توان سنجی دره سفیدرود از نظر باد و تولید انرژی

دکتر پرویز رضائی
استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت
E-mail: rezaei@iaurasht.ac.ir

چکیده

کشور ایران باتوجه به موقعیت جغرافیایی‌اش به تناوب در فصول گرم و سرد سال تحت تأثیر سیستم‌های مختلف آب و هوایی قرار دارد. استقرار الگوهای متفاوت فشار در فصول مختلف سال در تلفیق با عوارض سطح زمین باعث ایجاد یکی از شدیدترین بادهای محلی ایران درجنوب دریای خزر شده است. دره سفیدرود کانال ارتباطی بین گستره آبی دریای خزر در شمال البرز و خشکی ایران مرکزی در جنوب آن می‌باشد. تفاوت عرض جغرافیایی این دو پهنه سبب شده تا از نظر بیلان انرژی و الگوهای گردشی هوا شرایط متفاوتی در دو منطقه استقرار یابد. نتیجه این وضعیت، تبادل هوا بین چاله خزر و فلات ایران مرکزی و جریان باد موسوم به «باد منجیل» است. تداوم و سرعت بالای باد در امتداد دره سفیدرود از یک طرف و توجه به انرژی‌های نو (جایگزین یا تجدیدشونده) از طرف دیگر سبب شده تا این منطقه به‌دلیل قابلیت‌های بالقوه آن مورد توجه کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش انرژی قرارگیرد.

در تحقیق حاضر با توجه به این ضرورت به مطالعه عنصر باد پرداخته شده است. در این راستا داده‌های حاصل از ایستگاه‌های دهگانه به محیط نرم‌افزار Execl و Spss راه یافته، سپس حداکثر سرعت و تغییرات زمانی جریان باد بررسی و معلوم شد که ایستگاه‌های داخل دره سفیدرود دارای رژیمی متفاوت با دشت منجیل بوده و در تمام ایستگاه‌های مطالعاتی سرعت باد بالاتر از حداقل سرعت آستانه لازم برای نصب توربین است و تقریباً در تمام ایستگاه‌ها با نگرش به جنبه‌های اقتصادی و کاربردی انرژی باد و با بررسی‌های دقیق می‌توان به نصب توربین‌های بادی و ایجاد مزارع بادی در قسمت های مختلف منطقه اقدام نمود و به مطالعه جامع و دقیق‌تر در این زمینه نیاز است.

واژگان کلیدی: باد، انرژی‌های نو، دره سفیدرود، باد منجیل.

۱. مقدمه

باد از عناصر اقلیمی است، که در اثر اختلاف فشار بین دو نقطه مجاور هم به‌وجود می‌آید. به‌منظور مطالعه عنصر باد و بهره‌گیری از آن دربرنامه‌ریزی‌های ملی و محلی لازم است ابتدا تغییرات سرعت و جهت باد شناسایی و سپس پتانسیل منطقه از نظر تولید انرژی مورد ارزیابی قرار گیرد. امروزه از نظر برنامه‌ریزان بخش انرژی، توسعه نیروگاه‌های برق بادی اهمیت خاصی دارد و در این راستا طرح‌های مطالعاتی و اجرایی مختلفی در دنیا صورت گرفته است. دره سفیدرود از جمله مناطق بادخیز ایران است که سازمان انرژی‌های نو فعالیت‌های اجرایی خود را برای اولین بار به‌طور آزمایشی در منجیل آغاز کرد و هم‌اکنون در حال گسترش توربین ها در سطح منطقه است.

در ارتباط با باد منجیل به‌ویژه در دهه اخیر که بهره‌گیری از انرژی‌های نو، کانون توجه برنامه‌ریزان عمرانی با دیدگاه‌های زیست‌محیطی بوده، تحقیقات محدودی صورت گرفته است. اولین اثر در ارتباط با باد منجیل مربوط به سعادت (۱۳۳۹) است، ایشان در اثر تالیفی خود تحت عنوان مبانی آب و هواشناسی به بررسی علل وزش باد پرداخته و مقوله انرژی در آن مطرح نشده است. علاوه بر اثر فوق دو کار تحقیقی دیگر که تقریباً قدیمی هستند به مطالعه باد و اثرات آن پرداخته‌اند. هاشمی (۱۳۴۹)، در کار تحقیقی خود «بررسی بادهای دشت قزوین» عنصر باد را در دشت قزوین بررسی کرده‌اند و اصغرزاده(۱۳۵۹) نیز در تحقیق دیگر به مطالعه و بررسی باد در منطقه منجیل و امکان استفاده از انرژی آن پرداخته است. منابع فوق با توجه به زمان تهیه و منابع آماری موجود ویژگی باد را به صورت توصیفی و یا براساس منابع محدود آن زمان مورد مطالعه قرار داده‌اند. اخیراً پژوهشی در خصوص باد منجیل توسط رضایی (۱۳۸۲) تحت عنوان «بررسی اقلیمی باد منجیل» صورت گرفته ایشان با استفاده از آمار ایستگاه های سینوپتیک محدوده وزش باد منجیل و نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و سطوح۸۵۰ هکتوپاسکال به بررسی علل وزش، تداوم و دوره وزش این جریان بر اساس الگوهای سینوپتیکی و آرایش سیستم‌های فشار پرداخته است و به این نتیجه رسیده‌است که باد منجیل تحت تاثیر ویژگی سطح زمین می‌باشد و تداوم ارتفاعی در سطوح میانی و فوقانی جو نداشته و این جریان مختص دوره گرم سال بوده و شدت وزش آن با افزایش دما رابطه مستقیم دارد.

در ارتباط با انرژی باد در دنیا مطالعات و اقدامات متعددی انجام گرفته و کشورهای زیادی هم‌چون آلمان، دانمارک، آمریکا، اسپانیا و... از انرژی باد، برق قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کنند. به طور مثال، آلمان نزدیک به ۱۵۰۰۰ مگاوات برق تا پایان سال ۲۰۰۳ میلادی از انرژی باد تولید می‌کند(گزارش سالانه مرکز توسعه انرژی‌های نو،۱۳۸۳). در سال ۱۹۹۷ میلادی کمیسیون انرژی اتحادیه اروپا اعلام کرد ۱۲ درصد انرژی برق اروپا تا سال ۲۰۱۰ میلادی از منابع

