تعيين مشخصات توربين‌هاي پرپره جهت مصارف كشاورزي در ايران

داود فدايي

دانشكده مهندسي صنايع ـ دانشگاه صنعتي اميركبير

چكيده

از ماشين‌هاي بادي علاوه بر توليد برق در پمپاژ آب از چاهها و رودخانه‌ها مي‌توان جهت مصارف كشاورزي و شرب دام و انسان، آرد كردن غلات، كوبيدن كاجره (جدا كردن گندم و برنج از پوست آن)، گرمايش خانگي و امثالهم بويژه در مناطق دور افتاده استفاده نمود.

ايرانيان اولين قومي بوده‌اند كه در ۲۲۰۰ سال قبل از ميلاد مسيح از توربين‌هاي بادي با محور قائم استفاده كرده‌اند. استفاده از توربين‌هاي بادي در آسياب كردن غلات و آب‌كشي در ايران، چين و بعدها در ساير كشورهاي اسلامي رواج يافت و از طريق جنگهاي صليبي نيز به اروپا راه يافت.

در شرايط فعلي باتوجه به افزايش سطح مصرف انرژي، مسائل زيست محيطي، كمبود آب و بحث كشاورزي مكانيزه استفاده از اين نوع ماشينهاي باد مي‌تواند آلترناتيو خوبي براي اين موضوع باشد. در اين مقاله ضمن بررسي چگونگي بكارگيري توربين‌هاي پرپره جهت مصارف كشاورزي در كشور نيز به انتخاب قطر و سطح توربين مورد نياز براي هريك از مناطق حاصلخيز كشور پرداخته است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

۱ـ مقدمه

ايرانيان اولين قومي بوده‌اند كه در ۲۲۰۰ سال قبل از ميلاد مسيح از توربين‌هاي بادي با محور قائم استفاده كرده‌اند. استفاده از توربين‌هاي بادي در آسياب كردن غلات و آب‌كشي در ايران، چين و بعدها در ساير كشورهاي اسلامي رواج يافت و از طريق جنگهاي صليبي به اروپا راه يافت [٦] .

در قرن ١٤ ميلادي هلندي‌ها كوشش فراواني براي اصلاح آسيابهاي بادي بعمل آوردند. اواسط قرن ١٩ ميلادي حدود ٩٠٠٠ آسياب بادي براي كارهاي مختلف در هلند ساخته شد. پارلمان هلند بودجه‌اي را تصويب نموده كه تا پايان سال ٢٠٠٠ با استفاده از انرژي باد قادرند بيش از يك هزار مگاوات برق توليد نمايند.

امريكايي‌ها تا نيمه قرن ١٩ بيش از ٦ ميليون آسياب بادي كمتر از ١ قوه اسب را در امريكا ساخته و عمدتاً از آنها براي توليد برق و آبكشي از چاه استفاده نموده‌اند كه در حال حاضر بيش از ١٥٠ هزار دستگاه از آنها بكار مشغول مي‌باشد.

دانماركي‌ها تا اواخر قرن نوزدهم حدود ٣٠٠٠ آسياب بادي براي امور صنعتي و حدود ٣٠٠٠٠ آسياب بادي ديگر براي استفاده در منازل و مزارع داشته و بعد از جنگ جهاني دوم پيشرفت‌هاي قابل توجهي در ساخت مولدهاي بادي بدست آورده‌اند.

بطور كلي از ماشينهاي بادي مي‌توان در پمپاژ آب از چاهها و رودخانه‌ها جهت آبياري، آرد كردن غلات، كوبيدن كاجره (جدا كردن گندم و برنج از پوست آن) و گرمايش منازل و تهويه مطبوع استفاده نمود.

ساخت پرس‌هاي بادي و استفاده از آنها در آهنگري و پرس‌هاي بلوك‌زني سيماني و دستگاههاي مشابه از ديگر كاربردهاي ماشين‌هاي بادي مي‌باشد.

در اين مقاله به تشريح كاربرد انرژي باد در پمپاژ آب جهت مصارف كشاورزي و شرب انسان و دام پرداخته و براي اين منظور ابتدا پتانسيل انرژي باد در مناطق مختلف كشور بررسي و تعيين شده است. سپس با تشريح فاكتورهاي مؤثر در آبياري كشاورزي با استفاده از تلمبه‌هاي بادي مناسب در كشور، مناطق مستعد كشور جهت استفاده از انرژي باد تعيين شده‌اند.

