

معرفی و ارزیابی قابلیت‌ها و محدودیت‌های تله رسوب‌گیر فرسایش بادی EDST

علی محمد قائمی نیا^{۱*}

*^۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، گروه آبیاری و فیزیک خاک، مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران،

پست الکترونیک: a.ghaemini@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۷

چکیده

با توجه به عملیات دشوار صحرایی در مناطق بیابانی، به منظور اندازه‌گیری فرسایش بادی، استفاده از دستگاه‌های با کارایی بالا، مقاوم به شرایط محیط و نیاز کمتر به مراقبت و نگهداری ضروریست. هدف اصلی این تحقیق، طراحی، ساخت و ارزیابی رسوب‌گیر فرسایش بادی (EDST (Eight Directional Sand Trap) است تا بتواند در مناطق مورد توجه از لحاظ فرسایش و رسوب بادی مورد استفاده قرار گیرد. دستگاه ساخته شده دارای دو بخش دریافت رسوب از سطح خاک تا ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و مخازن نگهدارنده رسوب در راستای هشت جهت جغرافیایی است. همچنین دستگاه با بهره‌گیری از کلاهک یک‌طرفه و بادنمای متصل به آن، ضمن تخلیه جریان هوای ورودی به دستگاه، با توجه به سرعت و جهت باد، به طور خودکار سبب ایجاد خلأ در قسمت پشت به باد کلاهک شده و مانع از ایجاد مقاومت زیاد دستگاه در برابر جریان باد ورودی به دستگاه می‌شود. نتایج ارزیابی دستگاه در داخل تونل باد نشان داد که کارایی دریافت دستگاه در سرعت‌های مختلف مورد بررسی (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ متر بر ثانیه) متفاوت است، به طوری که بیشترین کارایی برابر با ۴۷/۳٪ در سرعت 4ms^{-1} مشاهده گردید. همچنین کارایی دستگاه در تعیین سمت انتقال رسوب با افزایش سرعت باد افزایش یافته و در سرعت 5ms^{-1} به ۶۱/۸٪ رسید. مقایسه منحنی تجمعی دانه‌بندی رسوب داخل دستگاه و منبع رسوب در تونل باد نشان داد که دستگاه به قطر ذرات انتخاب‌پذیر است، به طوری که در به تله‌اندازی ذرات با قطر بیش از ۰/۱mm با کارایی ۸۶٪ عمل می‌کند اما در به تله‌اندازی ذرات کوچک‌تر از ۰/۱mm ناکارآمد است.

واژه‌های کلیدی: رسوب‌گیر، فرسایش بادی، جهت رسوب، مقدار رسوب، تونل باد.

مقدمه

اهمیت است. آثار و تبعات فرسایش بادی متعدد بوده و شامل کاهش مواد آلی و تغییر فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش ظرفیت نگهداری آب و باروری خاک، آلودگی آب‌های آشامیدنی، آلودگی هوا، ایجاد مشکلات بهداشتی، هجوم ماسه‌های روان و کاهش دید در بزرگراه‌ها و فرودگاه‌ها است (مصطفوی و همکاران، ۱۳۸۴ و امراللهی و مفیدی فر، ۱۳۸۴). یکی از مهمترین مسائل در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی کنترل فرسایش بادی، تعیین میزان مواد

فرسایش، حمل و رسوب مواد توسط باد یا همان فرسایش بادی در بیش از یک سوم از اراضی سطح زمین بوجود می‌آید (Nordstrom & Shintaro, 2004). بر اساس بررسی‌های انجام شده فرسایش بادی با گستره‌ای بیش از ۲۰ میلیون هکتار در اراضی کشور رخ می‌دهد (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۳)، بنابراین انجام پژوهش‌های کاربردی از جنبه‌های مختلف این پدیده، حائز

بارگیری شده توسط باد به منظور تعیین شدت فرسایش بادی و مقدار هدررفت خاک در واحد سطح در مناطق مختلف است. البته تاکنون روش‌های مختلفی برای برآورد فرسایش و رسوب بادی و آبی ارائه شده است.

Bagnold (۱۹۴۱) و Fryberger (۱۹۷۹) فرمول‌هایی تجربی را برای برآورد رسوب بادی ارائه دادند، ولی اندازه‌گیری‌های مستقیم از اطمینان بیشتری برخوردار است (Bagnold, 1941). از سوی دیگر برای انطباق مکانی (کالیبراسیون) بسیاری از مدل‌ها و روش‌های برآورد فرسایش و رسوب به اندازه‌گیری و مقایسه صحرایی نیاز است (Goossens, 2001). بطور کلی تکنیک‌های اندازه‌گیری فرسایش بادی به دو دسته اندازه‌گیری توسط تونل باد (آزمایشگاهی- قابل حمل در صحرا) و رسوب‌گیرهای فرسایش تقسیم می‌شوند.

محققان مختلف در نوشته‌های خود دستگاه‌های رسوبگیر متعددی را برای اندازه‌گیری فرسایش بادی گزارش کرده‌اند. به طور کلی آنچه در بیشتر رسوبگیرهای موجود مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد، وزن رسوبات به تله افتاده در آنهاست. البته برخی از رسوبگیرها نیز وجود دارند که بدون ذخیره رسوب در خود و با شمارش تعداد ذرات توسط حسگر خود به کمک امواج لیزر یا میزان صدای ایجاد شده در اثر برخورد ذرات به میکروفن، به اندازه‌گیری مقدار مواد انتقالی می‌پردازند. جدول ۱ مجموعه‌ای از دستگاه‌های اندازه‌گیری فرسایش بادی را نشان می‌دهد. عدم تخلیه مناسب هوای ورودی، عدم ثبت جهت انتقال رسوب توسط یک دستگاه، عدم پوشش در تمامی جهت‌ها و نیاز به انرژی الکتریسیته از محدودیت‌های دستگاه‌های موجود هستند. البته هر یک از دستگاه‌های موجود دارای یک کارایی جذب (جمع‌آوری) و نگهداشت هستند که با لحاظ کردن آن، می‌توان به میزان دقت اندازه‌گیری آنها پی برد و امکان مقایسه را فراهم کرد.

اولین رسوبگیر که به طور غیرفعال و یکپارچه عمل رسوبگیری توسط آن انجام شد، رسوبگیر (Bagnold, 1941) Modified) MWAC است. همچنین رسوبگیرهای

Wilson and Cooke) BSNE و (Big Spring Number) Eight) از متداول‌ترین وسایلی هستند که برای جمع‌آوری گرد و غبار موجود در هوا و ذرات جهشی از آنها استفاده می‌شود (Blanco-Canqui & Lal, 2008). Goossens (2000) (۲۰۰۰) کارایی دریافت چهار رسوبگیر MWAC، WDFG (Wedge Dust Flux Gauge)، BSNE و SUSTRA (Suspended Sediment Trap) را در سرعت‌های ۱ تا ۵ متر بر ثانیه در مقایسه با رسوبگیر Sartorius مورد بررسی قرار داد. وی اختلاف زیادی را بین کارایی رسوبگیرها ملاحظه کرد. MWAC دارای کارایی بیش از ۹۰٪ در سرعت‌های ۲ تا ۵ متر بر ثانیه است. WDFG بیشترین کارایی (۶۳٪) را در سرعت 2ms^{-1} به دست آورده اما کارایی آن با افزایش سرعت باد کاهش یافته و در سرعت 4ms^{-1} و بیشتر، ضعیف و به کمتر از ۳۰٪ رسید. BSNE کارایی کمتری نسبت به MWAC و در سرعت‌های کم، کمتر از WDFG داشته اما مزیت بزرگ این رسوبگیر آن است که کارایی آن با افزایش سرعت باد به مقدار کمی تغییر می‌کند و در سرعت‌های مورد بررسی همیشه کارایی بین ۳۵٪ تا ۴۵٪ بدست آورده است. SUSTRA کمترین کارایی را در میان چهار رسوبگیر مورد بررسی دارد. کارایی آن با افزایش سرعت باد افزایش یافته اما در سرعت 5ms^{-1} ، تنها به ۱۵٪ رسیده است.