تجدیدپذیر تامین خواهد شد (www.windpower-monthly.com) در کشور ایران نیز مطالعات محدودی به‌ویژه در سال‌های اخیر انجام گرفته است. عمده‌ترین این تحقیقات زیر نظر مرکز انرژی‌های نو و مراکز مطالعاتی مرتبط انجام یافته است. از جمله این تحقیقات می‌توان به گزارش مرکز تحقیقات نیرو (۱۳۷۳) اشاره نمود که به جمع‌آوری اطلاعات اقلیمی مورد نیاز مناطق مستعد کشور و بررسی پتانسیل‌های انرژی باد در ده ایستگاه سینوپتیک پرداخته است. سازمان انرژی اتمی (۱۳۷۱) نیز در راستای استفاده از انرژی باد به «تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران» پرداخته و در فاز دوم (۱۳۷۳) این پروژه «امکان‌پذیری بهره‌گیری از انرژی باد جهت تولید برق در ایران» را با همکاری دانشگاه صنعتی شریف مطالعه نموده است. در این گزارش با استفاده از اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور اقدام به تهیه اطلس باد بر اساس شاخص‌های اقلیمی و جغرافیایی نموده و در نتیجه کشور به ۱۱ منطقه مختلف از نظر امکان تولید انرژی و ایجاد پارک باد تقسیم گردیده است. علاوه برگزارش‌های فوق ثقفی(۱۳۷۲) نیز در اثر تالیفی خود «انرژی باد و کاربرد آن در کشاورزی» ضمن پرداختن به مقوله انرژی، اشاره‌ای اجمالی به بادهای ایران داشته‌اند و منطقه منجیل را با فرکانس سرعت‌های ۱۴/۴ تا ۲۸/۸ کیلومتر در ساعت در حدود ۸۹ درصد، و با ضریب تداوم ۷۹٪، ضریب تغییرات ۸٪ و سرعت متوسط ۱۹/۳ کیلومتر در ساعت در طول ۲۴ ساعت در فصل تابستان از جمله مناطق مطلوب به منظور بهره‌برداری از انرژی محرکه باد به حساب آورده‌اند(ثقفی،۱۳۷۲ص۷۷).

در این تحقیق نیز با توجه به توان‌های بالقوه عنصر باد در تولید انرژی که در راستای اهداف سازمان انرژی‌های نو است به بررسی پتانسیل باد و تولید انرژی در دره سفیدرود و محدوده وزشی باد منجیل پرداخته شده است.

۲. موقعیت محدوده مطالعاتی

محدوده مورد بررسی در این تحقیق شامل دره سفیدرود در استان گیلان و بخشی از حوضه آبخیز آن از منجیل تا تاکستان (دشت قزوین) است. این منطقه بین مدار ۳۶ درجه تا ۳۷ درجه عرض‌شمالی و نصف‌النهار ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی گسترده است (شکل ۱).

به‌طورکلی در دره سفیدرود و دشت قزوین بادهای مختلفی جریان دارند که از جمله این بادها می‌توان به باد مه (باد منجیل) و باد راز اشاره نمود. باد منجیل در جنوب غربی دریای خزر و قسمت‌هایی از استان‌های گیلان، زنجان و قزوین جریان دارد و در سطح منطقه و کشور به همین نام معروف می‌باشد. تداوم این جریان به سمت دشت قزوین و ایران مرکزی رطوبت دریای خزر و سفیدرود را جابه‌جا می‌کند و باعث تعدیل دمای هوا می‌شود و در منطقه تاکستان

به‌نام «باد مه» معروف است. باد مه در قسمت شمال‌غربی دشت قزوین با شدت بیشتری جریان داشته با گسترش باد به سمت دشت قزوین سرعت آن نیز به تبعیت از توپوگرافی منطقه کاهش می‌یابد.

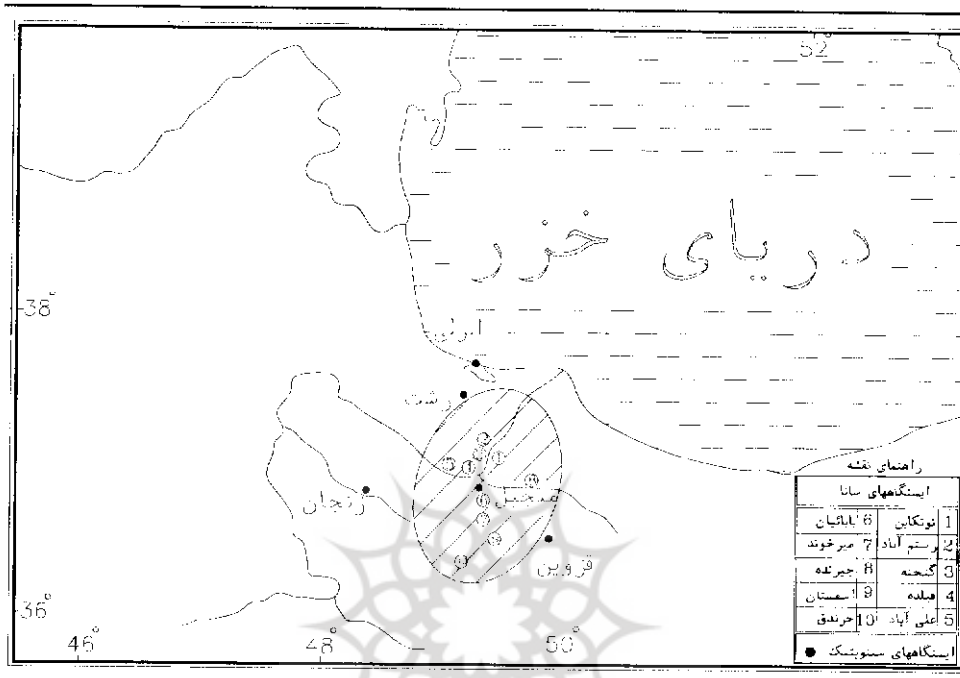
در قسمت شرقی دشت قزوین باد دیگری که دارای سرعت کمتری است، در ساعات مختلف روز جریان دارد، این باد به‌نام «باد راز» معروف بوده و دارای حرارت زیاد و رطوبت کم است، باد راز مختص دوره گرم است و در شب بندرت می‌وزد.

علاوه بر دو باد فوق جریان دیگری در فصل گرم در امتداد دره سفیدرود می‌وزد. این باد به تبعیت از توپوگرافی و کانون‌های فشار محلی فعالیت داشته و آن‌قدر نیست که بتواند باد مه یا باد راز را تحت الشعاع قرار دهد؛ معهذا سبب می‌گردد که دو باد فوق الذکر در روز به سمت ارتفاعات و در شب جهت معکوس داشته باشند. در فصل سرد نیز جریان دیگری در داخل دره سفیدرود (از امامزاده‌هاشم تا منجیل) جریان دارد. مکانیسم شکل‌گیری این جریان با بادهای فوق متفاوت بوده و از نظر سرعت و دما کمتر از باد منجیل است و معمولاً بر آسایش انسانی تاثیر منفی دارد.

۳ .مواد و روش‌ها

در این مقاله از داده‌های ایستگاه‌های بادسنجی مستقر در محدوده وزشی باد منجیل مربوط به سازمان انرژی‌های نو(سانا) و هواشناسی استفاده گردیده است. این داده‌ها شامل تغییرات سرعت و جهت باد است. اطلاعات سازمان انرژی‌های‌نو به‌صورت روزانه در سطوح ارتفاعی ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ متری از سطح زمین ثبت شده است. لذا به‌دلیل حجم زیاد مطالب، اطلاعات مربوط به‌صورت ماهانه خلاصه و نتایج آن با توجه به توپوگرافی و مورفولوژی منطقه با هم مقایسه شده است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی و وضعیت ایستگاه‌های بادسنجی محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد، چنان‌که از اواسط سال ۱۳۸۰ اطلاعات باد منطقه هر ۱۰ دقیقه یک‌بار توسط این ایستگاه‌ها در سه ارتفاع ۱۰،۲۰ و ۴۰ متری ثبت می‌گردد. سرعت باد به واحد متر بر ثانیه و ایستگاه‌های سازمان انرژی‌های نو فاقد جهت جغرافیایی است.

