بررسي روش‌هاي كنترل فرسايش بادي براي حفاظت راه‌آهن[۱]

مطالعه موردي: منطقه بافق

حسن احمدي[۲] محمدرضا اختصاصي[۳] سادات فيض‌نيا[٤] محمدجواد قانعي بافقي[۵]

چكيده

پديده فرسايش بادي از عمده معضلات در مناطق خشك و نيمه‌خشك محسوب مي‌شود. در جنوب شهرستان بافق نيز اين پديده فعال بوده و همواره خساراتي به راه‌هاي ارتباطي و بويژه راه‌آهن سراسري تهران - بندرعباس و تهران - كرمان درمحدوده جنوب بافق و اراضي زراعي و روستاهاي مجاور وارد مي‌كند. به منظور كنترل فرسايش بادي در خط راه‌آهن در اين منطقه ابتدا منشا رسوبات مشخص شد كه شامل دشت‌سرآپانداژ جنوب غرب ارگ و مسيل رودشور زرند و رخساره‌هاي حساس به فرسايش بادي موجود بر روي اين دشت‌سر و همچنين جلگه رسي مجاور آن است. به‌منظور كنترل فرسايش بادي و جلوگيري از حركت ماسه‌ها به ريل‌هاي راه‌آهن، مطالعات پايه مانند آب و هوا، ژئومرفولوژي خاك، پوشش گياهي، آب‌هاي زيرزميني و... انجام و محدوديت‌هاي آب و هوايي و ويژگي‌هاي خاك در اين محدوده بررسي شد و مشخص گرديد كه محدوده منشا داراي محدوديت‌هاي آب و هوايي و ادافيكي است. از اين‌رو استفاده از روش‌هاي صرفا بيولوژيكي در اين منطقه جوابگو نيست. بنابراين براي محافظت از ريل راه‌آهن مخلوطي از روش‌هاي بيولوژي و مكانيكي استفاده شد. روش‌هاي پيشنهادشده براي كنترل فرسايش بادي در مجاورت ريل عبارتنداز: بادشكن زنده با استفاده از گياهان بومي منطقه، حفر خندق و احداث بادشكن غيرزنده و همچنين تقويت پوشش سنگفرشي موجود در رخساره‌ها.

واژه‌هاي كليدي: مكان‌يابي، جهت‌يابي، ارگ، دشت ريگي، سرعت آستانه فرسايش، بادشكن و روش بيولوژي.

۱- تاريخ دريافت: ۷۹/۱۲/۷، تاريخ تصويب نهايي: ۸۱/۲/۱٦

۲- استاد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران **(E-mail:ahmadi@chamran.ut.ac.ir)**

۳- عضو هيات علمي دانشگاه يزد

٤- استاد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران

۵- كارشناس ارشد بيابان‌زدايي، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران

مقدمه

درمحدوده جنوب بافق و حاشيه جنوبي كوير درانجير كه در جنوب شرقي استان يزد واقع شده، به علت كمبود رطوبت و شرايط سخت محيطي، پوشش گياهي اندكي مستقر شده است. علاوه بر اين، وجود نمك و املاح در خاك كه موجب پخشيدگي خاك مي‌شود، نيز مزيد بر علت شده و ذرات خاك سطحي با وزش باد به‌راحتي حمل مي‌شوند. اين ذرات هرساله به راه‌هاي مواصلاتي، بويژه راه‌آهن و اراضي كشاورزي و تاسيسات شهري، همچنين روستاهاي مجاور خسارات زيادي وارد مي‌كند. در اين منطقه دومسير راه‌آهن وجود دارد كه يكي به سمت تهران و ديگري به سمت بندرعباس كشيده شده است. اين دو خط در حال حاضر تحت تاثير فرسايش بادي است. اين پديده سبب تخريب لوازم و قطعات قطارهايي كه از اين مسير عبور مي‌كنند شده و در هر رفت و آمد نياز به تعويض بعضي قطعات دارند. چه بسا هزينه تعويض اين قطعات درصد زيادي از درآمد قطار را مستهلك كند. در زمينه كنترل فرسايش بادي تحقيقات زيادي در نقاط مختلف دنيا و در كشور انجام شده است كه از جمله مي‌توان به موارد زير اشاره كرد:

خلدبرين (١٣٦٨) روش‌هاي گوناگون تثبيت ماسه‌هاي بادي در ايران را مورد بررسي قرار داد. كاظمي نژاد (١٣٧١) در تحقيقي به بررسي وضعيت حركت تپه‌هاي ماسه‌اي و مقايسه دو روش مالچ‌هاي نفتي و بيولوژي در تثبيت ماسه‌هاي منطقه اشكذر يزد پرداخت(٧). احمدي و اختصاصي (١٣٧٧) نيز اثر مالچ سنگريزه‌اي در كاهش فرسايش بادي را در اراضي رسي و دقي دشت يزد اردكان مورد مطالعه قرار داده و به اين نتيجه رسيدند كه پوشش ٥٠ درصد سنگريزه مي‌تواند سطح اين اراضي را تا حد زيادي از فرسايش حفظ كند. در زمينه مطالعات خارج از كشور نيز مي‌توان موارد زير را نام برد (٣):

زوزوندا و همكاران[١] (١٩٨٥)، پس از تعيين منشا رسوب‌هاي بيابان چين، روش تثبيت آنها را محافظت از اراضي در مقابل تخريب، احداث بادشكن وكشت شطرنجي گراس معرفي كردند (١٥).