۱ـ آبياري كشاورزي و تأمين آب شرب

جهت بررسي ومطالعه آب مورد نياز براي كشاورزي و شرب انسان و حيوان نياز به بررسي و تجزيه و تحليل فاكتورهاي زير مي‌باشد:

١- سطح زير كشت
٢- نوع آبياري (سنتي ـ تحت فشار باراني)
٣- نوع كشت (آب – ديم)
٤- زمان كشت ـ زمان برداشت و زمانهاي آبيار (دوره و نوبت‌هاي آبياري)
٥- منابع تأمين آب (قنات ـ چشمه ـ رودخانه ـ چاه آرتزين ـ چاه دستي و چاه . . . . .)
٦- ميزان بارندگي ساليانه و ماهيانه در منطقه مورد نظر
٧- ميزان نفوذپذيري آب در زمين مورد نظر

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

۸- ميزان تبخير سطحي آب در منطقه مورد نظر

در صورت استفاده از انرژي باد براي آبياري و تهيه آب شرب علاوه بر فاكتورهاي فوق، بررسي فاكتورهاي زير نيز ضروري مي‌باشد:

۱- وضعيت پتانسيل انرژي باد در محل مورد نظر، طي فصول و ماههاي مختلف سال و ميزان انرژي مورد نياز اين امر در محل مورد نظر

۲- مشخصات منابع آبي منطقه مورد نظر

۳- پيش‌بيني منبع ذخيره آب

در اينجا به تشريح هريك از فاكتورهاي سه گانه فوق پرداخته مي‌شود.

۱ـ۲ـ انرژي باد در مناطق مختلف كشور

كشور ايران به دليل موقعيت خاص جغرافيايي و قرار گرفتن در يك منطقه كم فشار نسبت به مناطق پرفشار شمال و شمال غرب به‌طور كلي در زمستان و تابستان در مسير بادهاي عمده قرار دارد.

در زمستان فشار جو در مناطق كشور نسبت به فشار جو در آسياي مركزي (سيبري) و اقيانوس اطلس كم بوده و به همين دليل اين منطقه در مسير بادهاي سرد آسياي مركزي از يك طرف و از طرف ديگر، در مسير بادهاي مرطوب اقيانوس اطلس و درياي مديترانه و نيز تحت تأثير بادهاي اقيانوس هند كه از جنوب شرقي مي‌وزند قرار دارد.

از بادهاي معروف ايران در شرق كشور مي‌توان از باد هرات، باد ۱۲۰ روزه سيستان و باد لوار نام برد.

از ديگر بادهاي محلي در كشور، باد معروف شمال در كرانه‌هاي خليج‌فارس، باد خوش‌آباد در دشت گرگان، ديزباد بين مشهد و نيشابور وباد سام در خوزستان مي‌باشد [۱] .

بطور كلي جهت محاسبه انرژي باد در كشور، با استفاده از اطلاعات موجود در سالنامه‌هاي هواشناسي [۲] ، چگالي توان باد در ايستگاههاي هواشناسي ايران براي ۵۰ ايستگاه در دوره ده سال ۱۳۵٦ـ٦٦ (برحسب وات بر مترمربع) در ارتفاعهاي ۱۰، ۲۵، ۵۰ متري محاسبه شده، نتايج محاسبات در جدول (۱-۲) ارايه شده‌اند.

شايان ذكر است به دليل عدم اطلاعات كافي در يك پريود حداقل ده ساله در مورد منطقه بادخيز منجيل، توان باد در اين منطقه از روي مناطق مجاور تخمين زده مي‌شود. [۳] .

