌ای است که در طول فعالیتش به‌طور متناوب فوران انفجاری پر قدرت داشته است و مواد برآمده از آن به گونه‌های متفاوتی نهشته شده‌اند. بیشترین نهشته‌های آذرآواری دماوند به دامنه شمالی و خاوری محدود می‌شوند و گاه تا فاصله ۲۰ کیلومتری از قله در معرض نمایش هستند. مهم‌ترین دلیل گسترش مواد آذرآواری در خاور دماوند این است که به هنگام فوران انفجاری محور پراکنش تفرای به‌سوی خاور بوده است.

بخشی از نهشته‌های آذرآواری به‌صورت نهشته‌های ریزشی در فواصل مختلفی

این لایه حدود ۲۳ کیلومتر است و در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری سطح زمین به لایه اوزون می‌رسد. سوی جریان هوا یا باد که نقش اصلی را در پراکنش تفرا دارد در مناطق نزدیک به زمین از متغیرهای بسیاری مانند اختلاف درجه حرارت روز و شب، طبیعت زمین و توانایی آن در گرفتن و از دست دادن گرما و توپوگرافی سطح زمین پیروی می‌کند. بنابراین در سطوح نزدیک به سطح زمین باد با سرعت‌ها و جهت‌های متفاوت در طول شبانه‌روز در کنار جهت‌های اصلی و چیره باد، می‌وزد. در حالیکه سوی جریان هوا یا باد در تروپوسفر و استراتوسفر عموماً ثابت است.

با توجه به این دانسته‌ها، برای بررسی علت و سوی پراکنندگی تفرا در بخش باختری آتشفشان دماوند، داده‌های باد در سطوح استاندارد (میان ۶۰۰۰ تا ۳۰/۰۰۰ متری از سطح دریا) و در زمان‌های متفاوت در مدت ۱۵ سال، میان سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ مطالعه شد. نزدیکی آتشفشان دماوند به ایستگاه هواشناسی تهران در فرودگاه مهرآباد که روزانه به فاصله‌های ۶ ساعت با فرستادن بالن به هوا داده‌های مهمی از دما و رطوبت هوا و سرعت و سوی باد را به ایستگاه زمینی می‌فرستد موجب شد تا بیش از ۴۰ هزار داده از جریان هوا در سطوح استاندارد در دسترس قرار گیرد. از میان انبوه اطلاعات، داده‌های مربوط به سوی باد در ارتفاع مختلف میان سال‌های یادشده انتخاب و تجزیه و تحلیل شد (جدول‌های ۱ و ۲).

همان‌گونه که در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده، سوی جریان و سرعت باد در سطوح مختلف جو متفاوت بوده و این تفاوت به نوعی با فصول مختلف سال در ارتباط است (Mortazavi et al., 2009). سوی جریان باد در بالای آتشفشان دماوند در تروپوسفر و استراتوسفر در ماه‌های سرد سال مانند دی و بهمن، همواره باختری (از باختر به خاور) است (شکل‌های ۷-الف، ب، ج و د). از سوی دیگر، سرعت باد در تروپوسفر بیشتر از استراتوسفر است و در ارتفاع ۱۰ تا ۱۲ هزارمتری به بیشینه خود (۱۲۰ نات) می‌رسد. باختری بودن سوی باد و سرعت بیشتر آن در تروپوسفر دلیلی بر این است که نهشته‌های آذرآواری ریزشی دماوند به طور چیره در بخش‌های خاوری این آتشفشان پراکنده و نهشته شده‌اند.

بررسی داده‌های باد در تروپوسفر در بالای آتشفشان دماوند نشان می‌دهد که سوی باد در فصول گرم سال (ماه‌های تیر و مرداد) بدون تغییرات معنی‌دار و همانند سوی باد در ماه‌های سرد سال است با این تفاوت که سرعت باد در ماه‌های گرم به نصف کاهش پیدا می‌کند.

بررسی داده‌های باد در استراتوسفر، روندی متفاوت نسبت به تروپوسفر نشان می‌دهد. سوی و سرعت باد در استراتوسفر نسبت به تروپوسفر در ماه‌های مختلف سال متفاوت است. در ماه‌های گرم سال مانند تیر و مرداد سوی وزش باد در ارتفاع میان ۱۴ تا ۱۹ هزار متری با یک تغییر کاملاً مشخص از سوی باختری به خاوری تغییر می‌کند و سرعت آن در ارتفاع ۲۰ هزار متری به ۴۰ نات کاهش می‌یابد (جدول ۲ و شکل‌های ۸-الف، ب، ج و د).

۷- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ می‌توان وجود نهشته‌های آذرآواری ریزشی را در باختر دماوند و در دره کرم‌پشته بدین صورت توجیه کرد که نهشته‌های آذرآواری ریزشی در منطقه کرم‌پشته باید برآمده از یک فوران انفجاری قدرتمند باشند که می‌توانسته تفرا را به شکل ستونی به سوی بالا و تا استراتوسفر روانه کند. فوران برآمده از این فعالیت انفجاری قدرتمند که دست کم در رده سایلینی قرار می‌گیرد، در فصل گرم سال، یعنی هنگامی که سوی جریان باد خاوری بوده، رخ داده و آذرآواری‌های ریزشی خود را در مناطق باختری و در منطقه‌ای به نام کرم‌پشته بر جای نهاده است.