جابور[٢] (١٩٨٥) در الكسراي سوريه به‌منظور كنترل تكنيكي فرسايش بادي، روش‌هايي مانند احداث بادشكن در منطقه برداشت و حمل و ايجاد پشته‌هايي به ارتفاع ٢-٣ متر در محدوده ارگ و درختكاري در كناره پشته‌ها و همچنين حفر خندق به‌منظور جلوگيري از حركت جهشي و غلطشي مواد بادرفتي به سمت پشته‌ها را پيشنهاد كرد. چائو[٣] (١٩٨٥) نيز در شمال غرب چين در مورد خطر حركت تپه‌هاي ماسه‌اي تحقيقي صورت داده و به‌منظور تثبيت تپه‌هاي ماسه‌اي پاشيدن رس و گشت گراس در يك سوم پاييني تپه‌ها به‌صورت شطرنجي و يكسره را پيشنهاد كرد (١٤).

در تحقيق حاضر با بررسي محدوديت‌هاي اقليمي، اكولوژيك و خاك بهترين روش كنترل فرسايش بادي و حركت ماسه‌هاي روان در حاشيه ريل‌ها پيشنهاد خواهد شد.

مواد و روش‌ها

با توجه به تحقيق انجام‌شده در اين منطقه، منشا رسوب‌هاي بادي و كانون‌هاي برداشت مشخص شده است. بنابراين فعاليت‌هاي كنترل بر روي اين محدوده متمركز خواهد شد.

منشا رسوب‌هاي بادي عبارتند از: مسيل رودشور زرند كه سالانه دو يا سه بار طغيان كرده و مقادير فراواني رسوب در كف بستر و اطراف آن برجاي مي‌ماند كه پس از خشك‌شدن توسط باد حمل مي‌شود؛ دشت‌سر اپانداژ در مشرق اين مسيل كه پوشش گياهي اندكي بر روي آن مستقر شده و شوربودن خاك و پخشيدگي آن، شرايط را براي حمل توسط باد فراهم مي‌كند نيز جزُء منطقه برداشت است؛ بعلاوه در غرب مسيل مذكور دشت ريگي[٤] مشاهده مي‌شود كه هيچ‌گونه پوشش گياهي ندارد و تنها برسطح آن پوشش سنگريزه‌اي، نقش

[١] -Zhu Zhenda et al.

[٢] -Jabbour

[٣] - Chao

[٤] -Hammada

حفاظت از خاك را بر عهده دارد. در نقاط مختلف اين دشت درصد پوشش سنگريزه‌اي متفاوت بوده و از ۳۰ تا ۹۰ درصد متغير است، از اين‌رو در طوفان‌هاي شديد مناطق با پوشش سنگريزه‌اي كمتر از ۵۰درصد، رسوبزا بوده و به عنوان منشا فرعي شناخته شده است. بر روي اين اراضي، راه‌آهن بافق - بندرعباس و بافق - كرمان عبور مي‌كنند. با توجه به قدمت بيشتر راه‌آهن بافق-كرمان، خصوصا درحاشيه غربي آن، تجمع رسوب‌هاي بيشتري به چشم مي‌خورد كه دربرخي نقاط به‌منظور جلوگيري از پوشيده‌شدن ريل از ماسه درحاشيه آن با كمك تراورس‌هاي فرسوده اقدام به احداث بادشكن‌هاي غيرزنده شده است. در سمت مشرق راه‌آهن نيز ارگ بزرگ واقع شده كه بادهاي شمال‌شرقي قادرند رسوب‌هاي تپه‌هاي ماسه‌اي را به سمت ريل حركت دهند. بنابراين، اين ريل از دو طرف تحت تاثير ماسه‌هاي روان است. اما راه‌آهن بافق - بندرعباس كه در غرب راه‌آهن بافق - كرمان واقع شده است، فقط از مغرب و جنوب غربي تهديد مي‌شود و از سمت مشرق هيچ‌گونه مشكلي ندارد.

به‌منظور كنترل فرسايش در منطقه برداشت نياز است كه برخي مطالعات پايه انجام گيرد و محدوديت‌ها و استعدادهاي آن شناسايي گردد. در اين زمينه آب و هواي منطقه، پوشش گياهي و وضعيت خاك و آب‌هاي زيرزميني مورد بررسي قرارگرفت.

نتايج

آب و هوا

از آنجا كه آب و هوا از عوامل محيطي مهم به‌شمار مي‌رود، لازم است با دقت مورد بررسي قرار گيرد. در اين زمينه از آمار بارندگي، دما و باد ايستگاه‌هاي كليماتولوژي چغارت و سينوپتيك بافق كه در محدوده منطقه مورد مطالعه قرار دارد، استفاده شد. شايان ذكر است كه ايستگاه چغارت تا سال ۱۳۶۲ دايز بوده و از آن به بعد منحل شده است، ازاين‌رو براي بررسي از آمار سال‌هاي قبل از اين سال استفاده شده است. ايستگاه سينوپتيك بافق نيز در سال ۱۳۷۱ تاسيس شده و آمار آن تا سال ۱۳۷۶ در دسترس است. از اين آمار براي تجزيه و تحليل بادهاي منطقه استفاده شده است. در جدول ۱ ويژگي‌هاي بارندگي ايستگاه چغارت نشان داده شده است.

در اين منطقه رژيم بارندگي، مديترانه‌اي است و بارندگي در ماه‌هاي سرد سال اتفاق مي‌افتد و حداكثر آن مربوط به دي‌ماه است كه ۲۲ درصد بارندگي سال را شامل مي‌شود و ماه‌هاي گرم سال، عمدتا خشك مي‌باشند.