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

جدول ۱ـ۲ـ چگالي توان باد در ۵۰ ایستگاه هواشناسي کشور از سه ارتفاع داده شده

ردیف	شهر	چگالي توان باد (w/m^2) در ارتفاع			ردیف	شهر	چگالي توان باد (w/m^2) در ارتفاع		
		۱۰m	۲۵m	۵۰m			۱۰M	۲۵m	۵۰M
۱	آبادان	۵۱/۰۹	۷۵/۶۶	۱۰۱/۸۳	۲۶	دوشان تپه	۱۷/۱۰	۲۵/۳۲	۳۴/۰۸
۲	آباده	۳۹/۶۷	۵۸/۷۶	۷۹/۰۸	۲۷	رامسر	۷/۸۵	۱۱/۶۲	۱۵/۶۵
۳	اراك	۲۴/۳۵	۳۶/۰۶	۴۸/۵۳	۲۸	رشت	۸/۵۵	۱۲/۶۶	۱۷/۰۴
۴	اردبیل	۱۴۵/۷۲	۲۱۵/۸۱	۲۹۰/۴۶	۲۹	زابل	۲۹۶/۶۳	۴۳۹/۳۰	۵۹۱/۲۵
۵	ارومیه	۱۲/۴۲	۱۸/۳۹	۲۴/۷۶	۳۰	زاهدان	۶۸/۲۵	۱۰۱/۰۷	۱۳۶/۰۳
۶	اصفهان	۱۹/۹۴	۲۹/۵۳	۳۹/۷۴	۳۱	زنجان	۱۴/۶۳	۲۱/۶۶	۲۹/۱۶
۷	اصفهان ـ حاتمي	۳۶/۵۶	۵۷/۱۰	۷۶/۸۵	۳۲	سبزوار	۱۹/۰۰	۲۸/۱۴	۳۷/۸۷
۸	اهواز	۲۶/۸۶	۳۹/۷۶	۵۳/۵۳	۳۳	سقز	۱۵/۷۲	۲۳/۲۹	۳۱/۳۴
۹	بابلسر	۶/۳۳	۹/۳۷	۱۲/۶۱	۳۴	سمنان	۱۳/۴۷	۱۹/۹۵	۲۶/۸۵
۱۰	باختران	۲۷/۵۹	۴۰/۸۶	۵۵/۰۰	۳۵	سنندج	۴۰/۷۶	۶۰/۳۷	۸۱/۲۵
۱۱	بجنورد	۳۶/۳۴	۵۳/۸۲	۷۲/۴۳	۳۶	شاهرود	۲۱/۳۷	۳۱/۶۵	۴۲/۵۹
۱۲	بم	۱۷/۲۱	۲۵/۴۹	۳۴/۳۱	۳۷	شهرکرد	۱۴/۰۶	۲۰/۸۲	۲۸/۰۲
۱۳	بندرانزلي	۱۴/۸۳	۲۱/۹۶	۲۹/۵۶	۳۸	شیراز	۲۵/۸۱	۳۸/۲۳	۵۱/۴۵
۱۴	بندرعباس	۳۸/۹۸	۵۷/۷۲	۷۷/۶۹	۳۹	فسا	۸/۹۴	۱۳/۲۴	۱۷/۸۲
۱۵	بندرلنگه	۷۲/۷۳	۱۰۷/۷۰	۱۴۴/۹۶	۴۰	قزوین	۲۳/۲۷	۳۴/۴۶	۴۶/۳۸
۱۶	بوشهر	۳۹/۷۳	۵۸/۸۳	۷۹/۱۸	۴۱	قصرشیرین	۱۴/۳۹	۲۱/۳۲	۲۸/۶۹
۱۷	بیرجند	۶۵/۴۸	۹۶/۹۷	۱۳۰/۵۱	۴۲	کاشان	۹/۹۵	۱۴/۳۷	۱۹/۸۳
۱۸	تبریز	۴۰/۷۶	۶۰/۳۷	۸۱/۲۵	۴۳	کرمان	۵۸/۷۲	۸۶/۹۷	۱۱۷/۰۵
۱۹	تربت حیدریه	۱۷/۵۹	۲۶/۰۵	۳۵/۰۷	۴۴	گرگان	۳/۹۰	۵/۷۸	۷/۷۷
۲۰	تهران ـ مهرآباد	۳۵/۲۷	۵۲/۲۴	۷۰/۳۱	۴۵	مشهد	۱۶/۵۵	۲۴/۵۱	۳۲/۹۸
۲۱	جاسك	۱۱۳/۹۹	۱۶۸/۸۲	۲۲۷/۲۲	۴۶	نوشهر	۱۲/۰۵	۱۷/۸۴	۲۴/۰۱
۲۲	جزیره کیش	۷۹/۶۷	۱۱۷/۹۸	۱۵۸/۷۹	۴۷	همدان ـ فرودگاه	۲۴/۱۹	۳۵/۸۳	۴۸/۲۲
۲۳	خرم‌اباد	۱۶/۱۶	۲۳/۹۴	۲۲/۲۲	۴۸	همدان ـ نوژه	۴۰/۱۲	۵۹/۴۱	۷۹/۹۶
۲۴	خوي	۱۱/۲۹	۱۶/۷۲	۲۲/۵۰	۴۹	یزد	۳۲/۰۷	۴۷/۴۹	۶۳/۹۲
۲۵	دزفول	۱۸/۶۰	۲۷/۵۵	۳۷/۰۸	۵۰	چاه‌بهار	۳۶/۳۳	۵۳/۸۰	۷۲/۴۱

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

از ميزان چگالي قدرت باد براي تعيين حدودي مناطقي كه مساعد استفاده از توربين‌هاي بادي (ژنراتورهاي بادي ـ پمپ‌هاي بادي) مي‌باشند، استفاده مي‌شود. ليكن تعيين دقيق ميزان قدرت باد باتوجه به ميانگين بودن انرژي باد در طول سال، مقدور نمي‌باشد. لذا ضرورت دارد براي بررسي دقيق وضعيت انرژي باد در هر منطقه، به محاسبه دقيق ميزان قدرت باد براساس نتايج آزمايشات گرفته شده بطور ماهيانه باد در منطقه پرداخته شود.

۲ـ۲ـ مشخصات منبع آب

بطور كلي در رابطه با انرژي باد و استفاده از پمپ‌هاي بادي بيشتر به چاههاي نيمه عميق و پس از آن به رودخانه، بركه و درياچه‌هاي آب شيرين توجه مي‌شود.

در شكل (۱-۲) مشخصات و واژه‌هاي مورد نياز در پمپاژ آب و منبع آب (چاه آب) را مي‌توان مشاهده نمود [۷].

ارتفاع آبرساني يا ارتفاع آبدهي (total head) عبارت است از مجموع:

ارتفاع منبع آب از سطح زمين +

عمق سطح آب از زمين +

كاهش سطح آب پس از پمپاژ +

افت ارتفاع آبرساني ناشي از اصطكاك لوله‌ها است.

