توان سنجی دره سفیدرود از نظر باد و تولید انرژی

دکترپرویز رضائی [1]

چکیده :

کشور ایران باتوجه به موقعیت جغرافیایي‌اش به تناوب در فصول گرم و سرد سال تحت تأثیر سیستمهاي مختلف آب و هوایي قرار دارد. استقرار الگوهاي متفاوت فشار در فصول مختلف سال در تلفیق با عوارض سطح زمین باعث ایجاد یکي از شدیدترین بادهاي محلي ایران درجنوب دریاي خزر شده است.دره سفیدرود کانال ارتباطي بین گستره آبي دریاي خزر در شمال البرز و خشکي ایران مرکزي در جنوب آن مي‌باشد.تفاوت عرض‌جغرافیایي این دو پهنه سبب شده تا از نظر بیلان انرژي، و الگوهاي گردشي هوا شرایط متفاوتي در دومنطقه استقرار یابد. نتیجه این وضعیت، تبادل هوا بین چاله خزر و فلات ایران مرکزي و جریان بادموسوم به « باد منجیل» است. تداوم و سرعت بالاي باد در امتداد دره سفیدرود از یك طرف و توجه به انرژیهاي نو (جایگزین یا تجدیدشونده) از طرف دیگر سبب شده تا این منطقه بدلیل قابلیتهاي بالقوه آن مورد توجه کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش انرژي قرارگیرد.

درتحقیق حاضر[2] نیز با توجه به این ضرورت به مطالعه عنصر باد پرداخته شده است. در این راستا داده‌هاي حاصل

---

[1]- □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□ - □□□□□□□□

E.Mail:Rezaei@ iaurasht.ac.ir

۲- این تحقیق در ادامه طرح پژوهشي « بررسي اقلیمي باد منجیل» که در دانشگاه آزاد اسلامي رشت تهیه شده، تدوین گردیده است.

از ايستگاههاي دهگانه به محيط نرم افزار Εξχελ و Σπσσ يافته و درابتدا حداكثر سرعت و تغييرات زماني جريان باد يررسي و معلوم شد كه ايستگاههاي داخل دره سفيدرود داراي رژيمي متفاوت با دشت منجيل بوده و در تمام ايستگاه هاي مطالعاتي سرعت باد بالاتر از حداقل سرعت آستانه لازم براي نصب توربين است و تقريباً در تمام ايستگاه ها با نگرش به جنبه هاي اقتصادي و كاربردي انرژي باد و با بررسيهاي دقيق مي توان به نصب توربين‌هاي بادي و ايجاد مزارع بادي در قسمتهاي مختلف منطقه اقدام نمود و نياز به مطالعه جامع و دقيقتر در اين زمينه است.

واژگان كليدي: باد، انرژي‌هاي نو، دره سفيدرود، باد منجيل

۱. مقدمه

باد از عناصر اقلیمی است، که در اثر اختلاف فشار بین دو نقطه مجاور هم بوجود می‌آید. اختلاف فشار تحت تأثیر عوامل مختلف دینامیکی‌جو، عوارض سطح زمین و تغییرات تابش خورشید قرار دارد. بطوریکه اختلاف فشار بین دو کانون فشار به هر اندازه بیشتر باشد به همان اندازه سرعت باد بیشتر خواهد بود.بر این اساس جهت مطالعه عنصر باد و بهره‌گیری از آن دربرنامه‌ریزی‌های ملی و محلی لازم است ابتدا کانون‌های فشار در زمان ایجاد باد از نظر موقعیت جغرافیایی و میزان اختلاف فشار شناسائی و سپس به تغییرات سرعت وجهت آن پرداخته شود.

مناطق تحت تأثیر این عنصر بعنوان منطقه بادخیز دارای پتانسیل بالقوه‌ای درتولید انرژی برق‌بادی بوده، بطوریکه امروزه از نظر برنامه‌ریزان بخش انرژی، توسعه نیروگاههای برق‌بادی دارای اهمیت خاصی است. موقعیت جغرافیایی و طبیعی ایران عامل وزش بادهای محلی و گستره فعالیت جریانهای مختلف هوا می‌باشد.از جمله مناطق بادخیز ایران، دره سفیدرود از امامزاده‌هاشم تا دشت قزوین و حتی منطقه شهریار در تهران است. اثرات این جریان بدلیل تداوم و سرعت زیاد، کاملاً مشهود بوده و فعالیت ساکنین منطقه تحت الشعاع وزش این جریان قرار دارد.

در ارتباط با باد منجیل تحقیقات محدودي بویژه در دهه اخیر که بهره‌گیري از انرژیهاي‌نو، کانون توجه برنامه‌ریزان عمراني با دیدگاههاي زیست محیطي بوده،صورت گرفته است. اولین اثر در

ارتباط با باد منجيل مربوط به سعادت (۱۳۳۹) است، ايشان دراثر تاليفي خود تحت عنوان مباني آب و هواشناسي به بررسي علل وزش باد پرداخته وبه اين نتيجه رسيده اندكه باد منجيل در اثر تفاوت فيزيكي درياي خزر و خشكي ايران مركزي بوجود مي‌آيد و مقوله انرژي در آن مطرح نشده است. علاوه بر اثر فوق دو كار تحقيقي ديگر كه تقريباً قديمي بوده به مطالعه باد و اثرات آن پرداخته اند. هاشمي (۱۳٤۹) ، در كار تحقيقي خود «بررسي بادهاي دشت قزوين » عنصر باد را در دشت قزوين بررسي كرده اند و اصغرزاده (۱۳۵۹)نيز در تحقيق ديگر به مطالعه و بررسي باد در منطقه منجيل و امكان استفاده از انرژي آن پرداخته است. منابع فوق با توجه به زمان تهيه و منابع آماري موجود ويژگي باد را به صورت توصيفي و يا براساس منابع محدود آن زمان مورد مطالعه قرار داده اند. اخيراً پژوهشي در خصوص باد منجيل توسط رضايي (۱۳۸۲) تحت عنوان «بررسي اقليمي باد منجيل» صورت گرفته ايشان با استفاده از آمار ايستگاه‌هاي سينوپتيك محدوده وزش باد منجيل و نقشه‌هاي سينوپتيك سطح زمين و سطوح۸۵۰ هكتوپاسكال به بررسي علل وزش، تداوم و دوره وزش اين جريان بر اساس الگوهاي سينوپتيكي و آرايش سيستم‌هاي فشار پرداخته است و به اين نتيجه رسيده اند كه باد منجيل تحت تاثير ويژگي سطح زمين است و تداوم ارتفاعي در سطوح مياني

و فوقاني جو نداشته و اين جريان مختص دوره گرم سال بوده و شدت وزش آن با افزايش دما رابطه مستقيم دارد. محدوده وزش باد منجيل از شروع دره سفيدرود به سمت جنوب است و با دوره وزش باد در داخل دره سفيدرود متفاوت است چنانكه در اشكال ٤ الي ١١ نيز مشخص شده دوره اوج سرعت در سه ايستگاه گنجه، رستم آباد وتوتكابن كه در امتداد دره سفيدرود نصب شده اند متفاوت با ايستگاه هاي واقع در محدوده وزشي آن در دشت منجيل و جنوب آن است.

