



مقدمه‌ای در مورد

نیروگاه‌های بادی

(مزرعه‌های بادی)



فهرست مطالب

۲	توان بادی
۳	توان پتانسیل توربین
۳	توزیع سرعت باد
۴	ضریب ظرفیت
۴	جاگذاری توربین
۵	بهره‌برداری از برق بادی
۵	برق بادی در مقیاس‌های کوچک
۶	آثار زیست محیطی
۷	استفاده از زمین
۷	بزرگترین توربین بادی جهان
۷	انرژی بادی در ایران

باد و مکانیزم پیدایش آن

زمین در حدود $10^{14} \times 1/7$ کیلووات ساعت از قدرت خورشید را به شکل تشعشعات خورشیدی دریافت می کند، این تشعشعات موجب گرم شدن هوای اتمسفر شده و به همین دلیل هوا به سمت بالا حرکت می کند. شدت این گرمایش در استوا، جایی که خورشید عمود می تابد، بیشتر از هوای اطراف قطبین، جایی که زاویه تابش خورشید تند می باشد، خواهد بود و هوای اطراف قطبین نسبت به هوای استوا کمتر گرم می گردد. دانسیته هوا با افزایش دما کاهش پیدا کرده و بنابراین هوای سبکتر استوا به سمت بالا حرکت کرده و در اطراف پخش می گردد. این عمل موجب افت فشار در این ناحیه گردیده و موجب می گردد هوای سرد از قطبین به سمت استوا جذب گردند. همچنین وقتی خورشید در طول روز می تابد، هوای روی سرزمین های خشک سریع تر از هوای روی دریاها و آبها گرم می شود. هوای گرم روی خشکی بالا رفته و هوای خنک تر و سنگین تر روی آب جای آنرا می گیرد که این فرآیند بادهای محلی را می سازد این به آن معناست که روز از سمت دریا به سمت ساحل باد می وزد. در شب، از آنجا که هوا روی خشکی سریع تر از هوای روی آب خنک می شود، جهت باد برعکس می شود.

بنابراین باد به علت گرادیان فشار به وجود آمده از تابش غیر یکنواخت خورشید به سطح زمین به وجود می آید. امروزه، انرژی باد که همان انرژی حاصل از هوای متحرک می باشد عمدتاً برای تولید برق بکار برده می شود.

تاریخچه استفاده از انرژی باد

بشر از زمانهای بسیار دور انرژی باد را به شیوه های مختلف بکار گرفته است. اوایل از انرژی باد در قالب آسیاب های بادی برای آسیاب گندم و ذرت، پمپ کردن آب و قطع درختان استفاده شده و امروزه از انرژی باد غالباً در تولید برق با استفاده از توربین های بادی بهره گیری می گردد.

در سال های 1887 – 1888 اولین توربین بادی تولید برق در اوهاییوی امریکا نصب شد. فعال ترین کشورها در این زمینه آلمان، ایتالیا، آمریکا، دانمارک و هند می باشند.

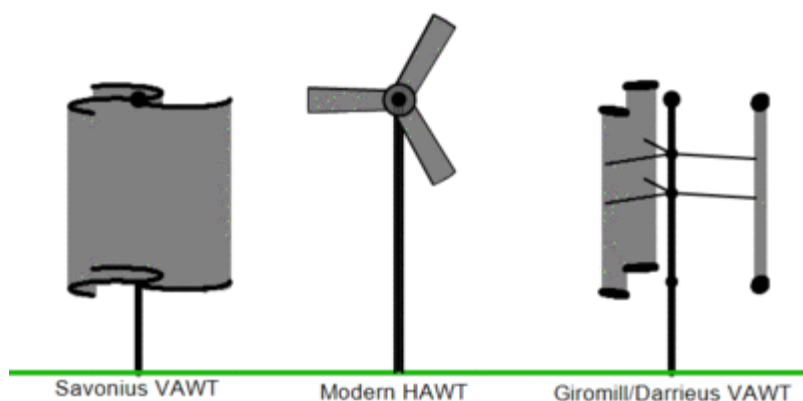
توربین های بادی

توربین های بادی انرژی جنبشی باد را به توان مکانیکی تبدیل می نمایند که این توان مکانیکی از طریق شفت به ژنراتور انتقال پیدا کرده و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می شود. توربین های بادی بر اساس یک اصل ساده کار می کنند: انرژی باد دو یا سه پره ای را که به دور روتور توربین بادی قرار گرفته اند بچرخش در می آورد و توسط ژنراتور برق تولید می گردد. توربین ها به دو دسته تقسیم می گردند،

1- توربین با محور چرخش عمودی

2- توربین با محور چرخش افقی

گفتنی است که توربین هایی که محور چرخش افقی هستند کاربرد بیشتری دارند.