بايستي توجه داشت كه عمق سطح آب از زمين در طول فصول و ماههاي مختلف سال متفاوت است، معمولاً حداقل و حداكثر عمق آب در هر ناحيه مشخص است و عمق حداكثر آب، عمق مورد نظر براي طراحي است.

وقتي از تلمبه‌هاي بادي به‌عنوان پمپ كنار استفاده مي‌شود در تمامي محاسبات ارتفاع آبرساني ۱۰ متر درنظر گرفته مي‌شود و اين مقدار ارتفاع با درنظر گرفتن اصطكاك لوله‌ها و اختلاف سطح آب درررودخانه‌ها و بركه‌ها و سطح زمين و ارتفاع منبع ذخيره آب مي‌باشد. باتوجه به مطالب فوق جدول (۲ـ۲) هد مورد نياز براي پمپاژ آب توسط پمپ بادي را در مناطق مختلف كشور نشان مي‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

جدول ۲ـ۲ـ هد مورد نیاز جهت پمپاژ آب توسط پمپ بادي در مناطق مختلف کشور [٤]

ردیف	شهر	عمق متوسط m	حداکثر عمق m	هد m(h)
۱	آبادان	۸	۲۰	۲۰
۲	آباده	۳٤	۸۰	۸۰
۳	اراك	۲۵	۷۱	۷۱
٤	اردبیل	۱۱	۳۱	۳۱
۵	ارومیه	۷	۳۵	۳۵
٦	اصفهان	۲٤	٤۰	٤۰
۷	اصفهان (پایگاه)	۲٤	٤۰	٤۰
۸	اهواز	۱۸	۲۲	۲۲
۹	بابلسر	۸	۲٦	۲٦
۱۰	باختران	۱۱	۳۵	۳۵
۱۱	بجنورد	۱۸	٤۵	٤۵
۱۲	بم	۱۸	۵۰	۵۰
۱۳	بندرانزلي	—	—	—
۱٤	بندرعباس	۱۵	٦٤	٦٤
۱۵	بندرلنگه	—	—	—
۱٦	بوشهر (برازجان)	۳۳	۸۸	۸۸
۱۷	بیرجند	۱۸	۳۲	۳۲
۱۸	تبریز	۱۷	٤۸	٤۸
۱۹	تربت حیدریه	۲۷	۵۵	۵۵
۲۰	تهران (مهرآباد)	۲۷	۱٤٦	۱٤٦
۲۱	جاسك	۱۷	۳۱	۳۱
۲۲	جزیره کیش	—	—	—
۲۳	خرم‌آباد	۱۵	۳۰	۳۰
۲٤	خوي	۱٤	۳۹	۳۹
۲۵	دزفول	٦	۱۷	۱۷
۲٦	دوشان تپه	—	—	—
۲۷	رامسر	۱۰	۲۵	۲۵
۲۸	رشت	۱٤	٤۸	٤۸

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

جدول ۲ـ۲ـ هد مورد نیاز جهت پمپاژ آب توسط پمپ بادي در مناطق مختلف کشور [٤]

ادامه ...

ردیف	شهر	عمق متوسط m	حداکثر عمق m	هد m(h)
۲۹	زابل	ــ	۷۰	۷۰
۳۰	زاهدان	۱۸	۵۰	۵۰
۳۱	زنجان	ـــ	ـــ	ـــ
۳۲	سبزوار	۲٤	۷۰	۷۰
۳۳	سقز	ـــ	ـــ	ـــ
۳٤	سمنان	۲۰	۳۵	۳۵
۳۵	سنندج	ـــ	ـــ	ـــ
۳٦	شاهرود	۸	۲۰	۲۰
۳۷	شهرکرد	۲۲	٤۸	٤۸
۳۸	شیراز	۱۵	۱۰۰	۱۰۰
۳۹	فسا	۲٦	۵۰	۵۰
٤۰	قزوین	۲۸	٦۰	٦۰
٤۱	قصرشیرین	ـــ	ـــ	ـــ
٤۲	کاشان	۳۳	٤۲	٤۲
٤۳	کرمان	۲۱	۷۰	۷۰
٤٤	گرگان	۱۰	۳۵	۳۵
٤۵	مشهد	ـــ	۱۱۰	۱۱۰
٤٦	نوشهر	۸	۲٦	۲٦
٤۷	همدان (فرودگاه)	۱۱	۲۵	۲۵
٤۸	همدان (نوژه)	۱۱	۲۵	۲۵
٤۹	یزد	۵۳	۱۱۰	۱۱۰
۵۰	چاه‌بهار	۱۲	۱۷	۱۷
۵۱	منجیل	۸	۱۱	۱۱

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

- در اين منــاطق از اطــلاعات مــربوط به دشتهاي مجاور براساس گزارش كد ۴۲۰/۳۳۰/۸۳۳ مربوط به آبهاي زيرزميني كشور (تا پايان سال ۱۳۷۲) كه توسط سازمان تحقيقات منابع آب تهيه شده بود استفاده گرديده است.
- در اين مناطق به علت اينكه يا آب شور بوده است يا اينكه اطلاعاتي كه بتوان به آن استناد نمود وجود نداشت، هد مورد نياز تعيين نشده است.