از جمله خصوصيات اكوسيستم‌هاي بياباني ايران مركزي، نوسانات شديد دما در طي شبانه‌روز و در طول سال است. ازاين‌رو دما يكي از عوامل محدودكننده اكولوژي در اين مناطق محسوب مي‌شود. از نظر رطوبتي نيز، نم نسبي از ۲۳/٤ درصد در تيرماه تا ٥٤/۱ درصد در دي‌ماه متغير است و متوسط سالانه آن ۳۷/۱۳ درصد مي‌باشد.

به‌منظور مطالعه بادهاي منطقه از آمار ايستگاه سينوپتيك بافق استفاده شد كه داراي پنج ديده‌باني در روز است. جدول ۲ رژيم بادناكي هوا در طول سال را نشان مي‌دهد. براساس اين جدول بادهاي غالب در ماه‌هاي گرم سال (ارديبهشت، خرداد و مرداد تا مهر) از شمال غرب و در ماه‌هاي سرد سال (آبان تا فروردين) از جنوب مي‌وزد. متوسط سرعت بادهاي غالب ۲/٤ متر بر ثانيه در دي‌ماه تا ٤/۸ متر بر ثانيه در تيرماه متغير است و بادهاي شديد معمولا از

جدول ۱- برخي ويژگي‌هاي بارندگي در دو ايستگاه چغارت و قطرم (خليلي، ۱۳۷۰)

نام ايستگاه	ارتفاع (متر)	كمينه بارندگي (mm)	بيشينه بارندگي (mm)	ميانگين بارندگي (mm)	ضريب تغييرات (CV%)
چغارت	۱۰۵۰	۲۳/۷	۹٥/٤	٥٦	۲۷/۱

سمت شمال غربي تا جنوب مي‌وزد. در جدول ۳ شاخص‌هاي تركيبي و عوامل مختلف اقليمي براي ايستگاه چغارت نشان داده شده است.

براساس اين جدول در اكثر موارد، اقليم بياباني و خشك تشخيص داده شده است.

جدول ۲- رژيم بادناكي هوا در طول سال

ماه	درصد حالات	بادغالب			سرعت متوسط	سرعت‌وجهت شديدترين باد
	آرام	جهت	درصد	سرعت	ماهانه (m/s)	(m/s)
دي	٦١/٧	SE	٢٠/٥	٢/٤	٣/٢	١٢SE
بهمن	٥٠/٢	SE	١٩/٩	٤	٤	١٠SW
اسفند	٥٠/٧	SE	١٦/٤	٣/٧	١/٤	١٦S
فروردين	٤٧/٢	SE	١٤/٣	٣/٦	٣/٩	١٦W
ارديبهشت	٥٥/٤	NW	١٦/١	٤	٣/٧	١٠WS,NW
خرداد	٥١/٨	NW	١٧/٤	٤/٢	٤	٩N,NW
تير	٤٧/٥	N	١٧/٥	٤/٨	٤/٤	١٢NW
مرداد	٥٢/٣	NW	١٥/٦	٤/٦	٤/٤	١٢N
شهريور	٥٢/٧	NW	١٥/١	٤/٥	٣/٩	١٠N,NW
مهر	٦٤/٦	NW	١١/٥	٤	-٣/٩	١٠N
آبان	٦٣/٣	SE	١٦/٣	٣/٤	٣/٦	١١S
آذر	٧٠/٤	SE	١٧	١/٤	٤	٨S,SE,NW
سالانه	٥٥/٧	SE	١١/٩	٣/٨	-	١٦W

جدول ۳- شاخص‌ها و پارامترهاي اقليمي

عامل اقليمي	مقدار	ملاحظات
بارندگي سالانه (mm)	٦٠	-
ميانگين حداكثر دما در گرمترين ماه سال (°C)	٤٠/٤٤	-
ميانگين حداقل دما در سردترين ماه سال (°C)	١/٩	-
ضريب گزروترميك كوپن	٣٣١	اقليم بياباني مديترانه‌اي
شاخص خشكي دومارتن	١/٩٢	فراخشك معتدل
ضريب رطوبتي ترانسو	٠/١٩	اقليم صحرايي (رطوبت بسيار كم)
ضريب آمبرژه	٣/٦٨	اقليم بياباني معتدل

وضعيت پوشش گياهي

به‌منظور بررسي وضعيت پوشش گياهي در منطقه، نقشه درصد تاج‌پوشش تهيه شد كه مشخص گرديد كه پوشش گياهي در اكثر موارد زير ۱۰ درصد است و فقط در آبراهه‌هاي دشت‌سر لخت، درصد پوشش به بيش از ۱۵درصد مي‌رسد. علاوه بر اين براي مشخص‌شدن گونه‌هاي درختي و درختچه‌اي كه به صورت بومي در منطقه وجود دارد و قادرند

شرايط سخت محيطي را تحمل كنند، فهرست گياهان بوته‌اي و درختچه‌اي منطقه تهيه شد. گونه‌هاي منطقه عمدتا داراي فرم بوته‌اي و چندساله بوده و اغلب گونه‌هاي مقاوم به شوري و خشكي مي‌باشند. گونه شاخص بوته‌اي در اين منطقه رمس (تاغ ترات، *Hammada salicaornica*) بوده كه گونه‌اي مقاوم به شوري و خشكي و گچ‌پسند است. علاوه بر گونه رمس گونه‌هاي ديگري نظير اشنان (*Sidlitzia rosmarinus*) و طارون (Cornulaca *monocanta)* و شور (*Salsola tomentosa)* از جمله گونه‌هاي بومي و مهم منطقه محسوب مي‌شوند.

