وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

پژوهشگاه نیرو

بروندادِ تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

شماره ۹ – اسفند ۱۴۰۲

برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

ویژه‌نامه انرژی باد

عنوان پروژه: رصد فن‌آوری به‌منظور شناخت جدیدترین دستاوردها و فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر

کارفرما: سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)

پژوهشگر: پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی پشتیبان: گروه انرژی‌های تجدیدپذیر

پژوهشکده پشتیبان: پژوهشکده انرژی و محیط‌زیست

مدیر پروژه: مهندس ثریا رستمی

مجری پروژه: دکتر حمیدرضا لاری

ناظر پژوهشگاه: دکتر محمد چمنی

ناظر کارفرما: دکتر اکبر شعبانی‌کیا

همکاران این گزارش:

مهندس ثریا رستمی – مهندس سارا جوکار

شماره ۹– اسفندماه ۱۴۰۲

فهرست مطالب

اعلام برندگان ساخت ۴۰۰۰ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر توسط ساتبا ٤

تحلیل روند و ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های بادی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ ..... ٥

۱۰ روند برتر انرژی بادی در سال ۲۰۲۳ ..... ۱۹

ویندویو ابزار پیش‌بینی انرژی باد ۳۱

بررسی رویکرد جهانی انرژی باد از دیدگاه آژانس بین‌المللی انرژی ۳۳

وستاس مصمم به تحول سیستم انرژی جهانی ٤۱

اورستد در سال ۲۰۲۳ ..... ٥٥

گلدویند چین و توسعه توربین‌های بادی ٦٥

انرژی باد در هند، چالش‌های دستیابی به افق‌های روشن‌تر ۷٤

اطلس جهانی باد ۷۹

تأثیر طوفان‌های شن بر عملکرد توربین‌های بادی ۸٤

تلفات مربوط به یخ‌زدگی و عملکرد ضعیف مزرعه بادی ۸۸

ظهور متاورس صنعتی و تأثیرات اقتصادی آن ۹۰

تعهد آلمان به گسترش سریع توربین‌های بادی در خشکی ۹۳

افزایش چشم‌گیر نیروگاه‌های خورشیدی شناور در دنیا ۹٥

تورهای علمی دانش‌آموزی در ساختگاه‌های ساتبا ۹۷

آمادگی وزارت نیرو برای احداث ۵۰ هزار نیروگاه خورشیدی حمایتی ۹۹

سخن آغازین

اعلام برندگان ساخت ۴۰۰۰ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر توسط ساتبا

به گزارش ساتبا، بازگشایی پاکت‌های مناقصه برای سرمایه‌گذاری به‌منظور ساخت ۴۰۰۰ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر از محل ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید انجام شد و در پی آن در مجموع ۴۲ شرکت پیشنهاددهنده سرمایه‌گذاری در مناقصه ساخت ۱۷۶۳ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر در ساختگاه های تعیین‌شده از سوی ساتبا در ۱۵ استان برنده شدند.

۷۰ ساختگاه تعیین‌شده برای سرمایه‌گذاری در ۱۵ استان شامل استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان، آذربایجان شرقی، یزد، فارس، مرکزی، اصفهان، قزوین، سمنان، آذربایجان غربی، قم، زنجان، همدان، خراسان رضوی بوده که در استان‌های یزد با ۱۹ ساختگاه و کرمان با ۱۴ ساختگاه بیشترین تعداد پیشنهاد سرمایه‌گذاری صورت گرفته است. در این میان کرمان با ۴۰۷ مگاوات و سیستان و بلوچستان با ۳۶۵ مگاوات، آذربایجان شرقی با ۳۰۳ مگاوات و یزد با ۲۸۵ مگاوات حائز بیشترین ظرفیت نیروگاهی در این مناقصه شده‌اند. برخی شرکت‌های متقاضی سرمایه‌گذاری بیشترین مشارکت را پیشنهاد ساخت نیروگاه داشته‌اند که ازجمله آن می‌توان سرمایه‌گذاری یک شرکت با ظرفیت ۳۰۰ مگاوات در یک ساختگاه، سرمایه‌گذاری یک شرکت با ظرفیت ۲۱۱ مگاوات در سه ساختگاه، سرمایه‌گذاری یک شرکت در دو ساختگاه به ظرفیت مجموع ۲۰۰ مگاوات در استان‌های سیستان و بلوچستان و کرمان و نیز سرمایه‌گذاری یک شرکت با ظرفیت ۱۲۵ مگاوات با ساختگاه تعیین‌شده در استان سیستان و بلوچستان اشاره کرد. با توجه به استقبال بی‌سابقه سرمایه‌گذاران بخش خصوصی برای شرکت در مناقصه ساخت ۱۷۶۳ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر، ظرفیت ساختگاه های در نظر گرفته شده برای سرمایه‌گذاری تکمیل شد. تعداد پیشنهاددهندگان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی برای تکمیل ساخت ۴۰۰۰ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر از محل ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید بیش از ۲۶ درصد نسبت به ظرفیت باقیمانده برای ساخت ۱۷۶۳ مگاوات نیروگاه افزایش داشته است که نشان از استقبال بی‌سابقه برای سرمایه‌گذاری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارد.

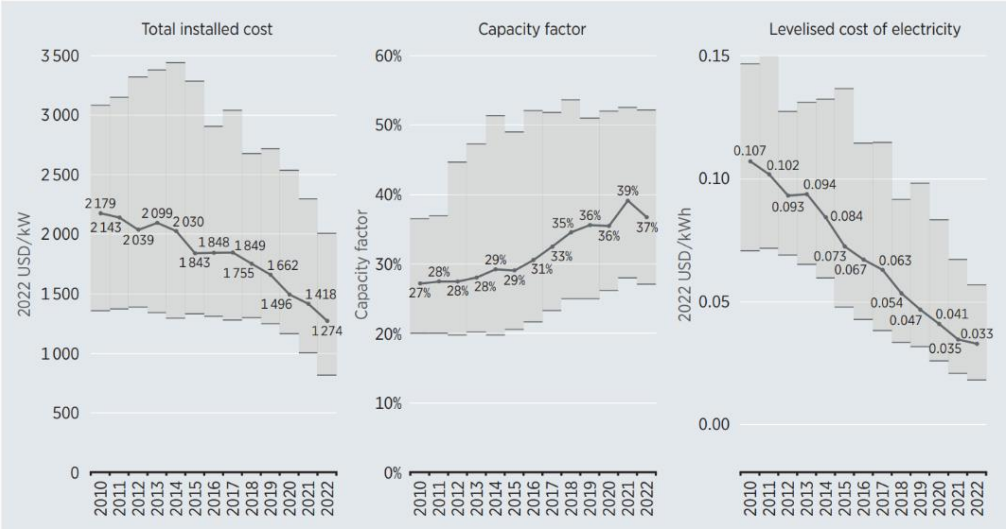
پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو – ۹ اسفند ۱۴۰۲

تحولات اقتصاد و بازار

تحلیل روند و ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های بادی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲

فناوری توربین‌های بادی ساحلی در دهه گذشته پیشرفت چشم‌گیری داشته است. توربین‌های بزرگ‌تر و قابل‌اطمینان‌تر، همراه با ارتفاع هاب بیشتر و قطر روتور بزرگ‌تر، برای افزایش ضریب ظرفیت[1] ترکیب شده‌اند. علاوه بر این پیشرفت‌های فناوری، کل هزینه‌های نصب، هزینه‌های عملیات و نگهداری و LCOE، به دلیل صرفه‌جویی در مقیاس، افزایش رقابت‌پذیری و بلوغ فزاینده بخش بادی، کاهش‌یافته است. در سال ۲۰۲۲، گستره احداث باد خشکی پس از فتوولتائیک خورشیدی دومین بازار بود. چین همچنان بزرگ‌ترین بازار باد را در دست داشته است. امروزه تقریباً تمام توربین‌های بادی خشکی محور افقی هستند که عمدتاً از سه پره استفاده می‌کنند و پره‌ها در جهت باد قرار می‌گیرند. قراردادهای این پروژه‌ها معمولاً شامل برج‌ها، نصب و (به‌جز در چین) تحویل است. دیگر دسته‌بندی‌های عمده هزینه شامل هزینه‌های نصب، اتصال به شبکه و هزینه‌های توسعه است. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و سایر هزینه‌های موردنیاز برنامه‌ریزی، هزینه‌های پروژه، و هزینه‌های زمین نیز هستند که این هزینه‌ها کمترین سهم را از کل هزینه نصب نشان می‌دهند.

[1] Capacity Factors



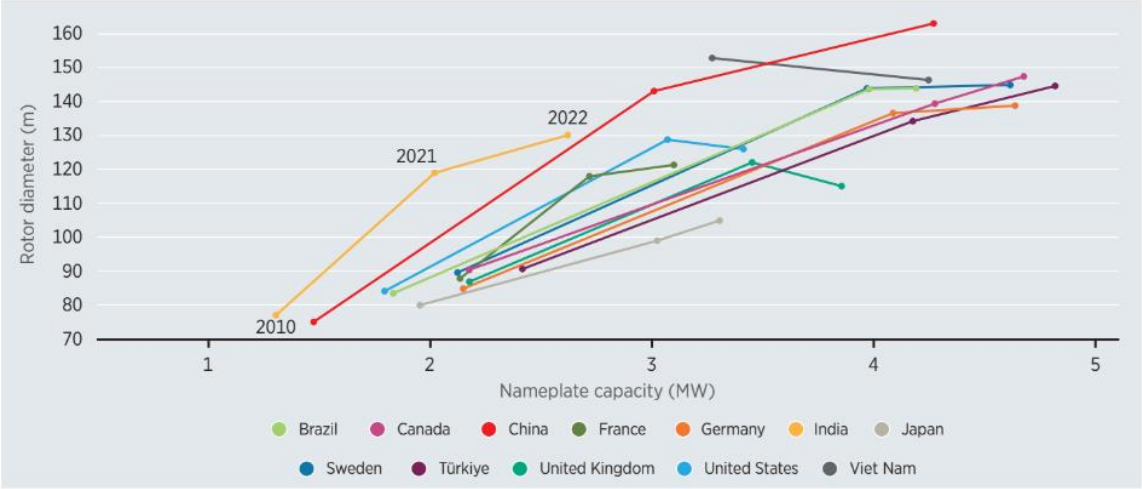
میانگین وزنی کل هزینه‌های نصب ، ضریب ظرفیت و LCOE برای توربین‌های بادی نصب شده در خشکی، ۲۰۱۰-۲۰۲۲

❖ ویژگی‌ها و هزینه‌های توربین بادی

سازندگان تجهیزات اصلی توربین‌های بادی[۲] طیف گسترده‌ای از طرح‌ها را ارائه می‌دهند که برای ویژگی‌های مختلف سایت، دسترسی به شبکه و سیاست‌های لازم در مکان‌های متمایز در نظر گرفته‌شده‌اند. این تغییرات همچنین ممکن است شامل الزامات مختلف کاربری زمین و حمل‌ونقل و الزامات فنی و تجاری خاص توسعه‌دهنده باشد. این طرح‌ها توسط OEMها در مجموعه‌ای از پلتفرم‌ها به کار گرفته می‌شوند تا طرح‌های مختلفی را متناسب با هر سایت ارائه دهند و همچنین یک محرک مهم در کاهش هزینه‌ها باشند. پلتفرم‌ها این کار را با کاهش هزینه‌های توسعه محصول در تعداد بیشتری از توربین‌ها انجام می‌دهند، درحالی‌که انتخاب توربین را برای یک سایت خاص بهینه می‌کنند و LCOE را بیشتر کاهش می‌دهند. توربین‌های با قطر روتور بزرگ‌تر، جذب انرژی را در مکان‌هایی با سرعت باد یکسان افزایش می‌دهند. این امر، به‌ویژه در بهره‌برداری از مکان‌های حاشیه‌ای مفید است. علاوه بر این، ارتفاعات هاب بالاتر، امکان دسترسی به‌سرعت باد بالاتر در همان مکان را فراهم می‌کند؛ به‌این‌ترتیب، دامنه مکان‌های مناسب برای توربین‌های بادی افزایش می‌یابد. به‌عنوان‌مثال، ارتفاع هاب بلندتر به معنای افزایش فاصله بین نوک پره‌ها و زمین است که امکان نصب در مناطق جنگلی خاص را فراهم می‌کند. با توجه به اینکه توان تولیدی به‌عنوان تابعی مکعبی از سرعت باد افزایش می‌یابد، این پیشرفت‌ها می‌توانند ضریب

[2] Original Equipment Manufacturers (OEMs)

ظرفیت بالاتری را به همراه داشته باشند. ظرفیت توربین بالاتر همچنین امکان احداث پروژه‌های بزرگ‌تر را فراهم می‌کند و کل هزینه نصب در واحد برای برخی از اجزای هزینه را کاهش می‌دهد.

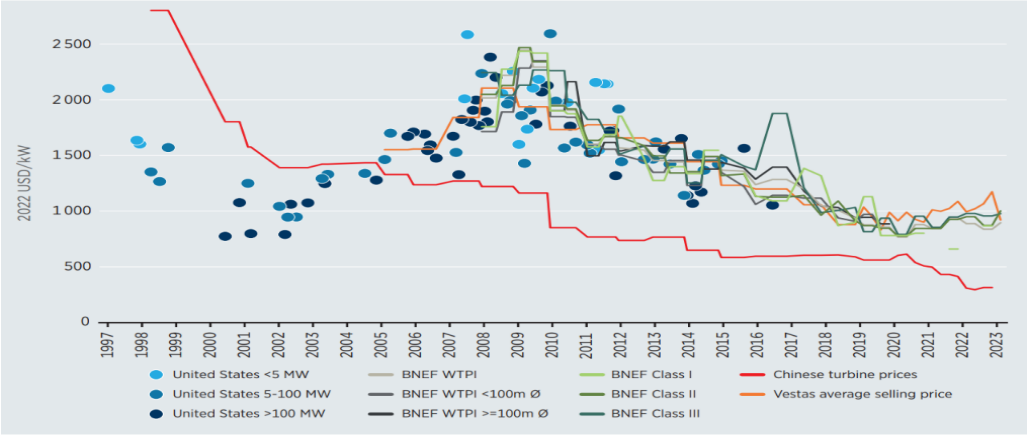


میانگین وزنی قطر روتور توربین‌های بادی در خشکی و تکامل ظرفیت نامی[3]، ۲۰۱۰–۲۰۲۲

شکل فوق، تکامل میانگین توان توربین و قطر روتور را بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲ در برخی از بازارهای عمده توربین‌های بادی در خشکی نشان می‌دهد. برزیل، کانادا، چین، آلمان، هند و سوئد با افزایش بیش از ۶۰ درصدی در میانگین قطر روتور پروژه‌های راه‌اندازی شده‌شان در طول دوره متمایز هستند. از نظر درصدی، بیشترین افزایش ظرفیت توربین در چین (۱۹۰٪) و پس از آن برزیل (۱۲۹٪)، سوئد (۱۱۸٪)، آلمان (۱۱۶٪) و کانادا (۱۱۸٪) مشاهده شد. بیشترین افزایش قطر روتور نیز در چین (۱۱۸٪)، برزیل (۷۲٪)، هند (۶۹٪) و کانادا رخ داده است. از میان کشورهایی که در شکل فوق پوشش داده شده است، در سال ۲۰۲۲، ترکیه از کانادا پیشی گرفت تا بزرگ‌ترین توان توربین را داشته باشد. هم‌چنین، چین بزرگ‌ترین قطر روتور توربین را با میانگین ۱۶۱ متر داشت. در سال ۲۰۲۲، هند با ۲.۶ وات کمترین توان توربین را داشت، درحالی‌که ژاپن با میانگین ۱۰۵ متر، کمترین میانگین قطر روتور را داشت. به‌طورکلی، در سال ۲۰۲۲، میانگین ظرفیت توربین در سطح کشورها از ۲.۶ مگاوات تا ۴.۸ مگاوات متغیر بود که در هر دو انتهای بازه، به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از ۲.۰ مگاوات تا ۴.۳ مگاوات در سال ۲۰۲۱ بود. در سال ۲۰۲۲، میانگین وزنی قطر روتور کشورها از ۱۰۵ متر تا ۱۶۳ متر باز هم، بیشتر از ۹۹ متر تا ۱۴۷ متر ثبت شده در سال ۲۰۲۱ بود.

[3] Nameplate Capacity

قیمت توربین‌های بادی بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ به پایین‌ترین حد قبلی خود رسید و به دنبال آن قیمت‌ها افزایش یافت. این امر به افزایش قیمت کالاها (به‌ویژه سیمان، مس، آهن و فولاد)، چالش‌های زنجیره تأمین و بهبود در طراحی توربین، با معرفی مدل‌های بزرگ‌تر و کارآمدتر به بازار نسبت داده شد. بااین‌حال، به دلیل افزایش حمایت از سیاست انرژی تجدیدپذیر دولت‌ها برای احداث مزارع باد، این دوره همچنین با عدم تطابق قابل‌توجهی بین تقاضای بالا و عرضه کم مصادف شد. بااین‌حال، با عمیق‌تر شدن زنجیره تأمین و رقابتی‌تر شدن و افزایش ظرفیت تولید، این محدودیت‌های عرضه کاهش یافت و قیمت توربین‌های بادی به اوج رسید. اکثر بازارها بین سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ این اوج را تجربه کردند و سپس با میانگین سالانه بین ۴۹ تا ۶۴ درصد بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۲ کاهش یافت. در سال ۲۰۲۲، قیمت‌های سه‌ماهه در بیشتر بازارهای اصلی پس از افزایش از پایین‌ترین سطح در سال ۲۰۲۰، به‌استثنای چین، در محدوده ۸۴۰ دلار بر کیلووات تا ۱۱۷۵ دلار بر کیلووات بود. بازار توربین چین همچنان با ریتم خاص خود حرکت می‌کند و فشارهای هزینه‌ای که در دو سال گذشته در سایر نقاط جهان احساس شده بود را متحمل نشده است. در سال ۲۰۲۲، برخلاف تجربه کشورهای دیگر، میانگین قیمت توربین‌های بادی چین به حدود ۳۱۰ دلار/کیلووات کاهش یافت. بازار جهانی، به دلیل رشد قابل‌توجه در سال ۲۰۲۰ و محدودیت‌های زنجیره تأمین به دلیل کووید-۱۹، شاهد افزایش قیمت توربین‌های بادی در اواخر سال ۲۰۲۰ و اوایل سال ۲۰۲۱ بود و افزایش قیمت‌ها تا سال ۲۰۲۲ نیز ادامه یافت.



شاخص‌های قیمت توربین بادی و روند قیمت، ۱۹۹۷-۲۰۲۳

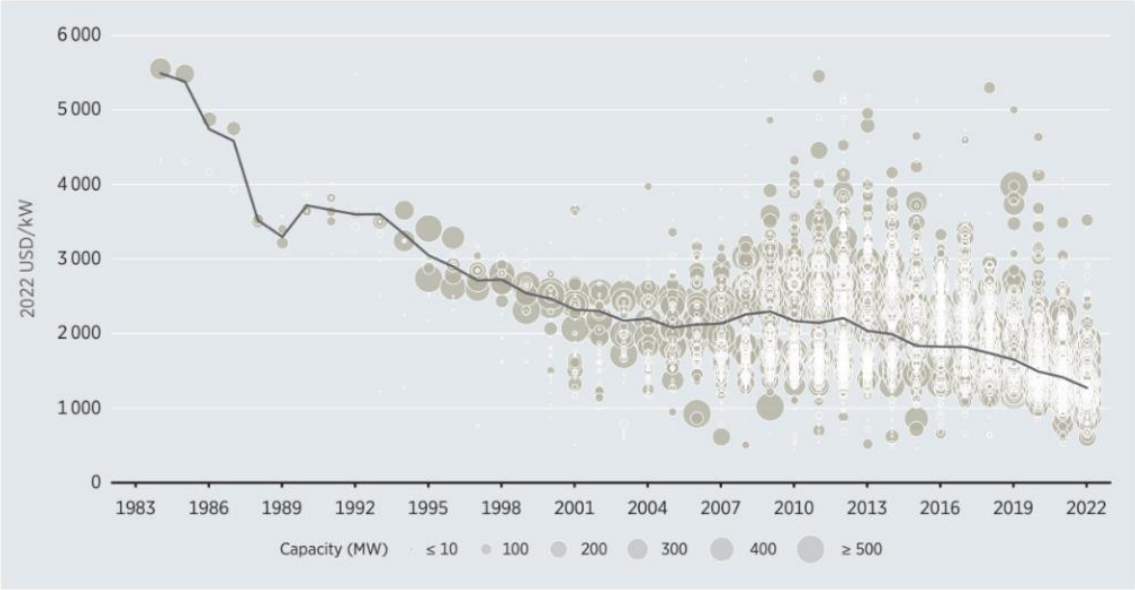
قیمت سه‌ماهه توربین[4] از ۸۴۰ دلار در کیلووات تا ۱۰۸۹ دلار در کیلووات برای سفارشات دریافتی (به‌استثنای چین) در سال ۲۰۲۱ متغیر بود. این محدوده در سال ۲۰۲۲ تا حدودی افزایش یافت و از ۸۴۰ دلار در کیلووات به ۱۱۷۵ دلار در کیلووات رسید. کاهش قیمت توربین در سطح جهانی طی دهه گذشته علیرغم افزایش قطر روتور، ارتفاع هاب و ظرفیت نامی

[4] Quarterly Turbine Pricing

رخ داده است. علاوه بر این، تفاوت قیمت بین توربین‌هایی با قطر روتورهای متفاوت در سال ۲۰۱۹ به میزان قابل‌توجهی کاهش یافت. بااین‌حال، در اواخر سال ۲۰۲۰، شکاف بین توربین‌های بادی کلاس I و کلاس II و کلاس III شروع به بزرگ‌تر شدن کرد و تا سال ۲۰۲۲ ادامه داشت.

❖ کل هزینه‌های احداث

طبق داده‌های پایگاه داده هزینه تجدیدپذیر ایرنا، بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲، میانگین وزنی کل هزینه احداث پروژه‌های بادی خشکی در سطح جهانی حدود ۷۴ درصد یعنی از ۵۴۹۶ دلار در کیلووات به ۱۲۷۴ دلار در کیلووات کاهش یافت. در این دوره، میانگین کل هزینه‌های احداث جهانی به ازای هر دو برابر شدن ظرفیت تجمعی بادی خشکی در سطح جهان، حدود ۹ درصد کاهش یافت. این کاهش به دلیل کاهش قیمت توربین بادی و کاهش هزینه‌های تراز نیروگاه[5] بوده است. بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲، میانگین وزنی کل هزینه احداث باد خشکی ۴۲ درصد کاهش یافت و از ۲۱۷۹ دلار در کیلووات به ۱۲۷۴ دلار در کیلووات، با کاهش ۱۰ درصدی سال‌به‌سال در سال ۲۰۲۲ رسید.

