



## هر آنچه باید درباره انرژی بادی و توربین های بادی بدانید



انرژی بادی مزایایی فراوانی دارد و به همین دلیل یکی از سریع ترین رشدها را نیز در بین منابع انرژی های تجدید پذیر جهان دارد.

- بهره برداری از انرژی بادی از چه زمانی شروع شد؟

باد، مدت طولانی است که در خدمت انسان ها است. از زمان های دور، انسان ها انرژی باد را مهار کرده اند. قایق های بادبانی بیش از ۷ هزار سال قبل طول رودخانه نیل در مصر را طی می کردند، آسیاب های بادی ساده در چین، آب را پمپاژ می کردند، در حالی که آسیاب های بادی عمود محور، برای خرد کردن دانه های غله و گندم در ایران و خاورمیانه مورد استفاده قرار می گرفتند. احتمالاً ایرانیان باستان، از ماهرترین و مبدع ترین اقوام جهان در مهار انرژی بادی بوده اند. ایرانیان علاوه بر آسیاب های عمود محور، از دلو (دولاب) یا چرخ چاه برای رساندن آب چاه به مزارع استفاده می کردند. آنها همچنین از مدت ها قبل با ساختن بادگیرها (از تاریخچه بادگیرها اطلاعات دقیقی در دست نیست) از انرژی باد برای خنک کردن خانه ها و عمارت های خود بهره برده اند.

گفته می شود که آسیاب های بادی ایرانی در حدود ۵۰۰ تا ۹۰۰ سال قبل از میلاد به کار گرفته شدند. اولین طرح شناخته شده از یک آسیاب بادی، همان مدل عمود محور ایرانی است که با پره های عمودی از جنس از چوب ساخته می شدند و با اتصال به ستون های افقی و یک محور مرکزی به آسیاب گندم می پرداختند.



آسیاب‌های بادی عمود محور در چین نیز مورد استفاده قرار می‌گرفتند که اغلب حتی ادعا می‌شود که این کشور زادگاه آسیاب‌های بادی بوده است. اما در حالی که اعتقاد بر این است که آسیاب بادی در چین بیش از ۲۰۰۰ سال پیش اختراع شد و سپس به همه‌جای جهان رفت، اما اولین اسناد مربوط به آسیاب‌های بادی چین به قرن سیزدهم برمی‌گردد. در آنجا نیز کاربردهای اولیه ظاهراً آسیاب دانه‌ی ذرت و پمپاژ آب بوده است.

به تدریج روش‌های جدید استفاده از انرژی باد به سراسر جهان رفتند. در قرن شانزدهم، مردم در خاورمیانه به‌طور گسترده‌ای از آسیاب‌های بادی استفاده می‌کردند. بازرگانان و جنگجویان صلیبی این ایده را با خود به اروپا بردند. هلندی‌ها، معماری آسیاب‌های بادی را اصلاح کردند و از آن برای تخلیه آب در تالاب‌های رودراین استفاده کردند.



نمونه‌ای از آسیاب‌های بادی قدیمی روستای نشتیفان، شهرستان خواف در استان خراسان رضوی. این آسیاب‌های بادی که با نام «آس‌بادهای نشتیفان» شناخته می‌شوند، در سال ۲۰۰۲ در فهرست فهرست میراث جهانی یونسکو ثبت شد

هنگامی که مهاجران در اواخر قرن نوزدهم این تکنولوژی را به دنیای جدید بردند، آنها شروع به استفاده از آسیاب‌های بادی برای رساندن آب به مزارع و مراتع کردند. آمریکایی‌ها از آسیاب‌های بادی برای خرد کردن گندم و ذرت، پمپ کردن آب و برش چوب در کارخانه‌های چوب‌بری استفاده کردند. با توسعه برق، نیروی باد کاربرد جدیدی برای روشنایی ساختمان‌ها پیدا کرد. در طول قرن بیستم، نیروگاه‌های بادی کوچک مناسب برای مزارع، خانه‌ها و مزارع بادی بزرگ‌تری که می‌توانستند به شبکه‌های برق شهری متصل شوند، توسعه یافتند.



- توربین بادی چگونه کار می‌کند؟

تیغه یا پره‌ی توربین بادی مانند بال هواپیما کار می‌کند. همانطور که هوا از هر دو طرف پره عبور می‌کند، شکل پره باعث می‌شود که فشار هوا در دو طرف پره نامتوازن شود و همین باعث چرخیدن پره‌ها به دور روتور توربین می‌شود. در بالای توربین‌های بادی، یک بادنما و بادسنج قرار می‌گیرد که به کامپیوتری متصل است و توربین بر اساس اطلاعات بادنما، جهت خود را به سوی باد عوض می‌کند.