آب‌هاي زيرزميني

در منطقه منشا رسوب‌هاي بادي، براساس پستي و بلندي زمين، عمق آب متفاوت است، به‌طوري‌كه هرچه از تپه‌هاي ماسه‌اي به طرف جنوب غربي پيش رويم، به‌علت شيب طبيعي منطقه، سطح سفره آب، عمق كمتري دارد. با توجه به عمق آب در مادر چاه قنوات موجود در منطقه و چاه‌هاي پيزومتري موجود، توسط عمق آب در منطقه منشا، حدود ۲۰-۲۵ متر است، ولي به‌علت خشكسالي‌هاي اخير و كمبود بارش و همچنين برداشت بي‌رويه، سطح آب زيرزميني درحال افت است.

خاك

به‌منظور بررسي محدوديت‌هاي موجود در خاك از سه منشا (منشا اصلي، منشا فرعي و بستر مسيل)، پروفيل‌هايي حفر و از هر افق يك نمونه برداشت شد كه نتيجه آن در جدول ٤ نشان داده شده است. همان‌گونه‌كه مشاهده مي‌شود، بافت خاك در بستر مسيل عمدتا سبك و در دو پروفيل ديگر متوسط و سنگين است. از نظر EC هرچه از مسيل فاصله مي‌گيريم، بر ميزان آن افزوده مي‌شود، اين افزايش در پروفيل ۳ كه در تيپ دشت ريگي حفر شده و فاصله نسبتا زيادي از مسيل دارد، كاملا مشهود است، به نحوي‌كه در اين پروفيل مقدار EC به ۷۰ ميلي‌موس برسانتي‌متر مي‌رسد.

از نظر اسيديته، خاك‌هاي اين منطقه همگي داراي pH بالاي ۷ بوده و قليايي هستند. از نظر درصد كربنات كلسيم نيز همان‌گونه‌كه پيداست، خاك‌هاي منطقه‌اي داراي درصد كربنات كلسيم بالايي مي‌باشند و كمترين مقدار آن در پروفيل منشا اصلي به چشم مي‌خورد كه ۱۵/۲ است. علت بالابودن ميزان آهك در خاك، وجود سنگ‌هاي آهكي فراوان در اين منطقه است كه پس از فرسوده شدن توسط آب حمل شده و در اين منطقه رسوبگذاري مي‌كنند. وضعيت فراواني سديم و مجموع كلسيم و منيزيم و همچنين SAR نيز شبيه EC است. به اين ترتيب كه با فاصله گرفتن از مسيل بر ميزان اين عوامل افزوده مي‌شود و همان‌گونه كه ملاحظه مي‌شود، در پروفيل ۳ ميزان اين سه عامل از دو پروفيل ديگر بمراتب بيشتر است. در مورد گچ نيز افق سطحي پروفيل ۲ داراي بيشترين درصد است و در دو پروفيل ۲ و ۳ هرچه به عمق خاك اضافه مي‌شود، بر ميزان گچ نيز افزوده مي‌گردد كه علت آن حركت گچ همراه با آب در اثر نيروي شعريه به سطح زمين است.

طراحي بادشكن

براي كنترل فرسايش، لازم است سرعت باد را تا حد سرعت آستانه فرسايش در منطقه كاهش داد، به اين منظور بهترين راه ايجاد مانعي در مقابل باد است كه به آن بادشكن گفته مي‌شود. به‌طور كلي بادشكن‌ها به دو گروه زنده و غيرزنده تقسيم مي‌شوند. انتخاب جنس بادشكن غيرزنده بستگي به موقعيت منطقه و مواد اوليه موجود در آن دارد. بادشكن‌هاي زنده معمولا شامل چند رديف درخت، درختچه و بوته مي‌باشند كه در جهت عمود به باد كاشته مي‌شوند. در اين نوع بادشكن نوع گياه براساس شرايط منطقه و ارتفاع موردنياز انتخاب مي‌شود.

جدول ٤- برخي از ويژگي‌هاي پروفيل‌هاي حفرشده

شماره پروفيل	مسيل (١)					منشا اصلي (٢)			منشا فرعي (٣)		
كدافق	١-١	٢-١	٣-١	٤-١	٥-١	١-٢	٢-٢	٣-٢	٣-١	٣-٢	٣-٣
درصد سنگريزه	٧	١٩/٨	١٢	٣٧	٠	١١	١٠	٥	٢	٠	٠
بافت	Sandy	Sandy	Sandy	Sandy	Loam	Loamy sand	Sandy loam	Sandy clayloam	Sandy clayloam	Loam	Clay
ضخامت افق (cm)	٠-٢٥	٠-٢٠	٠-٢٠	٠-١٠	٠	٠-٢٠	٠-٥٠	٠	٠-٧٥	٠-٢٠	٠
EC (ds/m)	٠/٤٥٦	١/٢٢٦	٢/٢٢٨	٣/٠٤	١٤/٤	٢٠/١٢	٢٩/٣٥	٢٠/١١	٥٠/٠	٧٠/٦٥	٤٨/٨٢
pH	٨/٣	٧/٧	٨/٢	٨/٢	٧/٧	٧/٩	٨/٠	٨/٠	٧/٩	٧/٨	٧/٩
درصد كربنات كلسيم	٢٠	٢٢/٧٥	٣٦/٥٨	٢٩/١٦	١٩/١٦	٢١/٨٧	٢٠/٨٣	١٧/٥	١٧/٧	١٥/٢	١٦/٨٧
Na (meq/lit)	٣/٢	٢/٥	١٤/٦	٢٠/٧	٩٩/١	١٧١/٤	٢٥٢/٧	١٧٨/٦	٦١٤/٣	١١٩٢/٨٥	٥٠٧/٤
Mg+Ca (meq/lit)	٣	١١/٨	٥	٦/٢	٤/٤	٤٨/٨	٤٦/٢	٣٦/٦	٦٧/٨	٨٤/٤	٥٣/٦
SAR	٢/٦١	١/٠٣	٩/٢٣	١١/٧٥	٦٦/٨	٢٤/٧	٥٢/٥٧	٤١/٧٥	١٠٥/٥	٣٠٦/٧٧	٩٨/٠١
درصدگچ	٠/٧١	٠/٦١	٠/٥١	٠/٧١	٤/٩٨	١٠/٩٨	٥/٤	٤/٢٩	٥/٧٦	٤/٤٧	٢/١٥