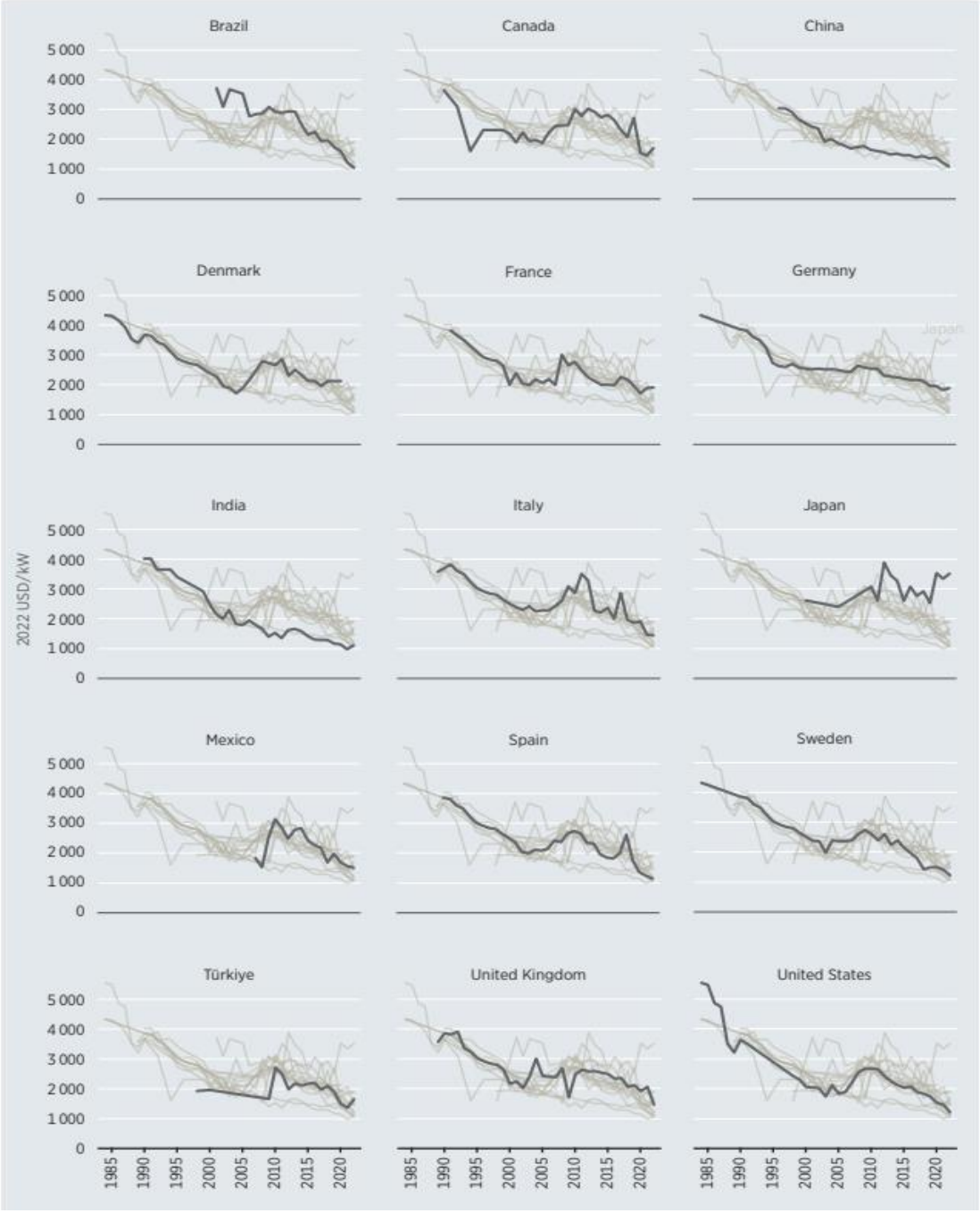


مجموع هزینه‌های احداث پروژه‌های بادی خشکی و میانگین وزنی جهانی، ۱۹۸۴–۲۰۲۲

شکل بعد، روند میانگین وزنی کل هزینه‌های احداث برای ۱۵ کشور در بازه‌های زمانی مشخص و متفاوت، که بازارهای اصلی باد هستند و داده‌های سری زمانی قابل‌توجهی دارند، نشان می‌دهد. کشورها شاهد طیف وسیعی از کاهش هزینه‌ها بودند (از ۷۸٪ در ایالات‌متحده تا ۱۴٪ در ترکیه). ایالات‌متحده (با کاهش ۷۸ درصدی) و پس از آن برزیل، هند و سوئد (همه

[5] Balance-Of-Plant Cost

با ۷۲ درصد کاهش) بیشترین کاهش را در مجموع هزینه‌های احداث در بازه زمانی مربوطه داشتند. پس از آن نیز، اسپانیا ۷۰ درصد و چین ۶۴ درصد کاهش داشته‌اند.



مجموع هزینه‌های احداث پروژه‌های بادی خشکی در ۱۵ کشور، ۱۹۸۴–۲۰۲۲

علاوه بر این، طیف گسترده‌ای از هزینه‌های احداث هر پروژه در داخل یک کشور و منطقه وجود دارد. این امر به دلیل شرایط مختلف کشور و سایت مانند: محدودیت‌های لجستیکی برای حمل‌ونقل، سیاست‌های محلی، محدودیت‌های کاربری زمین، هزینه‌های نیروی کار و عوامل دیگر است.

	2010			2022		
	5th percentile	Weighted average	95th percentile	5th percentile	Weighted average	95th percentile
	(2022 USD/kW)					
Africa	1 530	**1 728**	2 260	1 525	**1 685**	2 110
Central America and the Caribbean*	2 801	**2 970**	3 127	1 694	**1 694**	1 694
Eurasia	2 711	**2 711**	2 711	1 343	**1 650**	2 398
Europe	1 960	**2 693**	3 929	990	**1 626**	1 998
North America	2 099	**2 743**	3 562	987	**1 285**	1 907
Oceania	3 339	**3 903**	4 291	1 069	**1 361**	1 893
Other Asia	2 055	**2 789**	3 061	1 216	**1 715**	3 389
Other South America	2 513	**2 739**	2 863	892	**1 305**	1 504
Brazil	2 633	**2 926**	3 219	677	**1 052**	1 960
China	1 403	**1 663**	1 946	902	**1 103**	1 534
India	996	**1 537**	1 790	950	**1 122**	1 246

محدوده هزینه احداث و میانگین وزنی برای پروژه‌های بادی خشکی بر اساس کشور/منطقه، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲

❖ ضریب ظرفیت[۶]

ضریب ظرفیت نشان‌دهنده انرژی خروجی سالانه یک مزرعه بادی است که به‌صورت درصدی از حداکثر خروجی مزرعه بیان می‌شود. این معیار توسط دو عامل تعیین می‌شود: کیفیت منبع بادی که مزرعه بادی در آن قرار دارد و توربین و فناوری تراز نیروگاه[۷] مورداستفاده. گرایش به سمت فن‌آوری‌های پیشرفته‌تر و کارآمدتر توربین با قطر روتور و ارتفاع هاب بزرگ‌تر، در ده سال گذشته شاهد افزایش بازده انرژی و ضریب ظرفیت در بیشتر بازارها بوده است. درواقع، میانگین وزنی ضریب ظرفیت

[6] Capacity Factors
[7] Balance-of-Plant Technology

جهانی برای باد خشکی بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲، ۹۳ درصد افزایش‌یافته است. تاثیر پیشرفت‌های مداوم فناوری، توربین‌های بزرگ‌تر، ارتفاع هاب بالاتر و مزارع بزرگ‌تر همچنان ادامه دارد. بااین‌حال، توازن احداث مزارع در سراسر جهان و کیفیت منابع آن، همیشه تأثیر قابل‌توجهی بر ضریب ظرفیت میانگین موزون جهانی خواهد داشت.

تکامل تاریخی ضریب ظرفیت باد خشکی برای احداث مزارع بادی جدید در ۱۵ کشور، ۱۹۸۴–۲۰۲۲

بنابراین تنوع گسترده‌ای در ضریب ظرفیت در بین بازارها باقی می‌ماند. این امر عمدتاً به دلیل کیفیت‌های متفاوت منابع بادی است و به میزان کمتری ناشی از فناوری‌های مختلف مورداستفاده و پیکربندی‌های مختلف سایت است. همه بهبودهای ضریب ظرفیت نیز نتیجه پیشرفت فناوری توربین نیست؛ بلکه به این دلیل است که پیشرفت‌ها در سنجش‌ازدور و محاسبات،

ارزیابی منابع بادی و مکان‌یابی توربین‌ها را برای به حداقل رساندن تلفات تسهیل کرده است. این پیشرفت‌ها امکان انتخاب مکان‌های بادی بهتر و چیدمان بهتر مزارع بادی را برای خروجی بهینه انرژی فراهم کرده است.

شکل فوق، تکامل تاریخی ضرایب ظرفیت باد خشکی را برای پروژه‌های تازه راه‌اندازی شده در هر سال در ۱۵ بازاری که ایرنا دارای طولانی‌ترین داده‌های سری زمانی است، نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که میانگین ضرایب ظرفیت برای ۱۵ کشور موردبررسی افزایش‌یافته است. به‌عنوان‌مثال، در ایالات‌متحده، بین سال ۱۹۸۴ (زمانی که اولین پروژه راه‌اندازی شد) و ۲۰۲۲، ضریب ظرفیت ۱۳۱٪ افزایش یافت. در کشورهای دیگر، در کانادا، چین، دانمارک و بریتانیا، ضریب ظرفیت بین اولین تاریخ استقرار تا سال ۲۰۲۲ بیش از ۷۰ درصد افزایش‌یافته است. برزیل، مانند ایالات‌متحده، دارای منابع بادی خشکی عالی است. در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲، پروژه‌های تازه راه‌اندازی‌شده در برزیل بالاترین میانگین وزنی ضریب ظرفیت را در بین ۱۵ کشور موردبررسی به ترتیب با ۵۲ و ۵۰ درصد داشتند.

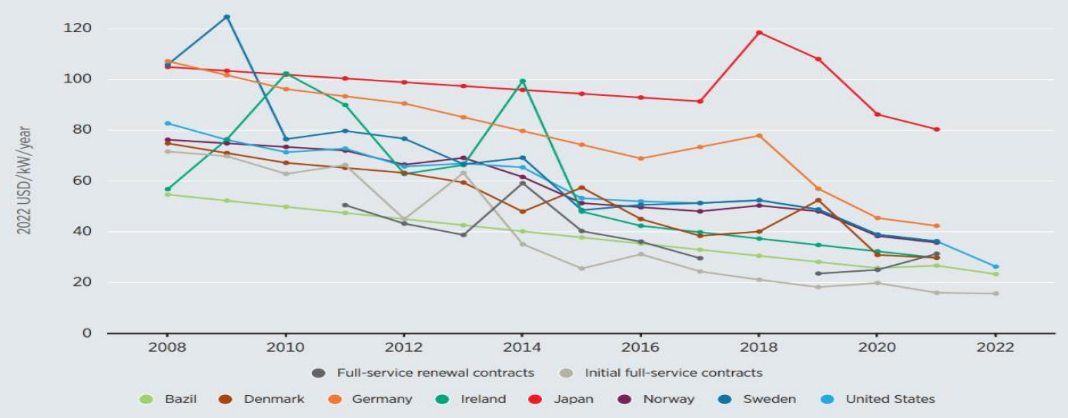
میانگین ضرایب ظرفیت کشورها برای باد خشکی جدید، ۲۰۱۰، ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲

	2010	2021	2022
	%		
Brazil	36	52	50
Canada	32	45	47
China	25	36	35
Denmark	27	39*	39*
France	26	34	32
Germany	24	28	28
India	25	35	33
Italy	25	33	33
Japan	24	24	25
Mexico	40	37	33
Spain	27	43	32
Sweden	29	37	35
Türkiye	26	39	38
United Kingdom	30	41	38
United States	33	45	44

جدول فوق، تغییرات جدیدتری را در ضریب ظرفیت برای پروژه‌های راه‌اندازی شده در همان ۱۵ کشور برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. به‌استثنای مکزیک، همه کشورها در ضریب ظرفیت میانگین وزنی خود بهبودهایی را تجربه کردند. کانادا و ترکیه بیشترین افزایش را در ضریب ظرفیت برای پروژه‌های تازه احداث‌شده تجربه کردند که به ترتیب ۴۷ و ۴۶ درصد در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ افزایش یافتند. در مجموع، ۷ کشور از ۱۵ کشور نشان داده شده، حداقل ۳۲ درصد بهبود و ۱۰ کشور از ۱۵ کشور ۲۱ درصد یا بیشتر بهبود داشته‌اند.

❖ هزینه‌های عملیاتی و نگهداری[8]

هزینه‌های عملیاتی و نگهداری برای باد خشکی اغلب تا ۳۰ درصد از LCOE برای این فناوری را تشکیل می‌دهد (ایرنا، ۲۰۱۸). بااین‌حال، پیشرفت‌های فناوری، رقابت بیشتر بین ارائه‌دهندگان خدمات، و افزایش تجربه اپراتور و ارائه‌دهنده خدمات باعث کاهش هزینه‌های عملیاتی و نگهداری می‌شود. این روند باعث بهبود قراردادهای خدمات پشتیبانی می‌شود. چنین توافق‌هایی حاشیه سود بالاتری نسبت به عرضه توربین، فراهم می‌آورد. با این وجود، سهم بازار هزینه‌های عملیاتی و نگهداری تحت پوشش سازندگان تجهیزات اصلی توربین همچنان در حال کاهش است. صاحبان تجهیزات به‌طور فزاینده‌ای تعداد عمده خدمات عملیاتی و نگهداری را به عهده می‌گیرند یا از ارائه‌دهندگان خدمات مستقل برای کاهش هزینه‌ها استفاده می‌کنند.



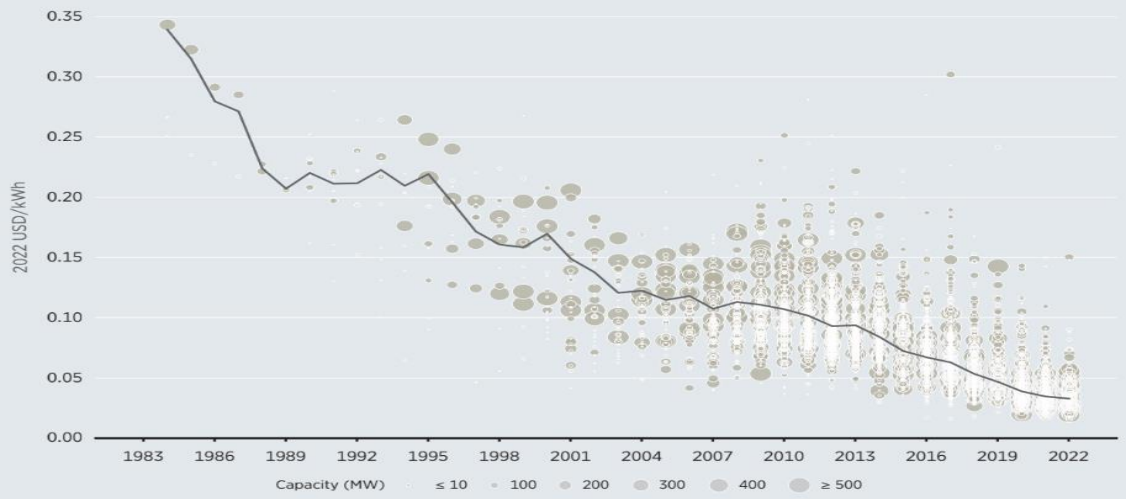
هزینه‌های عملیاتی و نگهداری در برزیل، دانمارک، آلمان، ایرلند، ژاپن، نروژ، سوئد و ایالات‌متحده، ۲۰۰۸–۲۰۲۲

داده‌ها یک روند نزولی قابل‌مشاهده در هزینه‌های خدمات عملیاتی و نگهداری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده بلوغ و رقابت‌پذیری بازار است. قراردادهای خدمات کامل اولیه بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲، حدود ۷۵ درصد کاهش یافت، درحالی‌که قراردادهای تمدید خدمات کامل بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ به میزان ۳۸ درصد کاهش یافت. در سطح کشورها، در سال ۲۰۲۱، هزینه‌های خدمات عملیاتی و نگهداری، برای باد خشکی از ۳۰ دلار به ازای هر کیلووات در سال در دانمارک تا ۸۱ دلار در کیلووات در سال در ژاپن، و حدود ۴۱ دلار در کیلووات در سال در آلمان (کشوری که به دلیل داشتن هزینه‌های O&M بادی خشکی بالاتر از متوسط در اروپا شناخته شده است)، متغیر بود. تفاوت بین قیمت‌های قراردادی و هزینه‌های مشاهده‌شده O&M کشورها با هزینه‌های اضافی و عمدتاً عملیاتی که توسط قراردادهای خدماتی پوشش داده نمی‌شوند (مانند بیمه، پرداخت‌های اجاره زمین، مالیات‌های محلی و سایر عوامل) توضیح داده می‌شود.

[8] Operation And Maintenance Costs(O&M)

❖ هزینه تسطیح‌شده برق[9]

LCOE یک مزرعه بادی خشکی توسط مجموع هزینه‌های احداث ، ضریب ظرفیت، طول عمر، هزینه‌های O&M، طول عمر اقتصادی پروژه و هزینه سرمایه تعیین می‌شود. درحالی‌که همه این عوامل در تعیین LCOE یک پروژه مهم هستند، برخی از مؤلفه‌ها تأثیر بیشتری نسبت به سایرین دارند. به‌عنوان‌مثال، هزینه توربین (شامل برج‌ها) مهم‌ترین جزء هزینه‌های احداث در یک پروژه برق بادی خشکی را تشکیل می‌دهد. در سال ۲۰۲۲، هزینه‌های O&M که شامل اجزای ثابت و متغیر است، معمولاً بین ۱۰ تا ۳۰ درصد LCOE برای اکثر پروژه‌ها را تشکیل می‌دهد. کاهش در هزینه‌های O&M در کاهش LCOE ها به‌طور فزاینده‌ای مهم بوده است.



LCOE پروژه‌های بادی خشکی و میانگین وزنی جهانی، ۱۹۸۴–۲۰۲۲

شکل فوق، تکامل LCOE باد خشکی را بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. در آن دوره، میانگین وزنی جهانی LCOE ۹۰ درصد کاهش یافته است و از ۰.۳۳۹ دلار در کیلووات ساعت به۰.۰۳۳دلار در کیلووات ساعت رسید. در سال ۲۰۱۰، LCOE ۰.۱۰۷دلار در کیلووات ساعت بود، به این معنی که طی دهه منتهی به سال ۲۰۲۲، کاهش ۶۹ درصدی داشته است. درنتیجه، باد خشکی اکنون به‌طور فزاینده‌ای با فتوولتائیک خورشیدی در مقیاس کاربردی به‌عنوان رقابتی‌ترین فناوری تجدیدپذیر بدون حمایت مالی رقابت می‌کند و از منابع تجدیدپذیر بالغتر انرژی زیستی، زمین‌گرمایی و نیروگاه آبی پیشی می‌گیرد.

[9] LEVELISED COST OF ELECTRICITY(LCOE)

❖ عوامل کاهش میانگین موزون جهانی LCOE

- **پیشرفت‌های فناوری توربین:** با افزایش اندازه توربین و مساحت جاروب شده[10]، فرآیند بهینه‌سازی قطر روتور و توان توربین، یعنی توان ویژه[11]، منجر به افزایش بازده انرژی و درنتیجه سودبخشی بیشتر پروژه برای مالک دارایی، بسته به ویژگی‌های سایت شده است. علاوه بر این، بهینه‌سازی طراحی سایت برای بهره‌برداری بهتر از منابع بادی و کاهش تلفات خروجی ناشی از تلاطم، با بهبود خصوصیات منابع بادی و نرم‌افزار طراحی پروژه رایج‌تر شده است. درنتیجه، این امر باعث افزایش بازده انرژی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و نگهداری در واحد ظرفیت و کاهش LCOE شده است.
- **صرفه‌جویی در مقیاس[12]:** صرفه‌جویی در مقیاس در باد خشکی در دو بعد عمل می‌کند: فعال کردن حجم تولید بیشتر و هاب‌های تولید منطقه‌ای، و کاهش هزینه‌ها. همچنین بر مقیاس توربین و پروژه نیز پرداخته شده است. پروژه‌های بزرگ‌تر به کاهش هزینه‌های توسعه پروژه و O&M کمک می‌کنند و درعین‌حال قدرت خرید بیشتری را برای تمام جنبه‌های پروژه ایجاد می‌کنند. در همین حال، کاهش تعداد توربین‌های موردنیاز برای یک پروژه به دلیل ظرفیت‌های بالاتر توربین میسر شده است. بنابراین، توربین‌های بزرگ‌تر در کاهش تعداد نصب، کمک‌کننده هستند.
- **هزینه‌های خدمات عملیاتی و نگهداری:** فن‌آوری‌های دیجیتال امکان تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و بازرسی‌های مستقل را فراهم کرده است. بهبودهایی در قابلیت اطمینان و دوام توربین‌های جدید نیز به این امر پیوسته است. هم‌چنین، توربین‌های بزرگ‌تر تعداد توربین‌ها را برای یک ظرفیت معین کاهش داده‌اند. بهبود شیوه‌های O&M نیز به کاهش هزینه‌های O&M کمک کرده است. علاوه بر این، شرکت‌های بیشتری وارد بخش خدمات O&M برای باد خشکی شده‌اند که باعث افزایش رقابت و کاهش هزینه‌ها می‌شود.
- **تدارکات رقابتی[13]:** تغییر از طرح‌های حمایتی تعرفه[14] به مزایده‌های رقابتی، منجر به کاهش بیشتر هزینه‌ها می‌شود. چراکه این تغییر باعث رقابت در سراسر زنجیره تأمین (از توسعه به O&M) در مقیاس محلی و جهانی می‌شود. برای تولیدکنندگان توربین، زنجیره تأمین نیز به سمت حمایت از هاب ها و کشورهای منطقه حرکت کرده است و هزینه‌های نیروی کار و تحویل را به حداقل می‌رساند و رقابت را بیش‌ازپیش بهبود می‌بخشد.