عکس فوق سه توربین را نشان می‌دهد که توربین میانی با محور چرخش افقی و توربین‌های کناری با محور چرخش قائم می‌باشند

کاربرد توربینهای بادی

الف - کاربردهای غیرنیروگاهی شامل:

- پمپ‌های بادی آبکش جهت:
 - تأمین آب آشامیدنی حیوانات در مناطق دور افتاده
 - آبیاری در مقیاس کم
 - آبکشی از عمق کم جهت پرورش آبزیان
 - تأمین آب مصرفی خانگی
- شارژ باتری

ب - کاربردهای نیروگاهی

- نیروگاه‌های بادی منفرد جهت تأمین انرژی الکتریکی واحدهای مسکونی، تجاری، صنعتی و یا کشاورزی
- مزارع برق بادی جهت تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق شبکه

توان بادی

در انتهای سال 2010، میزان ظرفیت نامی تولید برق بادی در سراسر جهان برابر 197 گیگاوات بود. امروزه توان بادی در دنیا ظرفیت تولید سالانه 430 تراوات ساعت انرژی الکتریکی را دارد که این میزان، 2/5٪ مصرف برق دنیا است. در 5

سال گذشته، رشد متوسط سالانه در توان بادی دنیا $27/6\%$ بوده و انتظار می‌رود که سهم باد در تولید انرژی الکتریکی دنیا تا سال 2013 به $3/35\%$ و تا سال 2018 به 8% برسد.

کشورهای دانمارک با 21% ، پرتغال با 18% ، اسپانیا با 16% ، ایرلند با 14% و آلمان با 9% از نظر درصد تولید برق بادی از کل تولید انرژی الکتریکی در جایگاه‌های نخست قرار دارند. در سال 2011، در دنیا 83 کشور از توان بادی برای تولید برق استفاده کرده‌اند.

توان پتانسیل توربین

انرژی موجود در باد را می‌توان با عبور آن از داخل پره‌های و سپس انتقال گشتاور پره‌ها به روتور یک ژنراتور استخراج کرد. در این حالت میزان توان تبدیلی با تراکم باد، مساحت ناحیه جاروب شده توسط پره و مکعب سرعت باد بستگی دارد. به این ترتیب میزان توان قابل تبدیل در باد را می‌توان به این ترتیب به دست آورد

که در این فرمول P توان تبدیلی به وات، α ضریب بهره‌وری (که به طراحی توربین وابسته است و بنا بر قانون بتز همیشه کمتر از $0/59$ است)، ρ تراکم باد بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، r شعاع پره‌های توربین بر حسب متر و v سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه است.

بنابراین:

انرژی جنبشی حجم مشخصی هوا به مجذور سرعت آن وابسته است و از آنجایی که حجم هوای عبور از توربین به صورت خطی با سرعت رابطه دارد، میزان توان قابل دسترسی در یک توربین با مکعب سرعت نسبت مستقیم دارد. مجموع توان در مثال بالا در توربینی با شعاع جاروب 100 متر برابر $2/5$ مگاوات است که بر طبق قانون بتز بیشترین میزان انرژی استخراج شده از آن تقریباً برابر $1/5$ مگاوات خواهد بود.

توزیع سرعت باد

میزان باد دائماً تغییر می‌کند میزان متوسط مشخص شده برای یک منطقه خاص صرفاً نمی‌تواند میزان تولید توربین بادی نصب شده در آن منطقه را مشخص کند. از آنجاییکه بیشتر توان تولیدی در سرعت بالای باد تولید می‌شود، بیشتر انرژی تولیدی در بازه‌های زمانی کوتاه تولید می‌شود. بر طبق الگوی لی رنچ نیمی از انرژی تولیدی تنها در 15% از زمان کارکرد توربین تولید می‌شود و در نتیجه نیروگاه‌های بادی مانند نیروگاه‌های سوختی دارای تولید انرژی پایدار نیستند. تاسیساتی که از برق بادی استفاده می‌کنند باید از ژنراتورهای پشتیبانی برای مدتی که تولید انرژی در توربین بادی پایین است استفاده کنند.

