

## کاربرد توربین های بادی در مناطق بادخیز کشور

حسینعلی تاش شمس آبادی<sup>۱</sup>، آیت محمد رزداری<sup>۲</sup>، حسن کیانی<sup>۳</sup>، ولی محمد رزداری<sup>۴</sup>

گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

hshamsabadi@yahoo.com

### چکیده:

امروزه کاهش سوخت های فسیلی و تجدیدناپذیر بودن آنها منجر به افزایش توجه به سمت انرژی های تجدیدپذیر و به خصوص انرژی باد گردیده است. تأمین آب شرب دامها در نقاط دور افتاده مراتع و مناطقی که امکان دسترسی به الکتریسیته (برق) برای پمپ کردن آب نیست، و همچنین امکان استفاده از سوخت های فسیلی برای استفاده از ترکیب موتورهای احتراقی و پمپ با مشکلاتی مواجه است و هزینه ی بالایی هم دارد، ضرورت استفاده از انرژی های تجدید پذیر از جمله انرژی باد را دو چندان می کند. در این شرایط توربین های بادی می توانند آب مورد نیاز دامها را تأمین نمایند و با ذخیره سازی مقادیر اضافی آب امکان استفاده از آن را در آبیاری مراتع، و حتی آبیاری قطره ای مزرعه مورد نظر بدون اینکه نیازی به الکتریسیته یا سوخت باشد، فراهم کند. در این مطالعه قابلیت استفاده از انرژی باد برای پمپاژ آب توسط توربین های بادی در مناطق بادخیز کشور مورد بررسی قرار گرفته است. در این رابطه نوعی توربین بادی انتخاب می شود که ویژگی های برتری نسبت به سایر توربین های بادی دارد. بررسی امکان استفاده از انرژی باد در مناطقی که امکانات کافی بمنظور انتقال و توزیع انرژی الکتریکی برای پمپاژ آب وجود ندارد، و با در نظر گرفتن حذف یارانه های سوختی که سالانه بار مالی قابل توجهی را بر کشاورزان و دامداران تحمیل می کند، از جمله اهداف این تحقیق می باشد.

واژه های کلیدی: توربین، انرژی، باد، نیروگاه بادی.

۱- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک موسسه غیر انتفاعی صنعتی مازندران

## ۱- مقدمه

یک توربین بادی دستگاهی است که دارای تعدادی پره می‌باشد که این پرها قابلیت دریافت انرژی از باد و تبدیل آن را از طریق یک محوره انرژی مکانیکی دارا می‌باشد. این انرژی مکانیکی در بیشتر موارد به یک ماشین الکتریکی منتقل می‌شود و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می‌شود. کاربرد توربین‌های بادی را می‌توان به دو دسته نیروگاهی و غیرنیروگاهی تقسیم کرد.

### ۱-۱ کاربردهای غیر نیروگاهی

پمپ‌های بادی آب کش برای:

- تأمین آب آشامیدنی حیوانات در مناطق دورافتاده؛

- آبیاری در مقیاس کم؛

- آبکشی از عمق کم جهت پرورش آبزیان؛

- تأمین مصارف خانگی.

### ۲-۱ کاربرد نیروگاهی

نیروگاه‌های بادی منفرد جهت تأمین انرژی الکتریکی واحدهای مسکونی، تجاری، صنعتی و یا کشاورزی

- مزارع برق بادی جهت تأمین بخشی از تقاضای برق شبکه [۷].

نظر به اینکه دانشمندان و محققین از نایابی سوخت‌های فسیلی در اوایل قرن بیست و یکم خبر می‌دهند و ذخایر نفتی ما نیز تا چند دهه دیگر بیشتر باقی نخواهد بود قبل از فرا رسیدن بحران انرژی لازم است که پژوهشگران به بررسی و تحقیق در خصوص استفاده از انرژی‌های زوال ناپذیر یا تجدید شونده مثل باد، خورشید، بیوگاز و غیره بپردازند. فواید استفاده از این گونه انرژی‌ها را می‌توان در چند جمله زیر خلاصه کرد:

- صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی؛

- جلوگیری از آلودگی محیط زیست (هوا)؛

- تأثیر استفاده از انرژی بادی در افزایش درجه مکانیزاسیون کشاورزی.