براي تعيين رديف بادشكن‌ها نياز به محاسبه سرعت آستانه فرسايش است، از اين‌رو با فرمول زير سرعت آستانه فرسايش محاسبه گرديد:

$$U_t = A\sqrt{\frac{\sigma-\rho}{\rho}.d.g} \qquad (١)$$

A = ضريبي ثابت است كه براي ذرات بزرگتر از ٠/١ ميلي‌متر ٠/١ درنظرگرفته مي‌شود.

σ=وزن مخصوص حقيقي ذرات، ٢٠٠٠ كيلوگرم برمترمكعب اندازه‌گيري شد.

ρ= وزن مخصوص هوا، ١/٣ كيلوگرم برمترمكعب اندازه‌گيري شد.

D= قطر ذرات به‌طور متوسط ١٩٠ ميكرون ($1/9*10^{-4}$ m) به‌دست آمد.

پس مي‌توان نوشت:

$$U_t = 0.1\sqrt{\frac{2000-1.3}{1.3}*1.9*10^{-4}*9.8}$$

$$U_t = 0.17 m/s$$

اين عدد سرعت آستانه فرسايش در سطح زمين است. از آنجا كه نسبت سرعت آستانه فرسايش به سرعت ماكزيمم در منطقه بايد در يك ارتفاع اندازه‌گيري شود و سرعت ماكزيمم باد در منطقه را ايستگاه سينوپتيك در ارتفاع ١٠ متري ثبت مي‌كند، از اين‌رو بايد سرعت آستانه فرسايش را در اين ارتفاع به دست آورد. به اين منظور مي‌توان از رابطه زير استفاده كرد:

$$U_t = 5.75*A\sqrt{\frac{\sigma-\rho}{\rho}.d.g}\ \ Log\frac{Z}{Z_0} \qquad (٢)$$

كه در آن Z ارتفاع موردنظر (برحسب متر) و Z_0 زبري آيروديناميك برحسب متر است. زبري آيروديناميك را مي‌توان از رابطه زير محاسبه كرد:

$$Z_0 = \frac{1}{30}d$$ d قطر ذرات است.

$$Z_0 = \frac{1}{30}*1.9*10^{-4} \qquad Z_0 = 6.3*10^{-6} \qquad (٣)$$

به اين ترتيب سرعت آستانه فرسايش را مي‌توان به‌صورت زيرمحاسبه كرد:

$$U_t = 5.75*A*\sqrt{\frac{\sigma-\rho}{\rho}.g.d}\ Log\frac{Z}{Z_0}$$

$$A = 0.1, g = 9.8\frac{m}{S^2}, d = 1.9*10^{-4}, Z = 10,$$

$$Z_0 = 6.3*10^{-6}, \sigma = 2000$$

$$U_t = 5.75*0.1\sqrt{\frac{2000-1.3}{1.3}*9.8*1.9*10^{-4}}*$$

$$Log\frac{10}{6.3*10^{-6}}$$

U_t=6.0 m/s

اين سرعت در مقايسه با سرعت اندازه‌گيري شده در الباجي اهواز توسط تله‌هاي رسوبگير(۱۰) (٦/٤ متر برثانيه) و دشت يزد اردكان (۵) (۷ متربرثانيه) كه به‌صورت عملي سرعت آستانه فرسايش اندازه‌گيري‌شده است، اختلاف چنداني ندارد.

سرعت ماكزيمم باد نيز در منطقه در ارتفاع ۱۰ متري، ١٦ متر بر ثانيه اندازه‌گيري شده است. به اين ترتيب نسبت سرعت آستانه فرسايش به سرعت ماكزيمم باد $Vu = \frac{U_t}{V_M} = \frac{21.6}{57.6} = 0.37$ خواهد شد؛ به اين معني كه اگر سرعت باد در اين منطقه ۳۷درصد كاهش يابد، سرعت باد به كمتر از ٦ متر بر ثانيه (سرعت آستانه فرسايش) مي‌رسد.

بحث و نتيجه‌گيري

به‌منظور كنترل فرسايش بادي لازم و ضروري است كه سه مرحله برداشت، حمل و رسوبگذاري مورد بررسي قرارگيرد و بسته به شرايط هر بخش، راه‌حل مناسب ارائه شود. آنچه مسلم است در مرحله اول بايد منطقه برداشت مورد توجه باشد تا كانون برداشت مهار گردد. در بين انواع روش‌ها، راه‌هاي كنترل بيولوژي بهترين روش و مطمئن‌ترين و كم‌هزينه‌ترين آنهاست و اگر در منطقه‌اي بتوان از روش‌هاي بيولوژي به‌منظور كنترل فرسايش بادي استفاده كرد، نبايد به سراغ روش ديگري رفت. ولي اجراي روش بيولوژي مستلزم مناسب‌بودن شرايط اكولوژي منطقه است. با توجه به شرايط سخت اكولوژي منطقه مورد مطالعه، اجراي روش‌هاي صرفا بيولوژي غيرممكن است. از نظر هواشناسي بارندگي در اين منطقه بسيار كم (متوسط بارندگي ٥٦ ميلي‌متر در سال) و پراكنش آن بسيار نامنظم است. علاوه بر اين با توجه به دماي بالاي منطقه، تبخير و تعرق بسيار زياد است.