از ده ایستگاه فوق دو ایستگاه اسفستان و جرندق در استان قزوین (منطقه تاکستان) و هشت ایستگاه دیگر در استان گیلان قرار دارند. دو ایستگاه علی آباد و بابائیان منجیل فاقد اطلاعات سطوح ارتفاعی ۲۰ و ۴۰ متر بوده و ۴ ایستگاه رستم آباد، توتکابن، گنجه و فیلده نیز در راستای دره سفیدرود تاسیس شده‌اند (شکل۱). جهت تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری استفاده و در این راستا از نرم‌افزارهای مرتبط نظیر Excel و Spss کمک گرفته‌شده است. چنان‌که در مراحل مختلف تحقیق از آمار توصیفی و نمودارهای مربوطه جهت بیان رژیم وزش باد استفاده شده



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی باد منجیل و ایستگاه‌های مستقر در محدوده وزشی آن

است و در ادامه با استفاده از معادله ضریب همبستگی تغییرات سرعت و ارتفاع در سه سطح محاسبه شده است. در روند انجام تحقیق نیز سعی شده با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه و ترسیم نیم‌رخ توپوگرافی، موقعیت ایستگاه‌ها از نظر موقعیت استقرار نمایش داده شود.

از آن‌جایی‌که در این مقاله تاکید بر مطالعه باد در دره سفیدرود است، لذا علاوه بر مطالعه آماری با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه نیم‌رخ ارتفاعی ایستگاه‌ها ترسیم شده است تا علاوه بر عامل فشار نقش شکل زمین نیز در جریان باد مورد توجه قرار گیرد. از نظر ژئومورفولوژی نیز منطقه مطالعاتی از واحدهای مختلف توپوگرافی تشکیل شده است. مکانیسم شکل‌گیری و پیدایش باد نیز متاثر از این تنوع چشم‌اندازهای محیطی است ولی عامل مهم تاثیرگذار کانال طبیعی سفیدرود می‌باشد و ایستگاه‌های مطالعاتی نیز عمدتاً در داخل دره سفیدرود یا جنوب آن که منتهی به دشت قزوین است تعبیه شده‌اند. ارتفاع ایستگاه‌ها نیز بین ۳۰۰ تا ۱۶۰۰ متغیر بوده و روند افزایش ارتفاع همان‌طورکه در شکل ۲ ملاحظه می گردد از شمال به سمت جنوب است.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی و امکانات ایستگاه‌های مطالعاتی سازمان انرژی‌های نو(سانا)

ردیف	داده‌ها ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع دکل (متر)	سال تأسیس	زمان شروع ثبت اطلاعات	داده‌های موجود به سال
			طول x	عرض y				
۱	بابانیان (منجیل)	۴۶۷	۴۹°۲۶′۱۱ ²	۳۶°۴۳′۵۵ ²	۱۰	۷۹	۸۱/۲/۱۵	۴
۲	علی آباد	۶۲۰	۴۹°۲۱′۳۰ ²	۳۶°۴۶′۰۸ ²	//	۷۹	۷۹/۸/۱۰	۴
۳	رستم آباد	۴۴۸	۴۹°۲۸′۱۹ ²	۳۶°۵۳′۱۷ ²	۴۰	۸۰	۸۰/۱۱/۱۵	۲
۴	میرخوند	۴۱۹	۴۹°۲۴′۱ ²	۳۶°۴۰′۰۸ ²	//	۸۰	۸۰/۱۲/۱۵	۲
۵	توتکابن	۲۹۴	۴۹°۳۱′۲۸ ²	۳۶°۴۵′۲۶ ²	//	۸۱	۸۱/۱/۱	۲
۶	فیلده	۶۲۲	۴۹°۲۳′۵۶ ²	۳۶°۴۸′۵۲ ²	//	۸۱	۸۱/۴/۲۸	۲
۷	گنجه	۳۵۱	۴۹°۲۷′۴۳ ²	۳۶°۵۱′۳۱ ²	//	۸۱	۸۱/۴/۲۹	۲
۸	جیرنده	۱۵۶۹	۴۹°۴۶′۵۴ ²	۳۶°۴۲′۲۷ ²	//	۸۱	۸۱/۴/۷	۲
۹	اسفستان	۵۰۰	۴۹°۳۲′۲۴ ²	۳۶°۲۲′۲۰۰ ²	//	۸۱	۸۱/۵/۱۸	۲
۱۰	جرندق (تاکستان)	۱۴۰۰	۴۹°۲۸′۳۳ ²	۳۶°۰۶′۴۴ ²	//	۸۱	۸۱/۶/۲۵	۲

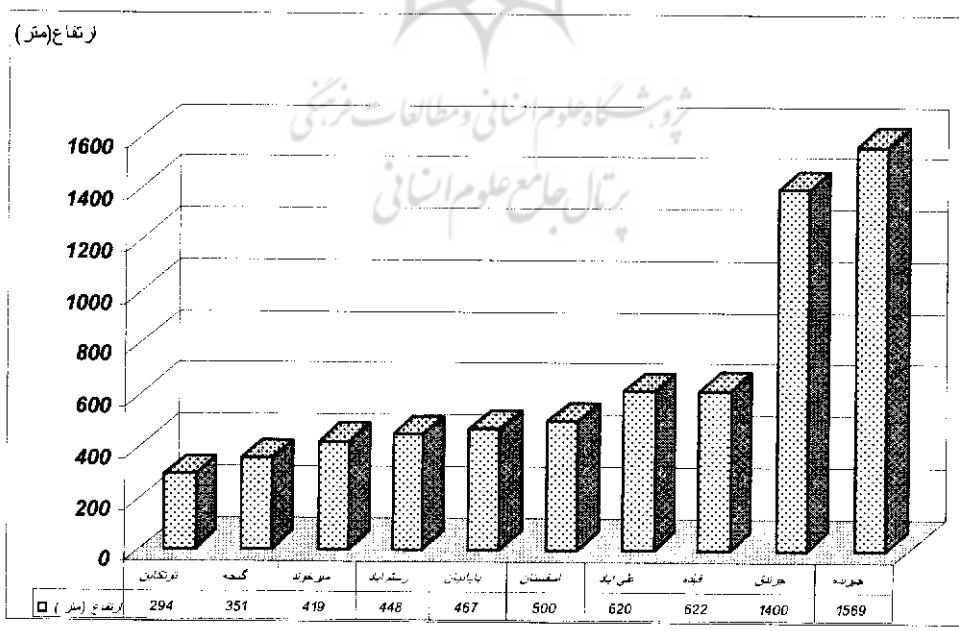
٤. یافته‌های تحقیق و اثر عوارض سطح زمین بر الگوی باد

اطلاعات حاصل از ایستگاه‌های بادسنجی مستقر در داخل دره سفیدرود مورد بررسی آماری قرار گرفته و نتایج آن به تفکیک ایستگاه‌ها در سطوح ارتفاعی ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متر استخراج و نتایج آن در جداول شماره ۲و۳ ارائه شده است.