در ارتباط با انرژي باد در دنيا مطالعات و اقدامات متعددي انجام گرفته و كشورهاي زيادي همچون آلمان ،دانمارك، آمريكا، اسپانيا و ... از انرژي باد برق قابل ملاحظه اي توليد مي‌كنند. به طور مثال، آلمان نزديك به ١٥٠٠٠ مگاوات برق تا پايان سال ٢٠٠٣ ميلادي از انرژي باد توليد مي كند(گزارش سالانه مركز توسعه انرژي‌هاي نو،١٣٨٣). در سال ١٩٩٧ ميلادي كميسون انرژي اتحاديه اروپا اعلام كرد ١٢ درصد انرژي برق اروپا تا سال ٢٠١٠ ميلادي از منابع تجديدپذير تامين خواهد شد(www.wind power-monthly.com). در كشور ايران نيز مطالعات محدودي بويژه در سالهاي اخير انجام گرفته است. عمده‌ترين اين تحقيقات زير نظر مركز انرژيهاي نو و مراكز مطالعاتي مرتبط انجام يافته است. از جمله اين تحقيقات

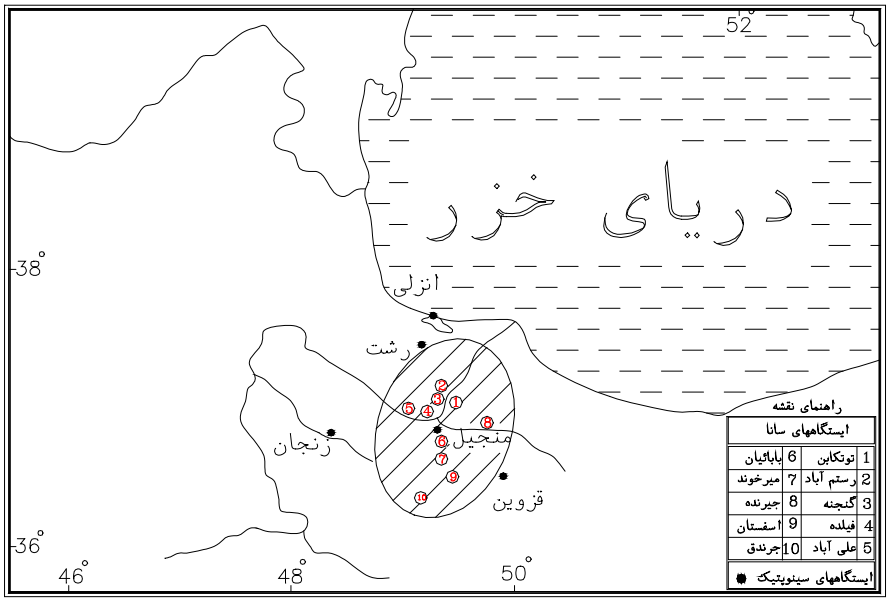
مي‌توان به گزارش مركز تحقيقات نيرو (۱۳۷۳) اشاره نمود كه به جمع آوري اطلاعات اقليمي مورد نياز مناطق مستعد كشور و بررسي پتانسيل‌هاي انرژي باد در ده ايستگاه سينوپتيك پرداخته است. سازمان انرژي اتمي (۱۳۷۱) نيز در راستاي استفاده از انرژي باد به «تخمين پتانسيل انرژي باد در ايران» پرداخته و در فاز دوم (۱۳۷۳) اين پروژه «امكانپذيري بهره‌گيري از انرژي باد جهت توليد برق در ايران» را با همكاري دانشگاه صنعتي شريف مطالعه نموده است. در اين گزارش با استفاده از اطلاعات اقليمي ايستگاه‌هاي سينوپتيك كشور اقدام به تهيه اطلس باد بر اساس شاخص‌هاي اقليمي و جغرافيايي نموده و در نتيجه كشور به ۱۱ منطقه مختلف از نظر امكان توليد انرژي و ايجاد پارك باد تقسيم گرديده است. علاوه بر گزارشهاي فوق ثقفي نيز در اثر تاليفي خود «انرژي باد و كاربرد آن در كشاورزي» ضمن پرداختن به مقوله انرژي، اشاره‌اي اجمالي به بادهاي ايران داشته‌اند و منطقه منجيل را با فركانس سرعتهاي ۱٤/٤ تا ۲۸/۸ كيلومتر در ساعت در حدود ۸۹ درصد، و با ضريب تداوم ۷۹٪،ضريب تغييرات ۸٪ و سرعت متوسط ۱۹/۳ كيلومتر در ساعت در طول ۲٤ ساعت در فصل تابستان از جمله مناطق مطلوب به منظور بهربرداري از انرژي محركه باد به حساب آورده‌اند (ثقفي،۱۳۷۲ص۷۷) .بدين ترتيب در عمده تحقيقات جريان باد در منجيل و جنوب آن

(دشت قزوين) بررسي و به مناطق مستعد در امتداد دره سفيدرود پرداخته نشده و يا كمتر به اين مقوله پرداخته شده است.

دراين تحقيق نيز با توجه به توانهاي بالقوه عنصر باد در توليد انرژي كه در راستاي اهداف سازمان انرژيهاي نو است به بررسي پتانسيل باد و توليد انرژي در دره سفيدرود و محدوده وزشي باد منجيل پرداخته شده است.

۲. موقعيت محدوده مطالعاتي

محدوده ای که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته 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 نصف النهار ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی گسترده است (شکل ۱).

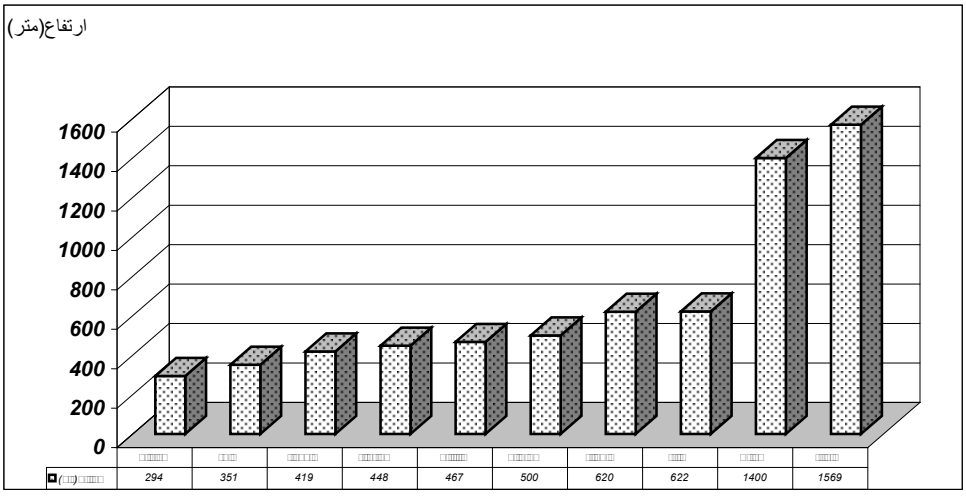


شکل ۱. موقعیت جغرافیائي باد منجیل و ایستگاه هاي مستقر در محدوده وزشي آن

بطورکلی در دره سفیدرود و دشت قزوین بادهای مختلفی جریان دارند که از جمله این بادها می‌توان به بادمه (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 جابجا و باعث تعدیل دمای هوا می شود و در منطقه تاکستان بنام «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 می یابد.