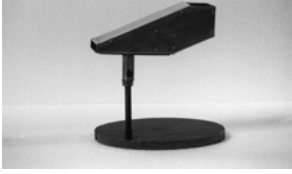
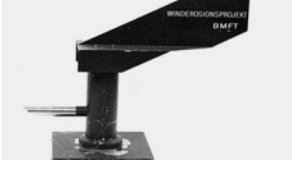

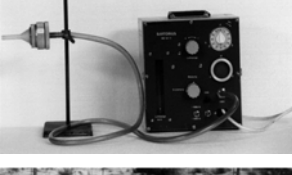
Arens و Van Der Lee (۱۹۹۵) با بررسی رسوبگیر pan-trap در تونل باد کارایی این دستگاه را بین ۱۵٪ تا ۲۰٪ بدست آوردند و بیان کردند که سرعت باد و اندازه ذرات از عوامل مؤثر در میزان کارایی این رسوبگیر بوده و بیشترین کارایی آن در سرعت 8ms^{-1} است. همچنین Goossens و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه دیگری با بررسی پنج رسوبگیر POLCA, SUSTRA, MWAC, BSNE و SALTIPHONE در سرعت‌های $4/4-14/6-6/6\text{ms}^{-1}$ به این نتیجه دست یافتند که اندازه ذرات و سرعت باد در کارایی رسوبگیرها نقش دارند و استفاده از رسوبگیر MWAC را بدلیل کارایی زیاد و مستقل از سرعت باد قابل توصیه می‌دانند. Azimzadeh و Ekhtesasi (۲۰۱۱) با ارزیابی

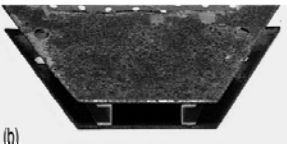
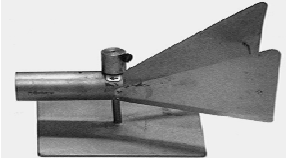
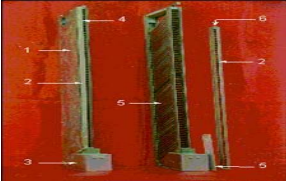


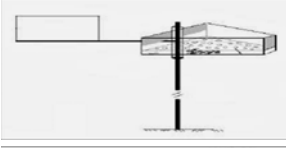
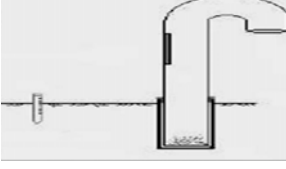
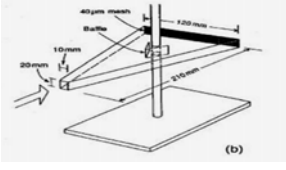
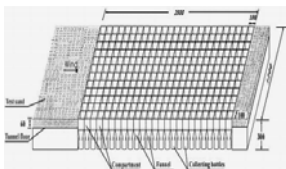
اولین رسوبگیر که به طور غیرفعال و یکپارچه عمل رسوبگیری توسط آن انجام شد، رسوبگیر (Bagnold, 1941) Modified) MWAC است. همچنین رسوبگیرهای

هدف از این تحقیق طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه رسوبگیر فرسایش بادی است تا بتواند فرسایش و انتقال رسوب را با توجه به جهت باد اندازه‌گیری نماید.

رسوبگیر Isatis SUSTRA در داخل تونل باد، کارایی دریافت رسوب آن را در سرعت‌های 1ms^{-1} ، ۵-۹، ۸۸-۵۵٪ بدست آوردند. آنان همچنین دریافتند که این کارایی در سرعت‌های پایین، به کمتر از ۵۵٪ می‌رسد.

جدول ۱- وسایل اندازه‌گیری مقدار فرسایش بادی ارائه شده توسط محققان مختلف

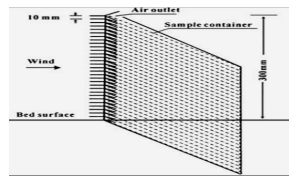
منبع	تصویر	نام دستگاه و ارائه دهنده	ردیف
Jia & Huang, 2008 تصویر: Goossens <i>et al.</i> , 2000		The Modified Wilson and Cooke-MWAC (Wilson & Cooke, 1980)	۱
Jia & Huang, 2008 تصویر: Jia & Huang, 2008		The Wedge Dust Flux Gauge-WDFG (Hall <i>et al.</i> 1993)	۲
Jia & Huang, 2008 تصویر: Van Pelt & Zobeck, 2004		the Big Spring Number Eight-BSNE (Fryrear, 1986)	۳
Jia, & Huang, 2008 تصویر: Goossens <i>et al.</i> , 2000		The Suspended Sediment Trap-SUSTRA (Janssen & Tetzlaff, 1991)	۴
Jia, & Huang, 2008 تصویر: www.sustainableaggregates.com		British Standard directional Dust Gauge (Lucas & Moor, 1964)	۵
Jia & Huang, 2008 تصویر: Jia & Huang, 2008		Sartorius Membranfilter SM 16711-SARTORIUS	۶
Jia. & Huang, 2008 تصویر: Goossens <i>et al.</i> , 2000		Model Series Number 680-SIERRA (manufactured by Sierra/Misco, Inc)	۷

Jia. & Huang, 2008 تصویر: Goossens <i>et al.</i> , 2000		POLCA (Pollet, 1995)	۸
Jia & Huang, 2008 تصویر: Goossens <i>et al.</i> , 2000		Saltiphone sampler (Linden, 1985 & Spaan & Abeel, 1991)	۹
Jia & Huang, 2008 تصویر: Lee Jeffrey & Zobeak, 2002		WITSEG (Bagnold, 1941)	۱۰
Azimizadeh & Ekhtesasi, 2011 تصویر: همان		Isatis SUSTRA (Azimizadeh & Ekhtesasi, 2011)	۱۱
Mikami <i>et al.</i> , 2005 تصویر: Shao, 2008		Sand Particle Counter- SPC measurement (Mikami <i>et al.</i> 2002)	۱۲
اختصاصی و همکاران (۱۳۸۵) تصویر: همان		Modified Big Spring Number Eight (MBSNE) (Ekhtesasi, 2002)	۱۳
اختصاصی و همکاران (۱۳۸۵) تصویر: همان		Siphon sand sampler (Ekhtesasi, 2003)	۱۴
Shao, 2008 تصویر: همان		Leach sand trap (Leach, 1982)	۱۵
Ni <i>et al.</i> , 2003 تصویر: همان		Horizontal sand trap Ni <i>et al.</i> (2003)	۱۶