ضرب ظرفیت

تا زمانی که سرعت باد ثابت نباشد تولید سالیانه انرژی الکتریکی توسط نیروگاه بادی هرگز برابر حاصل ضرب توان تولیدی نامی در مجموع ساعت کار آن در یک سال نخواهد شد. نسبت میزان توان حقیقی تولید شده توسط نیروگاه و ماکزیمم ظرفیت تولیدی نیروگاه را ضرب ظرفیت می‌نامند. یک نیروگاه بادی نصب شده در یک محل مناسب در ساحل ضرب ظرفیتی سالیانه‌ای در حدود 35٪ دارد. برعکس نیروگاه‌های سوختی، ضرب ظرفیت در یک نیروگاه بادی به شدت به خصوصیات ذاتی باد وابسته است. ضرب ظرفیت در انواع دیگر نیروگاه‌ها معمولاً به بهای سوخت و زمان مورد نیاز برای انجام عملیات تعمیر بستگی دارد. از آنجایی که نیروگاه‌های هسته‌ای دارای هزینه سوخت نسبتاً پایینی هستند بنابراین محدودیت‌های مربوط به تامین سوخت این نیروگاه‌ها نسبتاً پایین است که این خود ضرب ظرفیت این نیروگاه‌ها را به حدود 90٪ می‌رساند. نیروگاه‌هایی که از توربین‌های گاز طبیعی برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند به علت پرمیزی بودن تامین سوخت معمولاً تنها در زمان اوج مصرف به تولید می‌پردازند. به همین دلیل ضرب ظرفیت این توربین‌ها پایین بوده و معمولاً بین 5-25٪ می‌باشد.

از ذخیره‌سازی با استفاده از نیروگاه‌های آب تلمبه‌ای یا دیگر روش‌ها ذخیره‌سازی برق در شبکه می‌تواند برای به وجود آوردن تعادل در میزان تولید نیروگاه‌های بادی استفاده کرد اما در مقابل استفاده از این روش‌ها موجب افزایش 25٪ هزینه‌های دائم اجرای چنین طرح‌هایی می‌شوند. ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی موجب به وجود آمدن تعادل بین دو بازه زمانی کم مصرف و پرمصرف خواهد شد و از این جهت میزان صرفه‌جویی عاید از ذخیره‌سازی انرژی هزینه‌های اجرای آن را جبران می‌کند. یکی دیگر از راهکارهای ایجاد تعادل در تولید و مصرف سازگار کردن میزان مصرف با میزان تولید با استفاده از ایجاد تعرفه‌های متفاوت زمانی برای مصرف‌کننده‌هاست.

جاگذاری توربین

انتخاب مکان مناسب برای نصب نیروگاه بادی و جهت نصب توربین‌ها در محل از نکات حیاتی برای توسعه اقتصادی این گونه نیروگاه‌هاست. گذشته از دسترسی باد مناسب در محل مورد بحث، عوامل مهم دیگری مانند دسترسی به خطوط انتقال، قیمت زمین مورد استفاده، ملاحظات استفاده از زمین، قابلیت ذخیره انرژی در منطقه و مسائل زیست محیطی ساخت و بهره‌برداری نیز در انتخاب یک محل برای نصب نیروگاه‌ها موثر است. از این رو استفاده از نیروگاه‌های بادی در مناطق دور از ساحل ممکن است هزینه‌های مربوط به ساخت یا ضرب ظرفیت را با استفاده از کاهش هزینه‌های تولید برق جبران کنند.

بهره‌برداری از برق بادی

کشور دانمارک یکی از کشورهای برجسته در تولید تجهیزات و استفاده از توان بادی است. دولت دانمارک در دهه 1970 ملزم شد تا تولید انرژی الکتریکی از انرژی باد را به 50٪ کل تولید برق برساند و تا به امروز برق بادی 20٪ (بیشترین میزان تولید برق بادی از نظر درصد تولید) از کل تولید انرژی الکتریکی در این کشور را تشکیل می‌دهد؛ این کشور همچنین پنجمین تولید کننده بزرگ برق بادی محسوب می‌شود (در حالی که دانمارک از نظر میزان مصرف در جهان رتبه 56 را دراست). آلمان و دانمارک دو کشور پیشتاز در زمینه صادرات توربین‌های بزرگ (0,66 تا 5 مگاوات) به حساب می‌آیند.

آلمان یکی از کشورهای پیشتاز در زمینه تولید برق بادی بوده‌است به طوری که در سال 2006 این کشور 28٪ از کل توان بادی تولید شده در جهان (7,3٪ در آلمان) را به خود اختصاص داده‌است. این در حالی است که آلمان برنامه دارد تا سال 2010 12,5٪ از کل توان تولیدی خود را از منابع تجدیدپذیر تامین نماید. کشور آلمان دارای حدود 18600 توربین بادی است که بیشتر آنها در شمال آلمان نصب شده‌اند که در این میان سه توربین از بزرگترین توربین‌های جهان نیز وجود دارند.

در سال 2005 دولت اسپانیا قانونی را تصویب کرد که بر طبق آن نصب 20000 مگاوات ظرفیت بادی تا سال 2012 در برنامه دولت قرار گرفت. البته در سال 2006 یارانه‌ها و پشتیبانی دولت از ساخت این ظرفیت‌ها به ناگهان قطع شد. قابل ذکر است که در سال 2005 در هر دو کشور آلمان و اسپانیا تولید انرژی الکتریکی از راه استفاده از نیروگاه‌های بادی از تولید انرژی الکتریکی به وسیله نیروگاه‌های برق آبی بیشتر بود.