مطالعه نهشته‌های ریزشی در کرم‌پشته نشان می‌دهد که بر خلاف سوی خاوری باد به هنگام فعالیت انفجاری فورانی همانند کرم‌پشته که تفرا را تا ارتفاع استراتوسفر بالا رانده است، نهشته‌های آذرآواری ریزشی برآمده از این فعالیت برخلاف

درونی برآمده از اختلاف در اندازه ذرات را نشان می‌دهند. میزان جوش خوردگی در این نهشته‌ها متفاوت است و از نهشته‌های پامیس سفیدرنگ در پایین شروع می‌شود و در بخش‌های بالاتر به پامیس‌های جوش‌خورده تیره‌تر با چگالی بیشتر رسیده و سپس به لایه‌های جوش‌خورده خاکستری کم‌رنگ با قطعات پامیسی کمی پهن شده (فلات) ختم می‌شود. در بخش‌های پایین و در فاصله ۵۰۰ متری خاور معدن کرم‌پشته، نهشته‌های ستر و لایه‌های به هم جوش‌خورده پامیس‌ها با رنگ صورتی تا نارنجی کم‌رنگ رخنمون دارد و شیب توپوگرافی را پوشانده است. (شکل ۶-الف). در برخی نقاط لایه‌های نازک‌لایه‌ای از خاکستر یافت شد که لایه‌بندی متقاطع نشان می‌دهند. این لایه‌ها احتمالاً نهشته‌های سرچ هستند. البته برای اطمینان از سرچ بودن این نهشته‌ها نیاز به مطالعه رخنمون‌های بیشتری از این نوع نهشته است که یافت نشد.

ستبرای نهشته‌های پامیس جوش‌خورده به ۱۰ متر می‌رسد. این نهشته‌ها به شدت لایه‌بندی نشان می‌دهند. بخشی از لایه‌بندی برآمده از وجود لایه‌هایی با اندازه دانه‌های متفاوت و بخشی برآمده از تفاوت در رنگ و درجه جوش‌خوردگی است. رنگ‌های نارنجی روشن یا خاکستری تیره در نهشته‌های پامیس جوش‌خورده اولیه نمایانگر دمای بالای قطعات به هنگام فروافتادن و اکسایش به هنگام سرد شدن است. در ۵/۵ کیلومتری باختر قله قطعات کوچک‌تر پامیس‌های به هم جوش‌خورده به هنگام فروریزش فیامه‌ها را در پهنه‌ای متراکم و جوش‌خورده تشکیل داده است (شکل ۶-ب)؛ در حالی که قطعات بزرگ پامیس ساختمان‌های عدسی شکل غیرمعمول را تشکیل داده‌اند.

نهشته‌های جریان‌ی پامیس در باختر آتشفشان و در محل کرم‌پشته دیده نشد چرا که این جریان‌ها از شیب توپوگرافی پیروی می‌کنند و احتمالاً به هنگام فوران، دره‌های جنوبی محل مناسب‌تری برای حرکت این جریان بوده است.

سن‌سنجی در آپاتیت‌های یکی از جوان‌ترین گدازه‌های دماوند (Davidson & Hassanzadeh, 2004) که در دامنه باختری آن گسترش دارد سنی معادل ۷/۳ ka را نشان می‌دهد. گرچه گدازه‌های بلوکی و آآ مکان‌های مناسبی برای به تله انداختن پامیس‌های برآمده از یک فوران جوان‌تر هستند ولی بر خلاف سعی زیاد، پامیسی بر سطح گدازه‌ها یافت نشد. بنابراین و با توجه به شواهد پیش گفته شده، زمان فوران پامیسی کرم‌پشته بی‌گمان کهن‌تر از ۷ هزار سال و احتمالاً جوان‌تر از ۲۵ هزار سال است.

نهشته‌های پامیسی در محل کرم‌پشته در آتشفشان دماوند با میان‌لایه‌هایی از نهشته‌های ریزشی پامیس و گاه با افق‌های کوچکی از محصولات نابرجا همراه است. به هر حال نبود کانال‌های فرسایشی بزرگ و یا رسوبات آذرآواری میان‌سازندی مانند لاهار و نبود نهشته‌های میان‌لایه‌ای نابرجا نشان از توقف‌های کوتاه‌مدت چند ساعته و یا روزانه و نه ماهیانه در طول مدت فوران دارد. چنین میان‌لایه‌هایی می‌توانند شواهدی بر فورانی از نوع آتشفشان‌های ضربانی باشند.

۶- مدل گسترش تفرا

هوای بالای سطح زمین یا جو که حدود هزار کیلومتر برآوردشده است، بر پایه میانگین تغییرات دما نسبت به ارتفاع تقسیم‌بندی می‌شود. تروپوسفر یکی از لایه‌های جوی بنابر تقسیمات عمودی است و نزدیک‌ترین لایه اتمسفری به زمین است که بیشترین درصد از حجم کلی اتمسفر و ۹۹ درصد بخار آب موجود آن را در خود جای می‌دهد و بیشتر پدیده‌های جوی در بخش پایینی جو یعنی تروپوسفر رخ می‌دهد. ارتفاع تروپوسفر میان ۷ تا ۱۸ کیلومتر متغیر است و از شرایط دمای متفاوتی که در عرض‌های جغرافیایی مختلف وجود دارد، پیروی می‌کند. این ارتفاع در استوا به ۱۸ کیلومتر و در قطب‌ها به ۷ تا ۸ کیلومتر می‌رسد. بالای تروپوسفر، لایه استراتوسفر قرار دارد؛ جایی که جریان هوا بیشتر افقی است. ستبرای متوسط