بلوغ رو به رشد بازار بادی خشکی (استقرار تجمعی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ به میزان ۷۵۹ گیگاوات افزایش یافت) را نیز نباید نادیده گرفت. افزایش تجربه عملیاتی و مقررات و سیاست‌های مطلوب دولت‌ها، توسعه پروژه و خطرات عملیاتی برای مزارع باد خشکی را کاهش داده است. این خطرات اکنون با اقدامات کاهشی کافی بهتر درک شده‌اند. بااین‌حال، در بسیاری

[10] Swept areas
[11] Specific power
[12] Economies of scale
[13] Competitive procurement
[14] Feed-in-tariff

از بازارها، چالش‌های جدیدی پدید آمده‌اند که روند احداث مزارع بادی جدید را کند کرده و هزینه‌ها را بالاتر از انتظار، افزایش داده است. در اروپا، به‌ویژه، فرآیندهای اخذ مجوز و تائید زیست‌محیطی به‌عنوان یک وقفه در تسریع احداث مزارع جدید باد خشکی عمل می‌کند. از تلاش‌ها برای رسیدگی به این مسائل در تعدادی از بازارها و توسط کمیسیون اروپا خبر داده شده، اما تاکنون موفقیت چندانی حاصل نشده است.

میانگین وزنی منطقه‌ای LCOE و محدوده برای باد خشکی در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲

	2010			2022		
	5th percentile	Weighted average	95th percentile	5th percentile	Weighted average	95th percentile
	(2022 USD/kW)					
Africa	0.070	**0.073**	0.096	0.044	**0.046**	0.051
Central America and the Caribbean	0.096	**0.096**	0.096			
Eurasia	0.135	**0.135**	0.135	0.042	**0.052**	0.071
Europe	0.090	**0.137**	0.206	0.029	**0.045**	0.059
North America	0.070	**0.109**	0.148	0.025	**0.029**	0.047
Oceania	0.121	**0.136**	0.148	0.027	**0.033**	0.042
Other Asia	0.113	**0.155**	0.169	0.038	**0.055**	0.145
Other South America	0.096	**0.112**	0.145	0.034	**0.053**	0.063
Brazil	0.116	**0.116**	0.116	0.017	**0.024**	0.030
China	0.071	**0.087**	0.110	0.024	**0.027**	0.035
India	0.060	**0.096**	0.119	0.032	**0.037**	0.042

در سال ۲۰۲۲، بالاترین میانگین وزنی LCOE برای پروژه‌های راه‌اندازی شده بر اساس منطقه، ۰.۰۵۵ دلار در کیلووات ساعت در رده آسیایی (آسیا به‌استثنای چین و هند) بود. پروژه‌هایی که در برزیل و چین راه‌اندازی شده بودند، کمترین میانگین وزنی LCOE را با ۰.۰۲۴ دلار در کیلووات ساعت و ۰.۰۲۷ دلار در کیلووات ساعت داشته‌اند. بیشترین کاهش LCOE بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲ در برزیل رخ داده بود (کاهش ۷۹ درصدی از ۰.۱۱۶ دلار در کیلووات ساعت به ۰.۰۲۴ دلار در کیلووات ساعت). اقیانوسیه دومین کاهش LCOE را در مدت مشابه با ۷۶ درصد داشت. آمریکای شمالی ۷۳ درصد. و اروپا نیز ۶۷ درصد کاهش داشته‌اند.

به طور کلی بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲، میانگین وزنی LCOE هزینه برق بادی خشکی ۶۹ درصد کاهش یافت و از ۰.۱۰۷ دلار در کیلووات ساعت به ۰.۰۳۳ دلار در کیلووات ساعت رسید. در سال ۲۰۲۲، LCOE حدود ۵ درصد نسبت به سال قبل کاهش پیدا کرد.

در سال ۲۰۲۲، حدود ۵۹ گیگاوات از پروژه‌های بادی خشکی جدید راه‌اندازی شده دارای LCOE کمتر از میانگین وزنی هزینه برق سوخت فسیلی بر اساس کشور/منطقه بودند. این میزان، ۸۷ درصد از ظرفیت جدید بادی خشکی اضافه‌شده در

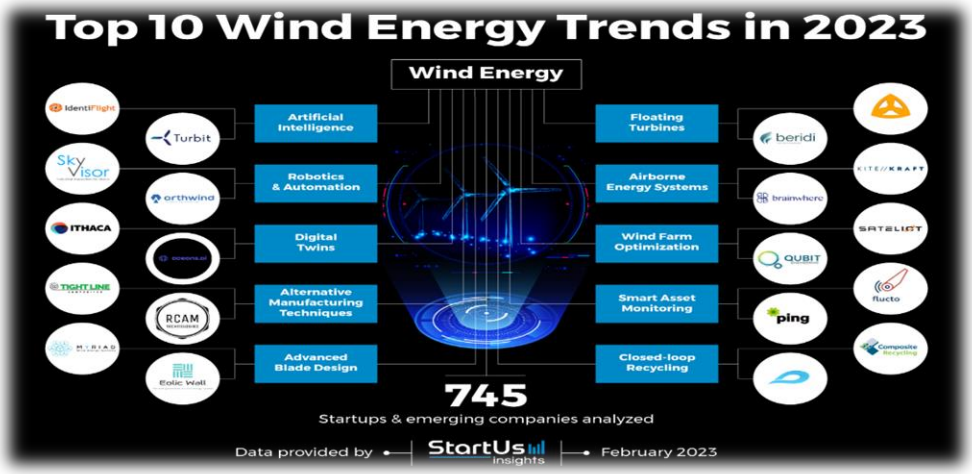
سال ۲۰۲۲ بود. ظرفیت تجمعی جهانی باد خشکی طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ تقریباً پنج برابر شد و از ۱۷۸ گیگاوات به ۸۳۷ گیگاوات رسید.

میانگین وزنی کل هزینه احداث جهانی باد خشکی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲، ۴۲ درصد کاهش یافت و از ۲۱۷۹ دلار در کیلووات به ۱۲۷۴ دلار در کیلووات رسید. در سال ۲۰۲۲، به دلیل تداوم کاهش هزینه‌ها در چین، این فاکتور، ۱۰ درصد نسبت به سال ۲۰۲۱ کاهش یافت. بااین‌حال، بسیاری از بازارها شاهد افزایش هزینه در سال ۲۰۲۲ بودند، زیرا قیمت توربین‌های بالاتر (خارج از چین) بر هزینه‌های پروژه تأثیر گذاشت؛ ازجمله بازارهای کانادا، فرانسه، آلمان، هند، ژاپن، ترکیه و تعدادی از بازارهای کوچک‌تر. در سال ۲۰۲۲، متوسط قیمت توربین‌های بادی خشکی (به‌استثنای چین) بین ۸۷۰ دلار در کیلووات و ۱۰۶۶ دلار در کیلووات بود که به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از سال ۲۰۲۱ بود. باوجوداین افزایش، تا سال ۲۰۲۲، قیمت‌ها در اکثر مناطق (به‌استثنای چین) بین ۴۹ تا ۶۴ درصد نسبت به اوج خود در سال ۲۰۰۸–۲۰۰۹ کاهش یافته است. در چین، تا سال ۲۰۲۲، قیمت توربین‌های بادی از زمان اوج سال ۱۹۹۸ که ۲۸۰۰ دلار بر کیلووات بود، ۸۹ درصد کاهش پیدا کرد و به‌طور میانگین به ۳۲۰ دلار در کیلووات رسید. در کل پیشرفت‌های فناوری منجر به بهبود بیش از یک‌سوم در میانگین وزنی ضریب ظرفیت جهانی باد خشکی شده است و از ۲۷ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۳۷ درصد در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است.

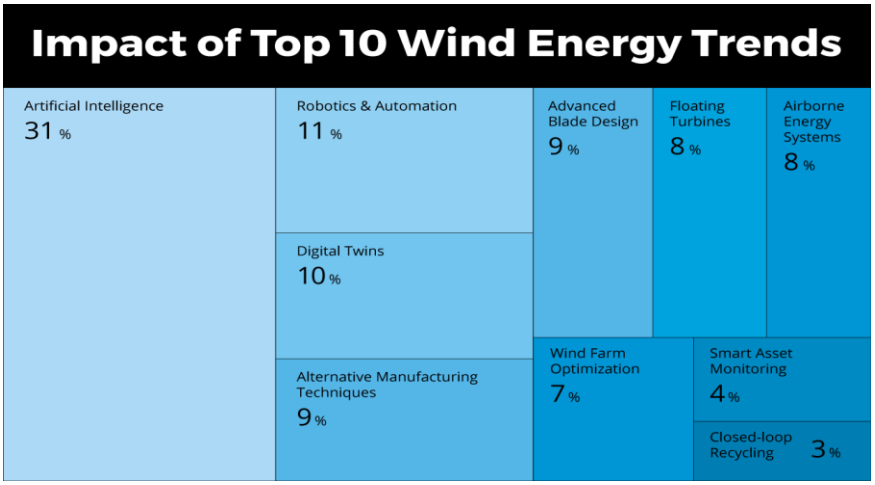
منبع:IRENA- RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2022

تحولات فناورانه

۱۰ روند برتر انرژی بادی در سال ۲۰۲۳



صنعت برق بادی نقش مهمی در گذار به آینده‌ای با اقلیم کم‌کربن ایفا می‌کند. فراوانی انرژی باد، آن را به گزینه‌ای جذاب برای کشورها تبدیل می‌کند تا وابستگی خود را به سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش دهند. پیشرفت‌های فناوری باعث بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش پایداری عملیات انرژی باد می‌شود. در ادامه مروری بر ۱۰ روند برتر انرژی باد در جهان در سال ۲۰۲۳ خواهیم داشت. این روندها از هوش مصنوعی (AI) و رباتیک تا طراحی جدید پره‌ها و بازیافت حلقه بسته را شامل می‌شوند.



۱. هوش مصنوعی
۲. رباتیک و اتوماسیون
۳. دوقلوهای دیجیتال
٤. تکنیک‌های تولید جایگزین
٥. طراحی پره پیشرفته
٦. توربین‌های شناور
۷. سیستم‌های انرژی هوابرد
۸. بهینه‌سازی مزرعه بادی
۹. نظارت بر دارایی هوشمند
۱۰. بازیافت حلقه بسته

هوش مصنوعی و دوقلوهای دیجیتال عملکرد توربین بادی را بهینه می‌کنند و تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌کننده را امکان‌پذیر می‌سازند. درعین‌حال، روباتیک و اتوماسیون فرآیند ایمنی کارگران را در ساخت و پایش توربین بهبود می‌بخشد. تولید جایگزین از چاپ سه‌بعدی و مواد پیشرفته برای ساده‌سازی تولید و حمل‌ونقل استفاده می‌کند. طرح‌های جدید پره‌ها نیز فرصت‌های بیشتری را برای افزایش کارایی توربین بادی ارائه می‌دهند. در همین حال، ابزارهای جایگزین برای برداشت انرژی بادی، مانند توربین‌های شناور و سیستم‌های انرژی هوابرد، در حال افزایش هستند. مزارع بادی از اینترنت اشیا، ماهواره‌ها، G۵ و موارد دیگر برای افزایش طول عمر تجهیزات و بهبود نظارت استفاده می‌کنند. درنهایت، بازیافت حلقه بسته، بازیابی مواد با ارزش بالا را از توربین‌های بادی ازکارافتاده تضمین می‌کند و نیاز به مواد خام بکر را کاهش می‌دهد.

۱. هوش مصنوعی[۱۵]

استارت‌آپ‌ها راه‌حل‌های مختلفی را با استفاده از هوش مصنوعی، یادگیری ماشین[۱۶]، بینایی کامپیوتر[۱۷]، شبکه‌های عصبی[۱۸] و یادگیری عمیق[۱۹] برای صنعت انرژی بادی توسعه می‌دهند. این استارت‌آپ‌ها، گردش کار پردازش داده‌ها را سرعت می‌بخشند و بینش‌هایی را در مورد عملیات حیاتی برای افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها ارائه می‌دهند. به‌عنوان‌مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی با پیش‌بینی الگوهای باد و تنظیم موقعیت پره‌ها، عملکرد توربین‌های بادی را بهینه می‌کنند. پیش‌بینی آب‌وهوا و تجزیه‌وتحلیل آنی به اپراتورهای مزارع بادی در تصمیم‌گیری بهتر کمک می‌کند. علاوه بر این، پلتفرم‌های پایش مبتنی بر دید کامپیوتری، توربین‌های بادی را از راه دور تجزیه‌وتحلیل می‌کنند تا از هرگونه آسیب پیش‌گیری نمایند. متخصصین می‌توانند به‌سرعت مشکلات را شناسایی کنند و همچنین امکان تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌شده را فراهم می‌آورد.

- **توربیت‌سیستمز[۲۰] تعمیر و نگهداری پیش‌بینی کننده توربین بادی را ارتقا می‌دهد.**

شرکت آلمانی توربیت‌سیستمز از هوش مصنوعی برای بهبود نصب و تعمیر و نگهداری توربین‌های بادی استفاده می‌کند. راه‌حل تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی استارت‌آپ، مشکلات مربوط به عملکرد ضعیف را به‌زودی تشخیص داده و برطرف می‌کند. هم‌چنین، با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تجزیه‌وتحلیل پیشرفته، الگوهای رفتاری غیرعادی در داده‌های اجزای توربین بادی را شناسایی می‌کند. داشبورد هوشمند استارت‌آپ، گزارش‌های خودکار،

[15] Artificial Intelligence
[16] Machine Learning (ML)
[17] Computer Vision
[18] Neural Networks
[19] Deep Learning
[20] Turbit Systems

تجسم‌های آماری و مقایسه‌های معیار را ارائه می‌دهد. بنابراین، توربیت‌سیستمز هزینه‌ها و تلاش‌های تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد و به نفع اپراتورها و مدیران است.

- **آیدنتی‌فلایت[۲۱] یک سیستم تشخیص پرنده ارائه می‌دهد.**

استارت آپ مستقر در ایالات‌متحده، آیدنتی‌فلایت، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و اپتیک با دقت بالا[۲۲] را برای محافظت از پرندگان ترکیب می‌کند. برخلاف راه‌حل‌های سنتی، فناوری بینایی ماشین اختصاصی این استارت‌آپ، پرندگان را در فاصله یک کیلومتری به‌صورت آنی تشخیص می‌دهد. همچنین از یک شبکه عصبی کانولوشن[۲۳] برای جمع‌آوری داده‌ها و آموزش سیستم تشخیص پرنده خود استفاده می‌کند. این فناوری اپتیکی دارای میدان دید وسیع[۲۴] و دوربین‌های استریوسکوپی با وضوح بالا[۲۵] است. درنتیجه، سیستم تشخیص پرنده این استارتاپ، پره‌ها را محدود می‌کند تا از برخورد پرندگان به آن‌ها محافظت کند. به‌این‌ترتیب، آیدنتی‌فلایت وقفه‌های غیرضروری و پرهزینه را در طول عملیات توربین به حداقل می‌رساند.

۲. رباتیک و اتوماسیون[۲۶]

اتوماسیون در مزارع بادی ترکیبی از راه‌حل‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری را به کار می‌گیرد. این امر شامل سیستم‌های کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده‌ها[۲۷] و کنترل‌کننده‌های منطقی قابل‌برنامه‌ریزی[۲۸] برای خودکارسازی پیچ توربین، خروجی برق، آلارم‌ها و غیره می‌شود. استارت‌آپ‌ها یادگیری ماشین و محاسبات ابری را برای دسترسی بیشتر و دقیق‌تر چنین سیستم‌هایی، یکپارچه می‌کنند. علاوه بر این، ربات‌های بازرسی مستقل[۲۹] و وسایل نقلیه سطحی بدون سرنشین[۳۰] نیاز به کار دستی را به حداقل می‌رسانند. به‌عنوان‌مثال، روبات‌های کوهنوردی[۳۱] خطرات مرتبط با کار در ارتفاع را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، پهپادهای یکپارچه با حسگر[۳۲] برای بررسی‌های هوایی به‌طور قابل‌توجهی در زمان پایش صرفه‌جویی می‌کنند. مدیران و کارگران مزرعه بادی از ربات‌ها و پهپادها سود زیادی می‌برند زیرا به‌این‌ترتیب هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ازکارافتادگی کاهش و درعین‌حال ایمنی محیط کار و عملکرد مزرعه بهبود می‌یابد.

---

[21] IdentiFlight
[22] High-Precision Optics
[23] Convolutional Neural Network
[24] Wide Field of View (WFOV)
[25] High-Resolution Stereoscopic (HRSC)
[26] Robotics and Automation
[27] Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)
[28] Programmable Logic Controllers (PLCs)
[29] Autonomous Inspection Robots
[30] Unmanned Surface Vehicles (USVs)
[31] Climbing Robots
[32] Sensor-Integrated Drones

- **اسکای‌ویزور[۳۳] پایش خودکار توربین را ارائه می‌دهد.**

استارت‌آپ فرانسوی اسکای‌ویزور، پهپاد مستقل «اسکای‌ویزور ویند»[۳۴] را برای بازرسی توربین‌های بادی توسعه می‌دهد. این پهپاد، مسئول جمع‌آوری و پردازش داده‌های عملکردی توربین‌ها مبتنی بر هوش مصنوعی است. اسکای‌ویزور ویند همچنین دارای موقعیت‌یابی سانتی‌متری است و ۱۲۰ تصویر استاندارد شده با وضوح بالا در هر پره جمع‌آوری می‌کند. علاوه بر این، نرم‌افزار استارت آپ چارچوب‌های پایش را بر اساس آب‌وهوا، برنامه‌ریزی تکنسین‌ها و مقررات محلی پهپادها بهینه می‌سازد. این امر تشخیص فرسایش، برخورد صاعقه، حفره‌ها و سوراخ‌های تخلیه مسدود شده را امکان‌پذیر می‌سازد و به مزارع بادی اجازه می‌دهد تا زمان خرابی را کاهش دهند و از استراتژی‌های تعمیر و نگهداری مقرون‌به‌صرفه پیروی کنند.

- **آرت‌ویند[۳۵] خزنده‌های رباتیک[۳۶] را توسعه می‌دهد.**

استارت‌آپ برزیلی آرت‌ویند، خزنده‌های رباتیک و هواپیماهای بدون سرنشین را برای پایش‌های داخلی و خارجی توربین‌های بادی فراهم می‌کند. خزنده روباتیک این استارت آپ، آرت‌بوت[۳۷]، مناطق خطرناک و صعب‌العبور را کاوش و امکان جمع‌آوری داده‌های تکرارپذیر را فراهم می‌کند. علاوه بر این، پهپاد آرت‌ویند برای تجزیه‌وتحلیل دقیق سطوح آسیب، نقشه‌های تصویری با کیفیت بالا می‌سازد. درنتیجه، راه‌حل‌های استارت‌آپ نیاز به بررسی‌های دستی و میدانی را از بین می‌برد و در زمان و هزینه‌های صاحبان توربین‌های بادی را صرفه‌جویی می‌کند.

۳. دوقلوهای دیجیتال[۳۸]

با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط حسگرهای توربین‌های بادی، استارت‌آپ‌ها نسخه‌های مجازی یا دوقلوهای دیجیتالی از مزرعه بادی ایجاد می‌کنند. دوقلوهای دیجیتال در بهینه‌سازی عملکرد توربین، طراحی و برنامه‌ریزی مزرعه بادی، تشخیص خرابی، تحلیل ایمنی و موارد دیگر کاربرد پیدا می‌کنند. آن‌ها با شبیه‌سازی و تجزیه‌وتحلیل عملکرد پروژه‌های انرژی بادی، داده‌های ارزشمندی را برای افزایش تصمیم‌گیری ارائه می‌دهند. دوقلوهای دیجیتال با ساده‌سازی مدل‌سازی انرژی و درعین‌حال کاهش هزینه‌ها و بهبود ایمنی، تولید انرژی را به حداکثر می‌رسانند. این امر به‌ویژه برای سازندگان تجهیزات انرژی بادی و تیم‌های تعمیر و نگهداری و تنظیم‌کننده‌های بازار مهم است.

[33] SkyVisor
[34] SkyVisor Wind
[35] ArthWind
[36] Robotic Crawlers
[37] Arthbot
[38] Digital Twins

- **ایتاکا[۳۹] دوقلوهای دیجیتال پروژه باد دریایی را ارائه می‌دهد.**

استارت‌آپ ایتاکا مستقر در ایالات‌متحده، یک پلتفرم دیجیتال دوقلو (اودیسی[۴۰])، برای پروژه‌های بادی فراساحلی می‌سازد. این دوقلوی دیجیتال، یک کپی دیجیتالی از مراحل مختلف در پروژه‌های مزرعه بادی مانند ساخت، نگهداری و از کار انداختن تولید می‌کند. این پلتفرم همچنین دارای ذخیره‌سازی داده مبتنی بر ابر، ایجاد جدول زمانی پروژه بر اساس آب‌وهوا، ثبت سوابق دیجیتال و نظارت پویا است. بنابراین تجسم سه‌بعدی از طریق اودیسی به توسعه‌دهندگان بادی دریایی اجازه می‌دهد تا از تصمیم‌گیری مبتنی بر داده استفاده کنند.

- **اوشنز[۴۱] شبیه‌سازی توربین بادی را ارائه می‌دهد.**

استارت‌آپ سنگاپوری اوشنز با ترکیب حسگرهای اینترنت اشیا، روباتیک و هواپیماهای بدون سرنشین راه‌حل‌های دیجیتال دوقلو توسعه می‌دهد. سیستم دوقلوی دیجیتال این استارت آپ، INSYD، عملکرد توربین را شبیه‌سازی می‌کند. سپس تجزیه‌وتحلیل سری زمانی مبتنی بر هوش مصنوعی به جلوگیری از خرابی‌ها و اختلالات غیرمنتظره کمک می‌کند. به‌عنوان‌مثال، هوش مصنوعی آسیب و تغییرات در توربین‌های بادی را دنبال می‌کند و به‌صورت بصری پیش‌بینی می‌کند که کدام قسمت‌ها بیشتر فرسوده می‌شوند. این امر، منجر به بهبود راندمان عملیاتی کاهش خرابی توربین بادی می‌شود.

٤. تکنیک‌های تولید جایگزین[۴۲]

صنعت برق بادی از تکنیک‌های نوآورانه تولید در جهت افزایش کارایی عملیاتی، ایمنی و پایداری بهره می‌برد. به‌عنوان‌مثال، قطعه سازان از مواد پیشرفته مانند فیبر کربن و فایبرگلاس برای ایجاد پره‌ها و اجزای توربین بادی استفاده می‌کنند. این محصولات، سبک‌تر و قوی‌تر هستند و درنتیجه عملکرد سیستم بهبود می‌یابد. علاوه بر این، فناوری چاپ سه‌بعدی، نمونه‌سازی سریع را امکان‌پذیر می‌سازد و به مهندسان این امکان را می‌دهد که طرح‌های خود را به‌سرعت برای تولید انبوه نهایی کنند. این امر، امکان تولید سریع قطعات جایگزین را فراهم می‌آورد و همچنین فرآیندهای تعمیر و نگهداری را تسهیل می‌کند. درنهایت، خطوط مونتاژ خودکار، یکپارچه‌سازی کارآمد اجزای توربین بادی مانند پره‌ها، ناسل و برج‌ها را تضمین می‌کند. به‌این‌ترتیب، تکنیک‌های تولید جایگزین، منجر به صرفه‌جویی در زمان و هزینه و تضمین تولید پایدار می‌شوند.