در سال‌های اخیر ایالات متحده از هر کشور دیگری بیشتر توربین بادی به شبکه برق خود افزوده‌است. تولید برق بادی در ایالات متحده در بازه زمانی بین فوریه 2006 تا فوریه 2007 31,8٪ رشد را نشان می‌دهد. ایالت تگزاس با پیشی گرفتن از کالیفرنیا اکنون بیشترین تولید برق بادی را در بین ایالت‌های مختلف این کشور دارد. تگزاس در سال 2009 نزدیک به 17٪ برق خود را از باد بدست آورد، و تگزاس اکنون بزرگترین مزرعه بادی جهان را با 782 مگاوات ظرفیت در روستایی بنام راسکو در اختیار دارد.

برق بادی در مقیاس‌های کوچک

تجهیزات تولید برق بادی در مقیاس کوچک (100 کیلووات یا کمتر) معمولاً برای تغذیه منازل، زمین‌های کشاورزی یا مراکز تجاری کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی از مکان‌های دور افتاده که مجبور به استفاده از ژنراتورهای دیزلی هستند مالکان محل ترجیح می‌دهند که از توربین‌های بادی استفاده کنند تا از ضرورت سوزاندن سوخت‌ها جلوگیری شود. در برخی موارد نیز برای کاهش هزینه‌های خرید برق یا برای استفاده برق پاک از این توربین‌ها استفاده می‌شود.

برای تغذیه منازل دورافتاده از توربین‌های بادی با اتصال به باتری استفاده می‌شود. در ایالات متحده استفاده از توربین‌های بادی متصل به شبکه در رنج‌های 1 تا 10 کیلووات برای تغذیه منازل به طور فزاینده‌ای در حال گسترش است. توربین‌های متصل به شبکه در هنگام کار نیاز به استفاده از برق شبکه را از بین می‌برند. در سیستم‌های جدا از شبکه یا باید از برق به صورت دوره‌ای استفاده کرد و یا از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده کرد.

در مناطق شهری که امکان استفاده از باد در مقیاس‌های زیاد وجود ندارد نیز ممکن است از انرژی بادی در کاربردهای خاصی مانند پارک مترها یا درگاه‌های بی‌سیم اینترنت با استفاده از یک باتری یا یک باتری خورشیدی استفاده شود تا ضرورت اتصال به شبکه از بین برود.



آثار زیست محیطی

توربین‌ها بادی برای راه‌اندازی و بهره‌برداری نیاز به هیچ گونه سوختی ندارند و بنابراین در قبال انرژی الکتریکی تولید آلودگی مستقیمی ایجاد نمی‌کنند. بهره‌برداری از این توربین‌ها دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، جیوه، ذرات معلق یا هیچ گونه عامل آلوده کننده هوا تولید نمی‌کند.

بعضی از اوقات به این نکته اشاره می‌شود که نیروگاه‌های بادی نمی‌توانند میزان دی‌اکسید کربن تولیدی را کاهش دهند چراکه برق تولیدی از طریق نیروگاه بادی به دلیل نامنظم بودن همیشه باید به وسیله یک نیروگاه سوخت فسیلی پشتیبانی شود. نیروگاه‌های بادی نمی‌توانند به طور کامل جایگزین نیروگاه‌های سوخت فسیلی شوند اما با تولید انرژی

الکتریکی مبنای تولیدی نیروگاه‌های حرارتی را کاهش داده و از تولید آنها می‌کاهند که به این ترتیب میزان انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد.

برخلاف نیروگاه‌های هسته‌ای و نیروگاه‌های سوخت فسیلی که مقدار زیادی آب را برای خنک کردن منتشر می‌کنند، نیروگاه‌های بادی نیازی به آب برای تولید انرژی الکتریکی ندارند.

استفاده از زمین

توربین‌های بادی باید ده برابر قطرشان در راستای باد غالب و پنج برابر قطرشان در راستای عمودی از هم فاصله داشته باشند تا کمترین تلفات حاصل شود. در نتیجه توربین‌های بادی تقریباً به $0/1$ کیلومترمربع مکان خالی به ازای هر مگاوات توان نامی تولیدی نیازمند هستند.

معمولاً برای نصب این توربین‌ها نیازی به پاکسازی درختان منطقه نیست. کشاورزان می‌توانند برای ساخت این توربین‌ها زمین‌های خود را به شرکت‌های سازنده اجاره می‌دهند. در ایالات متحده کشاورزان حدود 2 تا 5 هزار دلار به ازای هر توربین در هر سال دریافت می‌کنند. زمین‌ها مورد استفاده قرار گرفته برای توربین‌ها بادی همچنان می‌توانند برای کشاورزی و چرای دام مورد استفاده قرار بگیرند چراکه تنها 1٪ از زمین برای ساخت پی توربین و راه دسترسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عبارت دیگر 99٪ زمین هنوز قابل استفاده است.