پره‌ها به یک روتور متصل شده‌اند که در هر دقیقه در حدود ۱۸ بار می‌چرخد، اما این میزان دور، به اندازه‌ای نیست که برای تولید برق کافی باشد. بنابراین، شفت اصلی یک سری چرخ‌دنده‌ها را می‌چرخاند که میزان دور در دقیقه را به حدود ۱۸۰۰ افزایش می‌دهد و در این سرعت است که ژنراتور می‌تواند شروع به تولید برق کند. معمولاً هر چه توربین‌های بادی بزرگ‌تر باشند یا در ارتفاعات بالاتری قرار گرفته باشند، توان بالاتری دارند.



- توربین‌های باد چه مزیت‌هایی دارند؟

مهم‌ترین مزیت، توربین‌های بادی، کاهش **تأثیرات مخرب زیست‌محیطی** است. توربین‌های بادی مستقیماً، هیچ‌گونه آلودگی آب‌وهوایی یا زیست‌محیطی ندارند. به همین ترتیب، تجهیزات و ماشین‌آلات توربین‌های بادی هیچ‌یک از گازهای گلخانه‌ای مضر را که به تغییرات اقلیمی کمک می‌کند، منتشر نمی‌کنند. این عدم آلودگی باعث می‌شود که جمعیت‌هایی که در اطراف مزارع بادی ساکن هستند، از مشکلات جدی پزشکی مانند سرطان ریه یا آسم مصون باشند. علاوه بر این، حیوانات نیز در محیطی سالم‌تر رشد می‌کنند.



با توجه به اینکه انرژی باد یک منبع تجدید پذیر است و به کشتیرانی یا ذخایر زیرزمینی متکی نیست، مانع از آلودگی‌های غیر مستقیم ناشی از حمل‌ونقل می‌شود. انرژی بادی برخلاف بسیاری از روش‌ها، قادر به تولید برق بدون استفاده از آب است، به همین جهت، می‌تواند از آلودگی آب و کمبود انرژی ناشی از خشکسالی جلوگیری کند.

توربین‌های بادی به‌ویژه در مناطق بادخیز، می‌توانند در تمام ساعات شبانه‌روز برق تولید کنند. این امر به‌خصوص برای مناطق ساحلی و کوهستانی مطلوب است. همچنین می‌توان توربین‌های بادی و پانل‌های خورشیدی متوسط را برای به حداکثر رساندن تولید انرژی تجدید پذیر در مکان‌هایی با آفتاب و باد متناوب ترکیب کرد.

توربین‌های بادی می‌توانند در مکان‌های مختلفی با کاربردهای تجاری یا خانگی نصب شوند. تجهیزات بادی را می‌توان در منازل، مزارع، سکوه‌های دریایی و در بالای تپه‌های بلند نصب کرد. توربین‌های دریایی می‌توانند پایه‌های ثابت یا شناور داشته باشند و از جریان‌های مداوم بادهای اقیانوسی بهره‌مند شوند. در واقع، این شکل از انرژی تجدیدپذیر بسیار مقیاس‌پذیر است. در حالی که نیروگاه‌های سنتی برای تامین برق جمعیت‌های بزرگ طراحی شده‌اند، توربین‌ها در ابعاد مختلفی توسعه یافته‌اند. مدل‌های مختلف توربین‌های بادی می‌توانند برق یک مزرعه کوچک، یک خانه یا صدها خانه را تامین کنند.

مزیت دیگر توربین‌ها، جاگیر نبودن است. توربین‌های بادی بر خلاف نیروگاه‌های مرسوم و حتی مزارع خورشیدی، فضای زیادی را اشغال نمی‌کنند. و مردم می‌توانند به فعالیت‌های دیگر خود در مناطق اطراف توربین‌های بادی ادامه دهند. به‌عنوان مثال، توربین بادی می‌تواند در یک مزرعه با محصولات کشاورزی یا دام‌ها نصب شود. این مورد، به‌خصوص برای کشورهای کوچکی که با مشکل کمبود جا مواجه‌اند، می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد. به این ترتیب، توربین‌های بادی می‌توانند بدون از بین بردن زمین‌های کشاورزی یا زیستگاه‌های حیات وحش به تولید برق بپردازند.