در قسمت شرقی دشت قزوین باد دیگری که دارای سرعت کمتری است، در ساعات مختلف روز جریان دارد، این باد بنام « 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 توپو گرافی 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 معمولاًبر روی آسایش انسانی تاثیر منفی دارد.



شکل ۲. تغییرات ارتفاعي ۱۰ ایستگاه مستقر در محدوده مطالعاتي

از نظر ژئومورفولوژي نیز منطقه مطالعاتي از واحدهاي مختلف توپوگرافي تشکیل شده است.

مکانیسم شکل‌گیري و پیدایش باد نیز متاثر از این تنوع چشم اندازهاي محیطي است ولي عامل مهم تاثیر گذار کانال طبیعي سفیدرود مي‌باشد و ایستگاه‌هاي مطالعاتي نیز عمدتاً در داخل دره سفیدرود یا جنوب آن که منتهي به دشت قزوین است تعبیه شده‌اند. ارتفاع ایستگاه‌ها نیز بین ۳۰۰ تا ۱۶۰۰ متغیر بوده و روند افزایش ارتفاع همانطورکه در شکل شماره ۲، ملاحظه مي گردد از شمال به سمت جنوب است.

۳.مواد و روشها

در این مقاله از داده‌هاي ایستگاه‌هاي بادسنجي مستقر در محدوده وزشي باد منجیل مربوط به سازمان انرژیهاي نو(سانا) و هواشناسي استفاده گردیده است. این داده‌ها شامل تغییرات سرعت و جهت باد است. اطلاعات سازمان انرژي‌هاي‌نو بصورت روزانه درسطوح ارتفاعي ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ متري از سطح زمین ثبت شده است. لذا بدلیل حجم زیاد مطالب، اطلاعات مربوط بصورت ماهانه خلاصه و نتایج آن با توجه به توپوگرافي و مورفولوژي منطقه با هم مقایسه شده است. جدول شماره ۱ موقعیت جغرافیائي و وضعیت ایستگاه‌هاي بادسنجي محدوده مطالعاتي را نشان مي‌دهد، چنانکه از اواسط سال ۱۳۸۰ اطلاعات باد منطقه هر ۱۰ دقیقه یکبار توسط این ایستگاه‌ها در سه ارتفاع ۲۰,۱۰ و ۴۰ متري ثبت مي‌گردد. سرعت باد به واحد متر بر ثانیه و ایستگاه‌هاي سازمان انرژي‌هاي نو فاقد جهت جغرافیایي 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 تاسیس	زمان شروع ثبت اطلاعات	داده‌های موجود به سال
			طول x	عرض y				
۱	بابائیان (منجیل)	٤٦٧	″ ٢٦′١١ °٤٩	″ ٣٦°٤٣′٥٥	۱۰	۷۹	/۲/۱۵ ۸۱	٤
۲	علی آباد	٦٢٠	″ ٢١′٣٠ °٤٩	″ ٣٦°٤٦′٠٨	//	۷۹	/۸/۱۰ ۷۹	٤
۳	رستم آباد	٤٤٨	″ ٢٨′١٩ °٤٩	″ ٣٦°٥٣′١٧	٤۰	۸۰	/۱۱/۱۵ ۸۰	۲
٤	میرخوند	٤١٩	″ ٢٤′١ °٤٩	″ ٣٦°٤٠′٠٨	//	۸۰	/۱۲/۱۵ ۸۰	۲
٥	توتکابن	٢٩٤	″ ٣١′٢٨ °٤٩	″ ٣٦°٤٥′٢٦	//	۸۱	۸۱/۱/۱	۲
٦	فیلده	٦٢٢	″ ٢٣′٥٦ °٤٩	″ ٣٦°٤٨′٥٢	//	۸۱	/٤/۲۸ ۸۱	۲
۷	گنجه	٣٥١	″ ٢٧′٤٣ °٤٩	″ ٣٦°٥١′٣١	//	۸۱	/٤/۲۹ ۸۱	۲
۸	جیرنده	١٥٦٩	″ ٤٦′٥٤ °٤٩	″ ٣٦°٤٢′٢٧	//	۸۱	۸۱/٤/۷	۲
۹	اسفستان	٥۰۰	″ ٣٢′٢٤ °٤٩	″ ٢٢′٢۰۰ °٣٦	//	۸۱	/٥/۱۸ ۸۱	۲
۱۰	جرندق (تاکستان)	١٤۰۰	″ ٢٨′٣٣ °٤٩	″ ٣٦°۰٦′٤٤	//	۸۱	/٦/۲٥ ۸۱	۲

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 علي آباد و بابائیان منجیل فاقد اطلاعات سطوح ارتفاعي ۲۰ و ٤۰ متر بوده و ٤ ایستگاه رستم آباد، توتکابن، گنجه و فیلده نیز در راستاي دره سفیدرود تاسیس‌شده‌اند (شکل۱). جهت تحلیل داده‌ها از روشهاي آماري استفاده و در این

راستا از نرم‌افزارهاي مرتبط نظير *Excel* و *Spss* كمك گرفته‌شده است. چنانكه در مراحل مختلف تحقيق از آمار توصيفي و نمودارهاي مربوطه جهت بيان رژيم وزش باد استفاده شده است و در ادامه با استفاده از معادله ضريب همبستگي تغييرات سرعت و ارتفاع در سه سطح محاسبه شده است. در روند انجام تحقيق نيز سعي شده با استفاده از نقشه توپوگرافي منطقه و ترسيم نيمرخ توپوگرافي، موقعيت ايستگاهها از نظر موقعيت استقرار نمايش داده شود.

از آنجائيكه در اين مقاله تاكيد بر مطالعه باد در دره سفيدرود است، لذا علاوه بر مطالعه آماري با استفاده از نقشه‌هاي توپوگرافي منطقه نيمرخ ارتفاعي ايستگاهها ترسيم شده است تا علاوه بر عامل فشار نقش شكل زمين نيز در جريان باد مورد توجه قرار گيرد.