در حال حاضر انرژی قابل دسترس در امور کشاورزی و دامپروری از جمله میزان مصرف انرژی برای بالا آوردن آب (درجه مکانیزاسیون) در ایران حدود  $0.78 \text{ hp ha}^{-1}$  است که کمتر از اپتیمم انرژی مورد نیاز ( $1 \text{ hp ha}^{-1}$ ) می‌باشد [۵]. تحت این شرایط هر کوششی برای بهبود یا افزایش انرژی قابل دسترس در امور کشاورزی و دامپروری، شایان توجه و ضروری است. در این راستا تأمین آب شرب دام‌ها در مراتع و نقاط دورافتاده که امکان دسترسی به برق نیست و مشکل سوخت رسانی هم وجود دارد، همچنین در مناطقی که منابع آبی محدود می‌باشد از جمله مسائلی است که همواره مورد توجه قرار می‌گیرد. در این خصوص عدم دسترسی دام‌ها در فواصل مناسب به آب مورد نیاز از سه طریق باعث بروز خسارت می‌گردد:

- افت وزن و کاهش تولیدات دامی بر اثر راهپیمایی زیاد و کمبود منابع آب؛

- انتقال بیماری از یک گله گوسفند به گله دیگر در اطراف منابع آبی محدود؛

- تردد بیش از حد در اطراف منابع آبی محدود که باعث فشردگی خاک و چرای مفرط می‌شود.

برای رفع این مشکلات با روش‌های گوناگون و مناسب هر منطقه سعی می‌شود که منابع آب مورد نیاز احشام در فواصل مناسب ایجاد گردد. یکی از مناسبترین و اقتصادیترین این روش‌ها، استفاده از آسیای بادی یا توربین بادی برای پمپاژ آب است [۶].

۳-۱ تاریخچه

طبق بررسی‌های بعمل آمده، ایرانی‌ها اولین کسانی بودند که در ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح (ع) از آسیاهای بادی محور عمودی برای خرد کردن دانه غلات استفاده کرده‌اند [۲ و ۱]. بررسی‌های تاریخی نشان می‌دهد که اروپاییان خود مبتکر آسیای بادی نبوده‌اند بلکه بعضی از تاریخ دانان معتقدند در زمان عیسی مسیح (ع) تجاری که از سیستان امروزی عبور می‌کردند آسیاهای بادی ساده آن دوران را ملاحظه کرده و ایده آن را با خود به اروپا انتقال دادند سپس صنعتگران و مبتکران اروپایی، این ماشین بادی را در اندازه‌ها و طرح‌های گوناگون ساخته و در طی قرون متمادی مورد استفاده قرار داده‌اند [۳].

با اختراع نیروی بخار و موتورهای احتراقی، استفاده از انرژی‌های تجدید شونده کم اهمیت جلوه داده شد. تا اینکه دانشمندان متوجه شدند در اوایل قرن ۲۱ میلادی با کمیابی یا نایابی سوخت‌های فسیلی مواجه خواهند شد بار دیگر استفاده از انرژی‌های زوال ناپذیر (تجدید شونده) اهمیت پیدا کرد.

کاربرد مجدد اکثر آسیاهای بادی در ایران به حدود سی سال پیش برمی‌گردد. در سال ۱۳۴۸ ه. ش. خریداری و نصب تعدادی از آسیاهای بادی محور افقی چند پره، در طرح اصلاح مراتع به منظور تأمین آب شرب دام‌ها در مراتع و حیات وحش در چراگاه‌ها و جنگل‌های کشور پیش بینی گردید. اولین آسیای بادی در سال ۱۳۴۹ ه. ش. به کمک یک تکنسین انگلیسی با همکاری کادر دفتر فنی مرتع در نطقه زرنند ساوه نصب گردید. تا سال ۱۳۵۴ ه. ش. تعداد ۳۱ دستگاه و از آن سال تاکنون مجموعاً ۲۰۰ دستگاه (۲۰ دستگاه قبل از انقلاب و ۱۵۰ دستگاه بعد از انقلاب اسلامی) در استان‌های مختلف کشور، نصب و مورد بهره برداری قرار گرفته است [۴].