- **تایت‌لاین کامپوزیتز[۴۳] مواد Pultruded ارائه می‌دهد.**

[39] ITHACA
[40] ODISY
[41] Oceans.ai
[42] Alternative Manufacturing Techniques
[43] Tight Line Composites

استارتاپ تایت‌لاین‌کامپوزیتز، مستقر در ایالات‌متحده، پروفیل‌های پلاستیکی تقویت‌شده با فیبر کربن[۴۴] را برای کاربردهای انرژی باد تولید می‌کند. سبد محصولات pultruded این استارت‌آپ شامل لمینت های مسطح[۴۵]، میله‌های گرد جامد[۴۶]، لوله‌های گرد[۴۷]، لوله‌های مربعی[۴۸] و اشکال سفارشی است. این محصولات پلاستیکی تقویت‌شده دارای وزن سبک، استحکام بالا، مقاومت در برابر خوردگی، دوام بالا و افزایش کارایی هستند. به‌این‌ترتیب، این استارت‌آپ به تولیدکنندگان توربین‌های بادی مواد با کارایی بالا و کارآمدی انرژی ارائه می‌کند که یکپارچگی ساختاری را بهبود می‌بخشد و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

- **ریکَم‌تکنولوژیز[۴۹] چاپ سه‌بعدی بتن[۵۰] را ارائه می‌دهد.**

استارتاپ ریکَم‌تکنولوژیز مستقر در ایالات‌متحده از چاپ سه‌بعدی بتن برای استفاده در صنعت باد بهره می‌برد. ازآنجایی‌که حمل‌ونقل برج‌های توربین بادی فعلی دشوار است، این استارتاپ برای کاهش هزینه‌های مواد و حمل‌ونقل، برج‌های چاپ سه‌بعدی را در محل توسعه می‌دهد. لنگرهای مکش پرینت سه‌بعدی محلی[۵۱] این استارت آپ برای مزارع بادی شناور از مواد داخلی در جهت کاهش ردپای کربن استفاده می‌کنند. همچنین ریکَم‌تکنولوژیز یک ساختار سه‌پایه بتنی ماژولار[۵۲] می‌سازد که نیاز به کشتی‌های بالابر سنگین را کاهش می‌دهد. این رویکرد ضمن بهینه‌سازی زنجیره تأمین ساحلی برای دارندگان توربین‌های بادی دریایی و خشکی، هزینه‌ها و آلودگی صوتی ناشی از نصب را کاهش می‌دهد.

۵. طراحی پره پیشرفته[۵۳]

توربین‌های بادی موجود حجیم و پر سروصدا هستند و در شرایط آب و هوایی متغیر خوب عمل نمی‌کنند. برای برآوردن نیازهای رو به رشد انرژی و رسیدگی به چالش‌های فنی، استارت آپ ها درحال‌توسعه طرح‌های نوآورانه پره‌ها هستند. این طرح‌ها، شامل پره‌های پیچ‌خورده[۵۴]، پره‌های پیچ متغیر[۵۵]، پره‌های ایرفویل[۵۶]، پره‌های تطبیقی[۵۷] و پره‌های بیونیک[۵۸] است.

[44] Carbon Fiber-Reinforced Plastic (CFRP)
[45] Flat laminates
[46] Solid Round rods
[47] Round Tubes
[48] Square Tubes
[49] RCAM Technologies
[50] 3D Concrete Printing
[51] Locally 3D-Printed Suction Anchors
[52] Modular Concrete Tripod Structure
[53] Advanced Blade Design
[54] Twisted Blade
[55] Variable-Pitch Blade
[56] Airfoil Blade
[57] Adaptive Blade
[58] Bionic Blade

پره‌های پیچ‌خورده صدا و ارتعاشات را کاهش می‌دهند درحالی‌که پره‌های ایرفویل دارای شکل منحنی هستند تا رانش را به حداکثر برسانند. از سوی دیگر، پره‌های گام متغیر و تطبیقی در شرایط تغییر باد، زاویه و شکل را تغییر می‌دهند. استارت آپ ها همچنین از بال پرندگان برای طراحی پره‌های بیونیک با مواد خود تمیز شونده الهام می‌گیرند. این نوآوری‌ها به سازندگان توربین‌های بادی کمک می‌کند تا کارایی، عملکرد و مقرون‌به‌صرفه بودن را بهبود بخشند.

- **سیستم انرژی بادی میریاد[۵۹]، توربین‌های بادی با کارایی بالا را طراحی می‌کند.**

استارت‌آپ سیستم‌های انرژی بادی میریاد مستقر در بریتانیا، توربین‌های بادی چند روتوری[۶۰] با کارایی بالا تولید می‌کند. توربین‌های حجیم معمولی برای حمل، نصب و نگهداری مشکل هستند، در حالی که سیستم‌های چند روتوری این استارت‌آپ، مقرون‌به‌صرفه‌تر و کارآمدتر از نظر انرژی هستند. علاوه بر این، در این استارت‌آپ، چندین واحد کوچک ترکیب می‌شوند. این امر تولید مداوم انرژی و افزایش قابلیت اطمینان را حتی در صورت خرابی یک واحد تضمین می‌کند. بنابراین، طراحی پره تغییریافته انرژی بیشتری تولید می‌کند و درآمد مزارع بادی را افزایش می‌دهد.

- **ائولیک‌وال[۶۱] توربین‌های بادی خانگی[۶۲] می‌سازد.**

ائولیک‌وال یک استارتاپ مستقر در پرو است که با استفاده از فناوری اختصاصی خود، ائولیک‌سلز[۶۳]، سیستم انرژی باد در خانه را ارائه می‌دهد. ساختارهای آیرودینامیکی آن برای استخراج انرژی بیشتر از منابع باد، سرعت باد را افزایش می‌دهد. برای به حداقل رساندن تلفات مکانیکی، ائولیک‌سلز دارای یک توربین شناور مغناطیسی[۶۴] است. پره‌های توربین نیز به سمت نوک پهن می‌شوند تا از سرعت باد بالا بهتر استفاده شود و تولید انرژی به حداکثر برسد.

۶. توربین‌های شناور[۶۵]

توربین‌های بادی شناور در آب‌های عمیق‌تری قرار می‌گیرند که سرعت باد بیشتر و ثابت‌تر است، که منجر به افزایش تولید انرژی در مقایسه با توربین‌های بادی زمینی می‌شود. توربین‌های شناور با عدم نیاز به زمین، هزینه‌های پروژه، اثرات بصری و درگیری‌های احتمالی زمین را کاهش می‌دهند. نوآوری‌ها در این زمینه شامل پایه‌های بتنی و فولادی، سیستم‌های پهلوگیری

---

[59] Myriad Wind Energy Systems
[60] Multi-Rotor Wind Turbines
[61] Eolic Wall
[62] At-home Wind Turbines
[63] Eolic Cells
[64] Peripherally Supported Magnetic Levitation Turbine
این نوع توربین بادی محور عمودی است که بر اساس اصل اثر شناور مغناطیسی کار می‌کند، یعنی یاتاقان‌ها با آهنرباهای دائمی جایگزین می‌شوند که تلفات اصطکاک را کاهش می‌دهد و به توربین اجازه می‌دهد تا با سرعت کم باد نیز بچرخد.
[65] Floating Turbines

پیشرفته با موقعیت‌یابی پویا، اتوماسیون مبتنی بر حسگر و نظارت از راه دور است. این امر اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های انرژی بادی را کاهش می‌دهد. برای صنعت انرژی، توربین‌های بادی شناور راهی برای تنوع بخشیدن به منابع انرژی و کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی ارائه می‌دهند.

- **بریدی‌مری‌تایم[٦٦] یک سکوی شناور بتنی می‌سازد.**

استارت آپ اسپانیایی بریدی‌مری‌تایم، یک پلت فرم مبتنی بر بتن را برای اطمینان از نصب ایمن توربین‌های بادی دریایی ارائه می‌دهد. این یک سازه بتنی منفرد، توخالی و محکم است که مقاومت بیشتری در برابر فشارهای دینامیکی دریا دارد. این پلت فرم همچنین در هنگام حمل‌ونقل، نصب و بهره‌برداری با کمترین نوسانات پایدار می‌ماند. این فناوری با روش‌های ساخت متداول مورداستفاده در صنعت بندری سازگار است که امکان ساخت سریع و بدون امکانات تخصصی را فراهم می‌آورد. درنتیجه، سکوهای شناور ارزان قیمت بریدی، اثرات زیست‌محیطی تأسیسات دریایی را کاهش می‌دهد و به نفع تولیدکنندگان انرژی و جوامع ساحلی است.

۷. سیستم‌های انرژی هوابرد[٦٧]

سیستم انرژی هوابرد، بادهای ثابت و قوی‌تر را در ارتفاعات بسیار بالا مهار می‌کند. این سیستم‌ها معمولاً از یک کایت[٦٨]، یک اتصال‌دهنده[٦٩] و یک ژنراتور روی زمین تشکیل‌شده‌اند. چندین پیشرفت در این زمینه بر موضوعات کنترل خودکار موقعیت و جهت‌گیری سیستم‌های انرژی، ادغام نیروی آبی و خورشیدی، استفاده از کامپوزیت‌ها و سیستم‌های متصل[٧٠] جدید مانند کیتون‌ها[٧١] متمرکز هستند. درنتیجه، سیستم‌های بادی هوابرد دسترسی به انرژی را در مکان‌های دورافتاده افزایش می‌دهند و امنیت انرژی را بهبود می‌بخشند.

- **کایت‌کرفت[٧٢] هواپیماهای الکتریکی هوابرد را ارائه می‌دهد**

استارت‌آپ آلمانی کایت‌کرفت با استفاده از هواپیماهای الکتریکی متصل[٧٣]، انرژی باد هوابرد تولید می‌کند. هواپیمای این استارت‌آپ، موسوم به کایت[٧٤]، دارای هشت توربین بادی است که به آن اجازه می‌دهد به‌طور مستقل در الگوهای به شکل ۸

[66] Beridi Maritime
[67] Airborne Energy Systems
[68] Kite
[69] Tether
[70] Tethered systems
[71] Kytoons
[72] Kitekraft
[73] Tethered electric aircraft
[74] Kite

انگلیسی(8)[۷۵] پرواز کند و از باد انرژی الکتریکی تولید نماید. ساختار جعبه هواپیما[۷۶]، بدنه خرپامانند[۷۷] و بدنه آلومینیومی آن، استحکام را به حداکثر و وزن را به حداقل می‌رسانند.

- **برِین‌وِر[۷۸] یک سیستم هوابرد عمودی[۷۹] می‌سازد.**

استارت‌آپ سوئیسی برِین‌وِر با استفاده از سیستم هوابرد عمودی خود، Brainwhere Airborne، انرژی باد در ارتفاع بالا را به برق تبدیل می‌کند. این استارتاپ به‌جای انتظار برای باد، توربین‌ها را بر اساس پیش‌بینی‌های آب‌وهوا مستقر می‌کند. علاوه بر این، ژنراتور به‌عنوان یک موتور در هنگام برخاستن، فرود، یا در دوره‌های باد ضعیف عمل می‌کند. تنظیمات آنی زاویه هر بال، ثبات و کنترل سیستم را تضمین می‌کند. فناوری پایدار برِین‌وِر به پارک‌های بادی خارج از شبکه و فراساحل کمک می‌کند.

۸. بهینه‌سازی مزرعه بادی[۸۰]

بهینه‌سازی مزرعه بادی بر بهبود کارایی، ایمنی و سودآوری عملیات برق بادی متمرکز است. استارت‌آپ‌ها از ماهواره‌ها، اینترنت اشیا، 5G، محاسبات با کارایی بالا[۸۱] و سیستم‌های کنترل پیشرفته برای رسیدن به این هدف استفاده می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، ماهواره‌ها اطلاعاتی را در مورد الگوهای باد و شرایط آب و هوایی جمع‌آوری می‌کنند و به اپراتورهای مزارع بادی اجازه می‌دهند خروجی انرژی را پیش‌بینی کرده و توربین‌ها را تنظیم نمایند. پارک‌های بادی مجهز به حسگرهای اینترنت اشیا، بر عملکرد تجهیزات در راستای بهبود دقت و قابلیت اطمینان نظارت دارند. علاوه بر این، رایانه‌های کوانتومی[۸۲] مقادیر زیادی از داده‌ها را برای اجرای شبیه‌سازی‌های پیچیده و یافتن موقعیت‌های بهینه برای استقرار توربین پردازش می‌کنند. به‌جای کنترل توربین‌های منفرد، بهینه‌سازی مزرعه، انرژی خروجی مزرعه موجود را (بدون سرمایه‌گذاری اضافی در تجهیزات جدید) به حداکثر می‌رساند.

- **سَتِلیت[۸۳] پیش‌بینی برق بادی را ارائه می‌دهد.**

[75] Figure-eight patterns
[76] Box plane structure
[77] Truss-like airframe
[78] Brainwhere
[79] Vertical Airborne System
[80] Wind Farm Optimization
[81] High-performance computing (HPC)
[82] Quantum computers
[83] Sateliot

استارت‌آپ اسپانیایی سَتِلیت نانوماهواره‌هایی را توسعه می‌دهد که با narrowband (NB)-IoT و 5G تغذیه می‌شوند. نانوماهواره‌های فشرده این استارت‌آپ حدود ۱۲ کیلوگرم وزن دارند و در مداری با ارتفاع کم در گردش هستند. نانوماهواره‌ها به عنوان برج‌های متحرک عمل می‌کنند که حسگرهای توربین بادی را به هم متصل می‌کنند. اتصال جهانی با استفاده از G۵ فراهم می‌شود. سَتِلیت با ارائه داده‌های آنی و امکان تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر، مزارع بادی را با تولید خودکار، پیش‌بینی انرژی و نگهداری پیش‌بینی‌کننده بهینه می‌سازد.

- **کیوبیت‌اینجینیرنینگ[۸۴] به بهینه‌سازی طراحی مزرعه بادی کمک می‌کند.**

استارتاپ کیوبیت‌اینجینیرنینگ مستقر در ایالات‌متحده، محاسبات کوانتومی را برای بهینه‌سازی طرح مزرعه بادی پیاده‌سازی می‌کند. نرم‌افزار کوانتومی این استارت آپ برای مکان‌یابی توربین‌های بادی در سطح میکرو، نمای جامعی از سایت پروژه ارائه می‌دهد. الگوریتم‌های بهینه‌سازی، داده‌هایی ازجمله سایت‌های بالقوه ساخت‌وساز[۸۵]، داده‌های باد و ویژگی‌های زمین را جمع‌آوری می‌کنند. علاوه بر این، نرم‌افزار کوانتومی به‌سرعت بهترین مکان‌ها را برای توربین‌های مزرعه بادی انتخاب می‌کند و تخمین تولید انرژی را به‌طور آنی ارائه می‌دهد. این رویکرد به‌طور قابل‌توجهی تولید برق بادی را بهبود می‌بخشد و خرابی مزارع وجود را به حداقل می‌رساند. کیوبیت با توزیع مؤثر بارها طول عمر توربین را برای توسعه‌دهندگان و اپراتورهای مزارع بادی افزایش می‌دهد.

۹. نظارت هوشمند[۸۶]

نظارت مستمر برای شناسایی مشکلات احتمالی توربین، کاهش زمان خرابی و افزایش طول عمر آن‌ها بسیار مهم است. استارت‌آپ‌ها از تجزیه‌وتحلیل پیشرفته، اینترنت اشیا، اتصال بی‌سیم و همچنین نظارت از راه دور و مبتنی بر شرایط[۸۷] برای رسیدن به این هدف استفاده می‌کنند. حسگرهایی که در توربین‌های بادی ادغام‌شده‌اند، داده‌های مربوط به‌سرعت باد، زاویه پره، دما و موارد دیگر را برای تشخیص خرابی جمع‌آوری می‌کنند. این امر در به حداکثر رساندن عملکرد توربین و برنامه‌ریزی نگهداری قبل از خرابی، مؤثر خواهد بود. علاوه بر این، نظارت از راه دور به مدیران پروژه اجازه می‌دهد تا سلامت و عملکرد تجهیزات را به‌طور آنی ردیابی کنند. راه‌حل‌های نظارت هوشمند، شفافیت را برای تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر افزایش می‌دهد و به اپراتورها و مدیران در کاهش هزینه‌های نگهداری کمک می‌کند.

[84] Qubit Engineering
[85] Potential construction sites
[86] Smart Asset Monitoring
[87] Condition-based monitoring

- **فلوکتو[88] مانیتورینگ مزرعه بادی دیجیتال را ارائه می‌دهد.**

استارت‌آپ آلمانی فلوکتو فناوری‌های مانیتورینگ دیجیتال را در تأسیسات مزارع بادی فراساحلی ادغام می‌کند. این استارتاپ از جعبه حسگر حرکتی[89] با کامپیوتر تک برد[90]، سیستم ناوبری، اتصال بی‌سیم و دوربین استفاده می‌کند. این تجهیزات به اپراتورهای مزرعه اجازه می‌دهد تا شتاب، مکان و زمان را اندازه‌گیری نمایند و شرایط آب و هوایی را تخمین بزنند. به‌عنوان‌مثال، جعبه حسگر حرکت، برخوردها و خواص باد را ردیابی می‌کند تا اندازه‌گیری‌های دقیقی را برای تأسیسات دینامیکی ارائه دهد. درنتیجه، فلوکتو به صاحبان مزارع بادی کمک می‌کند تا عملکرد مزارع را برای توسعه سریع و مقرون‌به‌صرفه ارزیابی نمایند.

- **پینگ‌سرویسز[91] تولید مداوم انرژی باد را امکان‌پذیر می‌کند.**

استارتاپ استرالیایی پینگ‌سرویسز، بر شرایط پره‌های توربین بادی، برای تولید مداوم انرژی باد، نظارت می‌کند. دستگاه استارت آپ، پینگ‌مانیتور[92]، امضای صوتی[93] پره‌های توربین را برای شناسایی تغییرات و آسیب‌ها ردیابی می‌کند. این سیستم، آسیب‌های ساختاری داخلی، آسیب‌های سطح خارجی و سیستم‌های تشخیص یخ و صاعقه را کنترل می‌کند.

۱۰. بازیافت حلقه بسته[94]

ساخت توربین‌های بادی منجر به تولید زباله می‌گردد. ازجمله می‌توان به مواد ضایعاتی از فرآیند تولید و زباله‌های توربین‌های ازکارافتاده اشاره نمود. شرکت‌های انرژی بادی از بازیافت حلقه بسته برای کاهش اثرات زیست‌محیطی عملیات انرژی بادی و کاهش ردپای کربن خود استفاده می‌کنند. ازآنجایی‌که بازیافت مکانیکی مواد کامپوزیت دشوار است، استارت آپ ها روش‌های بازیافت شیمیایی، مکانیکی و ترکیبی را برای بازیابی اجزای ارزشمند ارائه می‌دهند. علاوه بر این، بازیابی[95]، استفاده مجدد[96] و نوسازی[97]، بازیابی مواد را بهبود می‌بخشد. به‌عنوان‌مثال، برخی استارتاپ ها از پره‌های قدیمی برای ذخیره انرژی یا پمپاژ آب استفاده می‌کنند. با بازیافت مواد و اجزای مورداستفاده در توربین‌های بادی، نیاز به مواد اولیه را کاهش می‌یابد.

88 Flucto
89 Motion sensor box
90 Single-board computer
91 Ping Services
92 Ping Monitor
93 Acoustic signature
94 Closed-loop Recycling
95 Upcycling
96 Reusing
97 Refurbishing

- **کامپوزیت‌ریسایکلینگ[98] به احیای کامپوزیت توربین بادی کمک می‌کند.**

استارت آپ سوئیسی کامپوزیت‌ریسایکلینگ، یک سیستم حلقه بسته برای بازیافت کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با الیاف شیشه[99] در توربین‌های بادی توسعه می‌دهد. روش پیرولیز[100] استارت‌آپ، الیاف را از رزین[101] استخراج می‌کند تا آن‌ها را به روغن پیرولیز تبدیل نماید. سپس، فرآیند عملیات ثانویه[102]، الیاف بازیافتی را به‌ظاهر و عملکرد اولیه خود بازمی‌گرداند. درنتیجه، این روش مارا قادر می‌سازد تا از الیاف بازیافتی و روغن پیرولیز برای تأمین منابع بهینه مواد خام استفاده کند.

- **وینگزفورلیوینگ[103] ارتقاء چرخه پره‌های توربین پایان عمر[104] را پیشرفت می‌دهد.**

استارتاپ آلمانی وینگزفورلیوینگ پره‌های روتور توربین بادی را به مبلمان فضای باز تبدیل می‌کند. اره‌های معمولی به دلیل پوشش رزین اپوکسی قادر به برش پره روتور نیستند. بنابراین، استارت‌آپ یک فرآیند پیچیده سیم اره[105] را اعمال می‌کند. این استارت‌آپ صندلی‌ها و تکیه‌گاه‌هایی از چوب کاج اروپایی لاک‌شده[106] تولید می‌کند. به‌این‌ترتیب وینگزفورلیوینگ پره‌های توربین بادی غیرکاربردی را به قطعات ظریف مبلمان برای برنامه ریزان شهری و معماران بازیافت می‌کند. درنتیجه، استارت‌آپ هدر رفت مواد را کاهش می‌دهد و اقتصاد دایره‌ای را پیش می‌برد.

❖ جمع‌بندی

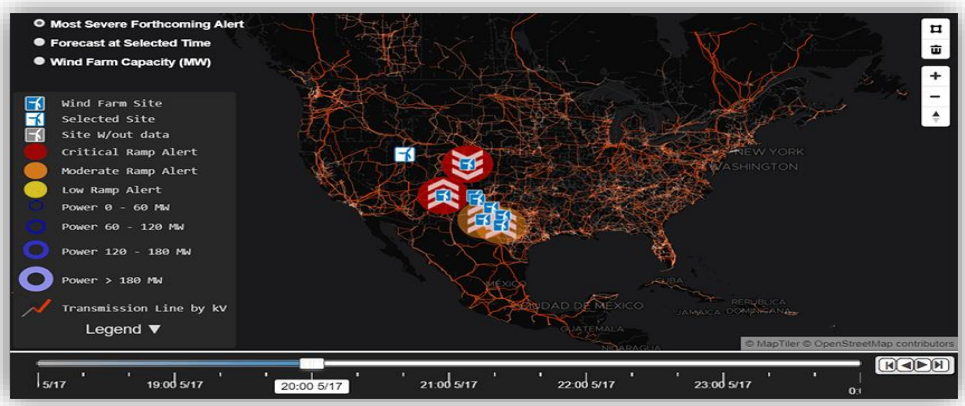
روند گذار بادی، گذار انرژی پاک را پیش می‌برد و با بحران آب‌وهوا مبارزه می‌کند. پیشرفت‌های فناوری مانند توربین‌های بادی شناور، تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی، سیستم‌های بادی ماژولار و انرژی باد فراساحلی، آینده این صنعت را هدایت می‌کنند. به‌این‌ترتیب، شرکت‌های انرژی بادی می‌توانند به سمت آینده‌ای سبزتر حرکت کنند. گرایش‌ها و استارت‌آپ‌های انرژی بادی که در این گزارش مشخص شده‌اند، فقط سطح روندهای نوآورانه را نشان می‌دهند. شناسایی فرصت‌های جدید و فن‌آوری‌های نوظهور، راه زیادی در به دست آوردن مزیت رقابتی دارد.