٤. يافته‌هاي تحقيق واثر عوارض سطح زمين بر الگوي باد

اطلاعات حاصل از ايستگاه‌هاي بادسنجي مستقر در داخل دره سفيدرود مورد بررسي آماري قرار گرفته و نتايج آن به تفكيك ايستگاه‌ها در سطوح ارتفاعي ١٠، ٢٠ و ٤٠ متر استخراج و نتايج آن در جداول شماره ٢و٣ ارائه شده است.

نتايج حاصل از تحليل آماري داده‌ها بيانگر همبستگي مستقيم بين ارتفاع وسرعت باد بوده اما ضريب هبستگي وميزان تغييرات سرعت تابع شرايط توپوگرافي ،موقعيت دره ، فصل وزش و ارتفاع منطقه از سطح درياست. بطوريكه در دوره گرم سال تفاوت در سطوح سه گانه به حداقل رسيده و معمولاً در داخل دره سفيدرود شدت وزش باد كمتر

است، اما در دوره سرد سال در سه ایستگاه رستم آباد، توتکابن و گنجه که تقریباً در فاصله دورتري از منجیل قرار دارند، سرعت باد افزایش دارد، دیماه در هرسه ایستگاه داراي بالاترین سرعت در هر سه سطح است. اما ایستگاه فیلده که در ارتفاع بالاتر و نزدیك به دشت منجیل است تغییرات سرعت و روند آن به ایستگاه‌هاي خارج از دره سفیدرود که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است نزدیك‌تر است. در ایستگاه‌هاي جدول۳ که تغییرات سرعت را در محدوده وزشي باد منجیل نشان مي‌دهد تفاوت آشکار سرعت در تابستان با سایر ایام مشاهده مي‌گردد.

جدول ۲ . تغییرات سرعت باد (متر بر ثانیه) در سطوح ارتفاعي ۱۰، ۲۰ و ٤٠ متري در امتداد دره سفیدرود

ایستگاه	فیلده			گنجه			رستم آباد			توتکابن		
ارتفاع (متر)	40	20	10	40	20	10	40	20	10	40	20	10
فروردین	5	5.8	5.8	5	4.8	4.5	7.4	6.9	6.8	6.9	6.4	6
اردیبهشت	5.5	6.3	6.5	5	4.5	4	8.05	7.8	6.95	5.7	5.1	4.1
خرداد	5.7	9	9	5.2	4.7	4	8.05	7.8	6.35	6	5.2	4.2
تیر	8.45	8.85	8.9	5.5	4.65	4.2	6.25	6	5.15	6.4	5.5	4.7
مرداد	7.5	7.65	7.7	5.3	4.6	3.95	6.1	5.3	4.35	5.9	5	4
شهریور	6.65	6.45	7.6	4.6	4	3.4	5.65	4.6	4	6	5.5	4.4
مهر	6.75	5.95	5.45	4.3	3.85	2.95	5	4	3.5	5	4.7	3.8

آبان	5.15	6.05	6.7	5.55	5.85	5	4.45	2.75	4.85	4.5	3.8	5.4	4.7	3.9
آذر	7.5	6.7	5.85	6	5.15	4.6	7.8	7.9	7	7.3	6	6.7	
دي	8.4	7	5.85	11	9.6	9.25	11.5	11.3	10.5	9.9	9.3	8.4	
بهمن	6.85	6.5	5.3	7.1	6.75	6.05	8.35	7.7	7.15	8.4	7.7	6.9	
اسفند	6.5	6.25	5.5	5.4	3.45	4.25	6	5.2	4.8	6.8	6.3	5.1	
سالانه	6.66	6.88	6.58	5.8	5	4.5	7.1	6.6	5.9	6.6	6	5.1	

مآخذ:سانا(سازمان انرژيهاي نو)

از آنجائيكه باد منجيل مختص سطح زمين است بر اين اساس شكل زمين در هدايت و تغييرات سرعت وجهت باد نقش اساسي دارد.در اين مقاله نيز براي نمايش موقعيت سايتهاي اندازهگيري دادههاي باد، نيمرخ ارتفاعي۱۰ ايستگاه مطالعاتي با استفاده از نقشههاي توپوگرافي و نرم افزار A *AutoCAD*ترسيم و بصورت شكل ۳، نمايش داده شده است.

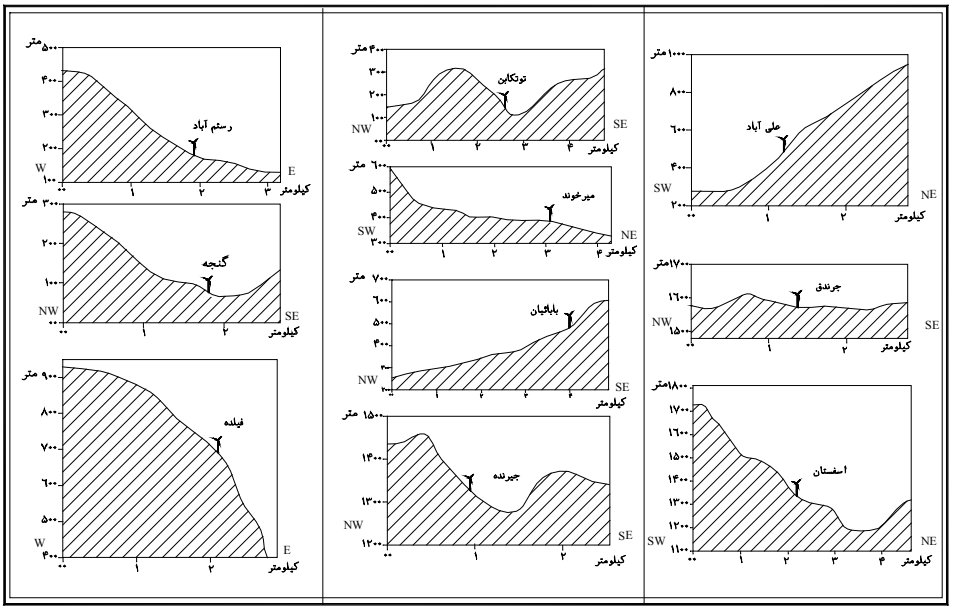
جدول ۳ . تغييرات سرعت باد(متر بر ثانيه) در سطوح ارتفاعي ۱۰، ۲۰ و ٤٠ متري
در ايستگاههاي محدوده وزشي باد منجيل

ايستگاه	علي آباد	بابائيان	جرندق			اسفستان			جيرنده			ميرخوند		
ارتفاع (متر)	۱۰	۱۰	10	20	40	10	20	40	10	20	40	10	20	40
فروردين	10.5	6.1	7	7.3	8	6.5	7	5	5.5	5.5	5.5	4.5	4.5	5.5
ارديبهشت	11	7.5	6.5	7.5	8	17.7	18.5	9.5	5.7	6.5	6.5	5	5	6.3
خرداد	11.8	2	5.	6.1	7	18	19.	18	6.2	7.5	7.5	4	5	6.1