نتایج حاصل از تحلیل آماری داده‌ها بیانگر همبستگی مستقیم بین ارتفاع و سرعت باد بوده اما ضریب هبستگی و میزان تغییرات سرعت تابع شرایط توپوگرافی، موقعیت دره، فصل وزش و ارتفاع منطقه از سطح دریاست. به‌طوری‌که در دوره گرم سال تفاوت در سطوح سه گانه به حداقل رسیده و معمولاً در داخل دره سفیدرود شدت وزش باد کمتر است، اما در دوره سرد سال در سه ایستگاه رستم‌آباد، توتکابن و گنجه که تقریباً در فاصله دورتری از منجیل قرار دارند، سرعت باد افزایش دارد، دی‌ماه در هر سه ایستگاه دارای بالاترین سرعت در هر سه سطح است. اما ایستگاه فیلده که در ارتفاع بالاتر و نزدیک به دشت منجیل است تغییرات سرعت و روند آن به ایستگاه‌های خارج از دره سفیدرود که در جدول ۳ نشان داده شده است نزدیک‌تر است. در ایستگاه‌های جدول۳ که تغییرات سرعت را در محدوده وزشی باد منجیل نشان می‌دهد تفاوت آشکار سرعت در تابستان با سایر ایام مشاهده می‌گردد.

از آن‌جایی‌که باد منجیل مختص سطح زمین است بر این اساس شکل زمین در هدایت و تغییرات سرعت و جهت باد نقش اساسی دارد. در این مقاله نیز برای نمایش موقعیت سایت‌های اندازه‌گیری داده‌های باد، نیم‌رخ ارتفاعی ۱۰ ایستگاه مطالعاتی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و نرم افزار Auto CAD ترسیم و به‌صورت شکل ۳، نمایش داده شده است.

به‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد برخی ایستگاه‌ها نظیر توتکابن، گنجه، رستم‌آباد و جیرنده روی دامنه دره‌ای منتهی به سفیدرود یا سرشاخه‌های آن و برخی نظیر فیلده و اسفستان روی تپه‌ها و بلندی‌های بادگیر و برخی نیز همانند جرندق و میرخوند در دشت‌های باز یا فلات‌های مرتفع استقرار یافته‌اند. اما در مجموع کلیه ایستگاه‌ها در مسیر وزش بادهای دره سفیدرود قرار دارند و تفاوت‌های موجود از نظر سرعت و تغییرات ارتفاعی آن ناشی از اشکال و واحدهای توپوگرافی است که در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد. در ادامه جهت بیان سایر تفاوت‌ها و اثر واحدهای ناهمواری، تجزیه و تحلیل روی یافته‌های باد به تفکیک ایستگاه آورده شده است.



شکل ۲. تغییرات ارتفاعی ۱۰ ایستگاه مستقر در محدوده مطالعاتی

ایستگاه رستم آباد

سایت رستم آباد از نظر شکل توپوگرافی به‌صورت یک گرده ماهی بوده که به تپه‌ها و ارتفاعات نزدیک به سفیدرود منتهی است. این ایستگاه در ساحل غربی سفیدرود در ارتفاع ۴۴۸ متری از سطح دریا قرار دارد و با دکل ۴۰ متری با سه سنسور، جهت برداشت اطلاعات آماری باد از اواخر سال ۱۳۸۰ در این مکان تعبیه شده است. خلاصه اطلاعات دوره برداشت آن در جدول ۲ و شکل ۴ نشان داده شده است.

تغییرات سرعت باد در ایستگاه مطالعاتی منظم و تقریباً همین روند در سایر ایستگاه های حاشیه سفیدرود نیز ملاحظه می‌گردد، با نزدیک شدن به دشت منجیل روند افزایش و کاهش سرعت باد تغییر نموده و زمان اوج سرعت باد در داخل دره سفیدرود و منطقه منجیل جابه جا می‌شود که حاکی از شرایط توپوگرافی و حاکمیت آن در ایجاد باد است. در ایستگاه رستم آباد حداکثر سرعت باد در دی ماه و حداقل آن در فاصله ماه‌های شهریور تا اواخر مهر ثبت شده

جدول ۲. تغییرات سرعت باد (متر بر ثانیه) در سطوح ارتفاعی ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متری در امتداد

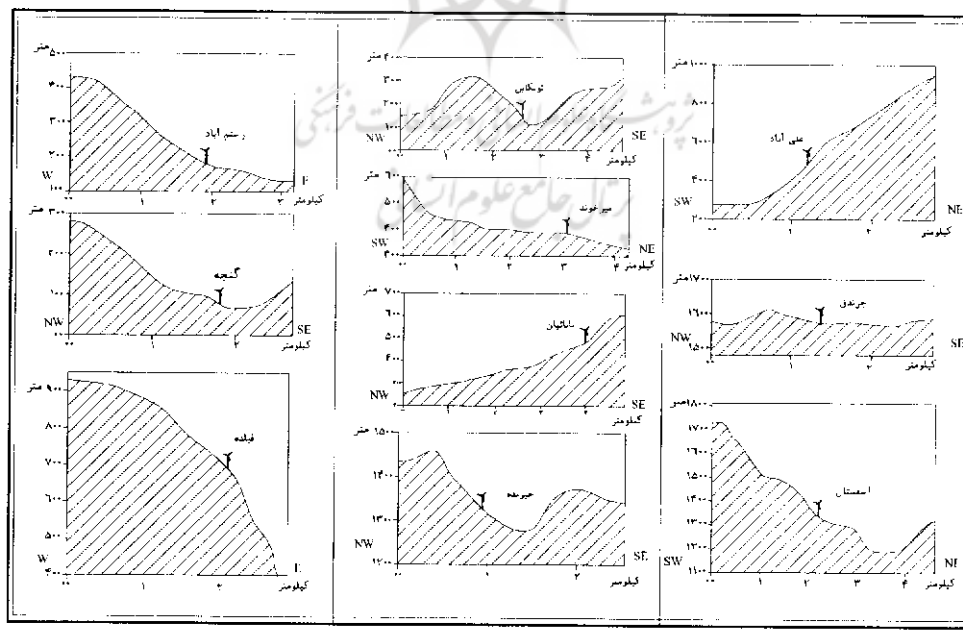
ایستگاه	فیلده			گنجه			رستم‌آباد			توتکابن		
ارتفاع (متر)	۴۰	۲۰	۱۰	۴۰	۲۰	۱۰	۴۰	۲۰	۱۰	۴۰	۲۰	۱۰
فروردین	۵	۵/۸	۵/۸	۵	۴/۸	۴/۵	۷/۴	۶/۹	۶/۸	۶/۹	۶/۴	۶
اردیبهشت	۵/۵	۶/۳	۶/۵	۵	۴/۵	۴	۸/۰۵	۷/۸	۶/۹۵	۵/۷	۵/۱	۴/۱
خرداد	۵/۷	۹	۹	۵/۲	۴/۷	۴	۸/۰۵	۷/۸	۶/۳۵	۶	۵/۲	۴/۲
تیر	۸/۴۵	۸/۸۵	۸/۹	۵/۵	۴/۶۵	۴/۲	۶/۲۵	۶	۵/۱۵	۶/۴	۵/۵	۴/۷
مرداد	۷/۵	۷/۶۵	۷/۷	۵/۳	۴/۶	۳/۹۵	۶/۱	۵/۳	۴/۳۵	۵/۹	۵	۴
شهریور	۶/۶۵	۶/۴۵	۷/۶	۴/۶	۴	۳/۴	۵/۶۵	۴/۶	۴	۶	۵/۵	۴/۴
مهر	۶/۷۵	۵/۹۵	۵/۴۵	۴/۳	۳/۸۵	۲/۹۵	۵	۴	۳/۵	۵	۴/۷	۳/۸
آبان	۵/۱۵	۶/۰۵	۵/۵۵	۵	۴/۴۵	۲/۷۵	۴/۸۵	۴/۵	۳/۸	۵/۴	۴/۷	۳/۹
آذر	۷/۵	۶/۷	۵/۸۵	۶	۵/۱۵	۴/۶	۷/۸	۷/۹	۷	۷/۳	۶/۷	۶
دی	۸/۴	۷	۵/۸۵	۱۱	۹/۶	۹/۲۵	۱۱/۵	۱۱/۳	۱۰/۵	۹/۹	۹/۳	۸/۴
بهمن	۶/۸۵	۶/۵	۵/۳	۷/۱	۶/۷۵	۶/۱۰۵	۸/۳۵	۷/۷	۷/۱۵	۸/۴	۷/۷	۶/۹
اسفند	۶/۵	۶/۲۵	۵/۵	۵/۴	۳/۴۵	۴/۲۵	۶	۵/۲	۴/۸	۶/۸	۶/۳	۵/۱
سالانه	۶/۶۶	۶/۸۸	۶/۵۸	۵/۸	۵	۴/۵	۷/۱	۶/۶	۵/۹	۶/۶	۶	۵/۱