منبع: startus-insights.com - Top 10 Wind Energy Trends in 2023 – February 2023

[98] Composite Recycling
[99] Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP)
[100] Pyrolysis
[101] Resin
[102] Post-treatment
[103] Wings for Living
[104] End-of-Life Turbine Blade
[105] Wire Sawing process
[106] Lacquered larch Wood

تحولات دیجیتال

ویندویو ابزار پیش‌بینی انرژی باد



با رواج انرژی خورشیدی و بادی، پیش‌بینی‌گرهایی که در سیستم‌های مدیریت انرژی ادغام می‌شوند برای اپراتورهای سیستم‌های برق بسیار ارزشمند هستند. ویندویو[۱۰۷]، یک پلتفرم آگاهی موقعیت و پشتیبانی تصمیم اپن‌سورس[۱۰۸] است که به اپراتورهای شبکه، آگاهی از وضعیت و عملکرد سیستم برق را ارائه می‌دهد. تأکید این سیستم بر انرژی باد و امکان ادغام قابل‌اعتماد و کارآمد مقادیر بیشتری از انرژی باد در شبکه است.

این پروژه سه‌ساله شامل همکاری نزدیک با مرکز آموزش نیروی برق اداره برق منطقه غرب[۱۰۹] در ایالات‌متحده، برای توسعه نسخه اولیه ویندویو، برای شبکه برق منطقه غربی است. تمرکز این ابزار، بر روی تجسم پیشرفته اطلاعات پیش‌بینی انرژی باد، در سیستم‌های با نفوذ باد بالا[۱۱۰] است.

ویندویو به‌صورت عمومی برای محققان صنعتی و دانشگاهی در دسترس خواهد بود و ابزارهای پیش‌بینی طراحی‌شده توسط اِنرل[۱۱۱] و آزمایشگاه ملی آرگون[۱۱۲] را در آن به کار گرفته شده‌اند.

❖ قابلیت‌ها

- قابلیت یادگیری ماشین و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها برای ایجاد پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت

[107] WindView
[108] Open-source
[109] Western Area Power Authority's Electric Power Training Center
[110] High-wind-penetration systems
[111] National Renewable Energy Laboratory (NREL)
[112] Argonne National Laboratory

- شبیه‌سازی با استفاده از PLEXOS، یک ابزار بهینه‌سازی ریاضی برای شبیه‌سازی سیستم‌های انتقال و پیش‌بینی دقیق
- نمایش انرژی باد برای پاسخگویی به سؤالات و دریافت بازخورد در طول جلسات صنعت

اپراتورهای شبکه برق نیاز به توانایی برنامه‌ریزی تولید برای پاسخگویی به بار دارند. این بدان معناست که نیاز به دسترسی به اطلاعات در زمان واقعی(آنی) موردتوجه است. اطلاعات آنی می‌بایست به‌راحتی قابل پیمایش و از نظر بصری منسجم باشند تا ایجاد شهود واقعی در خصوص نیروی باد امکان‌پذیر شود. نیازهای فوق‌الذکر از طریق ویندویو، پاسخ‌داده‌شده است. ویندویو، ابزاری برای تجسم پیش‌بینی‌های انرژی باد است، که توسط اِنرل، آزمایشگاه ملی آرگون و دانشگاه تگزاس در دالاس ایجاد شده است و به چنین اطلاعاتی(اطلاعات آنی) دسترسی دارند.

بری‌ماتیاس هاج[۱۱۳]، محقق ارشد اِنرل، گفت: «نکته مهم برای اپراتورهای سیستم این است که تجسم بصری نسبت به کاری که باد روی سیستم آن‌ها انجام می‌دهد، داشته باشند. ویندویو، حتی‌الامکان اطلاعات بیشتری برای تصمیم‌گیری در اختیار اپراتورها قرار می‌دهد.»

ویندویو یک پیش‌بینی‌کننده رایگان به نام M3 را به کار می‌گیرد که از بهترین تکنیک‌های پیش‌بینی یادگیری ماشینی موجود، قطعی و احتمالی، با ارائه داده‌های باد استفاده می‌کند. کاربران می‌توانند پیش‌بینی‌های ویندویو را شخصی‌سازی و بصری‌سازی کنند. مهم‌تر از همه، پیش‌بینی‌های ویندویو، تکمیل‌کننده تصمیمات کنترلی سریع اپراتور است.

کنسرسیوم آزمایشگاه مدرنیزاسیون شبکه دپارتمان انرژی[۱۱۴] سه سال بودجه به اِنرل و شرکا برای توسعه چنین ابزاری اعطا کرد که تحت رهبری چارتان[۱۱۵] قرار گرفت. قبل از پیوستن به اِنرل، چارتان روی نرم‌افزار تجسم نیروی باد برای شبکه ملی بریتانیا کار می‌کرد.

در مورد گام‌های بعدی، دفتر فناوری‌های انرژی خورشیدی دپارتمان انرژی[۱۱۶] در حال سرمایه‌گذاری مجدد ویندویو برای منبع مکمل انرژی باد، یعنی انرژی خورشیدی است. طراحی ویندویو از پیش‌بینی در هر دو منبع انرژی سود می‌برد. چارتان گفت: «نقشه‌ای که توسط ویندویو ارائه می‌شود، آن را به‌عنوان یک ابزار پیش‌بینی متمایز می‌کند. این نقشه، به درک عنصر مکانی کمک می‌کند، به‌خصوص در کنار نمودارهای به‌روز که داده‌های موردنظر را نمایش می‌دهند.» ویندویو برای استفاده توسط برنامه‌های کاربردی، اپراتورهای سیستم، محققان یا ارائه‌دهندگان پیش‌بینی آماده شده است.

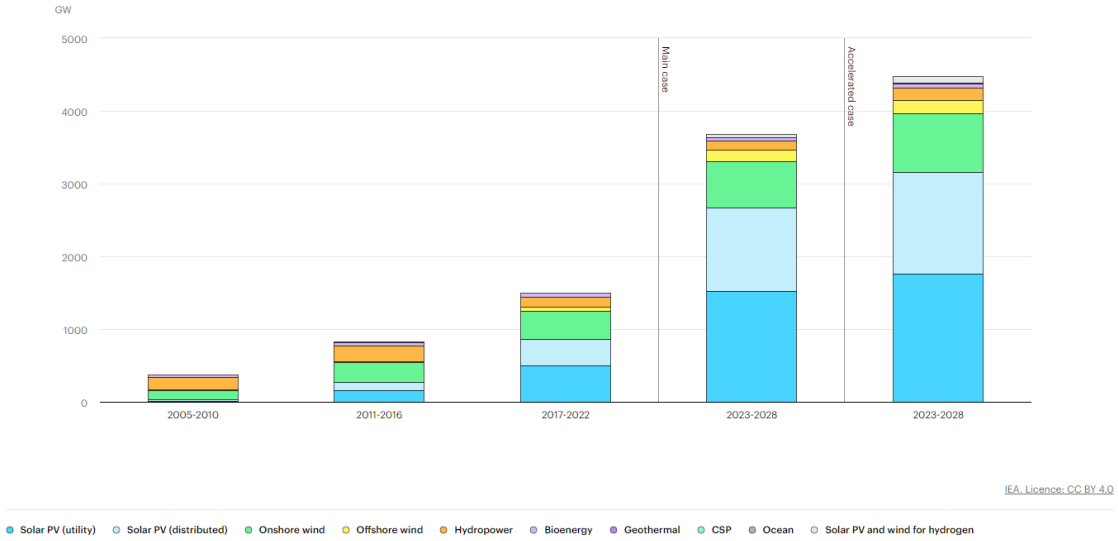
منبع: nrel.gov -NREL Delivers Industry-Shifting Software for Visualizing Wind Power Forecasts

[113] Bri-Mathias Hodge
[114] DOE’s Grid Modernization Laboratory Consortium
[115] Erol Chartan
[116] DOE's Solar Energy Technologies Office

تحولات راهبردی

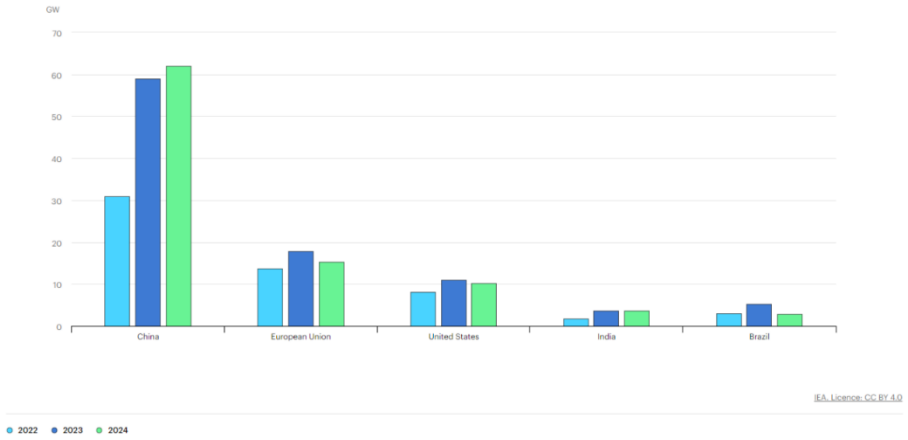
بررسی رویکرد جهانی انرژی باد از دیدگاه آژانس بین‌المللی انرژی

توربین‌های بادی ساحلی، یک فناوری اثبات‌شده و باسابقه با زنجیره تأمین جهانی گسترده است. باد خشکی در طول پنج سال گذشته در راستای به حداکثر رساندن برق تولیدشده به ازای هر مگاوات ظرفیت نصب‌شده برای احداث سایت‌های بیشتری با سرعت باد کمتر تکامل‌یافته است. توربین‌های بادی از ارتفاع هاب بلندتر و قطر روتور بزرگ‌تر برخوردار هستند. انتظار می‌رود که فناوری توربین‌های بادی فراساحلی در سال‌های آینده به‌سرعت رشد کنند زیرا با استقرار توربین‌ها در دریا، بادهای قوی‌تر مهار می‌شوند. رسیدن به سطوح تولید سالانه برق بادی پیش‌بینی‌شده در سناریوی صفر خالص، به حمایت بیشتر از مزارع خشکی و فراساحلی نیاز دارد. تلاش‌ها باید بر تسهیل صدور مجوز، جلب حمایت عمومی، حمایت از شناسایی مکان‌های مناسب، کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان‌بندی توسعه پروژه متمرکز شود. باد یکی از بزرگ‌ترین پتانسیل‌ها برای افزایش رشد ظرفیت تجدیدپذیر کشورها را دارد. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۸ در مقایسه با سال ۲۰۲۲، فتوولتائیک خورشیدی و باد بیش از دو برابر شوند و به‌طور مداوم رکوردها در دوره پیش‌بینی شکسته شوند. به این ترتیب، ظرفیت نصب‌شده تا سال ۲۰۲۸، به تقریباً ۷۱۰ گیگاوات خواهد رسید. در خصوص سناریوی تسریع شده، باد خشکی و فتوولتائیک خورشیدی در مقیاس کاربردی با هم بیشترین پتانسیل صعودی را دارند و در سال ۲۰۲۵ باد از تولید برق هسته‌ای پیشی خواهد گرفت.



رشد ظرفیت تجدیدپذیر توسط فناوری، سناریو اصلی و تسریع یافته، ۲۰۰۵–۲۰۲۸

پس از دو سال متوالی کاهش، ظرفیت جدید نصب‌شده توربین بادی ساحلی در سال ۲۰۲۳ با ۷۰ درصد افزایش نسبت به سال قبل، به ۱۰۷ گیگاوات خواهد رسید که یک رکورد بی‌سابقه است. این امر عمدتاً به دلیل راه‌اندازی پروژه‌های به تعویق افتاده در چین، به دنبال محدودیت‌های کووید۱۹، است. در اروپا و ایالات‌متحده به دلیل چالش‌های زنجیره تأمین، راه‌اندازی بخشی از پروژه‌ها از سال۲۰۲۲ به سال ۲۰۲۳ موکول شد. بنابراین انتظار می‌رود اروپا و ایالات‌متحده گسترش سریع‌تری در پیش داشته باشند.

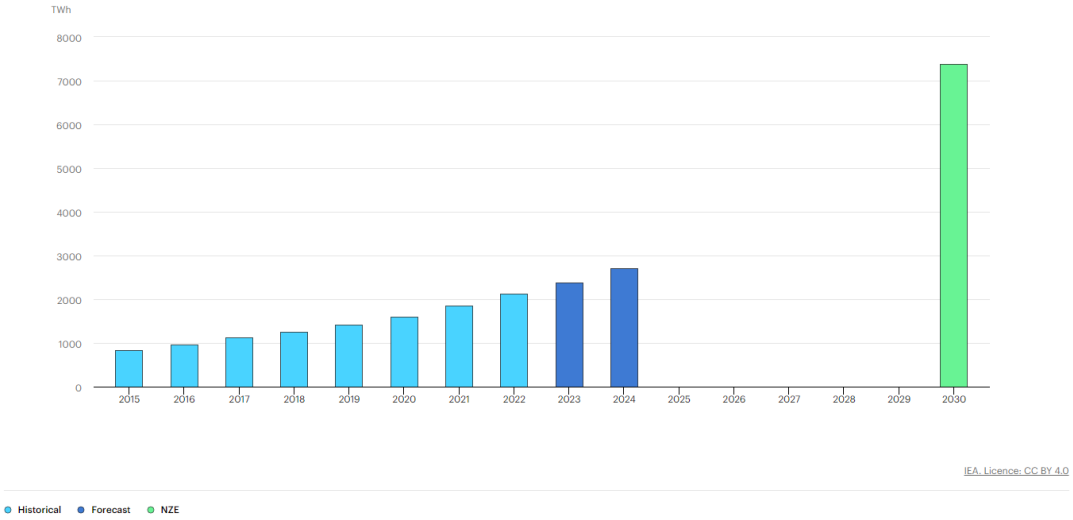


افزایش خالص ظرفیت برق بادی خشکی بر اساس کشور یا منطقه، ۲۰۲۲–۲۰۲۴

مزارع بادی فراساحلی پتانسیل قابل‌توجهی دارند. به‌عنوان بخشی از چشم‌انداز مزارع بادی فراساحلی در سال ۲۰۱۹، آژانس بین‌المللی انرژی تجزیه‌وتحلیل مکانی[۱۱۷] جدیدی را برای ارزیابی پتانسیل فنی باد دریایی بر اساس کشور آغاز کرد. این مطالعه نشان داد که بهترین سایت‌های بادی نزدیک به ساحل در سطح جهان می‌توانند تقریباً ۳۶۰۰۰ تراوات ساعت برق در سال تولید نمایند که بسیار نزدیک به تقاضای جهانی برق پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۴۰ است. هر چند چالش‌های متعدی از بالفعل کردن این پتانسیل عظیم جلوگیری می‌کند، اما سیاست‌های دولت‌ها همچنان در تعیین آینده مزارع بادی فراساحلی حیاتی خواهد بود.

❖ ردیابی برق بادی

در سال ۲۰۲۲، تولیدات برق بادی ۲۶۵ تراوات ساعت (معادل ۱۴درصد) افزایش یافت و به بیش از ۲۱۰۰ تراوات ساعت رسید. این میزان دومین رشد در بین تمام فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر، پس از فتوولتائیک خورشیدی بود. دستیابی به سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰، تقریباً ۷۴۰۰ تراوات ساعت تولید برق بادی را در سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی می‌کند. این هدف، با متوسط نرخ رشد تولید سالانه حدود ۱۷ درصد، تحقق می‌یابد. دستیابی به این امر مستلزم افزایش ظرفیت سالانه از حدود ۷۵ گیگاوات در سال ۲۰۲۲ به ۳۵۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ است. برای نیل به این سطح از رشد ظرفیت، سیاست‌های بیشتر و تلاش‌های بخش خصوصی موردنیاز است و مهم‌ترین زمینه‌های بهبود، تسهیل صدور مجوز برای باد خشکی و کاهش هزینه برای باد فراساحلی است.



تولید برق بادی در سناریوی خالص صفر، ۲۰۱۵–۲۰۳۰

[117] Geospatial Analysis

❖ نکات برجسته کشوری و منطقه‌ای

چین مسئول نیمی از افزایش ظرفیت جهانی انرژی بادی در سال ۲۰۲۲ بود. کشورها و مناطقی که پیشرفت قابل‌توجهی در پیشرفت برق بادی دارند عبارت‌اند از:

- چین همچنان از نظر افزایش ظرفیت بادی پیشتاز است و ۳۷ گیگاوات در سال ۲۰۲۲ به آن افزوده‌شده است. ۷ گیگاوات از این افزایش در مزارع دریایی رخ داده است. چهاردهمین برنامه پنج‌ساله برای انرژی‌های تجدیدپذیر[۱۱۸]، که در سال ۲۰۲۲ اعلام شد، اهداف بلندپروازانه ای را برای احداث مزارع جدید انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه می‌کند.
- اتحادیه اروپا احداث مزارع بادی جدید را در پاسخ به بحران انرژی تسریع می‌کند و در سال ۲۰۲۲، ۱۳گیگاوات به آن افزوده شد. انتظار می‌رود سیاست‌ها و اهداف جدید پیشنهادی در طرح REPowerEU و طرح صنعتی معامله سبز[۱۱۹] محرک‌های مهم سرمایه‌گذاری انرژی بادی باشند.
- ایالات‌متحده بودجه جدید و عظیمی را برای انرژی بادی در قانون کاهش تورم[۱۲۰] گنجانده است. اعتبارات مالیاتی سرمایه‌گذاری و تولید، احداث ظرفیت را در میان‌مدت افزایش می‌دهد. انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۳، اولین نیروگاه‌های بادی دریایی در مقیاس بزرگ در قاره آمریکا در سواحل شرقی ایالات‌متحده بهره‌برداری شوند..
- بریتانیا در سال ۲۰۲۲ تقریباً ۳ گیگاوات ظرفیت بادی دریایی نصب کرد که بیشتر از مجموع سایر نقاط جهان به‌استثنای چین است.

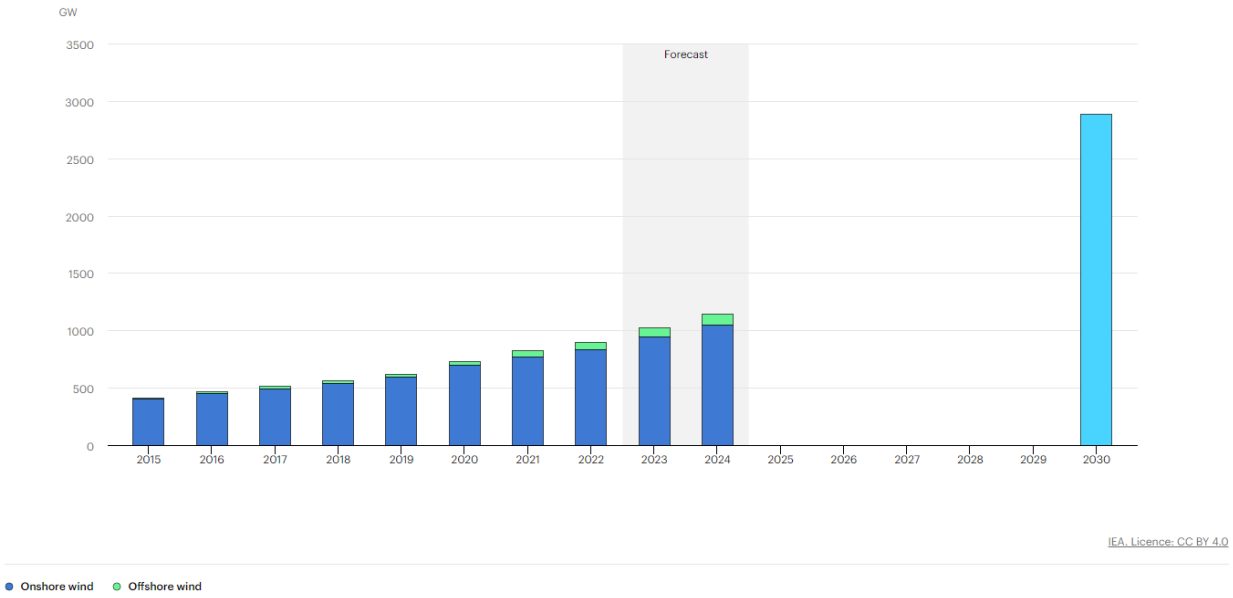
❖ استقرار فناوری

فناوری خشکی همچنان بر رشد ظرفیت باد مسلط است، اما فراساحل سهم خود را افزایش می‌دهد. در سال ۲۰۲۲، از مجموع حدود ۹۰۰ گیگاوات ظرفیت بادی نصب‌شده، ۹۳ درصد در سیستم‌های خشکی و ۷ درصد باقی‌مانده در مزارع بادی فراساحلی بوده است. باد خشکی یک فناوری توسعه‌یافته است که در ۱۱۵ کشور در سراسر جهان وجود دارد، در حالی که باد دریایی در مراحل اولیه گسترش است و ظرفیت آن تنها در ۲۰ کشور وجود دارد. انتظار می‌رود که در سال‌های آتی، با توسعه یا برنامه‌ریزی کشورهای بیشتری برای توسعه اولین نیروگاه‌های بادی فراساحلی، دسترسی فراساحلی افزایش یابد.

افزایش ظرفیت جهانی باد در سال ۲۰۲۲، ۲۰ درصد کمتر از سال ۲۰۲۱ و ۳۲ درصد کمتر از رکورد رشد سال ۲۰۲۰ بود. این کندی بیشتر ناشی از تأخیرهای راه‌اندازی پروژه در چین مربوط به قرنطینه به دلیل همه‌گیری کووید-۱۹ و نصب کمتر

[118] 14th Five-Year Plan for Renewable Energy
[119] The Green Deal Industrial Plan
[120] Inflation Reduction Act (IRA)

در ایالات‌متحده به دلیل حذف تدریجی مشوق‌های مالیاتی است. انتظار می‌رود افزایش ظرفیت باد در سال‌های آتی افزایش یابد و در سال‌های بعد شتاب بیشتری بگیرد، که ناشی از افزایش حمایت در ایالات‌متحده و اتحادیه اروپا، و اهداف سیاست‌گذاری و رقابت‌پذیری اقتصادی بالا در چین است. همچنین انتظار می‌رود احداث مزارع جدید فراساحلی در بازارهای موجود، مانند اتحادیه اروپا، بریتانیا و چین و همچنین ورود به بازارهای جدید مانند ژاپن، چین تایپه و ایالات‌متحده تسریع شود.