Ni *et al.*, 2003

تصویر:

همان



Vertical sand trap
Ni et al. (2003)

۱۷

Arens & Vander lee, 1995

تصویر:

همان



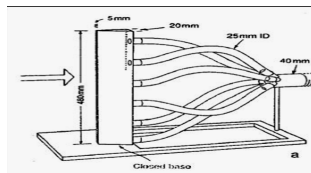
Pan-trap (Arens & Vander lee,
1995)

۱۸

Shao *et al.*, 1993

تصویر:

همان



Vertically integrating (modified
Bagnold) trap (Shao et al. 1993)

۱۹

Hijma & Ladder, 2001

تصویر:

همان



Bagnold trap (Banold, 1973)

۲۰

Hijma & Ladder, 2001

تصویر:

همان



Creep trap

۲۱

Hijma & Ladder, 2001

تصویر:

همان



Sarre-trap (Sarre, 1988)

۲۲

Wiggs *et al.*, 2004

تصویر:

همان



Surface Sediment Sampler- SSS
(Reginato, 1975)

۲۳

Hoffmaster State Park, 2002

تصویر:

همان



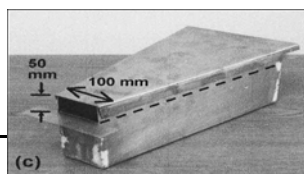
Leatherman-style (Leatherman,
1978)

۲۴

Ikazaki *et al.*, 2009






تصویر:

همان



Aeolian Materials Sampler- AMS
(Ikazaki *et al.* 2009)

۲۵

www.sensit.com تصویر: همان		Cox Sand Catcher- CSCs (Bill Cox)	۲۶
www.sensit.com تصویر: همان		SENSIT	۲۷
www.sensit.com تصویر: همان		Sand catcher, China	۲۸
www.sensit.com تصویر: همان		Sand catcher, China	۲۹
Wang & Kraus, 1999 تصویر: همان		sieve-cloth bags	۳۰

مواد و روش‌ها

رسوبگیر (Eight Directional Sand Trap) EDST دارای دو بخش اصلی دریافت رسوب و نگهداری رسوب است. این دستگاه با ورق گالوانیزه ساخته شده و بدون نیاز به نیروی الکتریکی کار می‌کند. برای جلوگیری از کاهش زیاد سرعت باد ورودی به آن، با استفاده از کلاهک یک

طرفه و بادنمایی که روی دستگاه تعبیه شده، کلاهک در جلو باد قرار گرفته و با ایجاد کاهش فشار ناشی از خلأ ایجاد شده در پشت آن، سبب مکش هوا به درون دستگاه از راه مجاری ورود باد و خاک می‌شود. شکل ۱ رسوبگیر ساخته و نصب شده در صحرا را نشان می‌دهد.

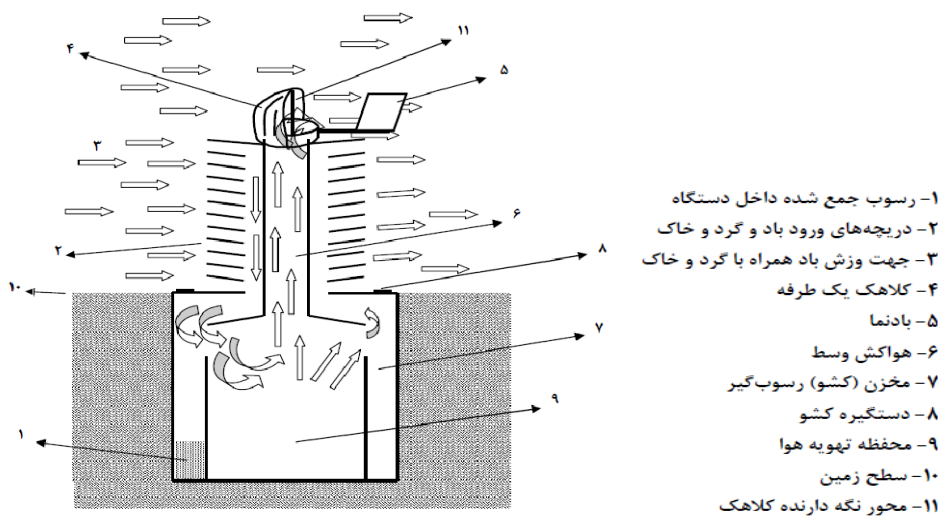


شکل ۱- نمایی از رسوب‌گیر EDST

اجزای دستگاه

همان‌طور که پیش از این بیان شد دستگاه دارای دو بخش اصلی دریافت و نگهداری رسوب است. بخش دریافت رسوب به دو قسمت کلاهک یک‌طرفه و مجاری ورود باد و خاک تقسیم می‌شود و موقع نصب دستگاه در

صحرا هم‌سطح خاک قرار می‌گیرد. بخش نگهداری رسوب با دربرداشتن هشت مخزن (کشو) در هشت جهت جغرافیایی در داخل خاک قرار گرفته و ضمن جمع‌آوری رسوب از هشت جهت، سبب افزایش پایداری و استحکام دستگاه نیز می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- قسمت‌های مختلف دستگاه EDST و نحوه جمع‌آوری رسوب در داخل مخازن

بخش دریافت رسوب

این بخش، از روزنه‌های ورود باد و گرد و خاک همراه با آن به درون دستگاه تشکیل شده است. روزنه‌ها با ابعاد یکسان $18/7 \times 3/75$ cm به تعداد ۱۶ عدد در مقابل هشت جهت جغرافیایی قرار گرفته و ارتفاع صفر (سطح زمین) تا ۶۰ سانتی‌متر را پوشش می‌دهند. این ارتفاع با توجه به

تجزیه و تحلیل توزیع ارتفاعی رسوبات جهشی که بیش از ۸۵٪ رسوبات در طبقه ارتفاعی کمتر از ۵۰ cm، حدود ۱۲٪ در محدوده ارتفاعی ۵۰-۱۰۰ cm و تنها کمتر از ۵٪ ذرات جهشی در ارتفاع بیش از ۱۰۰ cm جایجا می‌شوند (اختصاصی و همکاران، ۱۳۸۵) انتخاب شده است. البته بر حسب شدت فرسایش و ارتفاع جهش در مناطق مختلف

نصب و راه‌اندازی دستگاه در صحرا

برای نصب دستگاه در منطقه مورد نظر ابتدا لازم است گودالی به عمقی برابر با ارتفاع بخش نگهداری رسوب (۴۲cm) حفر گردد. تراز بودن نسبی کف گودال موجب افزایش پایداری دستگاه و همچنین کاهش ایجاد خطا در حرکت بادنمای روی دستگاه می‌شود. پس از تعیین جهت جغرافیایی، بخش نگهدارنده طوری در گودال قرار داده می‌شود تا مخزن مربوطه مماس با سطح خاک در مقابل جهت خود قرار گیرد. جهت‌های جغرافیایی توسط پلاک‌هایی روی دستگاه نصب شده‌اند. سپس بخش دریافت رسوب را با توجه به جهت جغرافیایی بخش پایینی، روی آن قرار داده و توسط چهار پیچ کوچک در محل خود ثابت می‌شود. برای جلوگیری از کج‌شدگی بادنما و حفظ حساسیت آن به تعیین دقیق جهت باد در ۳۶۰ درجه، قسمت بادنما و کلاهک متصل به آن طوری طراحی شده تا قابلیت جدا شدن از بخش دریافت رسوب را داشته باشند. بنابراین پس از نصب بخش دریافت رسوب، مجموعه کلاهک یک‌طرفه و بادنما به آن نصب شده و دستگاه قابل استفاده است.