با توربین‌های بادی در مقایسه با اکثر تکنولوژی‌های تولید انرژی، احتمال بسیار کمتری برای وقوع حوادث فاجعه‌آمیز وجود دارد. توربین‌های بادی متکی به سوخت‌هایی نیستند که باید حفر و استخراج یا در کشتی بارگیری شوند. این مورد می‌تواند، تا حد زیادی از خطرات مرتبط به این تکنولوژی بکاهد. اگر چه چنین حوادثی نادر هستند، اما نیروگاه‌های هسته‌ای می‌توانند نشت کنند و فجایعی مانند چرنوبیل یا فوکوشیما را رقم بزنند و نواحی مسکونی و زمین‌های بزرگی را غیر قابل زندگی کنند یا دریاها و اقیانوس‌های وسیعی را آلوده کنند.



استخراج گاز طبیعی هم به آلودگی آب‌های زیرزمینی و حتی زمین لرزه مرتبط است. اما نیروی باد، می‌تواند اجازه دهد که برق زیادی بدون ریسک چندانی تولید شود.

مزیت دیگر انرژی باد، اقتصادی است. صاحبان کسب‌وکارها، کشاورزان و دیگر صاحبان زمینی که توربین‌های بادی را روی زمین‌های خود نصب می‌کنند، صرفه‌جویی‌های قابل توجهی می‌کنند. توربین‌های بادی به آنها کمک می‌کند که بدون استفاده از مقادیر قابل توجهی زمین، زمین‌های خود را به لحاظ اقتصادی زنده نگه دارند. صاحبان خانه‌ای نیز که از توربین‌های بهره می‌برند، می‌توانند از پرداخت هزینه‌های ماهانه برق پرهیز کنند و صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌های برق خود کنند.



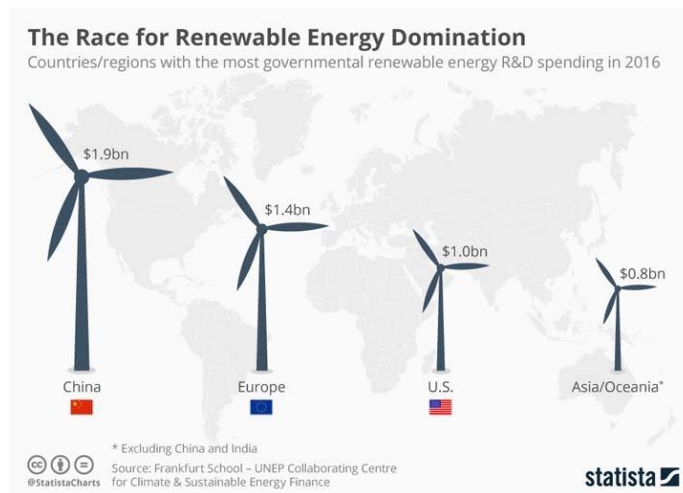
#### • ظرفیت انرژی بادی در جهان

انرژی باد تقریباً در همه‌جای زمین در دسترس است؛ اما پیرامون میزان سازگاری و نیروی باد، تفاوت‌های وجود دارد. یک برآورد نشان می‌دهد که ۱ میلیون گیگاوات انرژی بادی در کل زمین وجود دارد و اگر فقط ۱ درصد از این زمین‌ها از نیروی باد بهره‌برداری کنند، می‌توان تمامی تقاضای جهانی برق را تامین کرد. اگرچه اکثر انرژی باد در حال حاضر در خشکی‌ها به دست می‌آید، اما به محبوبیت مزارع بادی دریایی به‌عنوان یک منبع بزرگ با اثرات زیست‌محیطی کمتری (به ویژه با توجه به آلودگی صوتی و بصری) افزوده می‌شود. ظرفیت تولید انرژی بادی جهان در اواخر سال ۲۰۱۵ به ۴۳۵ گیگاوات رسید، حدود ۷ درصد کل ظرفیت تولید برق جهان. سه کشور از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان برق از انرژی بادی، کشورهای چین ایالات متحده آمریکا و آلمان هستند.



چین با ظرفیت نصب‌شده‌ی بیش از ۱۵۶,۷ گیگاوات برق در سال ۲۰۱۶، بیشترین تولید برق از انرژی بادی در جهان را داشته است. این کشور سرمایه‌گذاری‌های عظیمی در بخش انرژی تجدیدپذیر و به‌خصوص انرژی بادی انجام داده است.

بر اساس گزارش انجمن انرژی بادی جهان، بازار انرژی بادی چین بزرگترین بازار جهانی است که ۵۲٪ از سهم بازار جهانی را در برمی‌گیرد. چین قصد دارد، قبل از پایان سال ۲۰۲۰ ظرفیت ۱۰ گیگاوات برق از توربین‌های دریایی به شبکه برق خود اضافه کند. چین بر اساس گزارش شورای جهانی انرژی باد، از این لحاظ در رتبه سوم قرار داشت.



کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا و آلمان، در بین کشورهای جهان؛ بالاترین ظرفیت تولید انرژی بادی را در اختیار دارند

ایالات متحده آمریکا، دومین تولیدکننده انرژی باد است که ظرفیت نصب شده آن به ۸۲,۱ گیگاوات در پایان سال ۲۰۱۶ می‌رسید. بر اساس گزارش امسال انجمن انرژی بادی آمریکا، بیش از ۱۴۰۰۴ مگاوات پروژه انرژی بادی در دست احداث است و ۱۱۸۱۵ مگاوات هم از این پروژه‌ها در آستانه شروع به کار هستند. ایالات متحده در سال ۲۰۱۷، دارای بیش از ۵۲ هزار توربین بادی تجاری در بیش از ۴۲ ایالت و همچنین در کشورهای گوام و پورتوریکو بود. اواسط سال گذشته بود که شرکت Xcel Energy اعلام کرد که قصد احداث ۱۱ مزرعه بادی در ۱۱ ایالت این کشور را با ظرفیتی ۳,۳۸ گیگاواتی دارد.

آلمان با نصب ۵۰ گیگاوات برق بادی در سال ۲۰۱۶، سومین کشور جهان در زمینه انرژی بادی لقب گرفت.



اداره‌ی فدرال انرژی آلمان، بوندسنتزاگنتور، مناقصه‌ای را برای پروژه‌های انرژی بادی با ظرفیت ۱ گیگاوات اعلام کرد. این کشور قصد دارد که ظرفیت انرژی بادی خود را از طریق مناقصه‌ها تا سال ۲۰۱۹، سالانه به ۲,۸ گیگاوات افزایش دهد. آلمان، یکی از کشورهای پیشگام اتحادیه اروپا از لحاظ انرژی‌های تجدیدپذیر است و به‌موجب قانون انرژی تجدید پذیر، مزارع بادی از سوبسیدهای دولتی بهره‌مند می‌شوند.

#### • ظرفیت انرژی بادی در ایران



از زمان نصب توربین‌های بادی در ایران، تولید انرژی بادی رشد چشمگیری داشته است. توربین‌های بادی ایران عمدتاً با کمک گروه صنعتی سدید و همکاری و سرمایه‌گذاری‌های شرکت‌های خارجی از جمله شرکت هندی سازن انرژی و شرکت زیمنس آلمان ساخته و راه‌اندازی شده‌اند.

در سال ۲۰۰۴، تولید برق از انرژی بادی در ایران تنها ۲۵ مگاوات بود. اما یک سال بعد، این میزان به ۳۲ مگاوات افزایش یافت و در سال ۲۰۰۶ به ۴۵ مگاوات رسید. خوشبختانه با افزایش تولید پایدار برق، ایران به سرمایه‌گذاری در مزارع بادی ادامه داده است. در سال ۲۰۰۹، ظرفیت تولید برق حاصل از انرژی بادی به ۱۳۰ مگاوات افزایش یافت.



یکی از بهترین نیروگاه‌های بادی ایران در منطقه بادخیز منجیل در استان گیلان ساخته شده که به سبب بادهای تند موسوم به «هفت باد منجیل» مشهور است



این نتیجه ساخت مزارع بادی بزرگ‌تر در مناطق ساحلی و بادخیز مانند منجیل در استان گیلان و بینالود در خراسان رضوی بود. به گزارش شورای جهانی انرژی باد، با رشد سریعی در بخش انرژی باد، ایران در حال حاضر در رتبه ۳۰ جهان به لحاظ تولید انرژی بادی قرار دارد. اما با وجود پیشرفت قابل توجه صنعت انرژی بادی در کشور، مجموع کل ۱۵۰ مگاوات برق تولیدی از انرژی بادی، هنوز بخش کوچکی از برق مصرفی سالانه ایران را تشکیل می‌دهد که حدود ۳۳ هزار مگاوات است.

واقعیت این است که ایران هنوز به شدت وابسته به سوخت‌های فسیلی است و این سوخت‌ها تقریباً تمام برق کشور را تامین می‌کنند. و با وجود دورنمای مثبتی که در این حوزه دیده می‌شود، احتمالاً شاهد رکود ایران در زمینه‌ی صنایع پاک و ارزان و منابع انرژی تجدیدپذیر خواهیم بود. در واقع، با وجودی که سرمایه‌گذاری‌های اخیر از تمایل بالا برای سرمایه‌گذاری در این صنعت خبر می‌دهد، اما با وجود تحریم‌های بین‌المللی اخیر که در پی خروج آمریکا از توافق برجام اتفاق افتاد، صنعت نوظهور انرژی بادی کشورمان به مشکلاتی عدیدهای برخورد خواهد خورد.