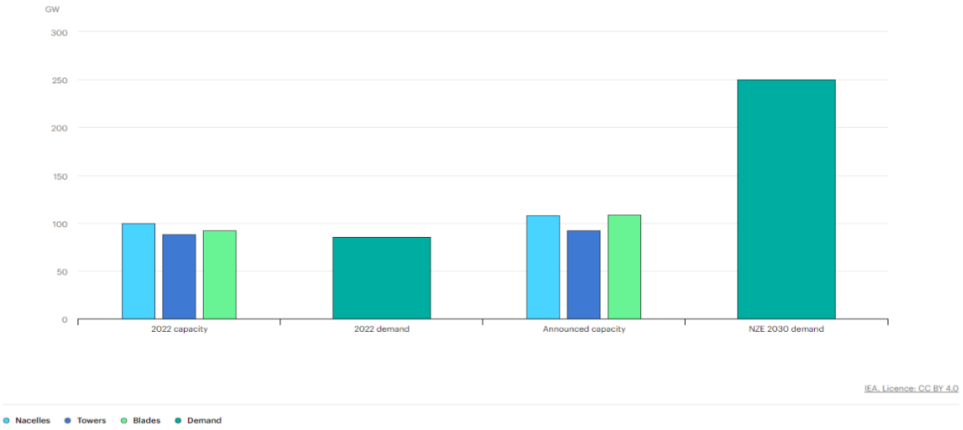


ظرفیت نیروی باد در سناریوی صفر خالص، ۲۰۱۵–۲۰۳۰

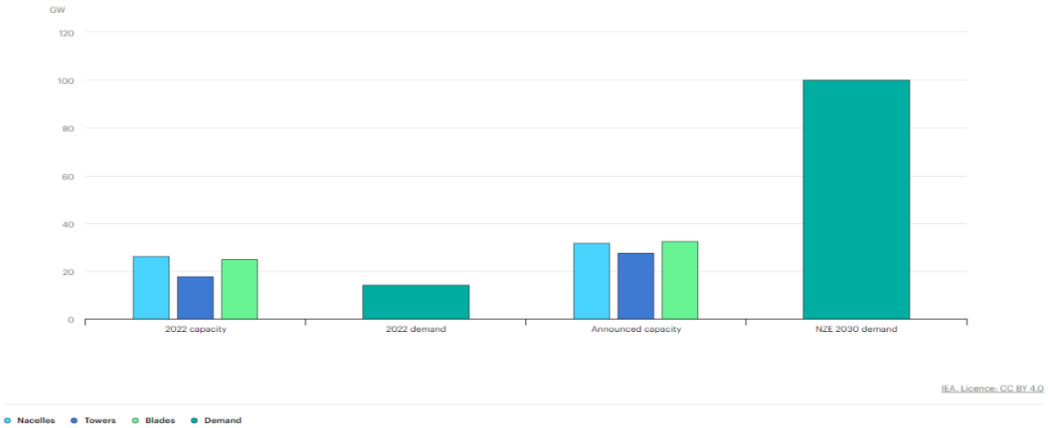
❖ تولید فناوری

تولید تجهیزات بادی به آهستگی در حال گسترش است. برای همگام شدن با تقاضای مورد انتظار تحت سناریوی صفر خالص، شتاب در تولید فناوری لازم و ضروری است. در سال ۲۰۲۲، ظرفیت تولید قطعات اصلی نیروی باد (ناسل، هاب، برج‌ها و پره‌ها) بدون تغییر نسبت به سال قبل، در حدود ۱۱۰–۱۲۰ گیگاوات باقی ماند. بر اساس برنامه‌های توسعه اعلام‌شده، انتظار می‌رود ظرفیت‌های تولید جهانی مطابق با تقاضای پیش‌بینی‌شده در ۳ سال آینده افزایش یابد و درنتیجه ظرفیت تولید به حدود ۱۲۰ تا ۱۴۰ گیگاوات برسد. چین در میان‌مدت با سهم ۶۰ تا ۸۰ درصدی از ظرفیت جهانی، بزرگ‌ترین قطب تولیدی برای تمام اجزای اصلی انرژی بادی باقی خواهد ماند. تحقق پروژه‌های اعلام‌شده ظرفیت تولید جهانی بادی را تنها به حدود یک‌سوم آنچه در سال ۲۰۳۰ برای پاسخگویی به تقاضای پیش‌بینی‌شده در سناریوی انتشار صفر خالص موردنیاز است،

می‌رساند. برای تسریع احداث مزارع جدید انرژی بادی و سرمایه‌گذاری در ظرفیت تولید، افزایش سریع تلاش‌های هماهنگ از سوی سهامداران دولتی و خصوصی موردنیاز است.



ظرفیت تولید نیروی بادی خشکی بر اساس پروژه‌های اعلام‌شده و در سناریوی خالص صفر، ۲۰۲۲–۲۰۳۰



ظرفیت تولید نیروی بادی فراساحلی بر اساس پروژه‌های اعلام‌شده و در سناریوی خالص صفر، ۲۰۲۲–۲۰۳۰

❖ نوآوری

توسعه فناوری انرژی بادی بر افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها تمرکز دارد. افزایش بهره‌وری توربین‌ها، به‌ویژه در مناطقی با شرایط باد کم، با توسعه توربین‌هایی با پره‌های بلندتر و برج‌های بلندتر متمرکز است. بااین‌حال، حداکثر ارتفاع توربین‌های بادی خشکی اغلب در مناطق خاصی به دلایل محیطی و پذیرش عمومی محدود می‌شود، که دامنه نوآوری‌های احتمالی را محدود می‌کند.

در مقابل، در بخش باد دریایی، چنین محدودیت اندازه وجود ندارد. بنابراین نوآوری بر روی طراحی توربین‌های بزرگ‌تر متمرکزشده است که امکان کاهش هزینه کلی تولید برق را فراهم می‌کند. به‌موازات آن، توسعه توربین‌های بادی شناور فراساحلی ارزان قیمت و ایمن در حال تسریع است. انتظار می‌رود مناطق عمیق و نسبتاً نزدیک به ساحل در فرانسه، ژاپن، کره، نروژ، پرتغال، بریتانیا و سواحل غربی ایالات‌متحده اولین مناطقی باشند که شاهد احداث گسترده این فناوری هستند.

❖ خط‌مشی

سیاست حمایتی، محرک اصلی احداث مزارع باد در اکثر کشورهای جهان است. انواع مختلفی از سیاست‌ها باعث رشد ظرفیت می‌شوند، ازجمله مزایده‌ها، تعرفه‌ها[۱۲۱] و استانداردهای مجموعه انرژی‌های تجدیدپذیر[۱۲۲]. تغییرات سیاستی مهم زیر و اهداف مؤثر بر رشد انرژی بادی در چند سال گذشته اجرا شده است:

- چین چهاردهمین برنامه پنج‌ساله خود را برای انرژی‌های تجدیدپذیر در ژوئن ۲۰۲۲ منتشر کرد که شامل هدف بلندپروازانه ۳۳ درصد از تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۵ است (از حدود ۲۹ درصد در سال ۲۰۲۱). مطابق این برنامه، ۱۸ درصد از این میزان از فناوری‌های باد و خورشیدی است.
- در آگوست ۲۰۲۲، دولت فدرال ایالات‌متحده قانون کاهش تورم[۱۲۳] را معرفی کرد که به‌طور قابل‌توجهی حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر را در ده سال آینده از طریق اعتبارات مالیاتی و سایر اقدامات گسترش می‌دهد.
- در ماه می ۲۰۲۲، کمیسیون اروپا پیشنهاد کرد که هدف اتحادیه اروپا برای انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۳۰ به ۴۵ درصد به‌عنوان بخشی از طرح REPowerEU افزایش یابد. هم‌چنین، در فوریه ۲۰۲۳، کمیسیون طرح صنعتی معامله سبز[۱۲۴] را با هدف حمایت از گسترش تولید فناوری انرژی پاک، ازجمله انرژی بادی، اعلام کرد. در یک تحول مثبت دیگر، در آوریل ۲۰۲۳، ۹ کشور اروپایی برنامه‌های خود را برای تسریع قابل‌توجه احداث مزارع باد در دریا و افزایش ظرفیت نیروگاه نصب‌شده از ۳۰ گیگاوات در سال ۲۰۲۲ به بیش از ۱۲۰ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ و بیش از ۳۰۰ گیگاوات تا سال ۲۰۵۰، اعلام کردند.
- در خلال COP26 که در نوامبر ۲۰۲۱ برگزار شد، هند اهداف جدید ۲۰۳۰ معادل ۵۰۰ گیگاوات از ظرفیت کل انرژی غیرفسیلی و ۵۰ درصد سهم تولید برق تجدیدپذیر (بیش از دو برابر سهم ۲۲ درصدی در سال ۲۰۲۰) و همچنین انتشار صفر خالص تا ۲۰۷۰را اعلام کرد.

[121] Feed-in Tariffs
[122] Renewable Energy Portfolio Standards
[123] Inflation Reduction Act (IRA)
[124] Green Deal Industrial Plan

❖ سرمایه‌گذاری

در سال ۲۰۲۲، سرمایه‌گذاری در تولید انرژی بادی، ۲۰ درصد افزایش یافت و پس از کاهش سرعت رشد در سال ۲۰۲۱، مجدداً به رشد بازگشت و منجر به انتظارات برای استقرار قابل‌توجه ظرفیت در سال‌های آتی شد. سرمایه‌گذاری به رکورد ۱۸۵ میلیارد دلار رسید که دومین سرمایه‌گذاری بزرگ در بین تمام فناوری‌های تولید برق (پس از انرژی فتوولتائیک خورشیدی) است. انتظار می‌رود که به لطف اهداف بلندپروازانه دولت‌ها، حمایت از سیاست‌ها و رقابت‌پذیری بالا، این رشد در سال‌های آینده بیشتر شود.

❖ همکاری بین‌المللی

انرژی بادی بخشی از همه برنامه‌های اصلی انرژی تجدیدپذیر است. فراتر از طرح‌های جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر که شامل باد می‌شود، سازمان‌های بین‌المللی، برنامه‌های همکاری، گروه‌ها و ابتکارات متعددی با هدف تسریع رشد انرژی بادی در سراسر جهان وجود دارند، ازجمله برنامه همکاری فناوری سیستم‌های انرژی بادی آژانس بین‌المللی انرژی[۱۲۵]، که یک پلت فرم اطلاعاتی برای دولت‌های شرکت‌کننده و رهبران صنعت در مورد تلاش‌های مشترک تحقیق و توسعه برای کاهش هزینه‌های فناوری‌های انرژی بادی، افزایش انعطاف‌پذیری سیستم انتقال و برق، و افزایش پذیرش اجتماعی پروژه‌های انرژی بادی فراهم می‌کند.

❖ استراتژی‌های بخش خصوصی

فعالیت بخش خصوصی به‌عنوان یک محرک ساده برای احداث مزارع انرژی بادی باقی‌مانده است فعالیت اصلی بخش خصوصی در احداث مزارع نیروی بادی، انعقاد قراردادهای خرید برق[۱۲۶] و امضای قراردادهای مستقیم با اپراتورهای نیروگاه بادی برای خرید برق تولیدی است. در سال ۲۰۲۲، مزارع بادی مسئول ۳۰ درصد از کل ظرفیت تجدیدپذیر قرارداد شده در قراردادهای خرید برق بودند.

منبع:iea.org – Wind – 11 july 2023

[125] IEA Wind Energy Systems Technology Collaboration Programme
[126] Power Purchase Agreements (PPAs)

غول‌های فناوری

وستاس مصمم به تحول سیستم انرژی جهانی

شرکت وستاس برای رسیدن به چشم‌انداز این شرکت و در راستای تبدیل شدن به رهبر جهانی در انرژی پایدار، راه را برای انرژی بادی در جهت ایفای نقش محوری در سیستم‌های انرژی در سراسر جهان هموار می‌سازد و برای تسریع گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر تلاش می‌کند. این شرکت همزمان در چندین حوزه تجاری فعالیت دارد: توسعه، باد خشکی، باد فراساحلی و خدمات. در طول چهار دهه فعالیت وستاس، از انتشار بیش از ۱.۹ میلیارد تن دی‌اکسید کربن در جو جلوگیری شده است و ۲۸۰۰۰ کارمند این مجموعه وقف ایجاد یک زنجیره ارزش قوی برای انرژی بادی شده‌اند. همچنین وستاس متعهد به تقویت ثبات و قابلیت پیش‌بینی تولید برق تجدیدپذیر از طریق سیستم‌های دیجیتالی است. وستاس با نصب بیش از ۱۶۴ گیگاوات نیروگاه بادی در تحول انرژی پیشرو بوده است.

❖ مدل کسب‌وکار وستاس

هدف وستاس، رهبری گذار انرژی و همراهی با مشتریان جهت ایجاد سیاره‌ای پایدارتر با راهکارهای انرژی پایدار است.

- توسعه: به حداکثر رساندن منابع بادی با توسعه پروژه‌های جدید انرژی بادی.
- راه‌حل‌های برق خشکی و فراساحلی: تقویت کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق نوآوری و راه‌حل‌های مقیاس‌پذیر.
- خدمات: به حداکثر رساندن تولید انرژی پایدار.

❖ نکات مهم مالی

- فروش

اگرچه در سال ۲۰۲۲ قیمت برق افزایش یافت و در پی آن ارزش تولید توربین‌های وستاس نیز افزایش یافت، اما عدم اطمینان ژئوپلیتیک و تورم بالا به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد مالی تأثیر گذاشت. بخش خدمات وستاس عملکرد قوی با ۲۷ درصد رشد درآمد با ۲۱.۴ درصد حاشیه سود قبل از بهره و مالیات[۱۲۷] را به نمایش گذاشت، اما سودآوری در بخش Power Solutions به (۱۳.۳) درصد کاهش یافت. در نتیجه، وستاس اقتدار موردنیاز را نشان داد و میانگین قیمت فروش محصولات انرژی بادی وستاس را افزایش داد.

میانگین قیمت فروش وستاس از ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲

- درآمد

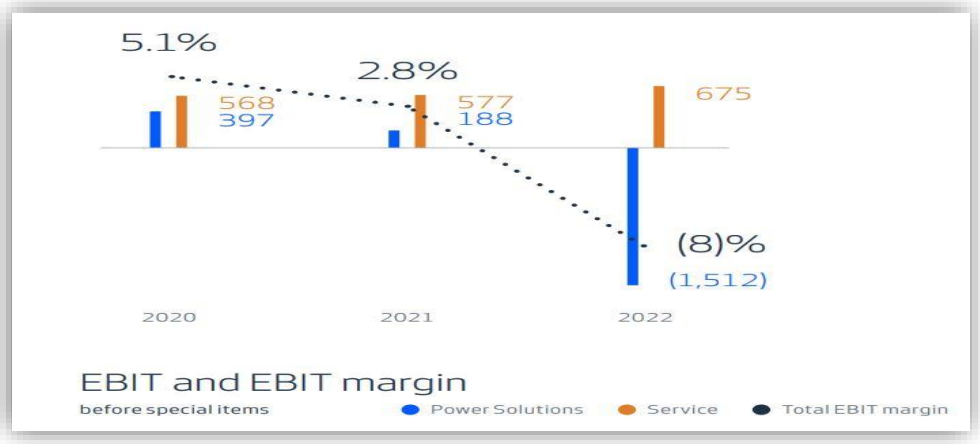
در سال ۲۰۲۲ و در یک محیط بسیار چالش‌برانگیز که باعث تأخیر در اجرا در طول سال شد، وستاس در بخش Power Solutions به درآمدی بالغ بر ۱۱.۳ میلیارد یورو دست یافت. درآمد در بخش خدمات به ۳.۲ میلیارد یورو در سال ۲۰۲۲ افزایش یافت.

میزان درآمد وستاس در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲

[127] Earnings Before Interest and Taxes (EBIT)

- سود قبل از بهره و مالیات و حاشیه آن

سودآوری در سال ۲۰۲۲ تحت تأثیر تداوم تورم هزینه خارجی و اختلالات زنجیره تأمین در بخش Power Solutions قرار گرفت که منجر به حاشیه سود قبل از بهره و مالیات (۸.۰) درصد شد درحالی‌که رشد قوی خدمات منعکس‌کننده افزایش سود قبل از بهره و مالیات برای بخش خدمات بود.



سود قبل از بهره و مالیات و حاشیه آن در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲

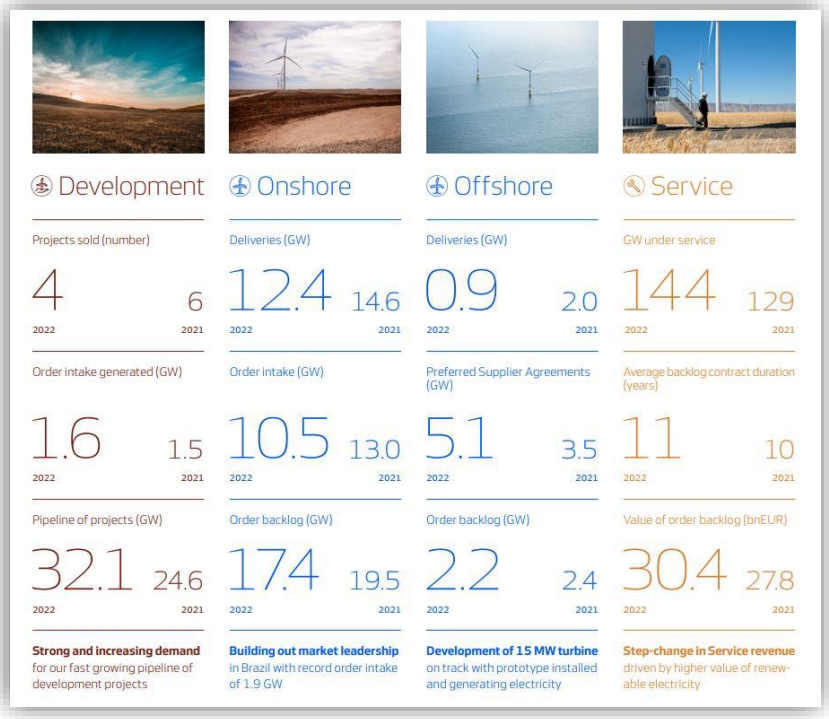
- جریان آزاد نقدینگی[۱۲۸]

در سال ۲۰۲۲، جریان نقدی آزاد (به‌استثنای خرید شرکت‌های تابعه، سرمایه‌گذاری مشترک، و سرمایه‌گذاری‌های مالی)، به (۹۵۳) میلیون یورو رسید که عمدتاً ناشی از سودهای عملیاتی است.

❖ نکات برجسته عملیاتی

در طول سال ۲۰۲۲، وستاس شاهد عدم قطعیت ژئوپلیتیکی و تورم بالا بود که بر تحویل و همچنین پذیرش سفارش در تجارت توربین بادی در خشکی تأثیر می‌گذاشت، اگرچه سفارشات عقب‌افتاده همچنان وجود داشت. کسب‌وکار توسعه وستاس همچنان به پیشرفت خود ادامه داد و تجارت خدمات با ۱۴۴ گیگاوات در دست خدمات به نقاط عطف جدیدی رسید، درحالی‌که توربین V236 ساحلی ۵.۱ گیگاوات را در قراردادهای تأمین‌کننده ترجیحی تضمین کرد، که پتانسیل منطقه تجاری فراساحل را برجسته می‌کند.

[128] Free Cash Flow



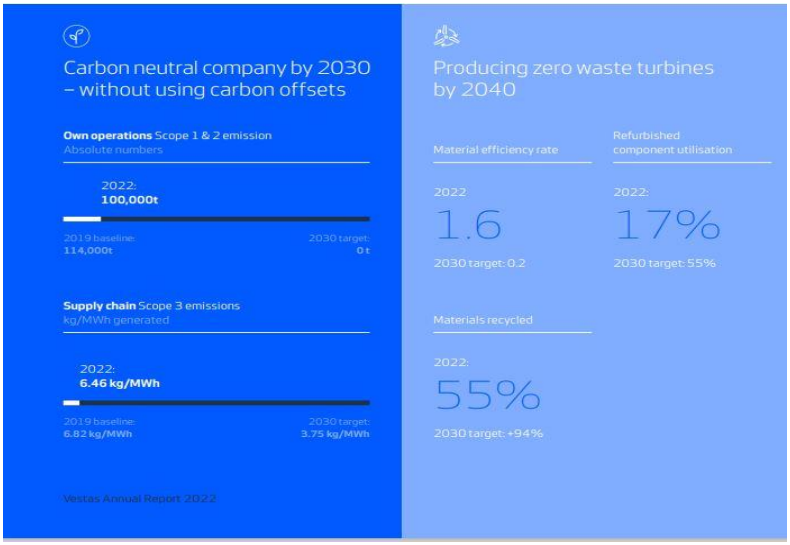
نکات مهم عملیاتی وستاس در سال ۲۰۲۲

❖ نکات برجسته مرتبط با پایداری

استراتژی پایداری وستاس، «پایداری در هر کاری که انجام می‌دهیم» از چهار ستون کلیدی تشکیل شده است و بر اساس ارزیابی اهمیت موضوعات حیاتی برای ذینفعان است. در سال ۲۰۲۲، وستاس به پیشرفت تدریجی در کربن‌زدایی ادامه داد و توانست انتشار کربن را تا ۲ درصد کاهش دهد و راندمان مواد و نرخ بازیافت خود را بهبود بخشد و در راستای هدف خود برای تولید توربین‌های بدون ضایعات تا سال ۲۰۴۰ متمرکز شود. پیشرفتی که در این زمینه ایجاد شد کشف فناوری جدیدی برای بازیافت همه پره‌های موجود و جدید مبتنی بر اپوکسی است.

وستاس به‌طور پیوسته در حال افزایش سهم خود در به‌کارگیری زنان در پست‌های مدیریتی به سمت هدف ۳۰ درصدی تا سال ۲۰۳۰ است. برای اهداف ایمنی، وستاس در دهه گذشته با موفقیت نرخ کل حادثه قابل ثبت[۱۲۹] خود را تقریباً ۶۹ درصد کاهش داد. اخیراً میزان آسیب‌دیدگی نیز کاهش یافته است و در سال ۲۰۲۳ به دنبال راه‌هایی برای ارتقا ایمنی خود برای تبدیل شدن به ایمن‌ترین شرکت در صنعت انرژی خواهد بود.