۳ـ۲ـ منبع ذخيره آب

به غير از مواردي كه از پمپهاي بادي براي هوادهي استخرهاي پرورش ماهي و يا پمپاژ آب دريا براي توليد نمك و پاره‌اي موارد آبياري استفاده مي‌شود، عمدتاً براي آبياري، نياز به يك منبع يا تانك ذخيره آب مي‌باشد. اين منبع بايستي حتي‌الامكان به محل مصرف نزديك باشد.

معمولاً مخازن ذخيره را براي ذخيره سه تا پنج روز آب مورد نياز روزانه درنظر گرفته مي‌شود، در محلهايي كه مدت زمان نسبتاً طولاني باد نمي‌وزد از مخازن بزرگتر استفاده مي‌شود.

در صورتي كه گنجايش مخزن براي بيش از يك تا دو روز مصرف درنظر گرفته شود، پمپاژ آب به‌ندرت اقتصادي مي‌شود و اين به دليل هزينه بالاي مخزن در مقايسه با كل تأسيسات توربين و تلمبه بادي است.

مخازن آب را از مواد و با شيوه‌هاي مختلف مي‌توان ساخت كه هر نوع آن محاسن و معايبي را دربر دارد. مخازن عموماً از ورق فولاد ضد زنگ ساخته مي‌شوند.

نوع ديگري از مخازن استخر، از بتون آرمه نيز قابل ساخت و بهره‌برداري است. آنچه كه در بررسي اقتصادي پمپ‌هاي بادي فاكتور اصلي در قيمت تمام شده را تشكيل مي‌دهد، هزينه ساخت مخزن ذخيره آب است. در مراجع مختلف هزينه‌هاي ساخت متفاوتي براي مخازن آب پيش‌بيني شده است. كتاب [۸] Wind Pump قيمت مخزن ذخيره را بين ۱۵۰ ـ ۶۰ دلار در هر متر مكعب آب معرفي نموده است.

در جـاي ديگري در يك بررسي اقتصادي تانك ذخيره را ۴۴ روپيه (معادل ۳ دلار در سال ۱۹۸۱) در هر متر مكعب معرفي نموده است [۹] . هزينه ساخت مخازن باتوجه به دستمزد نيروي كار محلي، مواد و مصالح در كشورهاي مختلف متفاوت است.

در نواحي كه از رژيم باد مداوم برخوردارند، مي‌توان از مخازن استخري استفاده نمود و حتي براي نوع ارزان‌تر آن كه داخل زمين تعبيه مي‌شود، مي‌توان از پمپ‌هاي بادي استفاده نمود و آب را از مخازن كنار به سمت زمين‌هاي كشاورزي پمپاژ نمود.

۳ـ انتخاب ماشين‌هاي پرپره جهت مصارف كشاورزي در ايران

در ارتباط با انتخاب سيستم بهينه، ابتدا به محاسبه چگالي قدرت واقعي باد در مناطق مختلف ايران (مناطقي كه اطلاعات هواشناسي در مورد آنها وجود دارد) پرداخته مي‌شود. چگالي قدرت باد در ۵۰ ايستگاه هواشناسي در جدول (۱ـ۲) آمده است. براي محاسبه چگالي واقعي قدرت باد اعمال ضرايب مختلف مطرح مي‌باشد كه ذيلاً به آنها پرداخته مي‌شود. باتوجه به رابطه معروف بتز:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

$$P_{max} = \frac{1}{2}(0.593)\rho \times V^3 \times S$$

ضريب 0.593 نشان مي‌دهد كه در صورتي كه چرخ باد ايده‌آل فرض شود، تنها مي‌توان نزديك به 0.593 قدرت باد يا به عبارت ديگر فقط ٦٠ درصد از قدرت باد را استحصال نمود.

در مورد ماشينهاي بادي باتوجه به ضرائب آئروديناميكي Cp (Performance Coefficient) از اين مقدار نيز كمتر خواهد بود. در واقع در مورد ماشينهاي با راندمان آئروديناميكي بالا (ملخي و از نوع برائي) اين مقدار بين 0.45 تا 0.40 = Cp خواهد بود.

در صورتي كه از ماشين‌هاي پرپره نو پسائي استفاده شود، Cp از اين مقادير نيز كمتر بوده و معادل 0.19 مي‌باشد [١٠] .