شد. در حالی که رخداد این فعالیت در استراتوسفر و در فصول گرم موجب خواهد شد تا محور پراکنش تفرها به سوی باختر تغییر کند. توجه به این نکته ضروری است که، با وجود تغییر محور پراکنش تفرها به سوی باختر، محدوده گسترش تفرها به سوی باختر گسترده نخواهد بود. شکل ۱۰ پراکنش تفرها به سوی باختر و گسترش به نسبت محدود آن را مانند آنچه که در کرم‌پشته دیده می‌شود چنین توضیح می‌دهد که تفرها در استراتوسفر تحت تأثیر سوی باد خاوری (بادی که از خاور به باختر می‌وزد) به سوی باختر پراکنده می‌شود و بر پایه اندازه و چگالی ذرات و گرانیوزی زمین به سوی باختر گسترش می‌یابد و شروع به ریزش به ارتفاع پایین می‌کند. قطعات و ذرات به هنگامی که به تروپوسفر (حدود ۱۴۰۰۰ متری) پایین می‌آیند، زیر تأثیر سوی باد باختری (بادی که از باختر به خاور می‌وزد) موجود در تروپوسفر قرار می‌گیرند. با تغییر محور پراکنش در تروپوسفر، تفرها تحت تأثیر سرعت بیشتر باد به سوی خاور گسترش می‌یابد و در پایان ته‌نشست می‌کند. نکته مهم اینکه در حالت اخیر (فعالیت انفجاری آتشفشان با ستون تا استراتوسفر و به هنگام فصل گرم سال)، مواد آذرآواری درشت (لاپیلی) در بخش‌های باختری و در نزدیکی قله ته‌نشست می‌کند و مواد ریزدانه (خاکستر و غبار) محدوده کوچکی (چند ده کیلومتر) از بخش‌های باختری آتشفشان را می‌پوشاند. در این حالت و با توجه به اینکه تفرها در مسیر ریزش تحت تأثیر باد باختری قرار گرفته است گسترش کلی آذرآوارها دوباره به سوی خاور خواهد بود. این مدل به خوبی می‌تواند گرد آمدن مواد آذرآواری ریزشی مانند آنچه که در محدوده کرم‌پشته دیده می‌شود را در دامنه‌های باختری دماوند توجیه کند.

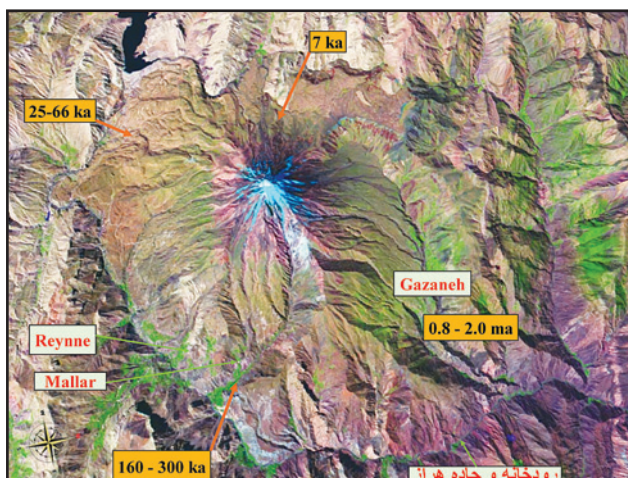
بنابراین گسترش تفرها در یک فوران انفجاری در دماوند تابعی از ارتفاع ستون برآمده از فوران (تروپوسفر یا استراتوسفر) و زمان رخداد آن (فصل گرم یا سرد سال) خواهد بود. با توجه به گسترش تفرهای برآمده از فورانی همانند فوران کرم‌پشته، احتمال آلوده شدن فضای کلان‌شهر تهران که در بخش باختری دماوند است وجود دارد.

آذرآواری‌های نهشته‌شده در بخش‌های خاوری که پراکندگی زیادی نشان می‌دهند، تنها چند کیلومتری از دهانه دور شده‌اند و پراکندگی زیادی به سوی باختر ندارند (Sparks et al., 1997). شکل ۹ چرایی گسترش افقی کمتر نهشته‌های آذرآواری ریزشی را در مناطق باختری نسبت به مناطق خاوری توضیح می‌دهد.

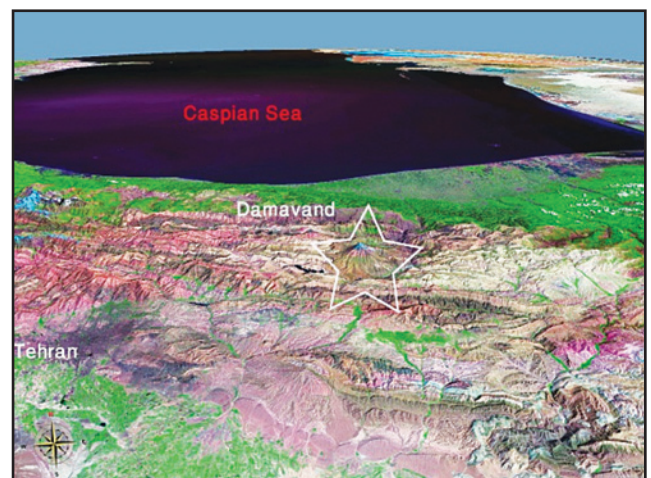
شکل ۹ مدلی را نشان می‌دهد که در آن نهشته‌های آذرآواری موجود در آتشفشان دماوند چه آنها که در بخش‌های خاوری دماوند مانند نهشته‌های ریزشی ملار و رینه و چه آنها که در بخش‌های باختری-جنوب باختری دماوند مانند نهشته‌های ریزشی کرم‌پشته نهشته شده‌اند، بر پایه چند سناریو تفسیر می‌شوند.