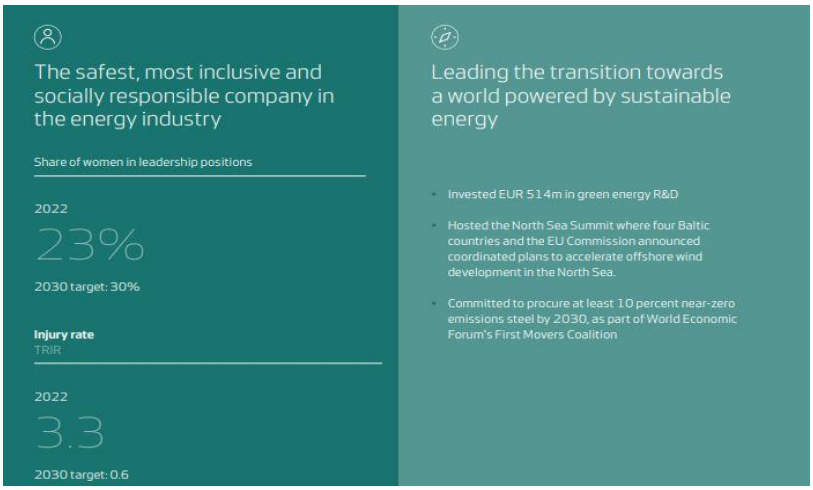
[129] Total Recordable Incident Rate (TRIR)



عملکرد وستاس در شرکت کربن صفر تا سال ۲۰۳۰ و تولید توربین‌های بدون زباله تا سال ۲۰۴۰

❖ اقدامات وستاس در راستای گذار به جهانی با انرژی پایدار

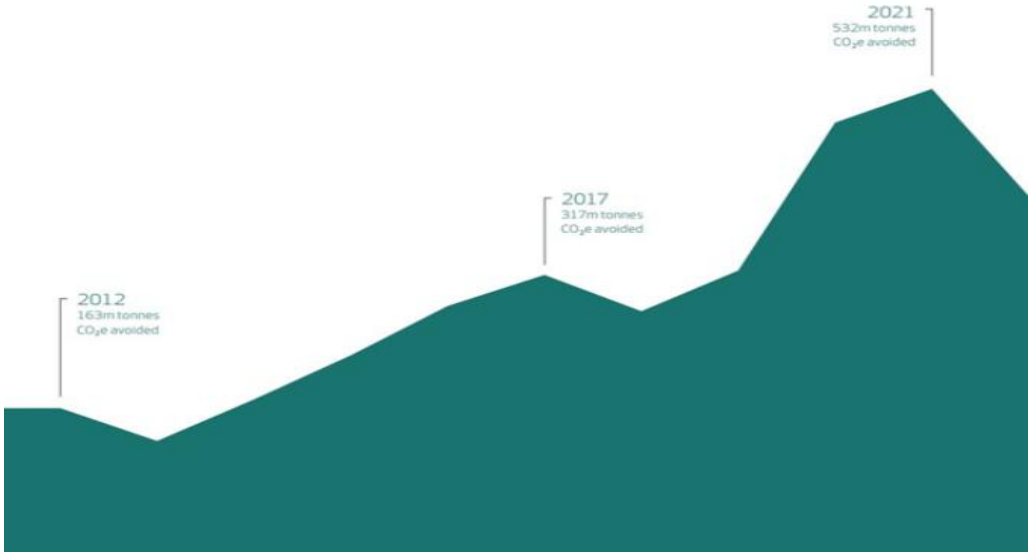
- وستاس ۵۱۴ میلیون یورو در تحقیق و توسعه انرژی سبز سرمایه‌گذاری نمود.
- وستاس میزبان اجلاس دریای شمال بود که در آن چهار کشور بالتیک و کمیسیون اتحادیه اروپا برنامه‌های هماهنگی را برای تسریع توسعه باد دریایی در دریای شمال اعلام کردند.
- وستاس متعهد به تهیه حداقل ۱۰ درصد فولاد با آلایندگی نزدیک به صفر تا سال ۲۰۳۰، به‌عنوان بخشی از ائتلاف اولین محرکان مجمع جهانی اقتصاد شده است.



ایمنی و هدایت گذار به‌سوی جهانی با انرژی پایدار

❖ کربن‌زدایی جهانی

انتظار می‌رود توربین‌های تولیدی این شرکت تقریباً ۵۰ برابر از انتشار گازهای گلخانه‌ای که در زنجیره تأمین و عملیات منتشر می‌شود، جلوگیری کنند. هم‌چنین انتظار می‌رود در طول عمر توربین‌های تولید شده در سال ۲۰۲۲ از ۴۰۸ میلیون تن معادل کربن‌دی‌اکسید جلوگیری شود.



کربن‌زدایی محصولات وستاس

❖ چشم‌اندازهای بلندمدت

- چشم‌اندازهای مالی

انرژی بادی در بیشتر نقاط جهان از جایگزین‌های سوخت فسیلی پیشی گرفته است، و چشم‌انداز سال‌های آینده با نقش محوری فزاینده انرژی باد به‌عنوان زیرساخت حیاتی، امیدوارکننده است. در نتیجه پیش‌بینی‌ها حاکی از رشد متوسط سالانه ظرفیت کل نیروی بادی ۹ درصد تا سال ۲۰۳۰ است.

- انرژی باد در خشکی

انتظار می‌رود تقاضا برای نیروی بادی خشکی در سطح جهان در سال ۲۰۲۳ کاهش یابد. اما از سال ۲۰۲۴، مرحله جدیدی از رشد ناشی از افزایش چشم‌اندازهای جدید برای انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش برق‌رسانی خواهد بود. علاوه بر این، وستاس انتظار دارد که شاهد مشارکت‌های فزاینده از فعالیت‌های توسعه خود باشد. در این زمینه، وستاس اهداف بلندمدت خود را حفظ می‌کند تا سریع‌تر از بازار رشد کند و از نظر درآمد در باد خشکی رهبر بازار باشد.

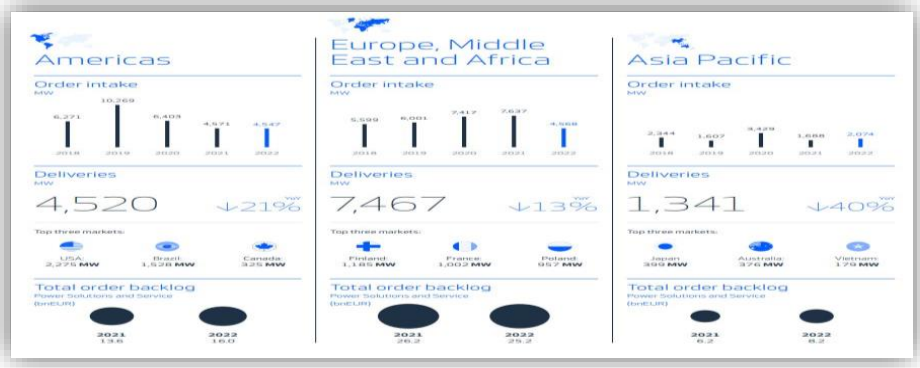
- انرژی باد در دریا

تا سال ۲۰۲۵، با افزایش شدید تأسیسات دریایی سالانه و پلتفرم جدید وستاس که در بازار موردتوجه قرار گرفته است، وستاس قصد دارد یک بازیگر پیشرو در انرژی بادی فراساحلی باشد. بر اساس این مفروضات، وستاس امیدوار است تا سال ۲۰۲۵ به درآمد ۳ میلیارد یورویی (با حاشیه سود قبل از بهره و مالیات هم‌تراز با تجارت خشکی) در حوزه تجاری فراساحل دست یابد.

- خدمات

انتظار می‌رود بازار خدمات انرژی بادی با نرخ تک‌رقمی بالایی رشد کند و وستاس چشم‌انداز بلندمدت خود را حفظ می‌کند تا درآمد خدمات سریع‌تر از بازار رشد نماید. در بلندمدت، با در نظر گرفتن ادغام کسب‌وکار فراساحل، که در حال حاضر حاشیه‌های کمتری نسبت به خشکی ایجاد می‌کند، حاشیه سود قبل از بهره و مالیات خدمات در سطحی حدود ۲۵ درصد پیش‌بینی می‌شود.

انتظارات رشد حوزه کسب‌وکار



عملکرد در بازار جهانی

منبع : Vestas Annual Report 2022

غول‌های فناوری

نقش شرکت زیمنس گمسا در صنعت باد دنیا

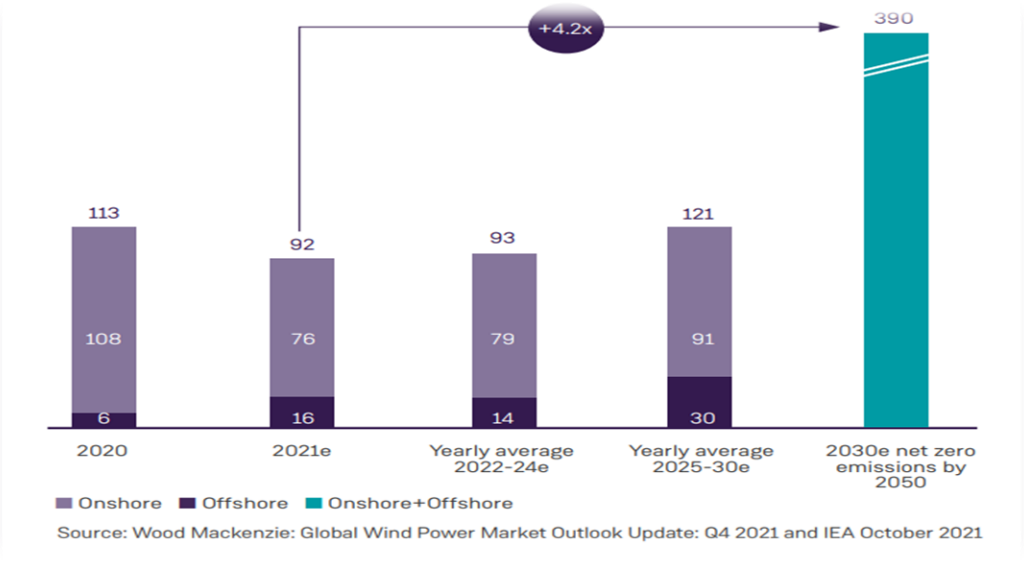
سال‌ها تجربه زیمنس گمسا در پیشگامی در صنعت باد امکان ارائه فناوری‌های پیشرفته را با بهره‌گیری از انرژی باد فراهم نموده است که برای مقابله با چالش بحران آب‌وهوا مناسب خواهد بود. توربین‌های زیمنس گمسا نماینده تعهد این شرکت برای ساختن فردایی بهتر است. از خدمات این شرکت می‌توان به نصب و سرویس‌دهی هزاران توربین اشاره کرد. هم‌چنین این شرکت بیش از ۱۳۰ گیگاوات برق بادی در سراسر جهان تولید می‌کند که انرژی پاک کافی برای تأمین انرژی بیش از ۱۱۰ میلیون خانوار در سال است. از دیگر دستاوردهای زیمنس گمسا، رشد پایدار و ارزش قابل‌توجه برای جوامع محلی در سطح جهانی، ایجاد زیرساخت‌های کلیدی، ایجاد شغل، توسعه مهارت‌ها و موارد دیگر است.

❖ اقدامات مهم زیمنس گمسا در سال‌های اخیر

- چرخه باد: راه‌اندازی RecyclableBlade، اولین پره توربین بادی در جهان که می‌تواند در پایان چرخه عمر خود بازیافت شود. این پیشرفت، گامی مهم به‌سوی هدف بلندپروازانه زیمنس گمسا برای تولید توربین‌های کاملاً قابل بازیافت تا سال ۲۰۴۰ است. ازآنجایی‌که تعداد تأسیسات و اندازه توربین‌ها همچنان در حال افزایش است، با توجه به برنامه‌ریزی برخی از کشورها برای ارائه الزامات سخت‌گیرانه برای بازیافت توربین‌های بادی، این امر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. روش‌های

بازیافتی برای بسیاری از اجزای توربین مانند برج و ناسل وجود دارد. بااین‌حال، مواد کامپوزیتی مورداستفاده در پره‌های روتور برای بازیافت چالش‌برانگیزتر بوده است.

زیمنس گمسا با RecyclableBlade، اولین محصولی که راه‌حل جامع قابل بازیافتی را ارائه می‌دهد، راه را برای آینده‌ای پایدار پیش می‌برد. با فناوری RecyclableBlade، جداسازی مواد پره در زمان ازکارافتادن امکان‌پذیر است. این مواد اکنون می‌توانند با طی پروسه‌های بازیافتی برای استفاده در فرآیندهای مختلف تولید، تبدیل‌شده و در کاربردهای دیگر در صنایع مختلف مورداستفاده مجدد قرار گیرند. RecyclableBlade یک راه‌حل ساده و درعین‌حال قوی است که از طریق نبوغ فناوری توسعه یافته است. به‌این‌ترتیب، تنها با جایگزینی رزین، تمام فرآیندهای تولید حفظ می‌گردد. این بدان معنی است که افزایش تولید و عرضه این محصول قابل بازیافت نه تنها امکان‌پذیر است، بلکه در حال حاضر یک واقعیت است. اولین پره‌ها در کارخانه پره زیمنس گمسا در آلبورگ دانمارک در سال ۲۰۲۱ تولید شدند. RecyclableBlade یک گام مهم برای کمک به مقابله با شرایط اضطراری آب و هوایی به روشی جامع است. اگر بخواهیم RecyclableBlade را برای تمام پروژه‌های دریایی جهانی که تا سال ۲۰۵۰ برنامه‌ریزی‌شده‌اند اعمال کنیم، همه تیغه‌ها روی هم به بیش از ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ تن مواد قابل بازیافت یا وزنی شبیه به بیش از ۱۶۰۰۰۰۰ فیل[۱۳۰] خواهند رسید.



نصب جهانی توربین بادی زیمنس گمسا (برحسب گیگاوات)

[130] Elephants

- تقویت انرژی تجدیدپذیر در کانادا: پروژه انرژی بادی ۱۳۰ مگاواتی Rattlesnake Ridge، یکی از اولین مزارع بادی بدون یارانه در این کشور، اولین پروژه از شش پروژه امضا شده در طول سال مالی ۲۰۲۱ (در مجموع ۸۸۰ مگاوات) بود که کانادا را به عنوان چهارمین نیروگاه خشکی مهم در بازار جهانی برای زیمنس گمسا معرفی کرد.
- حمایت از انقلاب هیدروژن سبز: وضعیت آب و هوایی جهان اضطراری است. غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر همچنان به رشد خود ادامه می‌دهد و سطح دریاها همچنان بالا می‌رود. آهن و فولاد، سیمان، تولید مواد شیمیایی و کشاورزی، همراه با حمل‌ونقل سنگین مانند حمل‌ونقل زمینی، حمل‌ونقل هوایی، و کامیون‌های سنگین، همگی فعالیت‌های قابل‌توجهی در انتشار کربن دی‌اکسید هستند که برقی سازی آن‌ها دشوار و یا کاملاً غیرممکن است. انتقال این بخش‌ها به کربن صفر نیاز به تفکری تازه دارد، زیرا بدون پرداختن به این بخش‌هایی که به‌سختی برقی‌سازی می‌شوند، آب‌وهوا به گرم شدن ادامه خواهد داد. هیدروژن سبز، به عنوان هیدروژنی که توسط یک منبع انرژی تجدیدپذیر تولید می‌شود، یک گام کلیدی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از صنایع با انتشار بالا کربن‌دی‌اکسید است. در این راستا، زیمنس گمسا اولین پروژه جهان را توسعه و راه‌اندازی نموده است که قادر به تولید هیدروژن سبز به‌طور مستقیم از باد، در حالت جزیره‌ای[۱۳۱] است. پروژه Brande Hydrogen نشان‌دهنده یک گام استراتژیک در جهت تحویل هیدروژن سبز در مقیاس بزرگ از اواسط ۲۰۲۰ به بعد است. به موازات آن، این شرکت به نیروهای زیمنس انرژی پیوسته تا یک راه‌حل کاملاً یکپارچه باد فراساحل به هیدروژن[۱۳۲] را توسعه دهد. بر اساس مقاله منتشرشده توسط زیمنس گمسا در ژوئن ۲۰۲۱، برابری قیمت هیدروژن سبز با هیدروژن مبتنی بر سوخت فسیلی می‌تواند از انرژی باد در خشکی تا سال ۲۰۳۰ و از انرژی باد فراساحل، با چارچوب‌های سیاستی مناسب و مکانیسم‌های بازار، تا سال ۲۰۳۵ به دست آید.
- گذار انرژی در آفریقا: زیمنس گمسا پس از امضای اولین قرارداد خود در اتیوپی، حضور خود را در آفریقا گسترش داد. نیروگاه بادی ۱۰۰ مگاواتی به بیش از ۴۰۰۰۰۰ خانوار اتیوپیایی کمک خواهد کرد.
- فصل جدید انقلاب انرژی در آمریکای لاتین: Punta Lomitas، بزرگ‌ترین مزرعه بادی پرو، به ۵۰ واحد از توربین خشکی SG 5.0-145 مجهز خواهد شد.
- پیشروی به‌سوی آینده‌ای پاک‌تر: زیمنس گمسا در سراسر جهان از برق ۱۰۰٪ از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود.

[131] Island Mode
[132] Offshore Wind-to-Hydrogen Solution

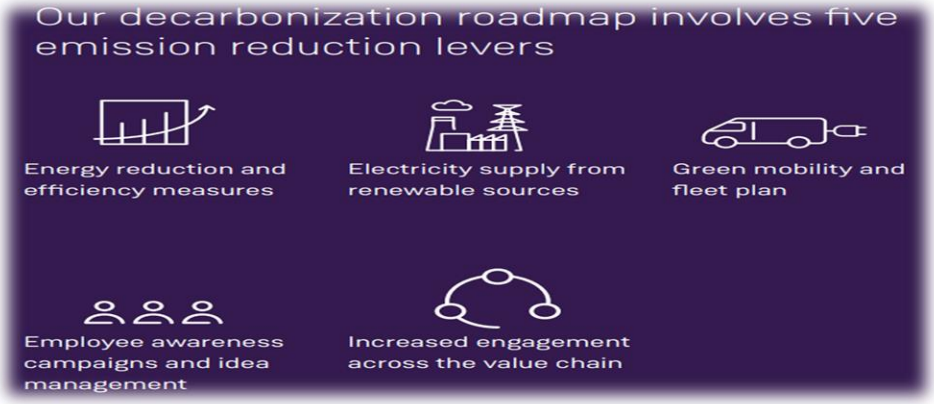
- چرخه صنعت بادی در فیلیپین: پروژه بادی ۱۶۰ مگاواتی Balaoi & Caunayan بزرگ‌ترین مزرعه بادی در فیلیپین (دومین کشور پرجمعیت جنوب شرق آسیا) خواهد بود، زیرا شتاب رشد انرژی باد در این کشور با رشد سالانه ۶ درصدی تقاضا برای برق در حال افزایش است.
- گواهی مقاومت در برابر طوفان: SG 11.0-200 DD با این گواهینامه به توربین بادی فراساحلی SG 8.0-167 DD می‌پیوندد، که تضمین می‌کند هر دو تجهیزات قادر به مقاومت در برابر سرعت باد Typhoon یا T-class هستند، این ویژگی برای برخی از پروژه‌های آسیا و اقیانوسیه موردنیاز است.
- پیشروی در بریتانیا: کارخانه پره‌های توربین‌های فراساحلی در هال[۱۳۳] دو برابر خواهد شد. این توسعه نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری ۱۸۶ میلیون پوندی و ایجاد ۲۰۰ شغل مستقیم جدید است. مطابق برنامه‌ریزی‌های انجام‌شده، این پروژه تا پایان سال ۲۰۲۳ تکمیل می‌شود.
- طرح اقدام جدید برای تنوع‌طلبی و فراگیری: دستیابی به اهداف برابری جنسیتی منجر به قدرت تنوع می‌شود. این مجموعه متعهد شده است که حضور زنان به‌عنوان نیروی کار و مدیریت اجرایی تا سال ۲۰۲۵ به ۲۵ درصد افزایش یابد.

خلاصه‌ای از وضعیت اقتصادی و تجاری زیمنس گمسا

- جهش بزرگ در بخش فراساحلی: سفارش قطعی از مجموعه RWE برای پروژه ۱.۴ گیگاواتی برق بادی فراساحلی صوفیه در بریتانیا، نشان‌دهنده اولین سفارش قطعی برای SG 14-222 DD، توربین فراساحلی این شرکت است.

[133] Hull (شهری در کشور انگلستان)

- رهبر بازار خدمات فراساحلی: تمدید قرارداد اصلی برای سرویس نیروگاه بادی ۷۱۴ مگاواتی East Anglia ONE، از ۵ به ۱۵ سال، یکی از بزرگ‌ترین معاملات در تاریخ واحد تجاری خدمات زیمنس گمسا است. این قرارداد مهم، تمرکز شرکت را بر رهبری بازار خدمات فراساحلی تقویت می‌کند.
- بازارهای جدید برای پلتفرم پرچم‌دار انرژی باد در خشکی: پلتفرم Siemens Gamesa 5.X به اولین سفارشات جدید در بازارهای آلمان و بریتانیا دست می‌یابد، که نشانه قوی این است که یکی از کم‌هزینه‌ترین منابع انرژی قادر به دستیابی به اهداف جاه‌طلبانه خالص صفر کشورها است. در طول سال مالی ۲۰۲۱، پلتفرم Siemens Gamesa 5.X سفارش‌هایی برای بیش از ۲.۱ گیگاوات در بازارهای مختلف مانند سوئد، فنلاند، برزیل، آلمان و بریتانیا دریافت کرد.
- صعود در بازار انرژی باد خشکی: جدیدترین نسل توربینهای ساحلی برای ارائه برق بیشتر ارتقاء یافت. توربین‌های جدید SG 6.6-155 و SG 6.6-170 دارای برق انعطاف‌پذیر از ۵.۶ مگاوات تا ۶.۶ مگاوات هستند. این دو توربین از بزرگ‌ترین قطرهای روتور در بازار(۱۵۵ و ۱۷۰ متر) بهره می‌برند.
- تقویت یک آینده خالص صفر: زیمنس گمسا متعهد به ایجاد تأثیر مثبت بر محیطزیست، ارائه راه‌حل‌های پاک برای تأمین انرژی خانه‌ها، مدارس، بیمارستان در بزرگ‌ترین شهرها تا دورافتاده‌ترین نقاط کره زمین است.
- زیمنس گمسا در سال ۲۰۱۹ به کربن خنثی دست یافت. یعنی پنج سال زودتر از موعد مقرر. در سال ۲۰۲۰، این شرکت ٪۱۰۰ انرژی تجدیدپذیر را تأمین کرد و مرکز ابتکار اهداف علمی[۱۳۴] تأیید کرد که اهداف کاهش انتشار این شرکت تا سال ۲۰۲۵ بلندپروازانه‌ترین سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد را برآورده می‌سازد. مجموعه محصولات و استراتژی کربن‌زدایی زیمنس با هم بزرگ‌ترین مشارکت این شرکت را در کاهش تغییرات آب‌وهوا نشان می‌دهد.