در مسير انتقال انرژي مكانيكي ايجاد شده از انرژي جنبشي باد به ساير اجزاء توربين بادي، ياتاقانها، كوپلينگ‌ها، جعبه دنده و نهايتاً پمپ، افت مكانيكي خواهيم داشت و راندمان مكانيكي در Cp اثر مي‌گذارد، در شكل ساده اگر راندمان مكانيكي كليه اجزاء مكانيكي (جعبه دنده، پمپ، . . . .) را حدود ٦٠ تا ٧٠ درصد بگيريم، بايستي مقدار Cp برابر ٠/١٩ ضريب مذكور نيز ضرب شود:

$$C_p * \eta_m = 0.19* (0.6 \text{ تا } 0.7) = 0.114 \text{ تا } 0.133$$

در طول محاسبات فرض براين خواهد بود كه حاصلضرب فوق يعني حاصلضرب ضرائب آئروديناميكي و مكانيكي ١٢% باشد، يعني اينكه ماشين‌هاي بادي پرپره كه مصارف عمده‌اي در آبكشي دارند و ازنظر كاركرد جزء ماشينهاي بادي نوع پسائي (drag type) تلقي مي‌گردند تنها ١٢% از انرژي باد را مستقيماً به انرژي لازم جهت پمپاژ آب تبديل مي‌نمايند.

در واقع ١٢% از انرژي باد در مناطق مختلف كشور مستقيماً جهت آبكشي مورد بهره‌برداري قرار مي‌گيرد. به‌عنوان مثال با مراجعه به جدول (١ـ٢) كه مربوط به چگالي توان باد در ايستگاههاي هواشناسي ايران براي ارتفاع ١٠ متري مي‌باشد.[1] مشاهده مي‌گردد كه چگالي قدرت باد در آبادان در ارتفاع ١٠ متر برابر ٥١/٠٩ وات بر متر مربع است با اعمال ضريب ٠/١٢ مقدار توان بر واحد سطح برابر است با:

٥١/٠٩*٠/١٢=٦/١W/m^2

يعني در حدود ٦/١ وات بر متر مربع انرژي قابل حصول مي‌باشد.

باتوجه به جدول (٢-٢) و استفاده از رابطه

$$P = \varpi Q.h$$

١ـ با توجه به بررسي ارتفاع برجهاي ماشينهاي پرپره كه مصارف عمده‌اي در آبكشي دارند، ملاحظه گرديد كه متوسط ارتفاع برجها ١٥ـ١٠ متر مي‌باشد، بنابراين اين ارتفاع در نظر گرفته مي‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

توان هيدروليكي مورد نياز در آبادان – خرمشهر و حومه برابر است با:

$P = ۹۸۰۰*۱/۱۵*۱۰^{-۳}*۲۰ = ۲۲۵/٤W$

تأمين انرژي مورد نياز باتوجه به چگالي انرژي باد در منطقه (٦/١ w/m) به سطحي برابر:

مترمربع ٣٧ = ٦/١ ÷ ٢٢٥/٤

نياز دارد. چنين توربيني از نوع پرپره و داراي قطري معادل ٦/٨٦ متر خواهد بود. با استفاده از روش فوق به محاسبه توان هيدروليكي و سطح و قطر توربين مورد نياز در ٥١ ايستگاه هواشناسي پرداخته و نتيجه محاسبات در جدول (١ـ٣) ارائه شده است.