در سناریو اول و بر پایه مدلی که در شکل ۹ نشان داده شده است، چنانچه شدت یک فعالیت انفجاری در آتشفشان دماوند به حدی باشد که ارتفاع ستون برآمده از انفجار به تروپوسفر (ارتفاع تا ۱۴۰۰۰ متری از سطح دریا) برسد، آذرآوارها، مانند نهشته‌های آذرآواری ریزشی رینه و ملار، در بخش‌های خاوری آتشفشان دماوند پراکنده خواهند شد. با توجه به سوی باختری باد در همه طول سال (شکل‌های ۷ و ۸-الف)، پراکنش تفرافصلی نیست و همواره به سوی خاور است. توجه به این نکته مهم است که سرعت باد در تروپوسفر در فصول سرد سال می‌تواند به بیش از ۱۰۰ نات برسد در صورتی که که سرعت باد در استراتوسفر و در فصول گرم سال به نصف (حدود ۵۰ نات) افت می‌کند (شکل ۸-ب). افت سرعت باد تأثیر مستقیم بر گسترش حوزه پراکندگی تفرها دارد و آن را در محدود کمتری پراکنده خواهد کرد. در سناریو دوم و بر پایه مدلی که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، چنانچه شدت یک فعالیت انفجاری در آتشفشان دماوند آن قدر زیاد باشد که ارتفاع ستون برآمده از انفجار به استراتوسفر (ارتفاع تا ۳۰۰۰۰ متری از سطح دریا) برسد، سوی محور پراکنش تفرها بسته به فصل گرم یا سرد سال متفاوت خواهد بود.

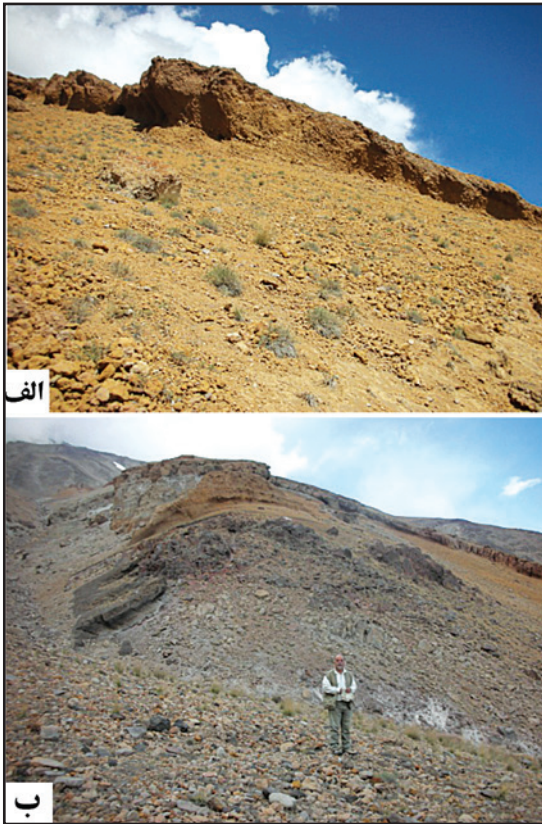
با توجه به سوی باختری و سرعت بالای باد در فصول سرد سال (شکل‌های ۷-الف و ب)، چنانچه فعالیت انفجاری دماوند در استراتوسفر و در فصول سرد سال رخ دهد، نهشته‌های ریزشی برآمده به سوی خاور پراکنده خواهند



شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای از آتشفشان دماوند که در آن گدازه‌های مختلف با سن متفاوت مشخص شده است. همچنین گدازه‌های مورد مطالعه در این تصویر در بخش بالای عکس دیده می‌شود. سن‌ها از Davidson et al. (2004).



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای از آتشفشان دماوند که بخشی از رشته کوه البرز، دریای خزر و شهر تهران در آن مشخص شده است.



شکل ۵- الف و ب) رنگ‌های نارنجی روشن یا خاکستری تیره در نهشته‌های پامیس جوش خورده اولیه نمایان‌گر دمای بالای ذرات به هنگام ته‌نشست و اکسایش است.



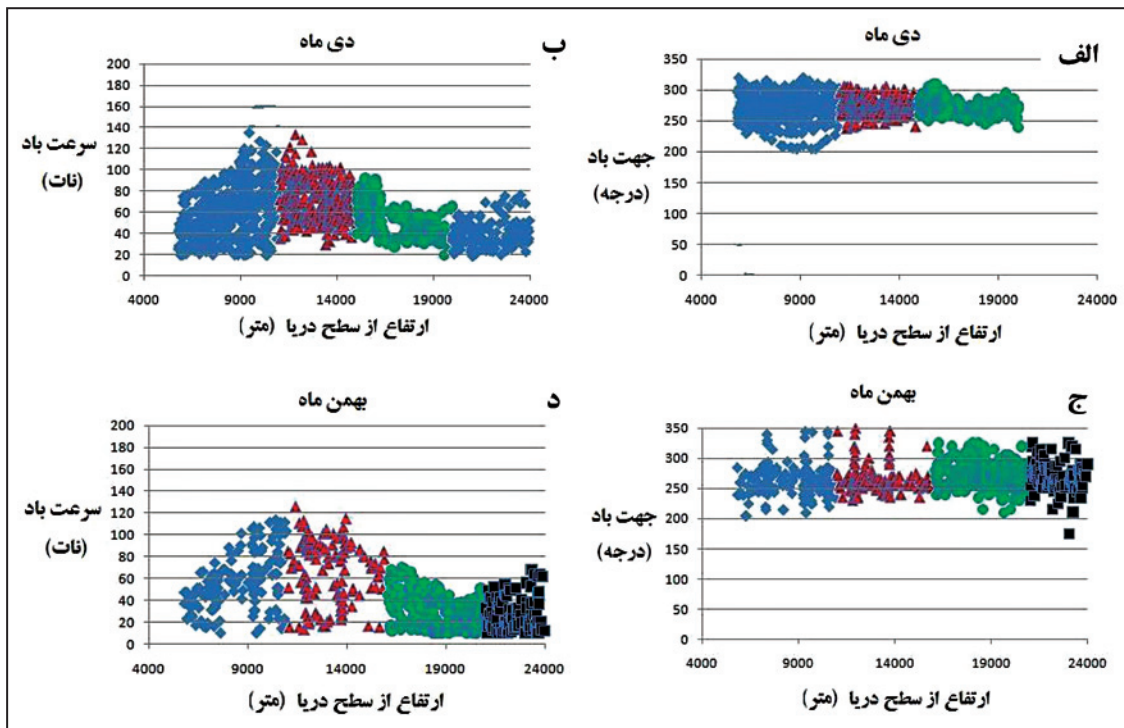
شکل ۳- الف) نهشته‌های آذرآواری ریزشی در آتشفشان دماوند شامل نازک‌لایه‌هایی از پامیس‌های تحکیم نیافته دور از منشأ (Distals) با جورشدگی خوب. ذرات تشکیل‌دهنده این نهشته‌ها از قطعات پامیس گردشده با جورشدگی خوب است. با استفاده از اندازه ذرات آذرآواری و بر پایه کاهش ستبرای نهشته‌ها با دور شدن از دهانه برون‌ریز آتشفشان می‌توان نوع و شدت فوران آتشفشان را برآورد کرد. ب) عدسی‌هایی با دانه‌بندی وارون که در نتیجه ریزش بهمن‌مانند دیواره‌های پر شیب به‌وجود آمده است.