آب‌هاي زيرزميني نيز در اين منطقه داراي عمق متوسط ۲۰ متر بوده (۱۱) و مانند اكثر نقاط مركزي ايران اين منطقه نيز با كاهش سطح آب‌هاي زيرزميني روبرو است كه خود محدوديت بزرگي در اجراي طرح‌هاي وسيع بيابان‌زدايي به حساب مي‌آيد.

با توجه به جدول ٤، خاك منطقه شور و داراي املاح فراوان گچ و نمك است، به‌طوري‌كه در غرب ريل راه‌آهن بافق - بندرعباس بر روي دشت ريگي هدايت الكتريكي در عمق حدود۸۰ سانتي‌متر خاك، به ۷۰ ميلي‌موس بر سانتي‌متر مي‌رسد. بنابراين گونه‌هاي بسيار محدودي قابليت رشد در اين شرايط را دارند. با عنايت به موارد مذكور سعي شده تا با درنظرگرفتن شرايط اكولوژي و ادافيكي و با محوريت قراردادن حفاظت از ريل‌هاي راه‌آهن، تلفيقي از روش‌هاي مكانيكي و بيولوژي ارائه شود.

طراحي بادشكن جهت حفاظت راه‌آهن

به‌منظور كنترل فرسايش بادي بر روي ريل‌ها، بايد در حاشيه‌آنها اقدام به احداث بادشكن زنده‌كرد(شكل۱). براي اين منظور از گونه سفيد تاغ[1] و گونه بوته‌اي رمس (تاغ ترات)[2] استفاده خواهد شد. علت انتخاب اين دو گونه اين است كه گونه بوته‌اي رمس، بومي منطقه بوده و بخوبي با شرايط سخت اكولوژي آن سازگاري دارد و خاص اراضي گچي، سنگريزه‌اي است و مي‌تواند در كنترل فرسايش بادي موثر باشد. تاغ نيز گونه‌اي است كه در سال‌هاي گذشته در اراضي منطقه به همراه گونه گز كاشته شده و عملكرد خوبي داشته است.

به‌دليل اينكه بادهاي طوفان‌زا از جنوب غرب مي‌وزند، ازاين‌رو جهت رديف‌هاي بادشكن بايد در جهت عمود با آن باشد. به اين ترتيب راستاي رديف‌هاي بادشكن، شمال‌غربي - جنوب شرقي خواهد بود. ريل‌هاي راه‌آهن نيز داراي همين جهت است، بنابراين رديف‌هاي كشت شده مي‌تواند موازي با ريل‌ها باشد.

[1] - *Haloxilon persicum*
[2] - *Hammada salicornica*

شكل ۱- نمايي شماتيك از نحوه كنترل فرسايش بادي در حاشيه ريل

ارتفاع درخت‌هاي تاغ در منطقه پس از ۵ سال به حدود ۲ تا ۲/۵ متر مي‌رسد، اما براي اينكه بادشكن تاثير بيشتري داشته باشد و با اطمينان بيشتري فرسايش كنترل شود، اين ارتفاع ۱/۷ متر در نظرگرفته شده و با استناد به همين، ارتفاع رديف‌هاي بادشكن محاسبه شد.

همان‌گونه‌كه قبلا ذكر شد، نسبت سرعت آستانه فرسايش به سرعت ماكزيمم منطقه معادل ۰۳۷ است. به اين ترتيب درصد كاهش سرعت باد ۳۷ درصد است. حال با مراجعه به جدول ۵ كه براي محاسبه فاصله رديف‌هاي بادشكن غيرمتراكم تهيه شده،. نتيجه مي‌شود فاصله رديف‌هاي بادشكن از يكديگر بايد ۱۲ برابر ارتفاع آنها باشد (۲).

جدول ۵- تقليل سرعت باد نسبت به ارتفاع بادشكن در جلو و پشت بادشكن (احمدي، ۱۳۷۷)

فاصله بر حسب ارتفاع بادشكن	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۸	۶	۴	۲	۱	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۲۰	۲۲
درصد كاهش سرعت باد	۱۰۰	۸۸	۷۵	۶۵	۵۵	۴۷	۴۰	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۸	۳۶	۴۵	۷۸	۱۰۰	

با درنظرگرفتن اينكه گياه تاغ پس از حدود ۵ سال به ۱/۷ متر مي‌رسد، پس رديف‌هاي بادشكن ۱/۷×۱۲=۲۰/۴ متر مي‌باشد. به‌منظور افزايش اطمينان و كاهش درصد خطر اين فاصله۱۵ متر درنظر گرفته مي‌شود(شكل۱).

نحوه كاشت

نحوه كاشت، به ترتيب زير است:

۱-رديف‌هاي كاشت كه به فاصله ۱۵ متر و پنج رديف مي‌باشند، به عمق يك متري ريپر زده مي‌شود.

۲-جمع‌آوري سخت لايه‌هاي بيرون‌آمده از داخل زمين پس از عمليات ريپر.

۳-كشت نهال‌هاي گلداني رمس (تاغ ترات) و تاغ به صورت يك درميان و به فاصله ۲/۵ متري.

۴-آبياري نهال‌ها به فاصله ۱۵ روز يك بار در ماه‌هاي گرم سال و يك ماه در ماه‌هاي سرد سال.