مأخذ: سانا(سازمان انرژی‌های نو) (سال ۷۹ الی ۱۳۸۳)

است. نکته قابل‌توجه در این ایستگاه همبستگی مثبت بین تغییرات سرعت و ارتفاع است. چنان‌که در تمام ماه‌ها بالاترین میزان سرعت در ارتفاع ۴۰ متری و کم‌ترین آن در سطح ۱۰ متری می‌باشد. لازم به ذکر است که دامنه تغییرات سرعت باد در سطح ارتفاعی تابع سرعت باد بوده چنان‌که با افزایش سرعت، اختلاط هوا بیشتر و دامنه تغییرات به حداقل ممکن کاهش یافته و در ماه‌های آرام تفاوت سرعت باد کاملاً مشهود است. از دیگر ویژگی‌های مثبت این سایت نزدیکی به خطوط انتقال فشار قوی و نزدیک بودن به حوزه شهری است که پس از نصب توربین، تولید و انتقال برق به شبکه سراسری آسان می‌شود.

ایستگاه توتکابن

ایستگاه توتکابن روی تپه‌ای بدون پوشش گیاهی با ارتفاعی مناسب قراردارد. این تپه بالاتر از رودخانه سفیدرود در نقطه مقابل ایستگاه رستم‌آباد با ارتفاع ۲۹۴ متر از سطح دریا در ساحل شرقی سفیدرود با دکل ۴۰ متری با سه سنسور از فروردین ماه سال ۸۱ اطلاعات باد را ثبت نموده است. چنان‌که در شکل ۴ ملاحظه می‌گردد تغییرات سرعت در طول سال مشابه ایستگاه رستم‌آباد است و تفاوت‌های قابل ملاحظه دو ایستگاه از نظر دامنه تغییرات در سه سطح ارتفاعی



شکل ۳. نیم‌رخ ارتفاعی ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی و موقعیت آن‌ها بر روی شکل

بوده، که در ایستگاه توتکابن در زمان اوج سرعت نیز این تفاوت‌ها وجود دارد و این تغییرات در ایستگاه‌های نزدیک به هم به شرایط توپوکلیمایی منطقه ارتباط دارد.

ایستگاه گنجه

ایستگاه فوق با ارتفاع ۳۵۱ متر از سطح دریا از تیرماه سال ۸۱ اطلاعات باد را برداشت نموده است از نظر روند ماهانه وضعیت باد این ایستگاه تقریباً شبیه ایستگاه توتکابن ولی از نظر تغییرات باد در سطوح ارتفاعی مختلف مشابه الگوی حاکم در ایستگاه رستم‌آباد است، نکته قابل ملاحظه در این ایستگاه تفاوت بارزتر سرعت باد بین دوره اوج و حداقل است، به طوری که حداکثر سرعت باد در ماه دی به بیش از m/s ۱۱ و حداقل آن به کمتر از m/s ۳ در ماه آبان بالغ می‌گردد(جدول ۳).

جدول ۳. تغییرات سرعت باد(متر بر ثانیه) در سطوح ارتفاعی ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متری در ایستگاه‌های محدوده وزشی باد منجیل

ایستگاه	علی آباد	بابائیان			جرندق			اسفستان			جیرنده			میرخوند		
ارتفاع (متر)	۱۰	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰
فروردین	۱۰/۵	۶/۱	۸	۷/۳	۷	۵	۷	۶/۵	۷	۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۴/۵	۴/۵	۵/۵
اردیبهشت	۱۱	۷/۵	۸	۷/۵	۶/۵	۹/۵	۱۸/۵	۱۷/۷	۱۸/۵	۹/۵	۵/۷	۶/۵	۶/۵	۵	۵	۶/۳
خرداد	۱۱/۸	۲	۷	۶/۱	۵/۸	۱۸	۱۹/۵	۱۸	۱۹/۵	۱۸	۶/۲	۷/۵	۷/۵	۴	۵	۶/۱
تیر	۱۵/۹	۵/۶	۱۰/۵	۱۰	۹/۷	۹	۱۰	۸/۱	۱۰	۹	۱۰/۵	۱۰/۶	۱۰/۵	۹/۶	۹/۶	۱۰/۸
مرداد	۱۴/۹	۴/۵	۱۲/۳	۱۲	۸/۶	۶/۳	۶/۷	۵/۸۵	۶/۷	۶/۳	۱۰/۶	۱۱	۱۰/۷	۸/۲	۸/۴	۹/۷
شهریور	۱۴/۱	۶	۸	۷/۸	۶/۶	۶/۵	۶/۹	۶/۰۵	۶/۹	۶/۵	۸/۳	۸/۹	۸/۹	۶/۳	۶/۵	۷/۲
مهر	۹	۲/۸	۵/۵	۵/۷	۴/۹	۳/۳	۳/۵	۲/۵	۳/۵	۳/۳	۳/۱	۴/۳	۴/۴	۳	۳/۶	۴/۲
آبان	۵/۵	۵/۵	۶/۷	۶/۲	۴/۸	۴/۳	۴/۲	۳/۱۵	۴/۲	۴/۳	۳/۳	۴	۴/۶	۲	۲/۷	۳/۴
آذر	۶/۴	۴	۵/۹	۵/۵	۳/۵	۴/۷	۴/۸	۳/۷۵	۴/۸	۴/۷	۳/۵	۴/۴	۴/۵	۱/۷	۲/۱	۲/۸
دی	۴/۶	۲/۵	۴/۴	۳/۷	۲/۵	۴/۵	۴/۵	۳/۶	۴/۵	۴/۵	۲/۶	۳/۳	۴	۱/۹	۲/۵	۳/۲
بهمن	۴/۵	۲/۵	۵/۶	۴/۶	۳/۹	۴/۶	۴/۸	۳/۵	۴/۸	۴/۶	۳	۳/۸	۴/۳	۲/۲	۲/۷	۳/۷
اسفند	۵/۹	۷/۵	۸/۵	۸	۷/۱	۴/۸	۵/۱	۴/۲۵	۵/۱	۴/۸	۴/۸	۵/۳	۶	۳/۲	۳/۹	۵
سالانه	۹/۲	۴/۹	۷/۵	۷	۴/۰۸	۴/۸	۵/۱	۴/۰۸	۵/۱	۴/۸	۵/۵	۶/۲	۶/۴	۴/۲	۴/۶	۵/۵