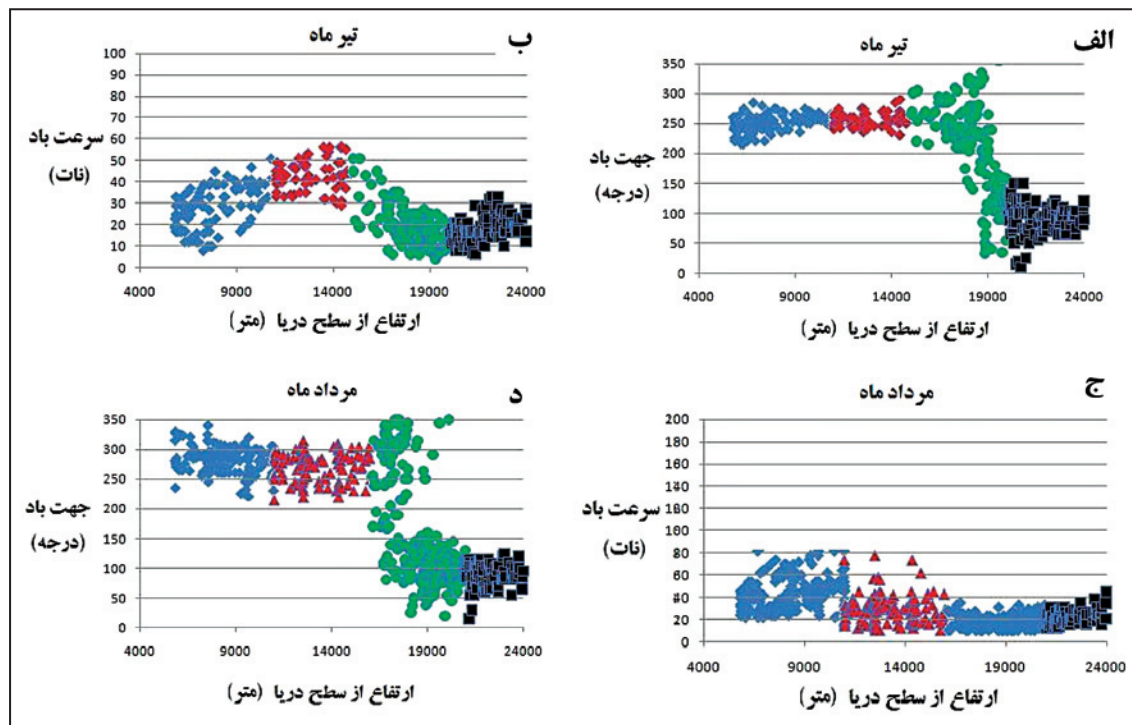
شکل ۶- تشکیل فیامه‌ها در پهنه متراکم و جوش خورده.



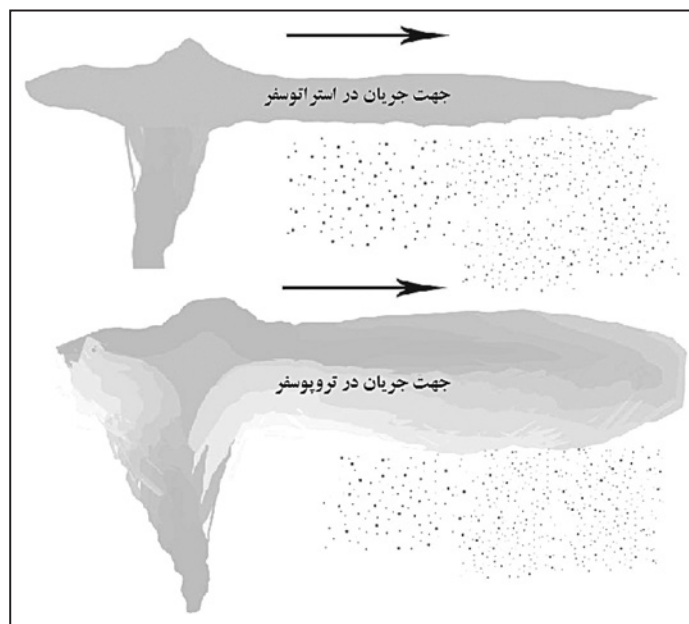
شکل ۴- نهشته‌های ستبر جوش خورده نزدیک منشأ (Porximals).