							5		8					
9.6	9.6	10.8	10.5	10.6	10.5	8.1	10	9	9.7	10	10.5	5.6	15.9	تير
8.2	8.4	9.7	10.6	11	10.7	5.85	6.7	6.3	8.6	12	12.3	4.5	14.9	مرداد
6.3	6.5	7.2	8.3	8.9	8.9	6.05	6.9	6.5	6.6	7.8	8	6	14.1	شهريور
3	3.6	4.2	3.1	4.3	4.4	2.5	3.5	3.3	4.9	5.7	5.5	2.8	9	مهر
2	2.7	3.4	3.3	4	4.6	3.15	4.2	4.3	4.8	6.2	6.7	5.5	5.5	آبان
1.7	2.1	2.8	3.5	4.4	4.5	3.75	4.8	4.7	3.5	5.5	5.9	4	6.4	آذر
1.9	2.5	3.2	2.6	3.3	4	3.6	4.5	4.5	2.5	3.7	4.4	2.5	4.6	دي
2.2	2.7	3.7	3	3.8	4.3	3.5	4.8	4.6	3.9	4.6	5.6	2.5	4.5	بهمن
3.2	3.9	5	4.8	5.3	6	4.25	5.1	4.8	7.1	8	8.5	7.5	5.9	اسفند
4.2	4.6	5.5	5.5	6.2	6.4	4.08	5.1	4.8	4.08	7	7.5	4.9	9.2	سالانه

مآخذ:سانا (سازمان انرژيهاي نو)

بطوريكه ملاحظه ميگردد برخي ايستگاه ها نظير توتكابن، گنجه، رستم آباد و جيرنده بر روي دامنه دره اي منتهي به سفيدرود يا سرشاخه هاي آن و برخي نظير فيلده و اسفستان بر روي تپه ها و بلنديهاي بادگير و برخي نيز همانند جرندق و ميرخوند در دشتهاي باز يا فلاتهاي مرتفع استقرار يافته اند. اما در مجموع كليه ايستگاه ها در مسير وزش بادهاي دره سفيدرود قرار دارند و تفاوتهاي موجود از نظر سرعت و تغييرات ارتفاعي آن ناشي از اشكال و واحدهاي توپوگرافي است كه در شكل ۳ ملاحظه ميگردد. در ادامه جهت بيان ساير تفاوتها و اثر واحدهاي ناهمواري ، تجزيه وتحليل بر روي يافته هاي باد به تفكيك ايستگاه آورده شده است.



شكل ٣. نيمرخ ارتفاعي ايستگاه‌هاي محدوده مطالعاتي و موقعيت آنها بر روي شكل

ايستگاه رستم آباد

سايت رستم آباد از نظر شكل توپوگرافي بصورت يك گرده ماهي بوده كه منتهي به تپه‌ها و ارتفاعات نزديك به سفيدرود است. اين ايستگاه در ساحل غربي سفيدرود در ارتفاع ٤٤٨ متري از سطح دريا قرار دارد و با دكل٤٠ متري با سه سنسور، جهت برداشت اطلاعات آماري باد از اواخر سال ١٣٨٠ در اين مكان تعبيه شده است. خلاصه اطلاعات دوره برداشت آن در جدول شماره ٢ و شكل شماره ٤ نشان داده شده است.

تغييرات سرعت باد در ايستگاه مطالعاتي منظم و تقريباً همين روند در ساير ايستگاه‌هاي حاشيه

سفيدرود نيز ملاحظه مي‌گردد ، با نزديك شدن به دشت منجيل روند افزايش و كاهش سرعت باد تغيير نموده و زمان اوج سرعت باد در داخل دره سفيدرود و منطقه منجيل جابجا مي شود كه حاكي از شرايط توپوگرافي و حاكميت آن در ايجاد باد است. در ايستگاه رستم آباد حداكثر سرعت باد در دي ماه و حداقل آن در فاصله ماههاي شهريور تا اواخر مهر ثبت شده است.نكته قابل‌توجه دراين ايستگاه همبستگي مثبت بين تغييرات سرعت و ارتفاع است. چنانكه در تمام ماهها بالاترين ميزان سرعت در ارتفاع ٤٠ متري و كمترين آن در سطح ١٠ متري مي‌باشد.لازم به ذكر است كه دامنه تغييرات سرعت باد در سطح ارتفاعي تابع سرعت باد بوده چنانكه با افزايش سرعت، اختلاط هوا بيشتر و دامنه تغييرات به حداقل ممكن كاهش يافته ودر ماه‌هاي آرام تفاوت سرعت باد كاملاً مشهود است.از ديگر ويژگيهاي مثبت اين سايت نزديكي به خطوط انتقال فشار قوي و نزديك بودن به حوزه شهري است كه پس از نصب توربين ، توليد و انتقال برق به شبكه سراسري آسان مي‌شود.

ايستگاه توتكابن

ايستگاه توتكابن بر روي تپه اي بدون پوشش گياهي با ارتفاعي مناسبي قراردارد. اين تپه بالاتر از رودخانه سفيدرود در نقطه مقابل ايستگاه رستم‌آباد با ارتفاع ٢٩٤ متر از سطح دريا در ساحل شرقي سفيدرود با دكل ٤٠ متري با سه سنسور از فروردين ماه سال ٨١ اطلاعات باد

را ثبت نموده است. متوسط اطلاعات باد ايستگاه توتكابن در سه ارتفاع ۱۰ و ۲۰ و ٤٠ متري در شكل شماره ٥ و جدول شماره ۲ ارائه شده است.چنانكه در نمودار ملاحظه مي گردد تغييرات سرعت در طول سال مشابه ايستگاه رستم‌آباد است و تفاوتهاي قابل ملاحظه دو ايستگاه از نظر دامنه تغييرات در سه سطح ارتفاعي بوده، كه در ايستگاه توتكابن در زمان اوج سرعت نيز اين تفاوتها وجود دارد و اين تغييرات موجود در ايستگاههاي نزديك به هم به شرايط توپوكليمائي منطقه ارتباط دارد.

ايستگاه گنجه

ايستگاه فوق با ارتفاع ۳٥۱ متر از سطح دريا از تيرماه سال ۸۱ اطلاعات باد را برداشت نموده است از نظر روند ماهانه وضعيت باد اين ايستگاه تقريباً شبيه ايستگاه توتكابن ولي از نظر تغييرات ياد در سطوح ارتفاعي مختلف مشابه الگوي حاكم در ايستگاه رستم‌آباد است، نكته قابل ملاحظه در اين ايستگاه تفاوت بارزتر سرعت باد بين دوره اوج و حداقل است، بطوريكه حداكثر سرعت باد در ماه دي به بيش از m/s ۱۱ و حداقل آن به كمتر از m/s ۳ درماه آبان بالغ مي‌گردد (نمودار٦ و جدول ۲).