رسوبات جمع شده در داخل مخازن، با توجه به بازه زمانی مورد نظر، برداشت می‌شوند. به این صورت که کاربر با مراجعه به محل نصب دستگاه، پس از تخلیه رسوبات از هر یک از کسوها، آنها را درون کیسه‌های نایلونی ریخته و با انتقال به آزمایشگاه و با استفاده از ترازوی دقیق، وزن رسوبات متعلق به هر جهت را اندازه‌گیری کرده و در جدولی همانند جدول ۲ یادداشت می‌کند. همچنین انجام آزمایش‌های مختلفی مانند دانه‌بندی و مورفوسکوپی نیز بر روی رسوبات قابل انجام است. با توجه به میزان فرسایش‌پذیری منطقه و دقت زمانی مورد نظر، فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری تعیین خواهد شد. آنچه در دستگاه EDST اندازه‌گیری می‌شود وزن رسوب است، البته رسوبی که در سطح مقطع $1m^2 / (60 \times 18 / 7 = 1122cm^2)$ به تله انداخته شده است.

می‌توان ارتفاع دستگاه را تغییر و افزایش داد. تمامی روزنه‌ها بجز اولین روزنه که لبه پایینی آن هم‌سطح زمین است، دارای زاویه ۱۰ درجه نسبت به افق هستند که این کار ورود باد به مجرای ورود گرد و خاک را تسهیل می‌نماید. مجرای ورود گرد و خاک به مخازن در انتهای روزنه‌ها قرار گرفته و باد و گرد و خاک همراه با آن را به مخزن منتقل می‌کند. مجرای میانی که به دلیل عملکرد آن به نام هواکش وسط نام‌گذاری شد نیز وظیفه تخلیه هوای ورودی به دستگاه را به‌عهده دارد. از جمله قسمت‌های مهم دستگاه، کلاهک یک‌طرفه است که با اتصال به بادنما، رو به جهت باد قرار می‌گیرد. پایه‌های نگهدارنده آن نیز در بالای هواکش وسط قرار گرفته و با دو بلبرینگ دارای پوشش، حرکت کلاهک یک‌طرفه را تسهیل می‌نمایند. در این بخش با استفاده از یک کلاهک یک‌طرفه که با استفاده از یک بادنما امکان چرخش ۳۶۰ درجه‌ای برای آن وجود دارد مشکل آئرودینامیکی تا حد زیادی کاهش یافته است. با قرار گرفتن کلاهک در جهت رو به باد، خطوط جریان باد در اطراف کلاهک منحرف شده و ضمن عبور از دهانه هواکش، موجب مکش هوا از درون هواکش شده و توازن ورود و خروج هوا برقرار می‌گردد.

بخش نگهداری رسوب

مخازن (کسوها) نگهداری رسوب در بخش نگهداری رسوب به عمق ۴۲cm در داخل زمین قرار می‌گیرند. با توجه به هدف تعیین شده، دستگاه باید بتواند جهت جغرافیایی انتقال رسوب را مشخص نماید. بنابراین هشت مخزن با ظرفیت ۲kg ماسه بادی در مقابل هشت روزنه بخش دریافت رسوب طراحی گردید. توسط دستگیره‌های متحرک که در روی هر کسوه قرار گرفته، مخازن از دستگاه خارج شده و تخلیه رسوبات توسط کاربر انجام می‌شود. طراحی دستگیره مخازن نیز طوری انجام شده که مانعی در مقابل باد ورودی به دستگاه نباشد و باد با افت سرعت مواجه نشود. در وسط بخش نگهداری رسوب نیز مجرای تعبیه شده که پس از اتصال به بخش دریافت رسوب، در امتداد هواکش وسط قرار گرفته و آن را تکمیل می‌کند.

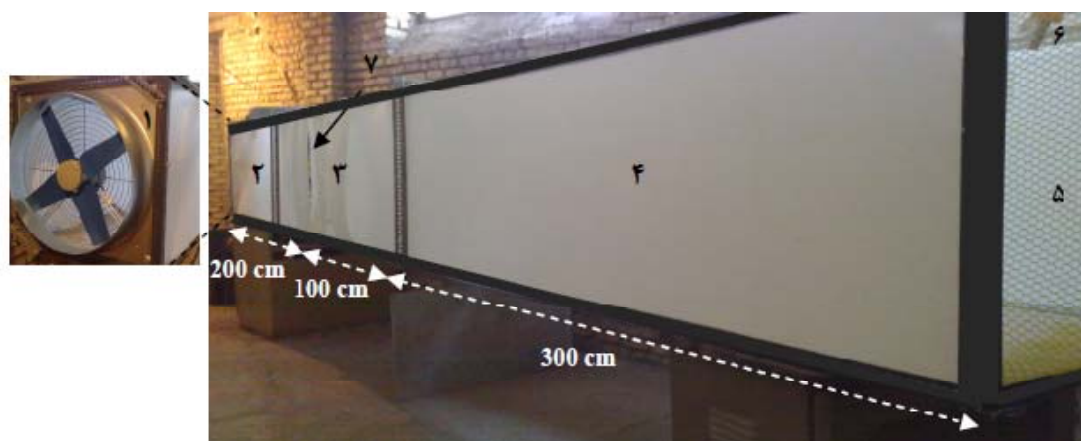
جدول ۲- نمونه جدول مورد استفاده در ثبت وزن رسوبات مخازن

مجموع	وزن رسوب در جهت‌های هشت‌گانه (gr)								تعداد دستگاه در منطقه
	NW	W	SW	S	SE	E	NE	N	
									۱
									۲
									-
									n-1
									n
									مجموع

آزمایش تونل باد

پس از ساخت دستگاه در مقیاس یک دوم، با طراحی و ساخت یک تونل باد، ارزیابی آئروپنایمیکی و رسوبگیری دستگاه انجام شد. تونل باد مورد استفاده از نوع مدار باز مکنده است و برای تولید باد، هوای داخل آن توسط یک فن

صنعتی سبک فلزی به بیرون کشیده می‌شد. این تونل دارای ابعاد $600 \times 75 \times 75$ cm است. برای کاهش آشفتگی و از بین بردن جریان‌های گردابی از یک لایه شبکه لانه زنبوری از جنس پلاستیک با مقاطع شش ضلعی (کندویی) استفاده شد. شکل ۳ نمای بیرونی تونل باد مورد استفاده را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمای بیرونی تونل باد طراحی شده به همراه معرفی قسمت‌های مختلف آن، (۱ فن، ۲) یکنواخت‌کننده جریان مکش، (۳) بخش کاری، (۴)

کاهش تلاطم، (۵) شبکه لانه زنبوری، (۶) منبع رسوب و (۷) شیار حرکت سرعت‌سنج در عرض تونل