جدول ١ـ٣ـ محاسبه توان هيدروليكي، سطح و قطر توربين بادي مورد نياز در ايران

رديف	شهر	توان باد w/m^2	توان باد قابل بهره‌برداري w/m^2	توان هيدروليكي مورد نياز W	سطح توربين مورد نياز m^2	قطر توربين مورد نياز m
١	آبادان	٥١/٠٩	٦/١	٢٢٥/٤	٣٧	٦/٨٦
٢	آباده	٣٩/٦٧	٤/٨	٩٠١/٦	١٨٧/٨	١٥/٤٦
٣	اراك	٢٤/٣٥	٢/٩	٨٠٠/١٧	٢٧٥/٩	١٨/٧٤
٤	اردبيل	١٤٥/٧٢	١٧/٥	٣٤٩/٤	٢٠	٥/٠٤
٥	ارومیه	١٢/٤٢	١/٥	٣٩٤/٥	٢٦٣	١٨/٣٠
٦	اصفهان	١٩/٩٤	٢/٤	٤٥٠/٨	١٨٧/٨	١٥/٤٦
٧	اصفهان (پايگاه)	٣٦/٥٦	٤/٦	٤٥٠/٨	٩٨	١١/١٧
٨	اهواز	٢٦/٨٦	٣/٢	٢٤٧/٩	٧٧/٤٧	٩/٩٣
٩	بابلسر	٦/٣٣	٠/٨	٢٩٣	٣٦٦/٣	٢١/٥٩
١٠	باختران	٢٧/٥٩	٣/٣	٣٩٤/٥	١١٩/٥	١٢/٣٤
١١	بجنورد	٣٦/٣٤	٤/٤	٥٠٧/٢	١١٥/٣	١٢/١١
١٢	بم	١٧/٢١	٢/١	٥٦٣/٥	٢٦٨/٣	١٨/٤٨
١٣	بندرانزلي	١٤/٨٣	١/٨	—	—	—
١٤	بندرعباس	٣٨/٩٨	٤/٧	٧٢١/٣	١٥٣/٥	١٣/٩٨
١٥	بندرلنگه	٧٢/٧٣	٨/٧	—	—	—
١٦	بوشهر (برازجان)	٣٩/٧٣	٤/٨	٩٩١/٨	٢٠٦/٦	١٦/٢٢
١٧	بيرجند	٦٥/٤٨	٧/٩	٣٦٠/٦	٤٥/٦	٧/٦
١٨	تبريز	٤٠/٧٦	٤/٩	٥٤١	١١٠/٤	١١/٨٦
١٩	تربت حيدريه	١٧/٥٩	½	٦١٩/٩	٢٩٥/٢	١٩/٣٩
٢٠	تهران (مهراباد)	٣٥/٢٧	٤/٢	١٦٤٥/٤	٣٩١/٨	٢٢/٣٤
٢١	جاسك	١١٣/٩٩	١٣/٧	٣٤٩/٤	٢٥/٥	٥/٧
٢٢	جزيره كيش	٧٩/٦٧	٩/٦	—	—	—
٢٣	خرم‌اباد	١٦/١٦	١/٩	٣٣٨/١	١٧٧/٩	١٥/٠٥
٢٤	خوي	١١/٢٩	١/٤	٤٣٩/٥	٣١٣/٩	١٩/٩٩
٢٥	دزفول	١٨/٦٠	٢/٢	١٩١/٦	٨٧/١	١٠/٥٣
٢٦	دوشان تپه	١٧/١٠	٠/٢٩/١	—	—	—
٢٧	رامسر	٧/٨٥	١	٢٨١/٨	٣١٣/١	١٩/٩٧

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

جدول ۱ـ۳ـ محاسبه توان هيدروليكي، سطح و قطر توربين بادي مورد نياز در ايران ... ادامه

ردیف	شهر	توان باد w/m^2	توان باد قابل بهره‌برداري w/m^2	توان هيدروليكي مورد نياز W	سطح توربين مورد نياز m^2	قطر توربين مورد نياز m
۲۸	رشت	۸/۵۵	۳۵/٦	۵٤۰/۹٦	۵٤۰/۹٦	۲٦/۲٤
۲۹	زابل	۲۹٦/٦۳	۸/۲	۷۸۸/۹	۲۲/۲	۵/۳۱
۳۰	زاهدان	٦۸/۲۵	۱/۸	۵٦۳/۵	٦۸/۷	۹/۳۵
۳۱	زنجان	۱٤/٦۳	۲/۳	—	—	—
۳۲	سبزوار	۱۹/۰۰	۱/۹	۷۸۸/۹	۳٤۳	۲۰/۹۰
۳۳	سقز	۱۵/۷۲	۱/٦	—	—	—
۳٤	سمنان	۱۳/٤۷	٤/۹	۳۹٤/۵	۲٤٦/٦	۱۷/۷۲
۳۵	سنندج	٤۰/۷٦	۲/٦	—	—	—
۳٦	شاهرود	۲۱/۳۷	۱/۷	۲۲۵/٤	۸٦/٦۹	۱۰/۵
۳۷	شهرکرد	۱٤/۰٦	۳/۱	۵٤۱	۳۱۸/۲	۲۰
۳۸	شيراز	۲۵/۸۱	۱/۱	۱۱۲۷	۳٦۳/۵	۲۱/۵۱
۳۹	فسا	۸/۹٤	۲/۸	۵٦۳/۵	۵۱۲/۳	۲۵/۵
٤۰	قزوين	۲۳/۲۷	۱/۷	٦۷٦/۲	۲٤۱/۵	۱۷/۵٤
٤۱	قصرشيرين	۱٤/۳۹	۱/۲	—	—	—
٤۲	كاشان	۹/۹۵	۷	٤۷۳/۳	۳۹٤/٤	۲۲/٤۱
٤۳	كرمان	۵۸/۷۲	۰/۵	۷۸۸/۹	۱۱۲/۷	۱۱/۹۸
٤٤	گرگان	۳/۹۰	۲	۳۹٤/۵	۷۸۸/۸	۳۱/٦۹
٤۵	مشهد	۱٦/۵۵	۱/٤	۱۲۳۹/۷	٦۱۹/۸۵	۲۸/۰۹
٤٦	نوشهر	۱۲/۰۵	۲/۹	۲۹۳	۲۰۹/۲۹	۱٦/۳۲
٤۷	همدان (فرودگاه)	۲٤/۱۹	٤/۸	۲۸۱/۸	۹۷/۲	۱۱/۱۲
٤۸	همدان (نوژه)	٤۰/۱۲	۳/۸	۲۸۱/۸	۵۸/۷	۸/٦۵
٤۹	يزد	۳۲/۰۷	٤/٤	۱۲۳۹/۷	۳۲٦/۲	۲۰/۳۸
۵۰	چاه‌بهار	۳٦/۳۳	۳۸/۱	۱۹۱/٦	٤۳/۵	۷/٤۵
۵۱	منجيل	۳۱۷/۳۹		۱۲٤	۳/۲۵	۲/۰۳

همانطور كه ملاحظه مي‌شود (جدول ۱ـ۳) مناطق بندر لنگه و جزيره كيش نيز از چگالي باد خوبي برخوردارند ولي به دليل مشخص نبودن هد مورد نياز آنها (جدول ۲ـ۲) قطر توربين آنها محاسبه نشده است.