توربین‌های بادی عموماً در مناطق شهری نصب نمی‌شوند چراکه ساختمان‌ها جلوی وزش باد را سد می‌کنند و قیمت زمین نیز معمولاً زیاد است. با این حال پروژه نمایشی تورنتو اثبات کرد که نصب توربین‌های بادی در چنین مکان‌هایی نیز ممکن است.

بزرگترین توربین بادی جهان

بزرگترین توربین بادی جهان در حال حاضر در دریای شمال در فاصله 24 کیلومتری سواحل اسکاتلند نصب شده و در حال آزمایش است. این نخستین باری است که توربین‌هایی به این ابعاد در دریا آزمایش می‌شوند. ژنراتور توربین‌ها در عمق 44 متری سطح دریا کار گذاشته شده است که در نوع خود رکورد جدیدی است. توربین‌هایی در این ابعاد برای نصب در دریا و دور از ساحل مناسب هستند تا از وزش پیوسته و بدون تلاطم باد بهره‌گیری کنند. انتظار می‌رود این توربین‌ها 96 درصد اوقات شبانه‌روز (8440 ساعت در سال) در حال کار باشند.

انرژی بادی در ایران

در ایران با توجه به وجود مناطق بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراهم می‌باشد. مطالعات و محاسبات انجام شده در زمینه تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران نشان داده‌اند که تنها در 26 منطقه از کشور (شامل بیش از 45 سایت مناسب) میزان ظرفیت اسمی سایت‌ها، با در نظر گرفتن یک راندمان کلی 33٪، در حدود 6,500

مگاوات می‌باشد. و این در شرایطی است که ظرفیت اسمی کل نیروگاه‌های برق کشور در حال حاضر حدود 34,000 مگاوات می‌باشد. لازم به ذکر است که کشور ایران عضو مجمع جهانی انرژی بادی می‌باشد.

نیروگاه‌های بادی ایران

نام	مکان	ظرفیت	نوع	راه‌اندازی	توضیحات
مزرعه بادی بینالود	استان خراسان رضوی	MW28/2	Onshore wind farm	2008	-
مزرعه بادی رودبار و منجیل	استان گیلان	MW100/8	Onshore wind farm	1994	اولین مزرعه بادی در ایران.
مزرعه بادی جرنندق	استان قزوین	MW60	-	-	در دست مطالعه

اتصال به شبکه ی برق بادی تولیدی

پس از تولید برق توسط توربین‌های بادی می‌بایستی این برق به شبکه‌های محلی مستقر در نزدیکی مزارع بادی تزریق گردد شرایط اتصال به شبکه عبارت انداز:

- 1- توان تولیدی باید بین 50 تا 60 هرتز باشد،
- 2- کیفیت شبکه‌های الکتریکی برق محلی باید در حد قابل قبولی باشد
- 3- شبکه به اندازه کافی قوی باشد تا در برابر الکتریسیته تولیدی بادی تحمل بالایی از خود نشان دهد.

می‌بایست توجه گردد که مقایسه عرضه و تقاضا در خطوط شبکه برق بسیار مهم است. سیستم عرضه شامل چند واحد تولیدکننده برق مانند هسته‌ای، توربین گاز سیکل ترکیبی، برق آبی، توربین بادی و ذغال سنگی متصل به شبکه می‌باشد. از میان اینها یکی به عنوان تولیدکننده اصلی (main base) و مابقی به عنوان مکمل می‌باشند، در انتخاب تولیدکننده اصلی باید سراغ سیستم‌های تولیدی رفت که با وجود هزینه سرمایه گذاری بالای اولیه، هزینه جاری (running) آنها پایین باشد، توربین‌های بادی به علت دارا بودن این خصوصیت می‌توانند به عنوان تأمین کننده اصلی انتخاب شوند برای مثال به علت هزینه‌های پایین جاری گفته شده در توربین‌های بادی نسبت به ذغال سنگ بهتر است از حداکثر پتانسیل توربین‌های بادی در طول روز استفاده گردد.

در برخی گزارشات آمده است که هزینه هر یک از دستگاه‌های توربین بادی به ظرفیت 660 KW برابر با 12 میلیارد ریال خواهد بود. این دستگاه‌ها عمر مفیدی در حد 20 سال خواهند داشت.