تونل جابجا نمود. بر اساس اندازه‌گیری انجام شده بیشینه سرعت باد تولید شده در داخل تونل در ارتفاع 30 cm به $5/7 \text{ m s}^{-1}$ ($20/5 \text{ km h}^{-1}$) رسید. برای دستیابی به رفتار جریان هوای عبوری از دستگاه بصورت تجربی، اندازه‌گیری‌های سرعت باد در شبکه سه بعدی فرضی $2 \times 2 \times 2$ cm انجام شد و پس از انتقال داده‌ها به رایانه و استفاده از نرم‌افزار Surfer10 به روش کریجینگ، تغییرات سرعت باد در اطراف دستگاه ترسیم گردید. شکل ۴ نمای

کف تونل در قسمت مرکزی به شکل هشت ضلعی با اضلاع به ابعاد 22 cm فاقد کف و محل قرارگیری رسوبگیر است. برای اندازه‌گیری و بررسی میدان جریان باد در اطراف رسوبگیر در داخل تونل، از بادسنج دیجیتال BK8361 که دارای قدرت تفکیک $0/01 \text{ m s}^{-1}$ و دقت $\pm 3\%$ است، استفاده شد. بدین منظور دو شیار، به صورت طولی (ارتفاع 30 cm از کف تونل) و عرضی در بدنه جانبی در محل بخش کاری ایجاد شد تا بتوان سرعت‌سنج را در اطراف دستگاه در داخل

خاک از منبع 100 grmin^{-1} تنظیم گردید و آزمایش بمدت ۳۰ دقیقه بطول انجامید. همچنین بررسی کارایی دریافت رسوبگیر در سرعت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ متر بر ثانیه انجام شد. پس از آزمایش، منحنی دانه‌بندی خاک منبع و داخل دستگاه، توسط مجموعه الک با مش‌های مختلف به وسیله شیکر الک بدست آمد و مورد مقایسه قرار گرفت.

درونی تونل باد طراحی شده را نشان می‌دهد. به‌منظور اندازه‌گیری کارایی دریافت رسوب (جمع‌آوری) دستگاه در داخل تونل باد طبق روش Arens و Van Der Lee (۱۹۹۵) ظرف منبع خاک در روی سقف تونل در ابتدای بخش کاهش تلاطم نصب گردید. پس از پر کردن ظرف منبع با خاک با وزن معین (۳kg)، کارایی دستگاه از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد. دبی خروج



شکل ۴- نمای درونی تونل باد مورد استفاده

$$W_t = W_u - W_d \quad (1)$$

$$E_s = \frac{W_i}{W_t} \times \frac{T_w}{E_{tw}} \times 100 \quad (2)$$

که در آنها:

W_t : وزن خاک عبور کرده از اطراف دستگاه

W_u : وزن خاک داخل ظرف منبع در سقف تونل

W_d : وزن خاک به جا مانده در کف تونل قبل از دستگاه

E_s : کارایی دریافت دستگاه در تونل باد

W_i : وزن خاک داخل دستگاه

T_w : عرض تونل و

E_{tw} : عرض مؤثر رسوبگیر هستند.

عین حال، با پر نمودن کامل مخزن رو به باد دستگاه با خاک و قرار دادن دستگاه در معرض جریان باد به مدت ۳۰ دقیقه از رابطه ۳ برای اندازه‌گیری کارایی نگهداشت استفاده شد.

با توجه به محدود بودن سرعت باد در تونل مورد استفاده، اندازه‌گیری دقیق کارایی نگهداشت دستگاه که نشان‌دهنده توانایی دستگاه در حفظ رسوب به جا مانده در هنگام وزش باد با سرعت‌های زیاد است، مقدور نبود. در

تعیین شده بود. نتایج حاصل از بررسی جریان باد در اطراف دستگاه در شکل ۵ نشان داده و تغییرات سرعت باد در دو مقطع عرضی و طولی ترسیم شده است. بر اساس اندازه‌گیری انجام شده در مقابل ضلع عمود بر جهت باد، باد با سرعت $1/0.7 \text{ms}^{-1}$ (در نقطه ارتفاعی ۳۰ cm) وارد دستگاه می‌شود. این اندازه‌گیری در سرعت باد تونل 3ms^{-1} انجام شد که کاهش در حدود یک سوم را نشان می‌دهد. حداکثر سرعت باد در دو طرف دستگاه مشاهده می‌شود که ناشی از همگرایی خطوط جریان در این محل است. در پشت دستگاه نیز باد با سرعت $0/62 \text{ms}^{-1}$ از مقابل روزنه‌ها (در نقطه ارتفاعی ۳۰ cm) خارج می‌شود که نشان از تخلیه باد توسط روزنه‌های پشت به باد است.

$$E_r = \frac{W_e}{W_s} \quad (3)$$

که در آن:

E_r : کارایی نگهداشت دستگاه

W_s : وزن خاک در داخل دستگاه در ابتدا و

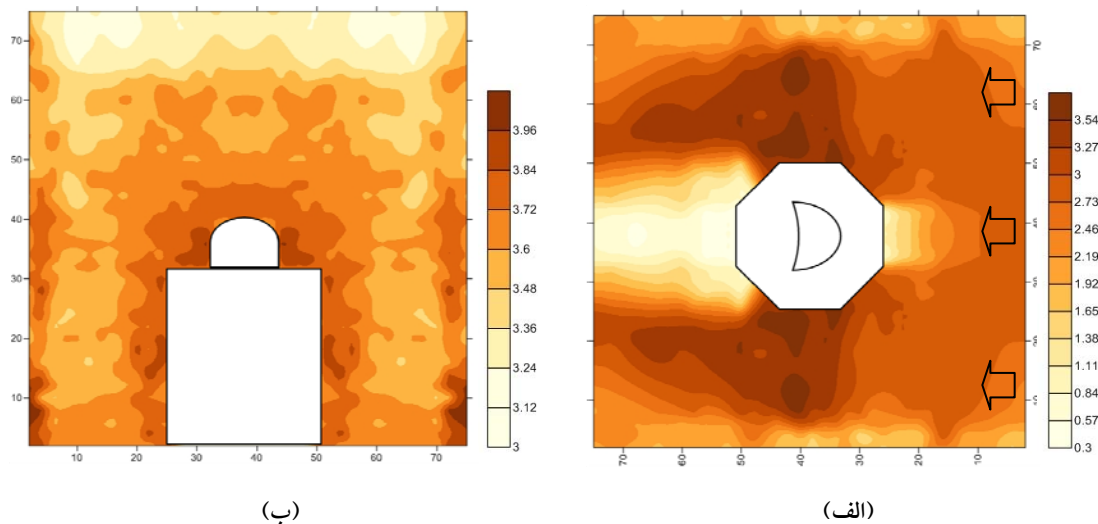
W_e : وزن خاک در داخل دستگاه در انتهای آزمایش

است.