ايستگاه فيلده

ايستگاه فيلده در ارتفاعات جنوبي شهر رودبار بر روي يك تپه بلند و مشرف به دره‌اي با شيب تند (شكل۳) قرار دارد. در اين شرايط توپوگرافي كه جريان هوا بيش از حد مغشوش است بايد به مسئله توربولانس و اثرات باد روي قله آنها توجه داشت. همواره در اين گونه تپه‌ها سرعت باد

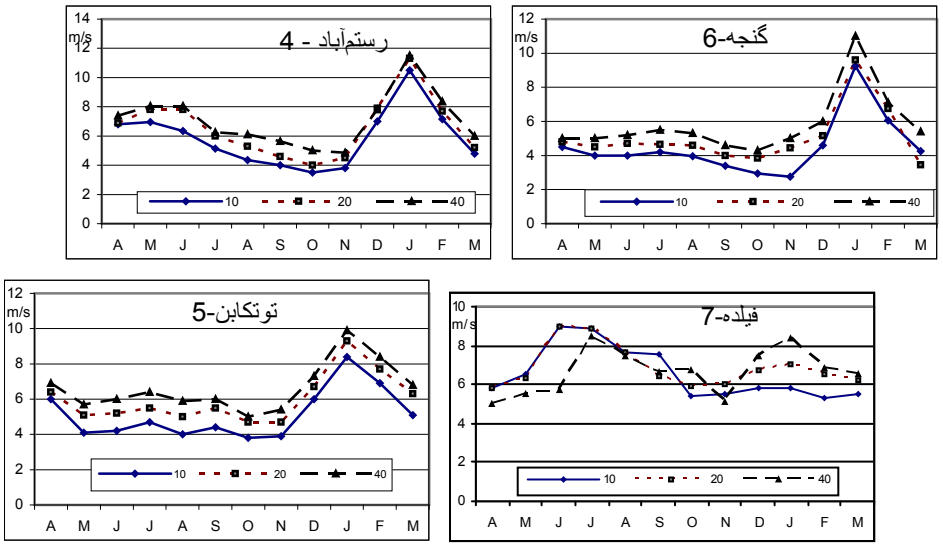
نسبتاً زياد است كه خود در افزايش قدرت قابل حصول ارزشمند است. ايستگاه فيلده از نظر موقعيت نسبي و ارتفاعي دو تفاوت عمده با سه ايستگاه ديگر مستقر در امتداد دره سفيدرود دارد. تفاوت اول اينكه ارتفاع اين ايستگاه بالاتر از ايستگاه‌هاي قبل بوده، نكته دوم اينكه ايستگاه فيلده در نقطه آغازين رودخانه سفيدرود و در محل تبادلات هواي جلگه گيلان ودشت قزوين قراردارد. از نظر مورفولوژي و ساختار كلي عوارض توپوگرافي نيز تفاوت چشمگيري را نسبت به ساير ايستگاه‌هاي داخل دره سفيدرود دارد و تقريباً روند تغييرات سرعت نامنظم تر از ساير ايستگاه‌هاي منطقه مي‌باشد. چنانكه در شكل ۷ ملاحظه مي‌گردد در ايستگاه فيلده دو دوره افزايش سرعت در فصل گرم وسرد سال وجود دارد و دوره آرامش سرعت باد در فاصله ماههاي مهر تا آذر است. ضمناً در اين ايستگاه در دوره گرم (همزمان با وزش باد منجيل) حداكثر سرعت باد در سطح زمين (ارتفاع۱۰ متر) ثبت شده است و در دوره سرد سال كه منحني شدت باد در منجيل فروكش مي‌نمايد در اين ايستگاه الگوي باد از ايستگاه‌هاي داخل دره سفيدرود تبعيت نموده وحداكثر سرعت نيز در سطح ارتفاعي ٤٠ متري ثبت شده است.

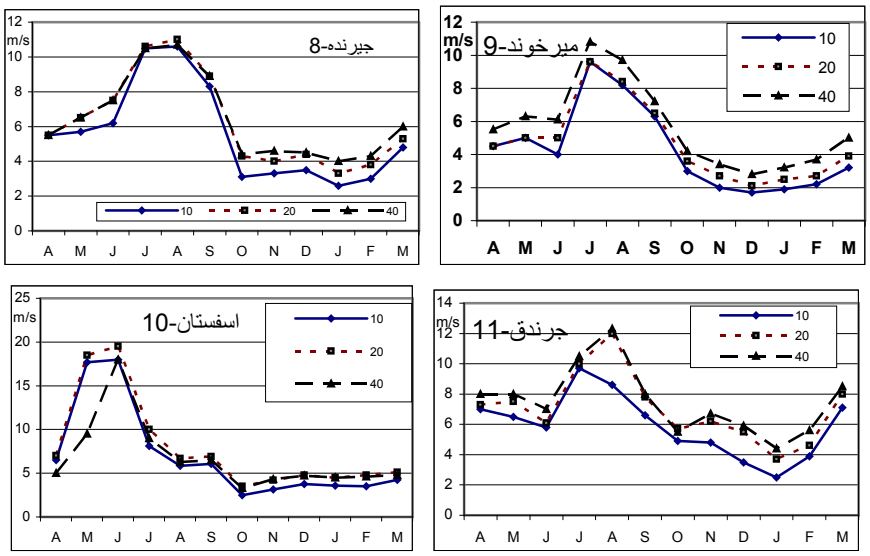
ايستگاه جيرنده

ايستگاه بادسنجي جيرنده در ارتفاع ١٥٦٩ متر از سطح دريا بلندترين ايستگاه بادسنجي برداشت اطلاعات آمار لحظه‌اي باد مي‌باشد كه با دكل از نوع ٤٠ متري با سه سنسور، جهت برداشت اطلاعات

لحظه‌اي باد در اين مكان انتخاب شده و كار برداشت از تيرماه ۱۳۸۱ شروع شده است.

ايستگاه جيرنده به لحاظ موقعيت مكاني و جغرافيايي در فصول گرم سال تحت تأثير عوامل جوي و توده‌هاي پرفشار خزري كه به سمت جنوب ارتفاعات البرز جريان دارد، قرار گرفته و در فصول سرد سال نيز به دليل نزديكي اين ايستگاه با دشت قزوين تحت تأثير بادهاي غربي كه به سمت شمال كشور جريان مي يابد، قرار مي‌گيرد و به عبارتي تقريباً در تمام طول سال داراي وزش باد است. حداكثر سرعت باد در اين ايستگاه در ماه مرداد در ارتفاع ۲۰ متري با سرعت ۱۳ m/s و حداقل سرعت باد نيز در ارتفاع ۱۰ متري در ماه آبان با سرعت ۱/۵ m/s ثبت شده است (شكل۸).