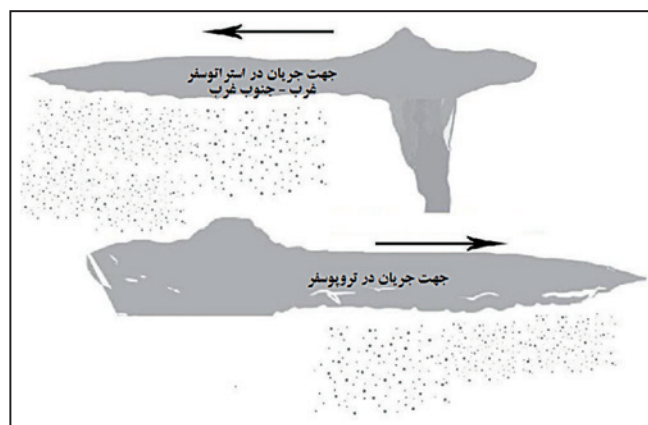
شکل ۷- جهت و سرعت باد در تروپوسفر و استراتوسفر در ماه‌های سرد سال. جهت باد باختری (از باختر به خاور) و سرعت باد در تروپوسفر بیش از استراتوسفر است. داده‌های مربوط به ارتفاع بر پایه رنگ و نشانه مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۸- جهت و سرعت باد در تروپوسفر و استراتوسفر در ماه‌های گرم سال. جهت باد در تروپوسفر باختری و در استراتوسفر خاوری و سرعت باد در تروپوسفر بیش از استراتوسفر است. داده‌های مربوط به ارتفاع بر پایه رنگ و نشانه مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۹- مدل پراکنش تفراتر در صورتی که فوران در فصول سرد سال رخ دهد. در این حالت چنانچه ارتفاع ستون برآمده از انفجار به تروپوسفر و یا استراتوسفر برسد، محور پراکنش تفراتر همواره خاوری است.



شکل ۱۰- مدل پراکنش تفراتر در صورتی که فوران در فصول گرم سال رخ دهد. در این حالت چنانچه ارتفاع ستون برآمده از فوران به تروپوسفر برسد، محور پراکنش خاوری و به دلیل سرعت کم باد گسترش نهشته‌های آذرآواری محدود خواهد بود. در حالتی که ارتفاع ستون برآمده از فوران در استراتوسفر باشد، محور پراکنش تفراتر در فصول سرد سال خاوری و در فصول گرم سال باختری خواهد بود.

جدول ۱- بخشی از متوسط داده‌های مربوط به جهت و سرعت باد در سطوح استاندارد جو میان ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ در فصول سرد.

ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد
5823	297	11004	295	15053	269	20005	280	26030	275
5870	270	11098	260	15107	265	20008	270	26100	260
5919	296	11146	275	15127	275	20058	269	26110	260
6000	261	11163	275	15181	265	20062	280	26140	265
6108	261	11214	305	15212	265	20090	260	26160	275
6201	255	11288	280	15291	270	20197	256	26397	260
6321	235	11302	266	15310	270	20281	255	26416	260
6403	300	11345	300	15367	265	20320	270	26495	285
6506	255	11394	270	15367	270	20340	245	26525	268
6604	250	11463	275	15398	285	20340	295	26720	277
6701	267	11533	305	15404	265	20345	256	26785	270
6806	309	11557	275	15490	282	20390	280	26808	270
6903	285	11587	266	15504	255	20408	261	26975	260
7026	236	11601	284	15562	275	20495	250	27008	280
7104	270	11660	290	15565	280	20515	290	27128	260
7200	225	11696	255	15595	290	20581	265	27152	265
7300	280	11700	240	15600	265	20609	265	27220	265
7408	295	11735	290	15669	260	20753	280	27223	270
7522	284	11770	270	15682	270	20840	280	27553	266
7639	270	11795	262	15709	310	20886	285	27596	275
7702	306	11803	273	15791	260	20942	280	27605	265
7813	252	11820	290	15816	267	20992	275	27807	260
7918	265	11890	290	15898	280	21042	285	27876	270
7962	250	11900	293	15941	280	21181	265	27954	261
8001	232	11930	275	16010	265	21200	280	28025	270
8105	258	11990	267	16020	260	21267	255	28032	265
8205	278	12007	270	16070	265	21375	276	28095	270
8235	285	12034	266	16100	280	21401	265	28116	259
8306	263	12105	295	16140	280	21449	275	28329	270
8347	302	12221	290	16150	255	21457	256	28403	275
8400	295	12297	270	16160	285	21597	290	28497	260
8462	265	12304	293	16170	265	21645	265	28542	269
8507	245	12359	280	16180	275	21759	265	28565	257
8535	280	12395	267	16190	290	21869	275	28823	265
8611	285	12428	295	16200	270	21884	275	28834	260
8632	285	12499	270	16210	270	21910	260	28942	256
8701	285	12506	285	16220	285	21947	255	28994	255
8755	260	12558	265	16272	265	22016	280	29004	275
8820	309	12613	270	16294	265	22199	265	29042	260
8874	297	12695	245	16890	275	22207	275	29303	269
8903	274	12711	265	16921	280	22283	260	29440	262
8931	280	12735	265	17001	270	22449	268	29482	269
9007	265	12778	280	17017	265	22544	267	29593	250
9060	270	12800	283	17179	270	22629	275	29648	257
9100	265	12914	260	17267	255	22728	270	29794	259
9200	270	12972	276	17575	275	22740	260	29825	256
9210	270	13014	270	17604	265	22776	260	29988	260
9260	280	13077	270	17764	275	22801	280	30082	290
9300	295	13141	278	17778	275	22989	305	30141	280
9330	260	13206	280	17877	265	23073	245	30192	270
9350	240	13242	285	17905	265	23124	265	30430	270
9440	261	13302	289	18010	280	23147	275	30450	255
9509	285	13431	280	18041	250	23187	260	30600	260
9537	245	13480	265	18177	266	23210	267	30620	270
9584	280	13504	280	18250	250	23327	270	30738	259
9603	280	13520	250	18280	275	23385	259	30780	275
9646	263	13600	265	18300	260	23470	280	30810	259
9705	292	13600	275	18358	280	23520	265	30850	270
9806	275	13650	270	18360	280	23530	260	30901	255
9867	310	13662	260	18557	261	23590	275	30998	270
9916	275	13700	265	18613	265	23690	261	31042	263
10012	250	13720	280	18756	263	23795	280	31172	267
10122	265	13750	270	18819	270	23802	270	31255	281
10151	281	13816	285	18821	260	23919	265	31474	270
10178	265	13905	285	18898	255	23988	285	31539	260
10210	266	13943	275	18902	255	24024	260	31593	270
10245	255	14010	274	18973	275	24196	245	31707	270
10280	280	14054	275	19001	260	24219	275	31968	259
10300	285	14120	280	19122	260	24426	273	32082	259
10330	280	14201	260	19192	275	24434	250	32401	255
10360	220	14227	300	19249	280	24442	255	32416	260
10400	260	14310	269	19375	295	24577	244	32433	260
10410	285	14404	275	19403	280	24623	260	32521	262
10450	255	14459	270	19458	260	24758	252	32700	249
10480	280	14554	270	19515	279	24852	272	32708	260
10520	280	14602	285	19597	266	24938	265	33222	265
10540	245	14641	290	19642	280	25256	270	33323	265
10634	255	14710	277	19745	285	25318	264	33475	260
10702	270	14810	240	19784	275	25628	265	33583	266
10783	275	14920	285	19826	250	25755	273	34486	265
10880	275	14942	280	19981	275	25818	255	34570	251
10920	275	14988	285	19983	275	25850	260	35517	250
10992	276	14992	275	19986	270	25951	265	35529	253