نتایج

ویژگی‌های باد در اطراف دستگاه

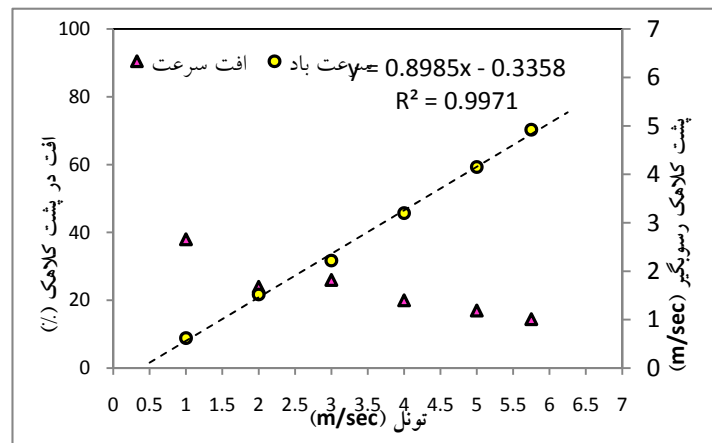
همزمان با روشن کردن تونل باد، کلاهک یک‌طرفه به کمک بادنمای متصل به آن در جهت رو باد قرار گرفت که نشان‌دهنده عملکرد مناسب آن است که از پیش برای آن



شکل ۵- مقطع الف) طولی و ب) عرضی تغییرات سرعت باد (ms^{-1}) در اطراف دستگاه در داخل تونل باد

قوی ($R^2 \approx 1$) میان این دو عامل وجود دارد و با افزایش سرعت باد در تونل، درصد افت سرعت در پشت کلاهک کاهش می‌یابد.

بررسی نقش کلاهک یک‌طرفه در تخلیه جریان هوا نیز در تونل باد نشان داد که آن در سرعت‌های مختلف، نسبت‌های متفاوتی از جریان هوا را از خود خارج می‌سازد (شکل ۶). همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد رابطه خطی



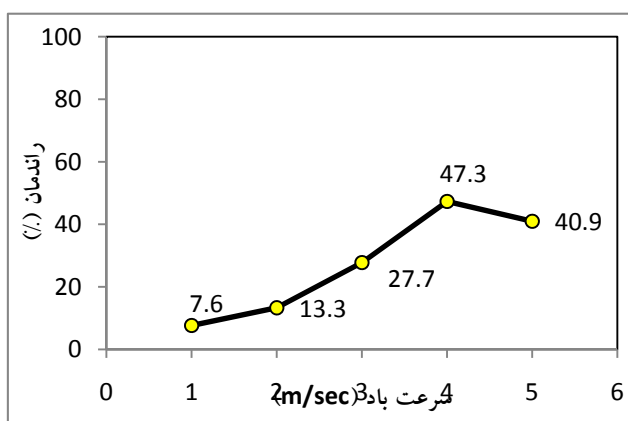
شکل ۶- رابطه تغییرات سرعت باد خروجی از کلاهک و سرعت باد داخل تونل باد

در قبل از دستگاه و کف تونل باد رسوب کرده‌اند (جدول ۲). بنابراین مقدار رسوب کرده در کف تونل قبل از دستگاه در محاسبه بازدهی دستگاه حذف گردید (رابطه ۱). همان طور که جدول ۳ نشان می‌دهد (جهت N رو به باد) دستگاه در سرعت 4ms^{-1} دارای بیشترین دریافت رسوب است و کارایی آن به $47/3\%$ رسیده است (شکل ۷).

دریافت و نگهداشت رسوب نتایج حاصل از بررسی کارایی دریافت رسوب توسط دستگاه نشان داد که دستگاه در سرعت‌های مختلف دارای میزان کارایی متفاوتی است. نتایج نشان داد که در سرعت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ متر بر ثانیه به ترتیب $4/7$ ، $10/8$ ، $23/4$ ، 100 و 100 درصد از ذرات داخل منبع رسوب به رسوبگیر رسیده‌اند و بقیه بدلیل سرعت اندک باد،

جدول ۳- وزن رسوبات داخل هر یک از مخازن دستگاه در سرعت‌های مختلف تونل باد

نامشخص	وزن (gr) و محل رسوب									سرعت (ms^{-1})	
	NW	W	SW	S	SE	E	NE	N	قبل از دستگاه		
۰	۰/۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۷۲	۱/۰۸	۲۸۵۸/۶	۳۰۰۰	۱
۱/۵۶	۱/۶۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲۲	۵/۹۱	۲۶۷۶/۲	۳۰۰۰	۲
۲/۳۸	۸/۱۴	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۳۱	۸/۴۶	۲۶/۸۲	۲۲۹۷/۵	۳۰۰۰	۳
۵/۹۴	۶۳/۶۱	۱/۱۳	۰/۱۷	۰/۳۰	۰/۲۰	۱/۰۸	۵۸/۳۴	۲۰۹/۹۶	۰	۳۰۰۰	۴
۴/۵۵	۵۲/۷۵	۰/۸۷	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۹۲	۵۲/۵۱	۱۸۲/۳۸	۰	۳۰۰۰	۵



شکل ۷- بازدهی رسوب‌گیر EDST در سرعت‌های مختلف تونل باد در ارتفاع ۳۰ cm

افزایش یافته است (جدول ۴). بطور کلی بدون در نظر گرفتن سرعت، بازدهی تعیین جهت اصلی رسوب در میان هشت جهت جغرافیایی دستگاه، ۵۵/۹۱٪ است.

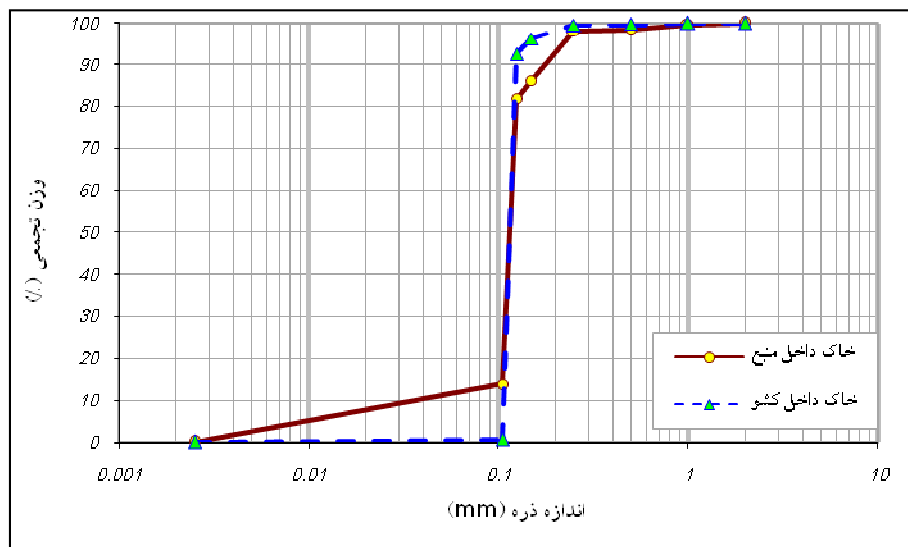
نتایج حاصل از بررسی کارایی تعیین جهت انتقال رسوب در سرعت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ متر بر ثانیه نشان داد که به ترتیب دستگاه دارای کارایی ۴۱/۶۹، ۵۷/۱۵، ۵۷/۳۳، ۶۱/۶۲ و ۶۱/۸۰ درصد است و با افزایش سرعت باد،

جدول ۴- بازدهی تعیین جهت رسوب دستگاه در سرعت‌های مختلف تونل باد (N: جهت رو به باد)

نامشخص	وزن نسبی (%) و محل رسوب								سرعت (ms ⁻¹)
	NW	W	SW	S	SE	E	NE	N	
.	۳۰/۵۰	.	.	.	.	.	۲۷/۷۹	۴۱/۶۹	۱
۱۵/۰۸	۱۵/۹۵	.	.	.	.	.	۱۱/۸۰	۵۷/۱۵	۲
۵/۰۸	۱۷/۴۰	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۶۶	۱۸/۰۸	۵۷/۳۳	۳
۱/۷۴	۱۸/۶۶	۰/۳۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۳۱	۱۷/۱۲	۶۱/۶۲	۴
۱/۵۴	۱۷/۸۷	۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۳۱	۱۷/۷۹	۶۱/۸۰	۵

افتاده در داخل دستگاه و خاک داخل منبع (شکل ۸) نشان داد که دستگاه ذرات بزرگ‌تر از ۰/۱mm (الک با مش ۱۴۰) که ۸۶٪ از ذرات خاک منبع را تشکیل می‌داد بخوبی در خود ذخیره کرده اما ذرات کوچک‌تر از آن به همراه جریان باد از دستگاه خارج شده‌اند.