هدف از این تحقیق بررسی امکان استفاده از انرژی باد در نقاط مختلف ایران، و همچنین انتخاب توربین بادی مناسب با سیستم ساده برای پمپاژ آب در مناطقی که امکان دسترسی به برق نیست و هزینه‌های بالایی را هم برای تأمین آب شرب دام‌ها در مراتع و نقاط دور افتاده استان سیستان می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱ تقسیم بندی توربین‌های بادی از نظر استقرار

#### ۲-۱-۱ توربین‌های بادی با محور چرخش عمودی

این توربین‌ها از دو بخش اصلی تشکیل شده است. یک میله اصلی که رو به باد قرار می‌گیرد و میله‌های عمودی دیگر که عمود بر جهت باد کار گذاشته می‌شوند. این توربین‌ها شامل قطعاتی با اشکال گوناگون بوده که باد را در خود جمع کرده و باعث چرخش محور اصلی می‌گردد. ساخت این توربین‌ها بسیار ساده بوده، ولی بازده پایینی دارند. در این توربین‌ها در یک طرف توربین، باد بیشتر از طرف دیگر جذب می‌شود و باعث می‌گردد سیستم لنگر پیدا کرده و بچرخد. یکی دیگر از مزایای این سیستم وابسته نبودن به جهت وزش باد می‌باشد.



شکل ۱-۲ توربین بادی محور عمودی

## ۲-۱-۲ توربین‌های بادی با محور چرخش افقی

این توربین‌ها نسبت به مدل عمودی رایج تر بوده همچنین از لحاظ تکنولوژی، پیچیده تر و گرانتر نیز می‌باشد. ساخت آن‌ها مشکلتر از نوع محور عمودی بوده ولی راندمان بسیار بالایی دارند. در سرعت‌های پایین نیز توانایی تولید انرژی الکتریکی را داشته و توانایی تنظیم جهت در مسیر وزش باد دارند. این توربین‌ها ۳ یا ۲ در مواردی ۲ پره می‌باشند که روی یک برج بلند نصب می‌شوند. این پره‌ها همواره در جهت وزش باد قرار می‌گیرند. توربین‌های محور افقی معمولاً از نظر سرعت به دو دسته کم سرعت و پرسرعت تقسیم می‌شوند. مهمترین عامل در تعیین سرعت توربین‌های بادی محور افقی، تعداد پره‌ها می‌باشد. هر چه تعداد پره‌ها بیشتر باشد، سرعت کمتر است و گشتاور بیشتری تولید می‌کند. پرتعدادترین این توربین‌ها، سه پره می‌باشد چرا که در نوع با پره بیشتر به دلیل پیچیدگی شکل توپی توربین، صرفه اقتصادی ندارند [۸].



شکل ۲-۲ توربین بادی محور افقی

## ۲-۲ معرفی مناطق بادخیز با سطح آب‌های زیرزمینی مناسب در کشور

به منظور معرفی نقاط برتر جهت استفاده از پمپ توربین‌های بادی جدول باد آب شامل سرعت و انرژی پتانسیل باد به همراه اطلاعات مربوط به سطح آب‌های زیرزمینی آورده شده است. معیار انتخاب نقاط برتر، مناسبت کاربری جهت تأمین آب مورد نیاز در کشاورزی و دامپروری است. ۵ نقطه برتر کشور جهت بهره برداری از انرژی باد به ترتیب اولویت عبارتند از: ۱- منجیل ۲- زابل ۳- بینالود ۴- اقلید فارس ۵- اردبیل.

مناطق مذکور از لحاظ پتانسیل انرژی باد و سطح آبهای زیرزمینی دارای شرایط بسیار مطلوب می باشند. شهرهای اقلید فارس، زابل و بینالود دارای گستردگی کشاورزی می باشند. برای مقایسه بهتر، اطلاعات چند منطقه دیگر نظیر چابهار، اهواز، سنندج و یزد نیز در جدول ارائه شده است. انتخاب نقاط مذکور به معنی این نیست که نمی توان از پمپ توربین های بادی در نقاط دیگر کشور استفاده نمود. چرا که اکثر نقاط کشور جهت استفاده از پمپ توربین های بادی برای تأمین آب شرب و کشاورزی مناسب هستند [۹].

قدرت تولید شده توسط توربین بادی بستگی مستقیم به سرعت باد دارد و با توان سوم آن متناسب است. طبق بررسی های بعمل آمده استان سیستان و بلوچستان یکی از مناطق بادخیز و مستعد برای بهره برداری از توربین بادی به منظور پمپاژ آب به شمار می رود. باد معروف ۱۲۰ روزه این استان به نام « لوار » بخصوص در منطقه زابل از اواخر اردیبهشت تا اواخر شهریور هر سال با سرعت حداقل ۳۰ و حداکثر ۷۰ تا ۸۰ و گاهی اوقات تا ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت جریان دارد.