مآخذ: سانا(سازمان انرژی‌های نو) (سال ۷۹ لی۱۳۸۳)

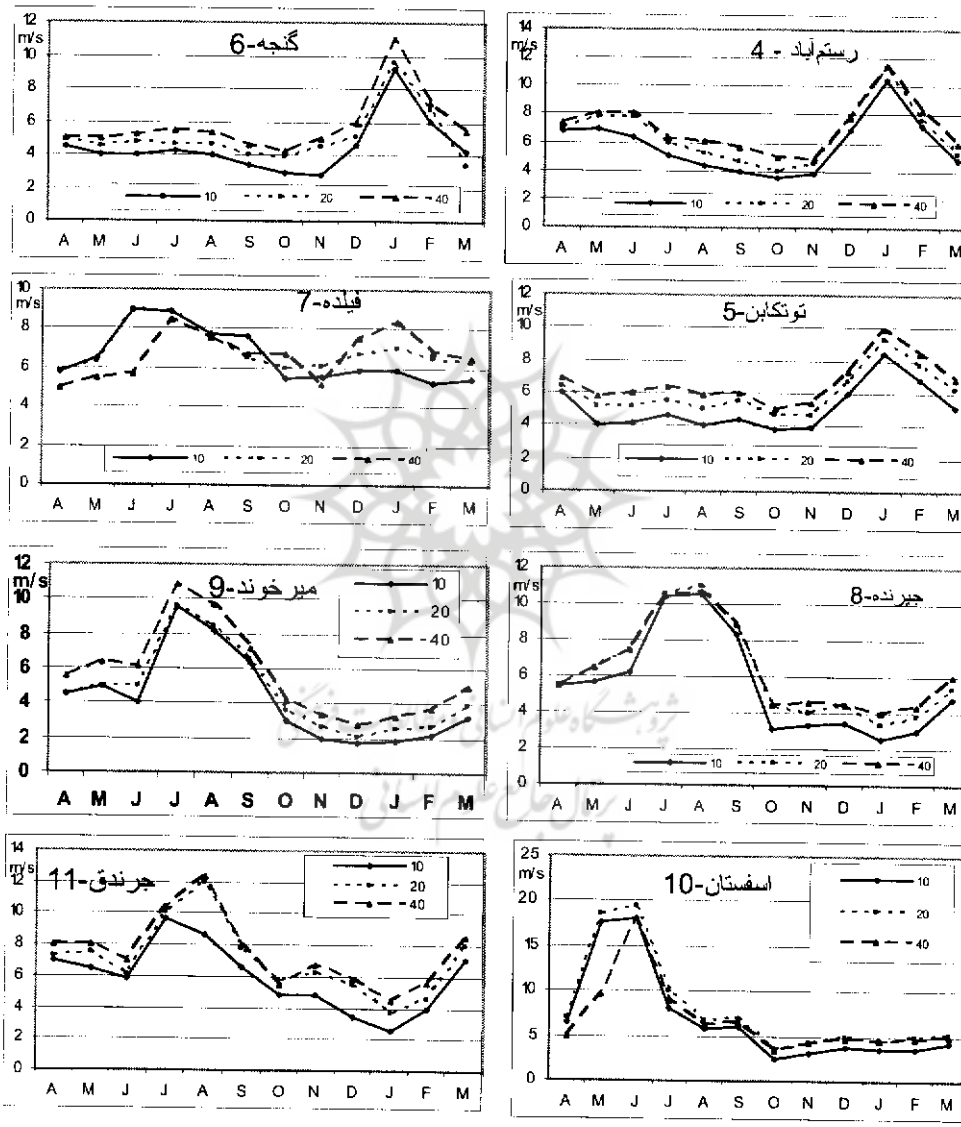
ایستگاه فیلده

ایستگاه فیلده در ارتفاعات جنوبی شهر رودبار روی یک تپه بلند و مشرف به دره‌ای با شیب تند(شکل۳) قرار دارد. در این شرایط توپوگرافی که جریان هوا بیش از حد مغشوش است باید به موضوع توربولانس و اثرات باد روی قله آن‌ها توجه داشت. همواره در این گونه تپه‌ها سرعت باد نسبتاً زیاد است که خود در افزایش قدرت قابل حصول ارزشمند است. ایستگاه فیلده از نظر موقعیت نسبی و ارتفاعی دو تفاوت عمده با سه ایستگاه دیگر مستقر در امتداد دره سفیدرود دارد. تفاوت اول این‌که ارتفاع این ایستگاه بالاتر از ایستگاه‌های قبل بوده، تفاوت دوم این که ایستگاه فیلده در نقطه آغازین رودخانه سفیدرود و در محل تبادلات هوای جلگه گیلان ودشت قزوین قراردارد. از نظر مورفولوژی و ساختار کلی عوارض توپوگرافی نیز تفاوت چشمگیری را نسبت به سایر ایستگاه‌های داخل دره سفیدرود دارد و تقریباً روند تغییرات سرعت نامنظم تر از سایر ایستگاه‌های منطقه می‌باشد. چنان‌که در شکل ۴ ملاحظه می‌گردد در ایستگاه فیلده دو دوره افزایش سرعت در فصل گرم و سرد سال وجود دارد و دوره آرامش سرعت باد در فاصله ماه‌های مهر تا آذر است. ضمناً در این ایستگاه در دوره گرم (هم‌زمان با وزش باد منجیل) حداکثر سرعت باد در سطح زمین (ارتفاع۱۰ متر) ثبت شده است و در دوره سرد سال که منحنی شدت باد در منجیل فروکش می‌نماید در این ایستگاه الگوی باد از ایستگاه های داخل دره سفیدرود تبعیت نموده وحداکثر سرعت نیز در سطح ارتفاعی ۴۰ متری ثبت شده است.

ایستگاه جیرنده

ایستگاه بادسنجی جیرنده در ارتفاع ۱۵۶۹ متر از سطح دریا بلندترین ایستگاه بادسنجی برداشت اطلاعات آمار لحظه‌ای باد می‌باشد که با دکل از نوع ۴۰ متری با سه سنسور، جهت برداشت اطلاعات لحظه‌ای باد در این مکان انتخاب شده و کار برداشت از تیرماه ۱۳۸۱ شروع شده است.