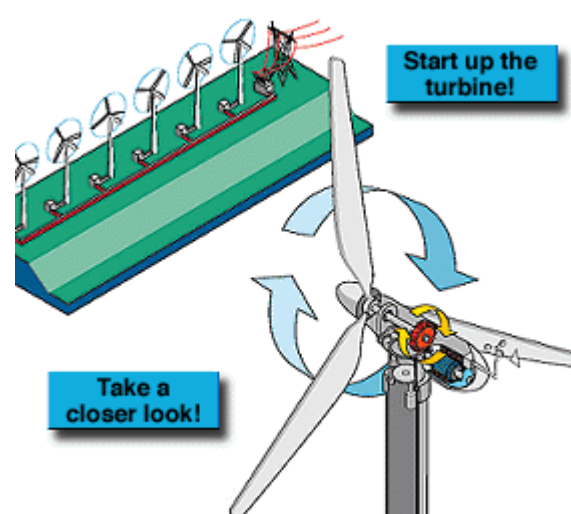
ارتفاع 40 متر

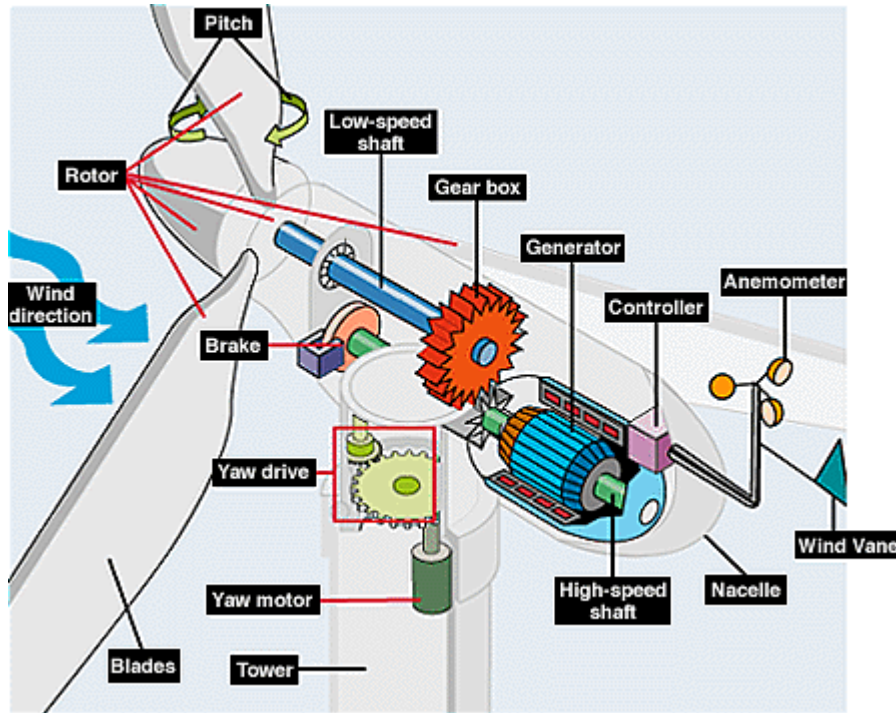
طول پره‌ها 9 متر

توربین‌های بادی بر روی برج‌های بلندی نصب شده‌اند تا بیشترین انرژی ممکن را دریافت کنند بلندی این برج‌ها به 30 تا 40 متر می‌رسند.

جزئیات داخل توربین‌های بادی

توربین‌های بادی انرژی جنبشی باد را به توان مکانیکی تبدیل می‌نمایند و این توان مکانیکی از طریق شفت به ژنراتور انتقال پیدا کرده و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می‌شود. توربین‌های بادی بر اساس یک اصل ساده کار می‌کنند. انرژی باد دو یا سه پره‌ای را که بدور روتور توربین بادی قرار گرفته‌اند را بچرخش در می‌آورد. روتور به یک شفت مرکزی متصل می‌باشد که با چرخش آن ژنراتور نیز به چرخش در آمده و الکتریسیته تولید می‌شود.





1- بادسنج (Anemometer): این وسیله سرعت باد را اندازه گرفته و اطلاعات حاصل از آنرا به کنترل کننده‌ها انتقال می‌دهد.

2- پره‌ها (Blades): بیشتر توربین‌ها دارای دو یا سه پره می‌باشند. وزش باد بر روی پره‌ها باعث بلند کردن و چرخش پره‌ها می‌شود.

3- ترمز (Brake): از این وسیله برای توقف روتور در مواقع اضطراری استفاده می‌شود. عمل ترمز کردن می‌تواند بصورت مکانیکی، الکتریکی یا هیدرولیکی انجام گیرد.

4- کنترلر (Controller): کنترلرها وقتی که سرعت باد به 8 تا 16 mph می‌رسد ماشین را راه‌اندازی می‌کنند و وقتی سرعت از 65 mph بیشتر می‌شود دستور خاموش شدن ماشین را می‌دهند. این عمل از آن جهت صورت می‌گیرد که توربین‌ها قادر نیستند زمانی که سرعت باد به 65 mph می‌رسد حرکت کنند زیرا ژنراتور به سرعت به حرارت بسیار بالایی خواهد رسید و این موضوع موجب صدمه زدن به ژنراتور می‌شود.