اشكال ٤ الي١١.متوسط تغييرات ماهانه سرعت باد در سه سطح ارتفاعي در ايستگاه‌هاي مطالعاتي

ايستگاه ميرخوند

ايستگاه ميرخوند با ارتفاع ٤١٩ متردر پشت سد سفيدرود و بطور كامل در كانال باد منجيل كه تا تاكستان ادامه دارد قرار گرفته است. در اين ايستگاه بيشترين سرعت باد در تمام ماههاي سال در ارتفاع ٤٠ متري و كمترين سرعت آن در ارتفاع ١٠ متري ثبت شده است و تقريباً از مرداد ماه باد با يك شيب يكنواخت در هرسه سنسور كاهش يافته و اين روند تا آبان ماه تداوم دارد. سپس سرعت آن بين ١/٥ تا ٢/٥ متر بر ثانيه در سه ارتفاع ١٠ و ٢٠ و٤٠ متري در جريان است(شكل٩).

ايستگاه اسفستان

ايستگاه بادسنجي اسفستان با ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح آبهاي آزاد و با دكل ٤٠ متري با سه سنسور، بعنوان ايستگاه برداشت اطلاعات لحظه‌اي باد تعيين و از مرداد ماه ۱۳۸۱ داده‌هاي باد را ثبت مي نمايد. اين ايستگاه درجنوب محدوده مطالعاتي در منطقه تاكستان قرار دارد و مكانيسم شكل گيري جريان باد در آن تقريباً مشابه منطقه منجيل است. بطوريكه سرعت لحظه‌اي باد در دوره گرم سال بويژه در ماه تير و در ارتفاع ٤٠ متري از سطح زمين به بالاي ۲۰ m/s مي‌رسد و در ماه‌هاي سرد سال سرعت آن همانند ايستگاههاي منجيل تا ۲m/s نيز كاهش مي‌يابد (شكل ۱۰).

ايستگاه جرندق

ايستگاه جرندق در سمت غربي دشت قزوين قرار دارد و از لحاظ ارتفاعي بعنوان دومين ايستگاه ثبت آماري باد در منطقه منجيل و دشت قزوين محسوب مي‌گردد. ارتفاعات اين منطقه چندان بلند و ممتد نبوده و بيشتر حالت تپه ماهوري هستند و تحت تأثير بادهاي منطقه قزوين كه همان بادهاي راز و مه مي باشد قرار مي گيرد، يعني زماني كه در منجيل در فصل گرم سال باد مي وزد ادامه باد منجيل در اين جا نيز جريان دارد و از باد هميشگي و دائمي در منطقه بهره مي‌گيرد و نوسانات باد در اين ايستگاه بين ۲ تا ۳ متر بر ثانيه است. در اين دشت وجود تپه‌هاي نسبتاً بلند در فواصل دور و قرارگيري زمينهاي نسبتاً هموار در بين اين تپه‌ها سبب گرديده تا ناصافي و زبري

سطوح جريان باد را بيشتر تحت تأثر قرار دهد. نواحي مسطح با زبري يكنواخت سادهترين نواحي براي يك مبدل بادي منظور ميشوند و بدليل نزديكي اين سايت به خطوط انتقال نيرو برق توليدي را ميتوان از اين طريق به شبكه سراسري منتقل نمود.

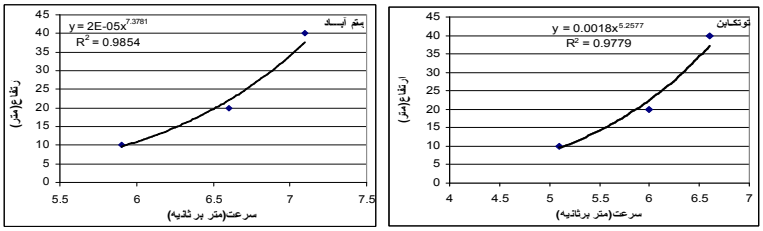
همچنين دو ايستگاه علي آباد و بابائيان كه در منطقه منجيل قرار دارند فاقد سنجدههاي باد در سطوح ۲۰ و ٤۰ متر بوده بر اين اساس تحليل ارتفاعي براي اين دو ايستگاه مقدور نبوده ، ولي دادههاي ثبت شده در سطح ۱۰ متري حاكي از تداوم و سرعت بالاي باد در منطقه بوده و توان بالقوه بالاي منطقه را نشان ميدهد.

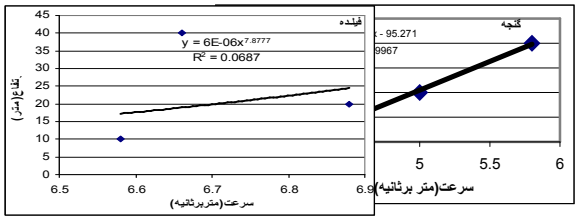
٥. نتايج و تفسير يافتههاي تحقيق

استفاده از انرژي باد و تبديل حركت دوراني آن به انرژيهاي مكانيكي از مدتها قبل متداول بوده است. در كشورما نيز با وجود منابع فسيلي بسيار غني و قابل دسترس وتوليد نيروي الكتريكي ارزان، استفاده از انرژيهاي نو در راستاي توسعه پايدار در سالهاي اخير مورد توجه قرارگرفته و مراحل اوليه ساخت و فنآوري توربينهاي بادي در كشور نيز فراهم گرديده است. لذا با موقعيتي كه بادهاي دره سفيدرود و دشت قزوين دارند ميتوانند بعنوان يك منبع مفيد در جهت ايجاد مزارع برق بادي استفاده نمود. در توربينهاي بادي انرژي جنبشي به انرژي مكانيكي و سپس به انرژي الكتريكي تبديل مي گردد. استفاده فني از انرژي باد وقتي ممكن است كه متوسط سرعت باد در

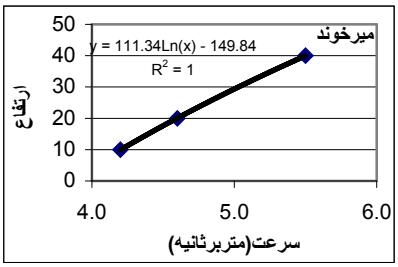
محدوده سرعت ۵m/s الي ۲۵ m/s است(سانا،۱۳۸۳،ص۳۳).