به هنگام كاشت بايد نكات زيرمدنظر قرارگيرد:

۱-رديف‌هاي كاشت نبايد با آبراهه‌ها تلاقي داشته باشد تا به هنگام وقوع سيلاب تخريب نشود.

۲-در سال‌هاي اول رشد از ورود شتر به منطقه كشت جلوگيري به‌عمل آيد.

۳-عمليات احداث بادشكن براي ريل راه‌آهن بافق - كرمان (ريل شرقي) بايد در دو طرف آن صورت گيرد، زيرا اين ريل در نزديكي ارگ قرار دارد و بادهاي شمال‌شرقي قادرند ماسه‌ها را از ارگ به سمت ريل حركت دهند، اما راه‌آهن بافق - بندرعباس تنها از مغرب و جنوب غربي تهديد مي‌شود. بنابراين بايد در مغرب آن بادشكن احداث شود.

در مجموع مساحت منطقه درختكاري‌شده، در حاشيه ريل بافق - كرمان ۳۳۰ هكتار و درحاشيه ريل بافق - بندرعباس ۱۴۰ هكتار خواهد بود.

تله‌هاي رسوبگير

مطالعات انجام‌شده نشان مي‌دهد كه شرايط آب و هوايي و ادافيكي براي استفاده از پوشش گياهي چندان مناسب نيست، بنابراين از خندق‌هاي طولي كه به موازات رديف‌هاي بادشكن زنده ايجاد مي‌گردد، استفاده خواهد شد. بدين منظور در فاصله ۱۵ متري نوارهاي بادشكن ۳ رديف خندق به عمق دو متر و عرض يك متر ايجاد مي‌شود (شكل ۲). پس از ايجاد تله‌هاي رسوبگير براي حفاظت بهتر خطوط راه‌آهن و دوام بيشتر آن، بايد نكات زير مورد توجه قرار گيرد:

۱- از خاك برداشت‌شده از خندق پشته‌اي به ارتفاع ۱/۵ متر ايجاد خواهد شد.

۲- به‌منظور جلوگيري از تاثير باد بر پشته خاكريز و محافظت آن در برابر بادبردگي و همچنين افزايش ارتفاع و كارايي آن در روي پشته خاكريز، بادشكن غيرزنده كه از سرشاخه درختان گز (موجود در حومه بافق) يا از شاخه‌هاي درخت خرما و به ارتفاع ۱/۵ متر به‌طوري‌كه ۰/۵ متر آن در داخل خاكريز محكم شده و يك متر آن به‌صورت بادشكن

عمل مي‌كند، تراكم سرشاخه‌ها، بايد حداقل ۵۰ درصد باشد.

۳-با احداث اين بادشكن ارتفاع كل مانع ۲/۵ متر خواهد بود. اين مانع از حركت ماسه كه در باد در ارتفاع ۲ متري مي‌وزد، جلوگيري مي‌كند. اين ذرات قبل از برخورد به بادشكن داخل خندق (تله رسوبگير) مي‌ريزد. در صورت پرشدن هر خندق، خندق ديگري در فاصله ۱۵ متري (با توجه به سرعت آستانه فرسايش محاسبه شده است) احداث خواهد شد.

٤- خندق‌ها نبايد آبراهه‌هاي اصلي را قطع كنند، چرا كه آب باران وارد اين خندق‌ها شده و آن را تخريب مي‌كند.

همان‌گونه‌كه گفته شد، در دو سوي راه‌آهن بافق - كرمان بادشكن احداث مي‌شود، ازاين‌رو در دو طرف اين بادشكن‌ها، يعني در مشرق و مغرب ريل، خندق حفر خواهد شد. اما در مورد راه‌آهن بافق بندرعباس فقط در مغرب آن خندق ايجاد خواهد شد، زيرا اين راه‌آهن از مشرق هيچ‌گونه مشكلي ندارد.

طول هر خندق حفرشده براي راه‌آهن بافق - كرمان ۱٦/۵ كيلومتر و طول هر خندق براي راه‌آهن بافق - بندرعباس ۷ كيلومتر است. شكل ۲ محدوده درختكاري و حفر خندق را نشان مي‌دهد و نماي شماتيك از يك مقطع از درختكاري و خندق است.

نهال‌كاري در حاشيه مسيل

از آنجاكه مسيل رودخانه شور و آبراهه‌هاي فرعي آن مهمترين كانون تامين‌كننده ماسه‌اند، بايد به نحوي كنترل شوند تا رسوبات كمتري به سمت بادشكن‌ها و ريل‌ها حركت كند.

در حاشيه مسيل اصلي بايد با سفيدتاغ درختكاري شود. به اين منظور در دو رديف طرفين مسيل هر طرف يك رديف درخت كاشته مي‌شود و فاصله درختان از هم ۲/۵ متر در نظر گرفته مي‌شود. نحوه كاشت به همان طريقي است كه در بخش‌هاي قبل شرح داده شد. نهال‌ها را بايد در سال اول آبياري و پس از آن از آب جاري‌شده بعد از هر باران در مسيل استفاده كرد.

حفاظت از پوشش سنگفرشي موجود

با توجه به آنچه گفته شد، مقدار زيادي از رسوب‌ها تثبيت شده و فقط سطوح بين آبراهه‌ها كه پوشش گياهي آن ناچيز است و از پوشش سنگريزه‌اي پوشيده شده است، باقي مي‌ماند. اين پوشش سنگريزه‌اي تا حدي از فرسايش بادي جلوگيري مي‌كند، ولي كافي نيست. با توجه به تحقيق انجام‌شده در دشت يزد - اردكان (۲)، با پاشيدن مالچ سنگريزه‌اي با پوشش ۵۰ درصد مي‌توان به ميزان قابل توجهي از فرسايش بادي كاست، ازاين‌رو بايد از پوشش سنگفرشي موجود محافظت كرد و از برهم زدن آن خودداري نمود و در مكان‌هايي از نقاط برداشت كه پوشش سنگفرشي كمتر از ٤۵ درصد و فرسايش بادي نسبتا فعال است، اقدام به پاشيدن مالچ سنگريزه‌اي كرد، به نحوي كه درصد پوشش بيش از ۵۰ درصد گردد.