جدول ۲- بخشی از متوسط داده‌های مربوط به جهت و سرعت باد در سطوح استاندارد جو میان ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ در فصول گرم

ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد	ارتفاع	جهت باد
6001	225	11000	290	15004	265	18073	95	20018	150	20018	150	22707	70
6165	320	11020	320	15094	280	18090	220	20138	80	20092	95	22861	85
6306	239	11040	270	15184	203	18102	335	20214	105	20138	80	22995	75
6316	291	11083	249	15264	180	18165	155	20253	120	20162	90	23048	80
6434	270	11175	255	15298	216	18205	250	20405	82	20214	105	23210	110
6539	250	11196	290	15377	130	18220	245	20449	85	20253	120	23241	85
6592	348	11304	235	15497	285	18242	135	20569	110	20324	105	23397	115
6718	285	11371	280	15569	120	18297	225	20680	85	20384	76	23581	88
6810	279	11436	280	15688	310	18316	155	20759	111	20430	100	23616	80
6881	318	11663	260	15770	270	18345	145	20867	95	20480	100	23700	77
6932	345	11919	240	15839	237	18405	120	20930	120	20528	100	23783	60
7010	320	12084	275	15905	248	18468	120	20980	100	20603	100	23942	90
7196	230	12145	250	16075	230	18531	55	21029	90	20642	80	24200	70
7217	254	12291	260	16121	30	18554	145	21087	120	20680	85	24270	80
7377	275	12420	260	16271	190	18612	150	21294	110	20750	97	24470	88
7421	273	12460	240	16402	245	18690	50	21499	105	20799	100	24596	70
7570	270	12470	275	16690	245	18711	125	21671	104	20848	80	24684	100
7590	280	12490	240	16750	295	18765	61	21855	80	20910	80	24743	91
7600	245	12500	255	16772	340	18795	145	22026	112	20930	120	24879	95
7640	245	12520	245	16790	280	18860	95	22211	65	20960	70	24961	89
7650	250	12540	115	16820	300	18880	80	22506	79	20990	80	25110	95
7897	260	12540	265	16840	45	18890	5	22707	70	21010	60	25135	84
7948	290	12570	230	16850	115	18930	95	22861	85	21030	110	25353	103
7986	354	12695	260	16850	150	18940	50	23003	100	21056	80	25357	105
8149	269	12709	245	16926	85	18947	85	23068	70	21087	120	25372	105
8162	260	12725	269	16995	264	18950	120	23241	85	21131	101	25439	110
8228	287	12860	240	17018	115	18967	40	23366	100	21216	55	25631	98
8243	280	12977	248	17020	235	18972	113	23450	70	21246	120	25644	100
8272	270	13072	280	17062	238	18992	119	23501	90	21294	110	25656	105
8408	283	13146	240	17080	280	19052	150	23581	88	21359	75	25669	80
8469	278	13199	295	17091	110	19053	125	23616	95	21427	60	25681	95
8597	255	13227	271	17177	86	19077	345	23664	115	21441	100	25862	99
8610	335	13271	235	17182	220	19094	80	23741	85	21479	85	25869	109
8698	288	13308	220	17223	275	19124	25	23819	75	21499	105	25890	100
8763	269	13364	270	17229	210	19127	235	23941	80	21503	115	26006	103
8989	265	13511	249	17232	115	19160	128	24004	95	21555	97	26197	110
9023	280	13523	260	17268	270	19166	110	24106	82	21567	135	26198	95
9143	280	13586	270	17276	340	19195	109	24160	70	21624	95	26365	102
9212	320	13661	240	17302	220	19219	122	24210	90	21646	75	26376	84
9245	255	13707	260	17315	305	19229	150	24260	90	21671	104	26435	92
9388	267	13776	245	17332	355	19252	111	24385	67	21711	105	26538	95
9410	250	13863	180	17341	90	19268	180	24460	105	21732	120	26540	110
9458	270	13900	275	17408	75	19291	84	24502	86	21733	30	26770	90
9660	300	13931	252	17416	155	19293	85	24629	100	21761	92	26800	110
9660	300	14009	255	17416	280	19307	85	24646	60	21764	95	26800	110
9660	310	14049	265	17453	189	19312	105	24652	101	21774	79	26810	90
9665	264	14059	240	17456	235	19313	50	24700	90	21798	105	26810	72
9670	245	14081	265	17458	110	19328	99	24825	95	21801	75	26810	72
9700	250	14164	300	17468	60	19337	80	25015	105	21833	95	26820	100
9700	250	14192	350	17471	105	19339	60	25107	101	21841	90	26830	75
9700	265	14206	235	17480	214	19364	65	25626	100	21855	80	26830	75