نتایج حاصل از بررسی کارایی نگهداشت رسوب دستگاه نشان داد که رسوب قابل توجهی از دستگاه خارج نشده و این کارایی نزدیک ۱۰۰٪ است. البته همان‌طور که پیش از این نیز بیان شد، تولید باد با سرعت زیاد در تونل باد مورد استفاده از محدودیت‌های بررسی این کارایی بود. نتایج بدست آمده از مقایسه دانه‌بندی رسوبات به دام



شکل ۸- منحنی تجمعی دانه‌بندی خاک داخل کشتو دستگاه و خاک منبع در تونل باد

بحث

در این تحقیق، یک دستگاه رسوبگیر فرسایش بادی طراحی و ساخته شد و در تونل باد مورد ارزیابی قرار گرفت. از ویژگی‌های این دستگاه می‌توان به بیشینه کارایی دریافت رسوب ۳/۴۷٪، تعیین جهت رسوب در هر یک از جهت‌های هشتگانه با بیشینه دقت ۸/۶۱٪، تخلیه باد وارد شده به دستگاه با ایجاد مکش در آن، اندازه‌گیری رسوب تا ارتفاع ۶۰ cm، مقاومت به شرایط سخت محیطی و عدم نیاز به نگهداری، امکان افزایش حجم مخازن بدون تغییر در فیزیک حرکت هوا و به تله انداختن ذرات جهشی و غلظتی ذکر کرد.

از جمله مزیت‌های این دستگاه در مقایسه با رسوبگیرهای فرسایش بادی موجود، می‌توان به ایجاد مکش با توجه به سرعت باد اشاره کرد که ساده و در عین حال کارآمد است. در هنگام تخلیه مخازن، شرایط دستگاه هیچ‌گونه تغییری نمی‌کند که این خود سبب کاهش خطای اندازه‌گیری می‌شود. همچنین یکی از مزیت‌های دستگاه، اندازه‌گیری رسوب در مقطع 0.1m^2 است که می‌توان با ضرب وزن رسوب در عدد ۱۰، وزن رسوب عبوری در سطح 1m^2 را به دست آورد.

مقایسه نتایج حاصل از بررسی کارایی رسوبگیر EDST

در این تحقیق و کارایی دیگر رسوبگیرها توسط Goossens و Offer (۲۰۰۰)، Goossens و همکاران (۲۰۰۰)، Arens و Van Der Lee (۱۹۹۵) و Azimzadeh و Ekhtesasi (۲۰۱۱) نشان داد که کارایی این رسوبگیر نیز به سرعت باد وابسته بوده، به طوری که این کارایی تا سرعت 4ms^{-1} افزایش و پس از آن کاهش یافته است. البته کاهش کارایی دستگاه در سرعت 5ms^{-1} را می‌توان ناشی از عدم فرصت سقوط ذرات از سقف به کف تونل تا قبل از دستگاه (جدول ۳) بدلیل سرعت زیادتر باد دانست.

البته بحث اندازه ذرات به دام افتاده نیز در رسوبگیرها حائز اهمیت است که توسط محققان مختلف به آن اشاره شده است. با توجه به شکل ۸، در این دستگاه به تله‌اندازی ۸۶٪ از ذرات با قطر بزرگ‌تر از 0.1mm (ذرات با قطر مرزی 0.1mm به دام نمی‌افتند) بدون بهره‌گیری از هر گونه فیلتر یا صافی با مش مشخص، نشان‌دهنده عملکرد مناسب آن در برابر ذراتی است که به صورت جهش و خزش جابجا می‌شوند.

البته به دلیل شرایط مختلف آزمایش هر یک از محققان مانند سرعت تونل باد، اندازه ذرات، وسایل و روش سنجش و ارزیابی کارایی، امکان مقایسه دقیق هر یک از رسوبگیرها وجود ندارد، بنابراین انجام آزمایش مقایسه کارایی EDST

مکانی که نیاز به سنجش و ارزیابی مواد منتقله توسط باد وجود داشته باشد، مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دکتر محمدرضا اختصاصی (استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد) و دکتر حمیدرضا عظیم‌زاده (رئیس پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد) بدلیل راهنمایی‌های ارزنده در زمینه ساخت دستگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- اختصاصی، م. ر.، دانشور، م. ر.، ابوالقاسمی، م.، فیض‌نیا، س. و صارمی نائینی، م. ع.، ۱۳۸۵. اندازه‌گیری و تهیه نقشه جریان ماسه بادی به روش نصب تله‌های رسوب‌گیر (پژوهش موردی: دشت یزد- اردکان). دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۵۹(۴): ۷۷۳-۷۸۱.

- امراللهی، ا. و مفیدی‌فر، م.، ۱۳۸۴. بررسی اقتصادی و اجتماعی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و خاک در منطقه نرمانشیر بم. اولین همایش ملی فرسایش بادی، دانشگاه یزد، ۴-۶ بهمن: ۸ص.

- سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۳. برنامه اقدام ملی مقابله با بیابان‌زایی و کاهش اثرات خشکسالی جمهوری اسلامی ایران. انتشارات پونه، تهران، ایران، ۵۵ ص.

- مصطفوی، س. م.، یزدان‌پناه، ح. و یرنده خوزانی، ا.، ۱۳۸۴. بررسی روند فرسایش بادی با استفاده از داده‌های اقلیمی (مطالعه موردی: شهر اصفهان). اولین همایش ملی فرسایش بادی، دانشگاه یزد، ۴-۶ بهمن: ۱۰ ص.

- Arens, S. M. and van der Lee, G. E. M., 1995. Saltation sand traps for the measurement of Aeolian transport in to the foredunes. *Soil Technology*, 8: 61-74.

- Azimzadeh, H. R. and Ekhtesasi, M. R., 2011. A study on Isanti's suspension traps efficiency; Advantages and disadvantages. *Journal of Desert*, 16: 123-131.

- Bagnold, R. A., 1941, *The physics of blown sand and desert dunes*. Champman and Hall, UK, 265p.

- Blanco-Canqui, H. and Lal, R., 2008. *Principles of soil conservation and management*. Springer, 644p.

با دیگر رسوب‌گیرها در شرایط یکسان ضروریست.