برآورد هزينه‌ها

هزينه‌هاي اجراي طرح به‌صورت هزينه تيپ در واحد براي اجراي عمليات در جدول ٦ خلاصه شده است.

جدول ٦- هزينه تيپ در واحد عمليات اجرايي

نوع عمليات	واحد	هزينه (ريال)
نهال‌كاري	هر هكتار	۲٦۷
ريپر	هر كيلومتر	۳۰۰
آبياري و نگهداري	هر هكتار درسال	٦٦۷۵۰
حفر خندق	هركيلومتر	۱۵۰۰
چپركاري	هركيلومتر	۱۰۰۰
مالچ سنگريزه‌اي	هرهكتار	۳۰۰۰
جمع كل هزينه در واحد عمليات		٦۱۳۳۷۵۰

شكل ۲- نمايي شماتيك از فواصل رديف‌هاي درختكاري و ابعاد خندق و خاكريز

منابع

١-احمدي، حسن و فيروز نخجواني، ١٣٤٩. فرسايش بادي در خوزستان، مجله جنگلداري، انتشارات دانشكده جنگلداري، شماره ٢٣.

٢-احمدي، حسن، ١٣٧٨. ژئومورفولوژي كاربردي (جلد دوم) بيابان - فرسايش بادي، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ٢٣٩٦، ٥٧٠ صفحه.

٣- احمدي، حسن و محمدرضا اختصاصي، ١٣٧٧. بررسي اثر مالچ سنگريزه‌اي در كاهش فرسايش بادي اراضي رسي (دقي) و غيرقابل كنترل بيولوژيك دشت يزد- اردكان، گزارش طرح پژوهشي مركز تحقيقات مناطق كويري و بياباني، منتشر نشده.

٤-احمد، حسن و همكاران، ١٣٧٩. منشايابي تپه‌هاي ماسه‌اي جنوب بافق، مجله بيابان، شماره ٤.

٥- اختصاصي، محمدرضا، ١٣٧٢. تهيه نقشه حساسيت به فرسايش بادي اراضي حوزه دشت يزد اردكان با كاربرد دستگاه سنجش فرسايش بادي. پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

٦- اختصاصي، محمدرضا و همكاران، ١٣٧٥. منشايابي تپه‌هاي ماسه‌اي دشت يزد اردكان، موسسه تحقيقات جنگل‌ها و مراتع. شماره ٤٥، ٢٦٠ صفحه.

٧- خلدبرين، علي، ١٣٦٩. بررسي روش‌هاي گوناگون تثبيت ماسه‌هاي بادي در ايران، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

٨- خليلي، علي، ١٣٧٠. طرح جامع آب كشور، انتشارات وزارت نيرو.

٩- صادقي‌نژاد، ابراهيم، ١٣٧٨. منشايابي تپه‌هاي ماسه‌اي در حوزه نرماشير بم، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

١٠-فيض‌نيا، سادات، ١٣٧٠. رسوب‌شناسي كاربردي، جزوه درسي دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

١١-كاظمي‌نژاد، احمدعلي، ١٣٧١. بررسي وضعيت حركت تپه‌هاي ماسه‌اي و مقايسه دو روش مالچ‌هاي نفتي، پايان‌نامه كارشناسي ارشد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

12-Bagnold, R.A., F. R.S., 1973. The physics of blown sand and desert dunes. John Wiley & Sons Inc., NewYork.

13-Chao, S. C., 1985. Drifiting sand hazard and its controling northwest arid China. Sand transport & desertification in arid land. World Scientific, 438-449pp.

14-Jabbour, 1985. Technical study the fixation of sand dunes in Alkasra. Direlzor Syria, Sand transport & desertification in arid land. World Scientific.

15-Zhu Zhenda et al., 1985. The characterisitation of sand dune and its stabilization in China, Sand transport & desertification in arid land. World scientific.

Control Methods of Wind Erosion for Railroads Protection (Case study: Bafgh Region)

H. Ahmadi [1] M.R. Ekhtessasi[2] S. Feiznia[3] M.J. Ghanei Bafghi[4]

Abstract

Southern areas of Bafgh are located in central arid areas of Iran, with little amounts of precipitation and vegetation cover. Blowing of strong wind over these bare areas causes wind erosion and destroyes soils texture, which result in rail roads damage specially Tehran-Bandar Abbas in southern Bafgh and also in damage to farmlands and neighboring villages. By accumulation of moving sands in southwest Bafgh, an erg of 37 km^2 areas was made. In order to control wind erosion in these areas, source of aeolian deposits were determined using stepwise determination method. Investigations showed that erosive wind blew from southwest and transported aeolian sands, depositing them on sand dune areas. Geomorphological studies and mineralogy showed that source of sand dunes were local and near them, including some part of pediment in southwest of erg, Zarand Shoor dry river, and wind erosion facies in these areas. Generally, the main source of aeolian deposits extended from sand dune areas to Zarand Shoor dry river, and secondary source sandy desert nearby.

Keywords: Erg, Wind break, Biological method

[1] - *Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*
[2] - *Faculty member, Faculty of Natural Resources., University of Yazd*
[3] - *Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*
[4] -*Senior Expert of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*