5- گیربکس (Gear box): چرخ دنده‌ها به شفت سرعت پایین متصل هستند و آن‌ها از طرف دیگر همانطور که در شکل مشخص شده به شفت با سرعت بالا متصل می‌باشند و افزایش سرعت چرخش از 30 تا 60 rpm سرعتی حدود 1200rpm تا 1500 را ایجاد می‌کنند. این افزایش سرعت برای تولید برق توسط ژنراتور الزامیست. هزینه ساخت گیربکس‌ها بالاست در ضمن گیربکس‌ها بسیار سنگین هستند.

6- ژنراتور (Generator): که وظیفه آن تولید برق متناوب می‌باشد.

- 7- شفت با سرعت بالا (High-speed shaft): که وظیفه آن به حرکت در آوردن ژنراتور می‌باشد.
- 8- شفت با سرعت پایین (Low-speed shaft): رتور حول این محور چرخیده و سرعت چرخش آن 30 تا 60 دور در دقیقه می‌باشد.
- 9- روتور (Rotor): بال‌ها و هاب به روتور متصل هستند.
- 10- برج (Tower): برج‌ها از فولادهایی که به شکل لوله درآمده‌اند ساخته می‌شوند. توربین‌هایی که بر روی برج‌هایی با ارتفاع بیشتر نصب شده‌اند انرژی بیشتری دریافت می‌کنند.
- 11- جهت باد (Wind direction): توربین‌هایی که از این فن آوری استفاده می‌کنند در خلاف جهت باد نیز کار می‌کنند در حالی که توربین‌های معمولی فقط جهت وزش باد به پره‌های آن باید از روبرو باشد.
- 12- باد نما (Wind vane): وسیله‌ای است که جهت وزش باد را اندازه‌گیری می‌کند و کمک می‌کند تا جهت توربین نسبت به باد در وضعیت مناسبی قرار داشته باشد.
- 13- درایو انحراف (Yaw drive): وسیله‌ایست که وضعیت توربین را هنگامی که باد در خلاف جهت می‌وزد کنترل می‌کند و زمانی استفاده می‌شود که قرار است روتور در مقابل وزش باد از روبرو قرار گیرد اما زمانی که باد در جهت توربین می‌وزد نیازی به استفاده از این وسیله نمی‌باشد.
- 14- موتور انحراف (Yaw motor): برای به حرکت در آوردن درایو انحراف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

*انرژی باد در ایران

بررسی‌های انجام شده حاکی از ظرفیت‌های فراوان انرژی باد در مناطق مختلف جغرافیایی ایران است بطوریکه ایران معادل 30000 مگاوات پتانسیل تولید برق بادی دارد. این رقم فراتر از ظرفیت نصب شده فعلی کشور است و نشان می‌دهد که طی سال‌های آتی کارهای عظیمی در جهت سرمایه‌گذاری، ساخت، نصب و راه‌اندازی توربین‌های برق بادی باید صورت پذیرد.

*خرید برق تجدیدپذیر از بخش خصوصی با فرمول خاص

اگر چه بیش از 100 مگاوات نیروگاه برق تجدید پذیر در کشور فعال است و مجوز احداث نیروگاه به ظرفیت 12 هزار مگاوات به بخش خصوصی اعطا شده که هزار مگاوات به قرارداد بلند مدت رسیده است اما خرید برق با فرمول خاص، یکی از دلایل عدم سرمایه‌گذاری و ورود بخش خصوصی برای احداث نیروگاه بادی است.

در حال حاضر قیمت خرید تضمینی هر کیلووات ساعت برق تجدید پذیر 130 تومان برای 20 ساعت بار متوسط و 90 تومان برای چهار ساعت کم باری است.

این خرید بر اساس فرمول خاصی محاسبه شده که با نرخ تورم و ارز تعدیل می‌شود، لذا با افزایش نرخ ارز و تورم نه تنها قیمت خرید برق تجدید پذیر افزایش نمی‌یابد بلکه با افزایش هزینه‌ها دیگر توجیه اقتصادی برای بخش خصوصی باقی نمانده است.

* حمایت از سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در حد حرف

در تمام دنیا حمایت از بخش خصوصی فعال در تولید نیروگاه‌های بادی تعریف مشخصی دارد اما در ایران با توجه به اینکه نرخ تضمینی برق از نیروگاه‌های بادی 130 تومان در نظر گرفته شده نشان می‌دهد که این مصوبه برای چند سال پیش است بنابراین با توجه به افزایش نرخ ارز و تورم این قیمت به هیچ وجه توجیه اقتصادی ندارد.