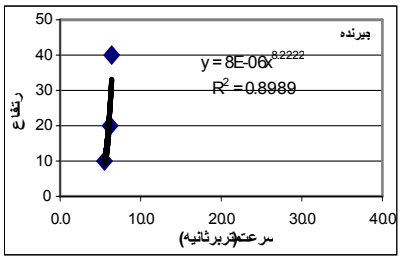
بررسي و تجزيه و تحليل داده هاي ايستگاه هاي بادسنجي نشان مي‌دهد كه وضعيت توپوگرافي منطقه، خطوط انتقال برق از طريق شبكه بدين ترتيب است كه اين ايستگاه ها در فصول مختلف داراي باد مناسب بوده و البته براي تعيين نوع ظرفيت و توان نامي توربينها نياز به مطالعه و جمع آوري و برداشت اطلاعات بيشتري است.بررسي حاصل از رابطه بين ارتفاع و تغييرات سرعت باد با استفاده ازمعادله خطي محاسبه ونتايج آن براي ۸ ايستگاه مطالعاتي در نمودارهاي شماره ۱۲ الي ۱۸ آمده است.

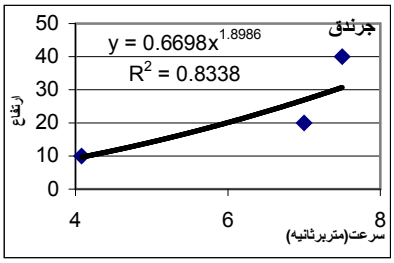


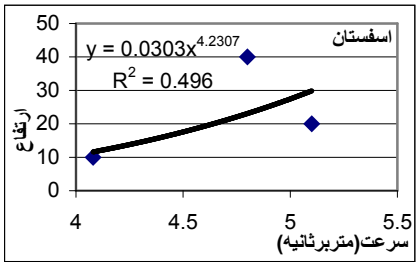


نمودارهاي ۱۲ الي ۱۵. رابطه بين ارتفاع و تغييرات سرعت باد در ايستگاه هاي مستقر در دره سفيد رود









نمودارهاي ١٦ الي ١٨. رابطه بين ارتفاع و تغييرات سرعت باد در ايستگاه‌هاي مستقر در جنوب دره سفيد رود

بطوريكه محاسبات نشان مي‌دهد به غير از ايستگاه فيلده همبستگي معناداري بين افزايش ارتفاع و سرعت باد وجود دارد چنانكه در ٧ ايستگاه ديگر مطالعاتي ضريب محاسباتي نزديك به ١ بدست آمده است، بر اين اساس نتايج حاصل از مطالعات نشان مي‌دهد كه:

١. باد دره سفيدرود يك جريان محلي بوده و محدوده وزشي آن از داخل دره سفيدرود تا قسمتهائي از جنوب استان گيلان و استانهاي همجوار آن را در بر مي‌گيرد.

٢. باد با سرعت متغيير در تمام ماههاي سال تداوم دارد، اما حداكثر آن در داخل دره سفيدرود در فصل زمستان ودر تمام

ايستگاه‌ها در ماه دي مي‌باشد. ولي در ايستگاه‌هاي دشت منجيل و جنوب منطقه دوره افزايش در دوره گرم سال است.

۳. هريك از ايستگاه‌ها با تمام مشتركاتي كه از نظر زمان و تغييرات سرعت دارند، داراي تفاوتهائي نيز بوده كه اين تغييرات كاملاً به شرايط توپوگرافي آن نقطه ارتباط دارد ودر واقع مي توان گفت كه مهمترين عامل تداوم وايجاد باد در منطقه عامل توپوگرافي است.

٤. كلام آخر اينكه در كليه ايستگاه‌هاي مطالعاتي سرعت لازم از نظر آستانه‌هاي حداقل براي ايجاد سايت مزارع باد در منطقه داردو پتانسيل طبيعي منطقه توان بالقوه بالائي و شرايط بسيار مناسبي را براي نصب توربين و توليد انرژي داراست.

٦.منابع و مآخذ:

۱. اصغرزاده، علي.۱۳۵۹ . مطالعه و بررسي باد در منطقه منجيل و امكان استفاده از انرژي آن، پايان نامه كارشناسي ارشد . ژئوفيزيك دانشگاه تهران

۲. ثقفي، محمود. ۱۳۷۲. انرژي بادي و كاربرد آن در كشاورزي. انتشارات دانشگاه تهران

۳. رضايي، پرويز. ۱۳۷۷. طرح پژوهشي بررسي اقليمي بادمنجيل، دانشگاه آزاد اسلامي واحد رشت

٤. رضايي,پرويز. ۱۳۸۲. بررسي اقليمي باد منجيل. فصلنامه تحقيقات جغرافيايي شماره ٦٨

٥. سازمان انرژي اتمي ايران. ۱۳۸۲. گزارش سالانه مركز انرژي‌هاي نو مهر ماه ۱۳۸۲

٦. سازمان هواشناسي كشور . آمار روزانه ايستگاه سينوپتيك منجيل. ۱۹۹۲ الي ۱۹۹۸

۷. سازمان انرژيهاي نو ايران،۱۳۸۳. از انرژيهاي نو چه مي‌دانيد؟ گزارش سوم: انرژي بادي

۸. سازمان انرژيهاي نو ايران.آمار روزانه ايستگاه هاي منطقه< ۱۳۷۸ الي۱۳۸۲
۹. سعادت، احمد. ۱۳۳۹ . مبادي علم آب و هواشناسي جلد دوم ، انتشارات دانشگاه تهران
۱۰. عباسپور ، مجيد .۱۳۷۱. « تخمين پتانسيل انرژي باد در ايران » فاز اول .سازمان انرژي اتمي ايران
۱۱. عباسپور ، مجيد .۱۳۷۳. « تخمين پتانسيل انرژي باد در ايران » فاز دوم .سازمان انرژي اتمي ايران
۱۲. عباسپور ، مجيد .۱۳۷۳. « امكانپذيري بهره گيري از انرژي باد جهت توليد برق در جمهوري اسلامي ايران» فازدوم.سازمان انرژي اتمي ايران
۱۳. عليجاني ، بهلول و كاوياني محمد رضا .۱۳۷۱. مباني آب و هواشناسي . انتشارات سمت
۱٤. عليجاني، بهلول.۱۳۷٥ . آب و هواي ايران، دانشگاه پيام نور
۱٥. مركز تحقيقات نيرو(متن). ۱۳۷۳. بررسي و تحقيق در نيروگاههاي بادي. گزارش هشتم
۱٦. وزارت دفاع ، سازمان جغرافيائي نيروهاي مسلح، نقشه هاي توپوگرافي ٥۰۰۰۰۰ : ۱، سري K٤٥۲ برگ NJ۳۹-D
۱۷. وزارت دفاع ، سازمان جغرافيائي نيروهاي مسلح، نقشه هاي توپوگرافي ٥۰۰۰۰ : ۱ شيتهاي مربوط به محدوده مطالعاتي
۱۸. هاشمي، فريدون. ۱۳٤۹. بررسي بادهاي دشت قزوين

□□wind power Mounthly, http, //wind power- monthly.com
□□ Peter M.Jamieson and Andrew Jaffery. □□□□Advancd wind Turbine Design wind Energy vol □□,□□-Feb