باتوجه به منابع مختلف در مورد توربين‌هاي پرپره كه مصارف عمده‌اي در آب‌كشي دارند، مـلاحظه گـرديد كه قطـر اـين توربينها زير ۱۰ متر و متوسط قطر آنها حدود ٦ـ۵ متر مي‌باشد [۸,۱۰] .

لذا مكانهايي كه قطر توربين بادي مورد نياز آنها زير ۱۰ متر مربع مي‌باشد و مي‌توان در اين مناطق از توربين بادي جهت پمپاژ آب در مصارف كشاورزي استفاده نمود به ترتيب اهميت عبارتند از:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

۱- منجیل
۲- اردبیل
۳- زابل
٤- جاسك
٥- آبادان
٦- چاه‌بهار
۷- بیرجند
۸- همدان ـ نوژه
۹- زاهدان
۱۰- اهواز
۱۱- دزفول
۱۲- شاهرود

در مورد مطلب فوق، ذکر دو نکته حائز اهمیت است:

۱- همانطور که وضعیت کشاورزي و پتانسیل آن را در ایران باتوجه به پارامترهاي مختلف عنوان شده، مشخص گردید که در اکثر نقاط کشور با درنظر گرفتن عوامل مختلف از پتانسیل خوبي برخورداریم. لذا در انتخاب مناطق فوق فرض براین است که از پتانسیل خوبي اولاً براي کشاورزي، ثانیاً براي شرب دام برخوردارند.
۲- به دلیل اینکه توربین‌هاي پرپره مصارف عمده‌اي در آب‌کشي دارند، لذا آنها را بعنوان محور کار درنظر گرفته شدند. اما بایستي توجه داشت که از توربین‌هاي بادي کم پره در مناطقي که از پتانسیل انرژي بادي خوبي برخوردارند مانند منجیل، اردبیل و زابل نیز مي‌توان استفاده نمود.

نتیجه‌گیري

با توجه به محدودیت منابع انرژي فسیلي در جهان و افزایش سطح مصرف انرژي، استفاده از انرژي‌هاي نو (پاك) مانند انرژیهاي خورشیدي، باد، ... مي‌تواند مثمر ثمر واقع شود. در این مقاله استفاده از توربین‌هاي پرپره براي مصارف کشاورزي در ایران بررسي گردید و با توجه به اطلاعات موجود مناطق منجیل، اردبیل، زابل، جاسك، آبادان، چاه بهار، بیرجند، همدان ـ نوژه، زاهدان، اهواز، دزفول و شاهرود جهت بکارگیري این توربین‌ها براي این مهم انتخاب شدند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]

٤ـ منابع

١- معقولي، داود، بررسي مطالعات اقليمي انرژي باد و خورشيد در ايران، سازمان انرژي اتمي ايران (انرژي‌هاي نـو) تيرماه ١٣٧١.

٢- سالنامه هواشناسي دوره ده سال ٦٦-١٣٥٦ ، اداره كل اطلاعات و خدمات ماشيني سازمان هواشناسي كشور.

٣- عباسي – عزتا. . . ، بررسي فنـي و اقتـصادي اسـتفاده از انـرژي بـاد و طراحـي تـوربين‌هـاي بـادي در منـاطق روستايي و مقايسه آن با ساير شيوه‌هاي انرژي ١٣٧٣، دانشگاه صنعتي اميركبير.

٤- بولتن وضعيت مناب آب كشور، شماره ٩ مهرماه ١٣٧٣، سازمان تحقيقات منابع آب، وزارت نيرو

٥- فدايي، داود، بررسي و مقايسه فني – اقتصادي ماشينهاي بادي جهت مصارف كشاورزي و امكان‌سـنجي سـاخت اجزاء مختلف مولدهاي بادي كشاورزي در ايران، مركز مطالعات انرژي ايران – پائيز ١٣٧٥.

6- E.W.Golding, The Generation of Electricity By Wind Power, Spon L.T.D, LONON, 1976.

7- GARYL. JOHNSON, WIND ENERGY SYSTEMS, 1985.

8- Peter Fraenckel, Roy Barlow, . . . , WIND PUMPS, Stockholm Environment Institute 1993.

9- Wind Energy vol.III, 1981, United Nations.

10- J.Schmid, W.palz, European Wind Energy Tech. V.3.D.Reidel pub.Co Netherland, 1986.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-18]