برخی از ویژگی‌های رسوب‌گیر EDST را می‌توان، استفاده از نیروی طبیعی باد برای ایجاد مکش و عدم نیاز به برق و باتری، سهولت استفاده توسط کاربر، کم کردن تعداد وسایل اندازه‌گیری (با دریافت همزمان رسوبات جهشی و خزشی)، استفاده از ورق‌های گالوانیزه مقاوم در برابر خوردگی و زنگ‌زدگی، رطوبت و خشکی، نمک‌های موجود در خاک، خراش و شکستن، امکان برداشت میزان رسوب بدون تغییر در نصب و جابجایی دستگاه، مقاوم در برابر شرایط سخت محیط مانند نور خورشید، وزش تند باد، از بین رفتن خطر سقوط و واژگونی دستگاه به علت قرار گرفتن آن در داخل خاک، قابلیت تولید انبوه، قابل استفاده در محیط‌های مختلف به دلیل سادگی در استفاده، سبکی و تعداد کم قطعات و امکان افزایش حجم مخازن بدون تغییر در میزان حجم جریان ورودی ذکر کرد.

از محدودیت‌های دستگاه، حفر گودال و خروج خاک از داخل آن است که سبب به جا ماندن مواد در سطح خاک شده و منبع برداشت غیرطبیعی در اطراف دستگاه ایجاد می‌شود. بنابراین لازم است حتی‌المقدور این مواد از محل نصب دستگاه دور شود یا با فاصله کافی در خلاف جهت باد غالب منطقه جمع‌آوری شود. همچنین باید بیان کرد که یکی از محدودیت‌های دستگاه قرارگیری بدنه عمودی دستگاه در مقابل جریان هوا است که سبب کاهش سرعت باد می‌شود که سعی گردید با طراحی کلاهک یک طرفه و مکش خودبخود هوا تا حدودی برطرف گردد. مشکل عدم تفکیک رسوب در ارتفاعات مختلف را نیز می‌توان با مسدودسازی روزه‌های دیگر و دریافت رسوب از یک ارتفاع مورد نظر انجام داد. البته باید اذعان نمود که به وسیله یک دستگاه EDST امکان ترسیم میزان بار رسوب در ارتفاعات مختلف وجود ندارد.

این دستگاه توسط نویسنده با شماره اختراع ۷۵۴۴۷ در تاریخ ۱۳۹۱/۰۳/۲۴ در اداره کل مالکیت صنعتی سازمان ثبت اسناد و املاک کشور به ثبت رسیده است. دستگاه ارائه شده می‌تواند در شبکه رسوب‌سنجی فرسایش بادی و در هر

- Texas, 100p.
- Mikami, M., Yameda, Y., Ishimara, M., Gao, W. and Zeng, F., 2005. Measurement of saltation process over Gobi and sand dunes in the Taklimakan desert, with newly developed sand particle counter. *Journal of Geophysical Research*, 110, 12p.
 - Ni, J. R., Li, Z. S. and Mendoza, C., 2003. Vertical profiles of Aeolian sand mass flux. *Geomorphology*, 49 (3-4): 205-218.
 - Sensit., 2012. electronically records and flux sand measurement. www.sensit.com, gallery, retrieved .
 - Shao, Y., McTainsh, G. H., Leys, J. F. and Raupach, M. R., 1993. Efficiencies of sediment samplers for wind erosion measurement. *Soil and Water management and conservation. Australian Journal of Soil sciences*, 31: 519-532.
 - Shao, Y., 2008. *Physics and modeling of wind erosion*. Springer Press, 452p.
 - Nordstrom, K. and Shintaro, H., 2004. Wind erosion from cropland in USA: a review of problems, solutions and prospects. *Geoderma*, 121: 157-167.
 - Van Pelt, R. S. and Zobeak Ted, M., 2004. Validation of the wind erosion equation (WEQ) for discrete periods. *Environmental Modeling & Software*, 19(2): 199-203.
 - Wang, P. and Keraus, N. C., 1999. Horizontal water trap for measurement of Aeolian sand transport. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 65-70.
 - Wiggs, G. F. S., Baird, A. J. and Atherton, R. J., 2004. The dynamic effects of moisture on the entrainment and transport of sand by wind. *Geomorphology*, 59(1-4): 13-30.
 - Fryberger, S. G., 1979. Dune forms and wind regimes. 137-140. In: Makee, E. D., (Eds), *A study of global sand seas*. United States Geological Survey.
 - Goossens, D., Offer, Z. and Landon, G., 2000. Wind tunnel and field calibration of five Aeolian sand traps. *Geomorphology*, 35 (3-4): 233-252.
 - Goossens, D., Offer, Z., 2000. Wind tunnel and field calibration of six Aeolian dust samplers. *Atmospheric Environment*, 34: 1043-1057.
 - Goossens, D., 2001. Calibration of Aeolian sediment Catchers, WEELS (Wind Erosion on European Light Soils). Final Report, section 4.2: <http://www.geog.uel.ac.uk>.
 - Hoffmaster State Park., 2002. Lake Michigan coastal dunes, Research methods, Leatherman-style sand traps. www.calvin.edu retrieved.
 - Hijma, M. and Ladder, Q., 2001. An evaluation of Aeolian sand transport models using four different sand transport. Department of Physical Geomorphology, Faculty of Geographical Sciences, 90p.
 - Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S. and Kosaki, T., 2009. Soil and Water Division of ASABE. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 52(2): 487-492.
 - Jia, Q. and Huang, Y., 2008. Coarse dust around mining areas, A study of available dust collectors and their efficiency, Institution Samhällsbyggnad, 110 p.
 - Lee Jeffrey, A. and Zobeak Ted, M., 2002. proceedings of ICAR5/ GCTE-SEN joint conference, international center for arid and semiarid lands studies, Texas Tech University, Lubbock

Introduction and evaluation of capabilities and limitations of Aeolian Eight-Directional Sand Trap (EDST)

A. M. Ghaemini^{1*}

^{1*}- Corresponding author, M.Sc. in Desert Regions Management, Irrigation and Soil Physics Department, National Salinity Research Center (NSRC), Yazd, Iran, Email: a.ghaemini@yahoo.com

Received: 9/3/2013

Accepted: 8/12/2013

Abstract

Due to the difficult field operations in desert regions, in order to measure wind erosion, the use of devices with a high-performance, resistant to environmental conditions and need less maintenance is required. The main objective of this research was to design, manufacture, and evaluation of EDST (Eight Directional Sand Trap)", so that it could be used in areas exposed to wind erosion and sedimentation. The device is made of two parts including the sediment catch from the soil surface to a height of 60 cm and sediment holding tanks for the eight geographical directions. According to the obtained results, the catching efficiency of this sand trap varied in different examined wind speeds (1, 2, 3, 4 and 5 ms⁻¹); so that the most efficiency was equal to 47.3% at 4 ms⁻¹. In addition, the device efficiency in determining the direction of sediment transport increased by increasing tunnel's wind speed and reached to the highest value (61.8%) at 5 ms⁻¹. The comparison of cumulative curve of sediment grading inside the sand trap and sediment source in the wind tunnel showed that the device was selective to diameter, so that the trapping of particles whose diameter was more 1 mm was done with an efficiency of 86%. However, it was inefficient in tapping the particles smaller than 1 mm.

Keywords: Sediment catcher, wind erosion, sediment direction, sediment amount, wind tunnel.