پس بالاترین قیمت برق اصولاً در زمان اوج مصرف اتفاق می‌افتد، یعنی در زمان‌هایی که منابع تولید برق مانند زغال سنگ، انرژی هسته‌ای یا انرژی ترکیبی پاسخگوی نیاز نیست. در این ساعات اوج مصرف، شبکه نیازمند راه‌اندازی نیروگاه‌های اضافی است که غالباً مبتنی بر نفت یا گاز هستند. این نیروگاه‌ها که اساساً در زمان اوج مصرف کار می‌کنند، هزینه حاشیه‌ای کمی دارند، و سود حاشیه‌ای کمتری دارند. چرا که در ازای خرید نفت و گاز، مبلغ زیادی را می‌پردازند و هزینه تولید هر واحد برق بسیار بالاتر از برقی است که با زغال سنگ تولید می‌شود. به همین دلیل است که این نیروگاه‌ها باعث گران شدن برق می‌شوند. با این حال، اضافه شدن سیستم انرژی‌های بادی می‌تواند سازوکار بازار و حالت آن را تغییر دهد. توربین‌های بادی اصلاً سوختی مصرف نمی‌کنند، لذا هزینه‌های حاشیه‌ای آن‌ها نیز پایین‌تر می‌آید. و نسبت به تولید برق با زغال سنگ، یا منابع هسته‌ای و ترکیبی، هزینه‌های کمتری دارند. به این ترتیب، برق تولیدی آنها برق ارزانی است و شرکت‌های انتقال برق مطمئناً تمایل دارند برق آنها را خریداری کنند. در روزهایی که بادی نمی‌وزد، شرکت‌های تولیدکننده برق از طریق باد نیز دریافتی نخواهند داشت. چرا که اساساً در قبال برقی که تولید می‌کنند پول دریافت می‌کنند. اما در روزهای پر باد این تضمین به وجود می‌آید که ما به‌التفاوت مصرف در ساعات اوج از طریق این توربین‌ها تامین می‌شود، بدون این که نیازی برای رجوع به تولیدکنندگان گران قیمت برق باشد. به عبارت دیگر، وقتی باد نباشد یا باد کمی موجود باشد، قیمت‌ها در بازار طبیعی هستند؛ اما وقتی باد زیاد بوزد، وزش این باد می‌تواند تاثیر خوبی بر قیمت‌ها داشته باشد و آن را متعادل‌تر کند. نتیجه این که در گذر زمان و به صورت میانگین، قبض برقی که مصرف‌کنندگان پرداخت می‌کنند کمتر خواهد بود.

آثار کاهش قیمت انرژی‌های بادی اصطلاحاً با عبارت MOE شناخته می‌شود و صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از این کاهش قیمت نیز بسیار بالاست.

بنابر برآوردهای انجام شده، آثار اقتصادی تولید برق از باد در کشورهای اتحادیه اروپا چیزی حدود 3 تا 23 یورو به ازای هر مگاوات ساعت است. یکی از این پژوهش‌هایی که در این مورد در آلمان انجام شده، نشان می‌دهد که مصرف‌کنندگان برق در آلمان روی هم رفته در یک سال 5 میلیارد یورو در مصرف برق صرفه‌جویی کردند.

لیست شرکت‌هایی که در دنیا توربین‌های بادی می‌سازند

کشور	نام کمپانی	Market Share	حجم تولید توربین‌های تحویل شده در سال 2011 (MW)	حجم تولید پایگاه‌هایی که تا کنون نصب شده (GW)
دانمارک	Vestas	12.7%	5217	50
چین	Sinovel	9.0%	3700	13
چین	Goldwind	8.7%	-	12
اسپانیا	Gamesa	8.0%	3308	24
آلمان	Enercon	7.8%	3203	24
امریکا	GE Energy	7.7%	3170	-
هندوستان	Suzlon Group	7.6% (inc Suzlon Energy (India) and REpower (Germany))	3116	20
چین	Guodian United Power	7.4%	3042	-
آلمان	Siemens Wind Power	6.3%	2591	-
چین	Ming Yang	3.6%	1500	-









شرکت چینی Sinovel

این کمپانی که بزرگترین کمپانی تولید توربین‌های بادی در چین و سومین کمپانی تولید توربین‌های بادی در جهان می‌باشد،

بزرگترین تجربه کاری این شرکت ساخت و نصب 34 توربین بادی به ظرفیت 3 MW در مزرعه بادی پل Donghai در کنار پلی به همین نام در شانگهای می‌باشد. ظرفیت تولید این مزرعه بادی 102 MW می‌باشد که می‌تواند نیاز برقی 200.000 خانه مسکونی را تامین کند.



کمپانی Goldwind

این کمپانی که دومین کمپانی بزرگ چین در زمینه تولید توربین‌های بادی محسوب می‌شود تا کنون 12 GW توربین نصب کرده و در 5 نقطه جهان دارای دفتر می‌باشد (چین، استرالیا، افریقای جنوبی، آلمان و شیکاگو).