ایستگاه جیرنده به لحاظ موقعیت مکانی و جغرافیایی در فصول گرم سال تحت تأثیر عوامل جوی و توده‌های پرفشار خزری که به سمت جنوب ارتفاعات البرز جریان دارد، قرار گرفته و در فصول سرد سال نیز به دلیل نزدیکی این ایستگاه با دشت قزوین تحت تأثیر بادهای غربی که به سمت شمال کشور جریان می‌یابد، قرار می‌گیرد و به عبارتی تقریباً در تمام طول سال دارای وزش باد است. حداکثر سرعت باد در این ایستگاه در ماه مرداد در ارتفاع ۲۰ متری با سرعت ۱۳m/s و حداقل سرعت باد نیز در ارتفاع ۱۰ متری در ماه آبان با سرعت ۱/۵m/s ثبت شده است.



شکل ٤. متوسط تغییرات ماهانه سرعت باد در سه سطح ارتفاعی در ایستگاه‌های مطالعاتی

ایستگاه میرخوند

ایستگاه میرخوند با ارتفاع ۴۱۹ متردر پشت سد سفیدرود و به‌طور کامل در کانال باد منجیل که تا تاکستان ادامه دارد قرار گرفته است. در این ایستگاه بیشترین سرعت باد در تمام ماه‌های سال در ارتفاع ۴۰ متری و کم‌ترین سرعت آن در ارتفاع ۱۰ متری ثبت شده است و تقریباً از مرداد ماه باد با یک شیب یکنواخت در هرسه سنسور کاهش یافته و این روند تا آبان ماه تداوم دارد. سپس سرعت آن بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر بر ثانیه در سه ارتفاع ۱۰ و ۲۰ و۴۰ متری در جریان است.

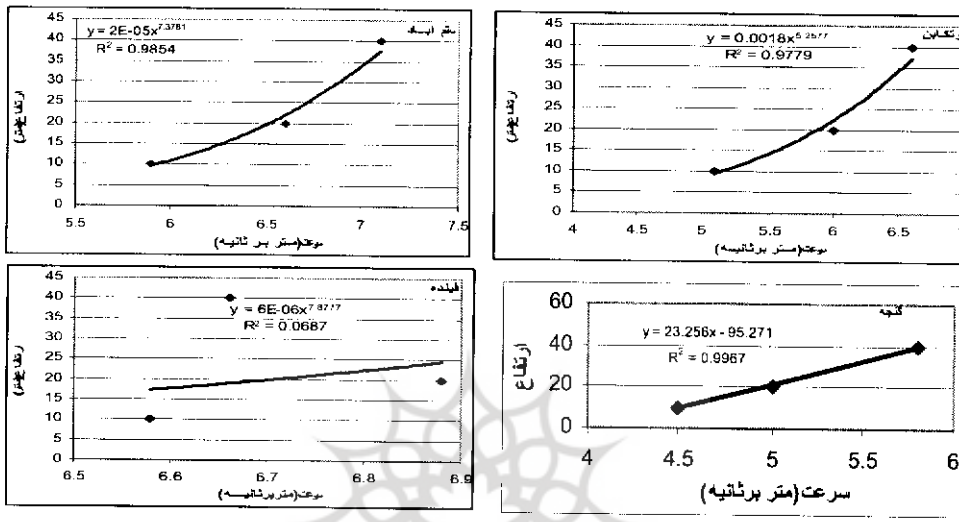
ایستگاه اسفستان

ایستگاه بادسنجی اسفستان با ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح آبهای آزاد و با دکل ۴۰ متری با سه سنسور، به‌عنوان ایستگاه برداشت اطلاعات لحظه‌ای باد تعیین و از مرداد ماه ۱۳۸۱ داده‌های باد را ثبت می‌نماید. این ایستگاه درجنوب محدوده مطالعاتی در منطقه تاکستان قرار دارد و مکانیسم شکل‌گیری جریان باد در آن تقریباً مشابه منطقه منجیل است. به‌طوری‌که سرعت لحظه‌ای باد در دوره گرم سال به‌ویژه در ماه تیر و در ارتفاع ۴۰ متری از سطح زمین به بالای ۲۰m/s می‌رسد و در ماه‌های سرد سال سرعت آن همانند ایستگاه‌های منجیل تا ۲m/s نیز کاهش می‌یابد.

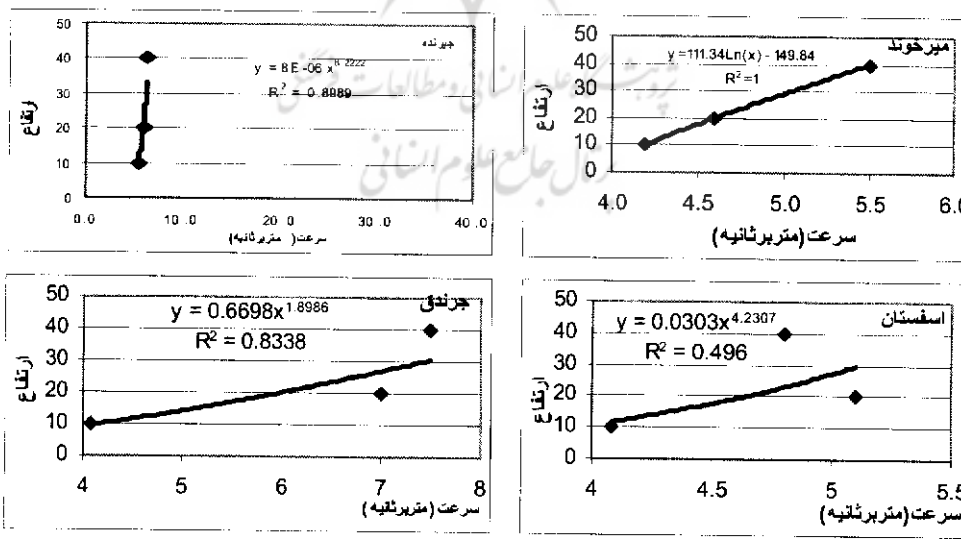
ایستگاه جرندق

ایستگاه جرندق در سمت غربی دشت قزوین قرار دارد و از لحاظ ارتفاعی به‌عنوان دومین ایستگاه ثبت آماری باد در منطقه منجیل و دشت قزوین محسوب می‌گردد. ارتفاعات این منطقه چندان بلند و ممتد نبوده و بیشتر حالت تپه ماهوری هستند و تحت تأثیر بادهای منطقه قزوین که همان بادهای راز و مه می‌باشد قرار می‌گیرد، یعنی زمانی که در منجیل در فصل گرم سال باد می‌وزد ادامه باد منجیل در این جا نیز جریان دارد و از باد همیشگی و دائمی در منطقه بهره می‌گیرد و نوسانات باد در این ایستگاه بین ۲ تا ۳ متر بر ثانیه است. در این دشت وجود تپه‌های نسبتاً بلند در فواصل دور و قرارگیری زمین‌های نسبتاً هموار در بین این تپه‌ها سبب گردیده تا ناصافی و زبری سطوح جریان باد را بیشتر تحت تأثیر قرار دهد. نواحی مسطح با زبری یکنواخت ساده‌ترین نواحی برای یک مبدل بادی منظور می‌شوند و به‌دلیل نزدیکی این سایت به خطوط انتقال نیرو برق تولیدی را می‌توان از این طریق به شبکه سراسری منتقل نمود.