مورد دیگر اینکه، حتی ممکن است که ایران، ظرفیت فعلی برق تولیدی از انرژی بادی را هم از دست بدهد. در واقع، بیشتر توربین‌های بادی هر ۱۰ تا ۱۵ سال نیاز به تعمیرات عمده‌ای دارند و اگر به درستی نگهداری نشوند، دیگر کار نخواهند کرد. با توجه به اینکه، تهیه قطعات یدکی در آینده، دشوارتر خواهد شد، متأسفانه چشم‌انداز این صنعت، تیره خواهد بود.

#### • آینده انرژی بادی: آیا در همه‌جای دنیا توربین‌های بادی خواهیم دید؟

انرژی باد همچنان یکی از امیدوارکننده‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر است. در طول دهه گذشته، صنعت انرژی بادی رشد چشمگیری داشت و مزارع باد در سراسر جهان نصب شدند. در حال حاضر منبع انرژی تجدید پذیر، بهترین رقیب نیروگاه‌های سوخت فسیلی هستند، حتی در برخی نقاط جهان، این انرژی پاک و ایمن، ارزان‌تر از ذغال سنگ است.

همه‌ی شواهد نشان می‌دهد که احتمالاً در آینده، توربین‌های بیشتری در نقاط مختلف جهان خواهیم دید. به باور تحلیل‌گران، حتی اگر با رشد انرژی بادی روندی که برنامه‌ریزی شده پیش نرود، بازهم توربین‌های بادی در سال‌های آینده گسترش خواهند یافت.





اما این بدین معنا نخواهد بود که توربین‌های بادی در همه‌جا به‌چشم خواهند خورد. مخالفان انرژی بادی، ادعا می‌کنند که توربین‌های بادی، جلوه‌ی طبیعت را خدشه‌دار می‌کنند. هرچند در مقابل، موافقان انرژی بادی هم مدعی هستند که توربین‌های بادی به جذابیت‌های طبیعت خواهند افزود. بنابراین تاحدی منطقی است که تصور کنیم، دیدن توربین‌های چرخان بادی تقریباً در همه‌جا، ترسناک است و اینکه مناظر کوهستانی و زمین‌های کشاورزی دیگر هیچ‌گاه مانند گذشته نخواهند بود.

اما، احتمال اینکه شاهد افزایش توربین‌های بادی دریایی باشیم، بسیار بالاست. تکنولوژی انرژی بادی دریایی به سرعت در حال افزایش است و پتانسیل تولید برق از انرژی بادی در دریاهاى آزاد به‌مراتب بیشتر از خشکی است. به این ترتیب، احتمال بیشتری وجود دارد که در آینده‌ای نزدیک هرگاه که از پنجره هواپیما به بیرون نگاه کنیم، توربین‌های بادی را در دریاهاى وسیع ببینیم.

البته، در این شکی نیست که توربین‌های بادی در نواحی بادخیز، به‌شدت افزایش خواهند یافت. اما به دور از مخالفت‌ها با چنین پیشرفت‌هایی، اکثر مردم محلی با کمال میل توربین‌های بادی را پذیرفته‌اند. مزارع بادی می‌توانند به‌خصوص برای شهرهای صنعتی روبه‌زوال و متکی به نفت که بدون انرژی بادی، قطعاً با رکورد اقتصادی مواجه می‌شوند، رفاه اقتصادی را به همراه داشته باشد.

مزارع بادی به‌همان میزانی که به نفع اقتصاد محلی هستند، برای محیط‌زیست هم مفیدند. علاوه بر این، در آینده نزدیک شاهد تولید انبوه توربین‌های بادی کوچک‌تر و قابل‌حمل خواهیم بود که می‌توانند به‌جز کسب‌وکارهای کوچک برای مصارف شخصی هم مورد استفاده قرار گیرند. از این رو، در آینده احتمالاً دیدن توربین بادی در حیات خلوت همسایه به‌امری عادی بدل می‌شود. توربین‌های بادی ممکن است که با مجتمع‌های مسکونی و آسمان‌خراش‌ها نیز ادغام شوند. بنابراین، آینده مملو از توربین بادی است و همه‌جا توربین بادی خواهیم دید!

\*\*\*\*