جدول ۱-۲ اطلاعات مربوط به باد-آب در بعضی از مناطق کشور [۹]

نام ایستگاه	میانگین سرعت باد ( $m s^{-1}$ )	انرژی پتانسیل میانگین باد ( $w m^{-2}$ )	حداکثر عمق آب ( $m$ )
منجیل	۶/۳	۴۷۶/۱	۱۳
زابل	۶/۷	۳۵۲/۳	۴
اقلید فارس	۴/۳	۲۰۹/۹	۴۰/۷
اردبیل	۴/۶	۱۶۱/۷	۵/۱۳
بیجار	۴/۵	۹۴/۵۰	۴
چابهار	۳/۹	۵۵/۸	۵
اهواز	۲/۵	۲۵/۵	۵
سنندج	۲/۲	۲۹/۲	۴
یزد	۳/۱	۳۰/۳	۴

بررسی خواص کیفی باد نیز نشان می دهد که دو نوع بادهای غالب و انرژی زا در منطقه جریان دارد؛ به عبارت دیگر ۳۰ درصد اوقات (دو روز در هفته) بادهای انرژی زا و ۷۰ درصد اوقات (پنج روز در هفته) بادهای غالب می وزد که در این پروژه سرعت باد انرژی زا ( $V = 25 km/hr \cong 7 m/s$ ) برای بدست آوردن توان مورد نیاز توربین بادی و حداکثر سرعت باد انرژی زا ( $V = 100 km/hr = 27 m/s$ ) برای طراحی اجزاء تشکیل دهنده سازه در نظر گرفته شده است؛ زیرا که سازه باید در برابر شدیدترین بادهای منطقه مقاومت کافی داشته باشد.

در طراحی ایستگاه پمپاژ با توجه به عمق آب زیرزمینی در محل بهره برداری از آسیای بادی و با احتساب افتها در مسیر لوله های آبرسانی مقدار ارتفاع کل دینامیکی ۲۵ متر حاصل شده است [۱۰].

نیاز آبی طرح بر اساس تأمین آب شرب ۱۵۰۰ رأس دام در نظر گرفته می‌شود. مصرف آب هر رأس دام، با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه زابل، به طور متوسط  $7lit/day$  برآورد شده است. بنابراین نیاز آبی روزانه معادل خواهد بود با :

$$1500 \times 7 = 10500lit/day \quad (1)$$

با توجه به میزان دبی تقریبی پمپ آب انتخاب شده ( $0/5lit/s$ ) در مدت یک ساعت میزان آب پمپ شده که

$$0/5 \times 3600 = 1800lit/hr \quad (2)$$

بدست می‌آید. حال برای اینکه بدانیم چند ساعت پمپ و توربین باید کار کنند تا آب مورد نیاز روزانه تأمین شود از رابطه زیر استفاده می‌کنیم :

$$10500(lit/day) \div 1800(lit/hr) \cong 6hr/day \quad (3)$$

یعنی اگر پمپ و توربین بادی ۶ ساعت در یک شبانه روز کار کنند به عبارت دیگر ۶ ساعت در یک شبانه روز باد انرژی‌زا در منطقه مورد نظر وجود داشته باشد نیاز آبی روزانه تأمین خواهد شد؛ در حالی که در منطقه زابی مدت چهار ماه (اواخر اردیبهشت تا اواخر شهریور) قریب ۱۲ ساعت در هر شبانه روز جریان باد انرژی‌زا وجود دارد. [۶].

### ۳-۲ برآورد قدرت مورد نیاز پمپ

با توجه به میزان دبی پمپ و ارتفاع دینامیکی کل آبرسانی، قدرت مورد نیاز پمپ به شرح زیر حاصل می‌شود :

$$Bhp_p = \frac{\gamma(kg/m^3) \times Q(m^3/s) \times h(m)}{75n_p} \quad (4)$$

با احتساب راندمان پمپ  $np = 62\%$  خواهیم داشت :

$$Bhp_p = \frac{1000 \times 0/5 \times 10^{-3} \times 25}{75 \times 0/6} \cong 0/27 \quad (5)$$

$$\text{توان پمپ} = 200watt \quad (6)$$

### ۴-۲ برآورد قدرت مورد نیاز توربین بادی :

از تقسیم توان مورد نیاز پمپ بر راندمان آئرو دینامیکی توربین، قدرت مورد نیاز توربین بدست می‌آید. راندمان آئرو دینامیکی توربین بادی را که ضریبی از حداکثر انرژی موجود در باد ( $0/59/3$ ) می‌باشد معادل  $n_t = 20\%$  در نظر می‌گیریم. بنابراین خواهیم داشت :