9700	275	14270	280	17521	140	19414	95	25907	85	21876	130	26840	90
9706	261	14280	240	17521	205	19415	150	26006	103	21884	100	26900	80
9710	265	14290	300	17528	165	19416	120	26435	92	21921	49	26920	75
9740	240	14300	245	17539	140	19421	30	26454	90	21921	85	27193	85
9740	240	14300	250	17541	90	19422	115	26810	90	21931	84	27206	95
9740	255	14300	265	17550	270	19429	130	26840	90	21994	133	27497	103
9740	255	14310	245	17600	302	19435	136	26850	95	22021	75	27510	95
9740	260	14320	275	17601	230	19443	69	26900	80	22026	112	27530	80
9740	295	14320	345	17604	130	19464	100	27193	85	22058	85	27575	106
9835	335	14348	265	17626	235	19478	80	27206	95	22060	100	27660	89
9843	280	14350	235	17647	110	19480	95	27497	103	22085	65	28150	90
9872	245	14350	240	17658	310	19499	85	27510	95	22090	80	28180	72
9873	261	14350	240	17681	161	19659	137	27530	80	22092	100	28276	105
9888	255	14350	255	17696	50	19684	131	27575	106	22111	90	28317	75
9935	239	14370	245	17701	188	19690	89	27660	89	22160	81	28320	84
10096	240	14380	155	17755	198	19706	125	28150	90	22174	115	28336	95
10123	301	14380	275	17756	165	19709	85	28180	72	22203	63	28518	80
10126	280	14390	140	17791	165	19753	53	28276	105	22211	65	28520	75
10133	262	14390	290	17798	200	19755	100	28317	75	22245	75	28696	94
10137	340	14400	110	17801	45	19782	74	28320	84	22250	69	28735	85
10143	270	14400	320	17816	135	19786	135	28336	95	22336	80	28737	85
10405	225	14400	355	17821	110	19795	45	28518	80	22362	79	28779	60
10412	300	14410	110	17823	55	19805	40	28520	75	22391	95	29013	90
10450	252	14465	257	17850	10	19810	100	28696	94	22396	115	29059	83
10502	310	14474	230	17854	170	19836	144	28735	85	22402	80	29199	95
10527	250	14599	215	17877	25	19846	90	28737	85	22427	105	29699	65
10900	315	14629	280	17881	80	19849	60	29013	90	22489	100	29700	85
10910	245	14631	235	17911	51	19890	106	29059	83	22506	79	29782	70
10910	270	14634	240	17933	100	19911	85	29199	95	22541	85	30066	105
10960	280	14845	225	17959	155	19933	91	29700	85	22557	100	30184	69
10970	275	14883	220	18008	80	19958	52	30184	69	22648	105	30789	95
10990	285	14977	265	18069	100	19995	95	31410	95	22705	105	31580	80

کتابنگاری

امامی، م. ه.، ۱۳۷۰- بررسی فعالیت احتمالی آتشفشان دماوند (فاز اول: بررسی پتروژنز و نحوه فعالیت آتشفشان)، مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. درویش‌زاده، ع. و مرادی، م.، ۱۳۷۵- تفریق در نهشته‌های آذرآواری ریزشی آتشفشان دماوند، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۲۳، شماره ۱، ۳۱-۴۶.
مرتضوی، س. م.، ۱۳۸۸- آتشفشان‌شناسی فیزیکی دماوند، گزارش طرح پژوهشی دانشگاه هرمزگان، ۱۰۰ صفحه.

References

- Allenbach, P., 1963- Geologie und petrologie des Damavand und seiner umgeurg (Zentral-Elburz): Iran. Geologisches Institut, ETH Zurich, Mittellung Nr. 63, 114 pp.
- Davidson, J., Hassanzadeh, J., Stockli, D. F., Bashukooh, B., Turrin, B. & Panamouz, A., 2004-The geology of Damavand volcano, Alborz Mountains, northern Iran. Geological Society of America Bulletin, 116, 16-29,
- Gill, j. B., 1981- Orogenic Andesite and Plate Tectonics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Mortazavi, S. M., Amigo, A. & Sparks, R. S. J., 2009- Evidence for recent large magnitude explosive eruptions at Damavand Volcano, Iran with implications for volcanic hazards. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 20(3): 253-264.
- Sparks, R. S., Self, S. & Walker, G. P. L., 1973- The products of ignimbrite eruptions. Geology 1, 115-118.
- Sparks, R. S. J. & Wright, J. V., 1979- Welded air-fall tuffs. Geological Society of America Bulletin, 180, 155-166.
- Sparks, R. S. J., Bursik, M. I., Carey, S. N., Gilbert, J. S., Glaze, L., Sigurdsson, H. & Woods, A. W., 1997- Volcanic Plumes. John Wiley and Sons, PP. 557.