هم‌چنین دو ایستگاه علی آباد و بابائیان که در منطقه منجیل قرار دارند فاقد سنجده‌های باد در سطوح ۲۰ و ۴۰ متر بوده بر این اساس تحلیل ارتفاعی برای این دو ایستگاه مقدور نبوده، ولی داده‌های ثبت شده در سطح ۱۰ متری حاکی از تداوم و سرعت بالای باد در منطقه بوده و توان بالقوه بالای منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۵. رابطه بین ارتفاع و تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های مستقر در دره سفید رود



شکل ٦. رابطه بین ارتفاع و تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های مستقر در جنوب دره سفید رود

۵. نتایج و تفسیر یافته‌های تحقیق

استفاده از انرژی باد و تبدیل حرکت دورانی آن به انرژی‌های مکانیکی از مدت ها قبل متداول بوده است. در کشورما نیز با وجود منابع فسیلی بسیار غنی و قابل دسترس وتولید نیروی الکتریکی ارزان، استفاده از انرژی‌های نو در راستای توسعه پایدار در سال‌های اخیر مورد توجه قرارگرفته و مراحل اولیه ساخت و فن‌آوری توربین‌های بادی در کشور نیز فراهم گردیده است. لذا با موقعیتی که بادهای دره سفیدرود و دشت قزوین دارند می‌توانند به‌عنوان یک منبع مفید در جهت ایجاد مزارع برق بادی استفاده شوند. در توربین‌های بادی انرژی جنبشی به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد. استفاده فنی از انرژی باد وقتی ممکن است‌که متوسط سرعت باد در محدوده سرعت۵m/s الی ۲۵m/s است(سانا،۱۳۸۳،ص۳۳).

بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌های بادسنجی نشان می‌دهد وضعیت توپوگرافی منطقه و خطوط انتقال برق از طریق شبکه بدین ترتیب است که این ایستگاه ها در فصول مختلف دارای باد مناسب بوده و البته برای تعیین نوع ظرفیت و توان نامی توربین‌ها نیاز به مطالعه و جمع‌آوری و برداشت اطلاعات بیشتری است. بررسی حاصل از رابطه بین ارتفاع و تغییرات سرعت باد با استفاده از معادله خطی محاسبه و نتایج آن برای ۸ ایستگاه مطالعاتی در شکل‌های ۵ الی ۶ آمده است.

به‌طوری‌که محاسبات نشان می‌دهد به غیر از ایستگاه فیلده همبستگی معناداری بین افزایش ارتفاع و سرعت باد وجود دارد چنان‌که در ۷ ایستگاه دیگر مطالعاتی ضریب محاسباتی نزدیک به ۱ به‌دست آمده است، بر این اساس نتایج حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که:

باد دره سفیدرود یک جریان محلی بوده و محدوده وزشی آن از داخل دره سفیدرود تا قسمت‌هایی از جنوب استان گیلان و استان‌های همجوار آن را در بر می‌گیرد.

باد با سرعت متغیر در تمام ماه‌های سال تداوم دارد، اما حداکثر آن در داخل دره سفیدرود در فصل زمستان و در تمام ایستگاه‌ها در ماه دی می‌باشد. ولی در ایستگاه‌های دشت منجیل و جنوب منطقه دوره افزایش در دوره گرم سال است.

هر یک از ایستگاه‌ها با تمام مشترکاتی که از نظر زمان و تغییرات سرعت دارند، دارای تفاوت‌هایی نیز هستند که این تغییرات کاملاً به شرایط توپوگرافی آن منطقه ارتباط دارد ودر واقع می‌توان گفت که مهم‌ترین عامل تداوم و ایجاد باد در منطقه عامل توپوگرافی است.

کلام آخر این‌که در همه ایستگاه‌های مطالعاتی سرعت لازم از نظر آستانه‌های حداقل برای ایجاد سایت مزارع باد در منطقه وجود دارد و پتانسیل طبیعی منطقه توان بالقوه بالایی و شرایط بسیار مناسبی را برای نصب توربین و تولید انرژی داراست.

٦. منابع و مآخذ:

۱- اصغرزاده، علی.۱۳۵۹. مطالعه و بررسی باد در منطقه منجیل و امکان استفاده از انرژی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد. ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

۲- ثقفی، محمود. ۱۳۷۲. انرژی بادی و کاربرد آن در کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران .

۳- رضایی، پرویز. ۱۳۷۷. طرح پژوهشی بررسی اقلیمی باد منجیل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت .

۴- رضایی، پرویز. ۱۳۸۲. بررسی اقلیمی باد منجیل. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۶۸ ۵- سازمان انرژی اتمی ایران. ۱۳۸۲. گزارش سالانه مرکز انرژی‌های نو مهر ماه ۱۳۸۲.

۶- سازمان هواشناسی کشور. آمار روزانه ایستگاه سینوپتیک منجیل. ۱۹۹۲ الی ۱۹۹۸ .

۷- سازمان انرژی‌های نو ایران، ۱۳۸۳. از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟ گزارش سوم:انرژی بادی.

۸- سازمان انرژی‌های نو ایران. آمار روزانه ایستگاه‌های منطقه ۱۳۷۸ الی۱۳۸۲.

۹- سعادت، احمد. ۱۳۳۹. مبادی علم آب و هواشناسی جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران .

۱۰- عباسپور، مجید.۱۳۷۱. «تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران» فاز اول.سازمان انرژی اتمی ایران.

۱۱- عباسپور، مجید.۱۳۷۳. «تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران» فاز دوم.سازمان انرژی اتمی ایران.

۱۲- عباسپور، مجید.۱۳۷۳. «امکانپذیری بهره‌گیری از انرژی باد جهت تولید برق در جمهوری اسلامی ایران» فازدوم.سازمان انرژی اتمی ایران.

۱۳- علیجانی، بهلول و کاویانی محمدرضا.۱۳۷۱. مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت.

۱۴- علیجانی، بهلول.۱۳۷۵. آب و هوای ایران، دانشگاه پیام نور.

۱۵- مرکز تحقیقات نیرو(متن). ۱۳۷۳. بررسی و تحقیق در نیروگاه‌های بادی. گزارش هشتم.

۱۶- وزارت دفاع، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱، سری K452 برگ NJ39-D.

۱۷- وزارت دفاع، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱ شیت‌های مربوط به محدوده مطالعاتی.

۱۸- هاشمی، فریدون. ۱۳۴۹. بررسی بادهای دشت قزوین.

19- wind power Mounthly, http, //wind power- monthly.com.

20- Peter M.Jamieson and Andrew Jaffery.1995.Advancd wind Turbine Design wind Energy vol 16,20-Feb.