$$\text{قدرت مورد نیاز توربین بادی} = 2000 \div 2 = 1000watt = 1kw \quad (7)$$

پس انرژی مورد نیاز در یک شبانه روز (۶ ساعت کار توربین و پمپ) به قرار زیر خواهد بود [۶] :

$$1 \times 6 = 6kw.hr \quad (8)$$

## ۲-۵ برآورد حجم مینیمم منبع ذخیره آب :

سرعت باد همواره ثابت نیست. ممکن است زمانی به آب احتیاج باشد که اصلاً بادی نوزد به عبارت دیگر سرعت باد به قدری کم باشد که آبی پمپاژ نشود و نیز زمانی باد با حداکثر سرعت بوزد و دبی پمپ زیاد شود در حالی که نیازی به آب نباشد. لازم است به منظور اطمینان از دسترسی مستمر به آب مورد نیاز، یک منبع ذخیره آب در نظر گرفته شود. با فرض اینکه به طور کلی ۱۰ روز در ماه باد نوزد، بایستی برای این مدت آب در منبع ذخیره باشد تا مصرف کننده یا دامدار در طول ماه با مشکل کمبود آب مواجه نشود. بنابراین حجم کمینه منبع ذخیره آب به ترتیب زیر تعیین می‌گردد [۶]:

ماه / روز × نیاز آبی روزانه هر رأس دام × تعداد دام = حجم منبع ذخیره آب در یک ماه

$$V_{\min/month} = 1500 \times 7 \times 10 = 10500 \text{ lit} = 105 m^3 \quad (9)$$

## ۳- نتیجه گیری

استفاده از توربین‌های بادی جهت تغذیه پمپ‌های کشنده آب چاه‌ها یکی از باصرفه‌ترین راه‌هایی است که کشاورزان می‌توانند جهت تأمین آب شرب دام‌ها در مراتع و نقاط دور افتاده آبیاری محصولات خود از آن بهره‌گیرند. اهمیت این موضوع به دلیل هزینه زیاد سوخت دیزل ژنراتورهای چاه‌های کشاورزی با توجه به حذف یارانه دولتی فرآورده‌های سوختی و نیز در دسترس بودن انرژی باد در اکثر مناطق کشور نمود بیشتری می‌یابد. برای داشتن توربین بادی مناسب در یک منطقه لازم است مشخصات باد (از نظر کمی و کیفی) آن منطقه را برای یک دوره حداقل ۲۵ ساله متوالی در دست داشت. داشتن اینگونه اطلاعات شرط لازم برای انتخاب و نصب یک توربین بادی است، اما کافی نیست. با توجه به این که امکان سازی مقادیر اضافی آب وجود دارد، می‌توان از آن جهت آبیاری مراتع و یا آبیاری مزارع به روش قطره‌ای نیز بهره‌برد.

## فهرست منابع

- ۱- ثقفی، محمود. انرژی بادی و کاربرد آن در کشاورزی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.
- ۲- مجله Wind Machine، چاپ آمریکا، ۱۹۷۶.
- ۳- مایک کراس، لندن و لیسل دنیس. انرژی بادی، ترجمه عادل ارشقی، چاپ اول، انتشارات اطلاعات، تهران، ۱۳۸۶.
- ۴- صادقیان، مجید. دستور العمل نصب تلمبه‌های بادی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، بی تا.
- ۵- برقی، سید علی محمد. آنالیز سیستم‌ها در ارزیابی اقتصادی مکانیزاسیون کشاورزی (جزوه درسی)، ۱۳۷۱.
- ۶- شمس آبادی، حسینعلی. بررسی و طراحی توربین بادی بهینه برای پمپاژ آب در مناطق بادخیز ایران، (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۳.
- ۷- پایگاه اطلاع رسانی رشد [www.roshd.ir](http://www.roshd.ir)
- ۸- ثقفی، محمود. انرژی‌های قابل تجدید، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۱۳۸۸.
- ۹- سالاری، محمد هادی. دامکی، علی اکبر و انتظاری، علیرضا. بررسی چگونگی استفاده از توربین‌های بادی جهت آبیاری مزارع کشاورزی ایران، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان، ۱۳۹۲.
- ۱۰- رضایی، محسن. بررسی استفاده از انرژی‌های نو در ایران (پروژه)، دانشکده صنعت آب و برق، ۱۳۷۱.