پنج اهرم کاهش انتشار در نقشه راه کربن‌زدایی زیمنس گمسا

[134] Science Based Targets Initiative(SBTi)

❖ عملکرد مالی زیمنس گمسا

زیمنس گمسا یک سال مالی پیچیده ۲۰۲۱ را به پایان رساند که با توجه به شرایط چالش‌برانگیز بازار و همچنین تقاضای بلندمدت برای انرژی بادی، از طریق تعهدات کربن‌زدایی قوی شکل گرفته بود. شتاب قوی در انرژی‌های تجدیدپذیر، تعهدات شرکت را به ۳۲۵۴۲ میلیون یورو افزایش داد و نشان داد که این شرکت در موقعیت مناسبی برای جذب پتانسیل عظیم انرژی بادی قرار دارد. عملکرد شرکت در سال مالی ۲۰۲۱ همچنین منعکس‌کننده عدم تعادل بازار ناشی از شرایط چالش‌برانگیز زنجیره تأمین، با افزایش شدید قیمت کالاها، کمبود برخی از اجزاء، محدودیت‌های لجستیکی و هزینه‌های بالای حمل‌ونقل است. تأثیر این عدم تعادل‌ها به‌ویژه در نیمه دوم سال شدید بود و انتظار می‌رود همچنان بر عملیات در سال‌های مالی پیش رو تأثیرگذار باشد. میزان درآمد در این سال مالی به ۱۰,۱۹۸ میلیون یورو (+ ۷.۵ درصد سالانه) رسید که ناشی از رشد در بخش خدمات دریایی و خدمات پشتیبانی بوده است. این شرکت سال مالی ۲۰۲۱ را با ترازنامه محکم و دسترسی کافی به منابع مالی تکمیل کرد. تا ۳۰ سپتامبر ۲۰۲۱، وضعیت خالص بدهی زیمنس گمسا ۲۰۷ میلیون یورو رسید (با ۴۴۴۳ میلیون یورو در خطوط تأمین مالی متعهد) و در مقابل آن ۱۳۴۶ میلیون یورو نیز جذب کرده بود.

❖ چشم‌انداز پایداری تا سال ۲۰۴۰

زیمنس گمسا کربن‌زدایی، قابلیت بازیافت و منابع انسانی را در مرکز استراتژی پایداری خود قرار می‌دهد. این شرکت در ژوئیه ۲۰۲۱ چشم‌انداز پایداری خود را تا سال ۲۰۴۰ منتشر نمود.

- **کربن‌زدایی**

در میان پروژه‌ها و ابتکارات متعدد، این طرح راهی برای کمک به دستیابی به اقتصاد کربن‌زدایی شده باهدف رسیدن به انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۴۰، از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط کل زنجیره ارزش شرکت، ترسیم می کند. به این منظور، شرکت فرصت هایی را برای دستیابی به نرخ شدت کربن با انتشار صفر به ازای هر مگاوات نصب شده بدون هیچ گونه اقدام جبرانی را دنبال خواهد کرد. اقدامات اصلی جایگزینی سیستم های گرمایش و سرمایش موجود با سیستمهای جدید کربن صفر و تولید در مزارع بادی و کارخانه ها خواهد بود.

- **تعهد به اقتصاد دایره‌ای**

صنعت بادی هنوز جوان است و از مسئولیت خود در یافتن راهکاری پایدار برای بازیافت اجزای توربین بادی در پایان چرخه عمر آن‌ها آگاه است. امروزه بیشتر اجزای یک توربین بادی را می‌توان بازیافت نمود، اما پره‌های توربین بادی، به‌طور خاص، به دلیل مواد مورداستفاده و ترکیب پیچیده آن‌ها، چالش مهمی است. این شرکت یک هدف امیدوارکننده دارد تا تمام توربین‌هایش تا سال ۲۰۴۰، ۱۰۰٪ قابل بازیافت باشند. و پره‌ها نیز تا سال ۲۰۳۰ کاملاً قابل بازیافت خواهند بود. این مرحله نقطه عطفی به‌سوی زنجیره ارزش توربین بادی کاملاً قابل بازیافت است.

- **ایجاد تأثیر واقعی**

زیمنس گمسا از تنوع استقبال می کند و فرصت‌های برابر را برای همه ترویج می‌دهد. این شرکت محیطی فراگیر و امن را ایجاد می کند که در آن هر فردی احساس تعلق کامل داشته باشد و احساس قدرت برای ابراز وجود داشته باشد. برای این منظور، شرکت اهداف بلندپروازانه ای را برای برابری جنسیتی تعیین کرده است و متعهد به افزایش حضور زنان در نیروی کار و همچنین در مدیریت اجرایی به ۳۰ درصد تا سال ۲۰۳۰ است. این شرکت پروژه‌های تعهد اجتماعی خود را بر کاهش فقر در جوامع و مبارزه با تغییرات آب و هوایی و ترویج آموزش تکنولوژیک متمرکز می کند.. این موارد با هدف شرکت برای همسو کردن تمرکز خود با اهداف توسعه پایدار سازمان ملل سازگار است.

منبع:

siemens gamesa renewable energy annual report

غول‌های فناوری

اورستد در سال ۲۰۲۳

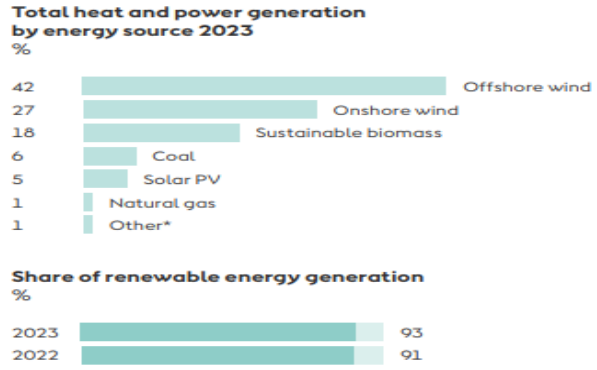
چشم‌انداز اورستد[۱۳۵]، جهانی است که تماماً با انرژی سبز کار می‌کند. اورستد مزارع بادی دریایی و خشکی، مزارع خورشیدی، تأسیسات ذخیره انرژی، تأسیسات هیدروژن تجدیدپذیر و سوخت سبز، و نیروگاه‌های انرژی زیستی را توسعه، ساخت و راه‌اندازی می‌کند. اورستد در فهرست CDP Climate Change A[۱۳۶] به‌عنوان یک رهبر جهانی در اقدامات اقلیمی شناخته شده است و اولین شرکت انرژی در جهان است که هدف انتشار خالص صفر مبتنی بر علم خود را توسط «ابتکار اهداف علمی»[۱۳۷] تأیید کرد. اورستد که دفتر مرکزی آن در دانمارک واقع‌شده است، تقریباً ۸۹۰۰ نفر را استخدام نموده است. در سال ۲۰۲۳، درآمد این گروه ۷۹.۳ میلیارد کرون دانمارک[۱۳۸] (۱۰.۶ میلیارد یورو) بود.

❖ پیشرفت استراتژیک و عملیاتی

پیشرفت استراتژیک و عملیاتی این شرکت در وضعیت متناسبی است. تعداد زیادی از دارایی‌های تجدیدپذیر اورستد در هر دو حوزه فراساحلی و خشکی با چندین پروژه که به تاریخ عملیات تجاری[۱۳۹] و تصمیم نهایی سرمایه‌گذاری[۱۴۰] رسیدند، به رشد

[135] Ørsted
[136] CDP: Carbon Disclosure Project
CDP به عنوان «پروژه افشای کربن» در سال ۲۰۰۰ تاسیس شد و از شرکت ها خواست تا تاثیرات آب و هوایی خود را افشا کنند. برای به دست آوردن نمره A از CDP، سازمان ها باید پیشتازی در توجه به محیط زیست را نشان دهند و اقداماتی را در مورد تغییرات آب و هوا، جنگل زدایی یا امنیت آب افشا کنند. همچنین، باید بهترین عملکرد را در استراتژی های مرتبط با محیط زیست نشان دهند.
[137] Science Based Targets initiative (SBTi)
[138] DKK
[139] Commercial operations date (COD)
[140] Final investment decision (FID)

خود ادامه دادند. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر اورستد از تولید گرما و برق ۹۳ درصد بوده است. در سال ۲۰۲۳، این شرکت، سه پروژه بزرگ بادی فراساحلی با ظرفیت کل ۴.۵ گیگاوات را تا مرحله FID، در بریتانیا، ایالات‌متحده و آسیا و اقیانوسیه [۱۴۱] پیش برد. در بریتانیا، زمانی که مزرعه بادی فراساحلی Hornsea 3 به FID رسید، نقطه عطف مهمی به دست آمد. این نیروگاه با ظرفیت ۲.۹ گیگاوات، بزرگ‌ترین مزرعه بادی فراساحلی جهان خواهد بود. Hornsea 3 انرژی‌های تجدیدپذیر کم‌هزینه را برای بریتانیا فراهم می‌کند و هزاران شغل با کیفیت بالا و میلیاردها پوند سرمایه‌گذاری در زنجیره تأمین باد فراساحلی بریتانیا ایجاد می‌کند. علاوه بر این، مجوز توسعه Hornsea 4 از مقامات بریتانیا اخذ شده است که امکان توسعه پروژه را فراهم می‌آورد. توسعه‌های آینده می‌تواند مجموعه مزارع باد فراساحلی به ظرفیت بیش از ۷ گیگاوات ایجاد کند.



تولید گرما و انرژی در سال ۲۰۲۳

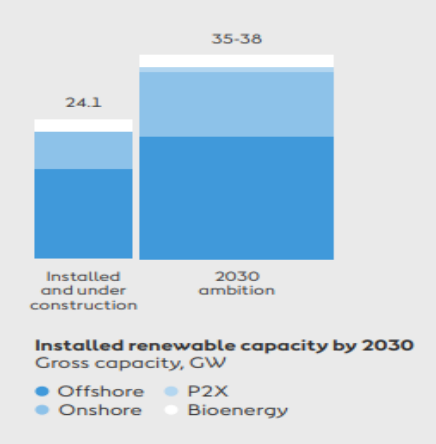
در آسیا و اقیانوسیه، دستاورد مهم دیگری با FID مزارع بادی فراساحلی ۰.۹ گیگاواتی Greater Changhua 2b حاصل شد. انتظار می‌رود تا پایان سال ۲۰۲۵ این نیروگاه‌های بادی تکمیل شوند. علاوه بر این، اورستد در حال نهایی کردن پروژه های Changhua 1 و a۲ است که اولین مزارع بادی دریایی در مقیاس بزرگ تایوان هستند. چهار توربین آخر از ۱۱۱ توربین این نیروگاه، در سه‌ماهه دوم ۲۰۲۴ نصب خواهند شد. این مزارع بادی با ظرفیت کل بیش از ۱.۸ گیگاوات، سهم قابل‌توجهی در گذار تایوان به منابع انرژی پاک و کربن‌زدایی دارند.

ایالات‌متحده هنوز یک منطقه مهم برای اورستد است، و در ماه نوامبر، FID را در مزرعه بادی فراساحلی«انقلاب باد»[۱۴۲]، اخذ نمود. اورستد در این مزرعه با Eversource شراکت دارد. این مزرعه بادی ۰.۷ گیگاواتی دارای آینده جذابی است و انرژی بیش از ۳۵۰۰۰۰ خانه را در رود آیلند و کانکتیکات[۱۴۳] تأمین می‌کند. در ساوت فورک[۱۴۴] در نیویورک، اورستد در آخرین مراحل ساخت اولین مزرعه بادی فراساحلی نیویورک است. انتظار می‌رود COD این پروژه در سه‌ماهه اول ۲۰۲۴ رخ دهد. در ژانویه ۲۰۲۴، قراردادی با Eversource امضا شده است تا ۵۰٪ سهم آن‌ها از Sunrise Wind به اورستد انتقال یابد.

در آلمان، مزارع بادی فراساحلی Gode Wind 3 و Borkum Riffgrund 3 طبق برنامه با COD در سال‌های ۲۰۲۴ و ۲۰۲۵ پیشرفت می‌کنند. این نیروگاه‌های بادی، پس از تکمیل، ظرفیت کل ۱.۲ گیگاوات خواهند داشت.

141 Asia–Pacific(APAC)
142 Revolution Wind
143 Rhode Island and Connecticut
144 South Fork

اورستد در حوزه باد خشکی، همچنان به رشد خود ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۲۳، چهار پروژه با ظرفیت کل ۰.۶ گیگاوات به تاریخ عملیات تجاری رسیدند. در ایالات‌متحده، مزرعه بادی خشکی «سان‌فلاور ویند»[۱۴۵] در کانزاس تکمیل شده است و در آریزونا، ساخت مرکز خورشیدی Eleven Mile، یک سیستم ذخیره انرژی خورشیدی و باتری (BESS) آغاز شده است که انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۴ تکمیل شود. در تگزاس، ساخت‌وساز مرکز خورشیدی Mockingbird ۴۷۱ مگاواتی[۱۴۶] طبق برنامه‌ریزی انجام می‌شود و COD در نیمه دوم سال ۲۰۲۴ پیش‌بینی‌شده است. اورستد به توسعه سبد انرژی‌های تجدیدپذیر اروپا ادامه می‌دهد. در بریتانیا، در سال ۲۰۲۳ اورستد وارد اولین پروژه خورشیدی خود (مزرعه خورشیدی ۷۴۰ مگاواتی One Earth با ذخیره باتری)، شد و در صورت ساخت، یکی از بزرگ‌ترین مزارع خورشیدی بریتانیا خواهد بود. علاوه بر این، FID در فاز یک Garreenleen، اولین پروژه خورشیدی اورستد در ایرلند، اخذ شد و در ژانویه ۲۰۲۴، مزرعه بادی خشکی Farranrory در Tipperary به FID رسید. این شرکت، قراردادهایی را برای هر دو پروژه در سومین مزایده خشکی دولت ایرلند منعقد نموده است. در نهایت، اورستد با توسعه‌دهنده انرژی‌های تجدیدپذیر Terra Solar برای توسعه مجموعه‌ای از پروژه‌های خورشیدی ایرلندی با ظرفیت حداکثر ۴۰۰ مگاوات وارد مشارکت شده است. در تجارت P2X[۱۴۷] اورستد، ساخت پروژه FlagshipOne آغاز شده است که بزرگ‌ترین پروژه متانول الکترونیکی در حال ساخت در اروپا است و انتظار می‌رود که تولید آن در سال ۲۰۲۵ آغاز شود. برای حمایت از این پروژه نوآورانه، Breakthrough Energy Catalyst ۱۵درصد از سهام FlagshipONE را به دست خواهد آورد و مشروط به تحقق آن، کمک‌هزینه‌ای ارائه خواهد کرد. در دسامبر۲۰۲۳، ساخت دو تأسیسات جذب و ذخیره کربن (CCS) در پروژه Ørsted Kalundborg CO2 Hub آغاز شد. در این راستا، قراردادی ۲۰ ساله توسط آژانس انرژی دانمارک[۱۴۸] منعقد شده است. در طول سال ۲۰۲۵، نیروگاه‌های ترکیبی Asnæs و Avedøre شروع به جذب و ذخیره کربن بیوژن خواهند کرد.

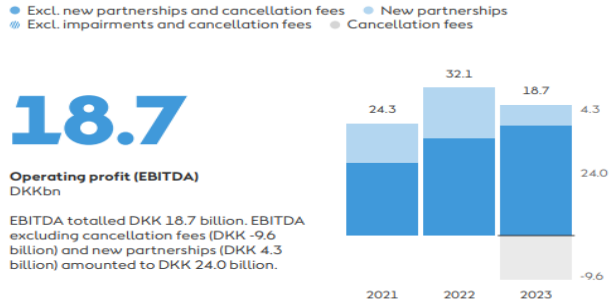


ظرفیت تجدیدپذیر نصب‌شده تا ۲۰۳۰

[145] Sunflower Wind
[146] MWac
[147] Power-to-X (همچنین به عنوان PtX یا P2X شناخته می شود) یک اصطلاح برای فناوری های تبدیلی است که الکتریسیته را به سوخت های مصنوعی غیر کربنی مانند هیدروژن، گاز طبیعی مصنوعی، سوخت های مایع یا مواد شیمیایی تبدیل می کند.
[148] Danish Energy Agency (DEA)

❖ نتایج مالی

سود قبل از بهره، مالیات، استهلاک(EBITDA)[۱۴۹] در سال ۲۰۲۳ بالغ بر ۱۸.۷ میلیارد کرون دانمارک بود. (۳۲.۱ میلیارد کرون دانمارک در سال ۲۰۲۲). EBITDA بدون احتساب شراکت‌های جدید و هزینه‌های لغو به ۲۴.۰ میلیارد کرون دانمارک رسید که در مقایسه با سال ۲۰۲۲، ۳.۰ میلیارد کرون افزایش یافته است.



سود قبل از بهره، مالیات، استهلاک در اورستد – ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳

درآمد حاصل از سایت‌های فعال در فراساحل به دلیل افزایش تولید در Greater Changhua 1 و a۲ و Hornsea 2 بیش از دو برابر شد و به ۲۰.۲ میلیارد کرون دانمارک در سال ۲۰۲۳ رسید. به دلیل قیمت پایین‌تر از حد انتظار برق و سرعت باد و مشکلات در دسترس بودن برخی از دارایی‌های اورستد در ایالات‌متحده، درآمدهای بخش باد خشکی کاهش یافت. به‌طور مشابه، درآمد در بخش بیوانرژی و سایر، به دلیل کاهش قیمت برق و فرصت‌های بهینه‌سازی کمتر مربوط به ذخیره‌سازی گاز و قراردادهای تأمین منابع، کاهش یافت. بازده سرمایه به کار گرفته شده[۱۵۰]، ٪ ۱۴.۲- و سود سال به ۲۰.۲- میلیارد کرون دانمارک رسید. بدون احتساب کاهش ارزش (پس از کسر مالیات) و هزینه‌های ابطال، سود سال ۱۴.۹ میلیارد کرون بود.

ظرفیت تجدیدپذیر نصب شده و سهم آن از تولید در اورستد

❖ هدف

اورستد متعهد به گذار جهانی به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر است و در مسیر رسیدن به هدف خود برای تولید ۹۹ درصد انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۵ قرار دارد. تعهد اورستد برای افزایش ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر، با هدف رسیدن به ظرفیت نصب‌شده ناخالص ۳۵ تا ۳۸ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ تقویت شده است.

[149] Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization(EBITDA)
[150] Return On Capital Employed (ROCE)

❖ تغییر آب‌وهوا، کربن‌زدایی از عملیات و زنجیره ارزش

ایده‌آل اورستد این است که کسب‌وکاری را اداره کند که تأثیر مثبتی بر محیط‌زیست داشته باشد. این آرزو عزم شرکت را برای ارائه راه‌حل‌های انرژی‌های تجدیدپذیر که نه‌تنها انرژی سبز تولید می‌کنند، بلکه انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سراسر تولید، حمل‌ونقل، نصب و بهره‌برداری از دارایی‌های انرژی تجدیدپذیر کاهش می‌دهد، هدایت می‌کند. با انجام این کار، اورستد به‌طور فعال در گذار به اقتصاد خالص صفر موردنیاز فوری مشارکت می‌کند. پرداختن به تغییرات اقلیمی در هسته مدل و استراتژی کسب‌وکار اورستد قرار دارد. تعهد پایداری و هدف خالص صفر مبتنی بر علم در کمیته پایداری اورستد به ریاست مدیر ارشد مالی تثبیت شده است. اورستد همچنین فعالانه از ذی‌نفعان خود می‌خواهد تا برای فعالیت‌هایی که تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را در راستای اهداف توافق‌نامه پاریس سرعت می‌بخشد، اقدام کنند. چرا که نیاز به شفافیت بیشتر در مورد حمایت‌های مرتبط با آب‌وهوا برای کمک به روشن شدن مسیر به سمت استقرار سریع‌تر انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد. اورستد، به‌عنوان یک رهبر قدیمی صنعت در پایداری، در کنار تأثیر مثبت خود از گسترش مقیاس استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، نقشی کلیدی در کاهش اثرات منفی احتمالی، مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استخراج و ساخت مواد و اجزای اصلی موردنیاز برای گذار موفقیت‌آمیز به سمت منابع انرژی تجدید پذیر دارد. بنابراین، متعهد است که نه‌تنها انتشار گازهای گلخانه‌ای را اندازه‌گیری و ردیابی نماید، بلکه به‌طور فعال در جهت کاهش آن‌ها نیز تلاش می‌کند. رویکرد اورستد در این راستا، شامل حذف تدریجی زغال سنگ در سال ۲۰۲۴ است.

❖ اقدامات فعلی در راستای کربن‌زدایی و تغییر آب‌وهوا

در طول سال ۲۰۲۳، اورستد اقدامات زیر را انجام داده است:

- اورستد ۰.۶ گیگاوات ظرفیت تجدیدپذیر جدید از نیروی باد خشکی و انرژی خورشیدی مستقر کرده است که در مجموع به ۱۵.۷ گیگاوات ظرفیت تجدیدپذیر نصب شده رسیده است.
- اورستد ساخت دو تأسیسات CCS را آغاز کرده که برای جذب و ذخیره انتشار کربن از نیروگاه‌های Asnæs و Avedøre با سوخت زیست‌توده طراحی شده‌اند. این پروژه اولین پروژه جذب کربن در مقیاس کامل دانمارک را نشان می‌دهد.
- اورستد ۹۹ درصد از هزینه‌های سرمایه‌ای[151] خود را به سرمایه‌گذاری‌های پایدار از نظر زیست‌محیطی مطابق با طبقه‌بندی اتحادیه اروپا اختصاص داده است.
- اورستد دومین قرارداد را با ESVAGT برای یک کشتی خدماتی متانول امضا کرده است که نقطه عطف مهمی در تلاش برای کربن‌زدایی عملیات باد دریایی است.

[151] Capital Expenditures (CAPEX)

- اورستد وسایل نقلیه جدید خود را از محصولاتی که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند خریداری نمی‌کند و ۶۵٪ از ناوگان وسایل نقلیه آن در حال حاضر الکتریکی است. این میزان در سال ۲۰۲۲، در حدود ۵۱٪ بوده است.
- اورستد به پیشبرد مجموعه پروژه‌های حذف کربن مبتنی بر طبیعت[۱۵۲] با کاشت محصولاتی در گامبیا[۱۵۳]، معادل حدود ۴۰۰۰ هکتار ادامه داد و در نتیجه به بازسازی اکوسیستم‌های حیاتی و کاهش تغییرات آب و هوایی کمک نمود.
- برای رسیدگی به خطرات فیزیکی ناشی از تغییرات آب و هوایی و تأثیر بالقوه آن‌ها، انعطاف‌پذیری همه دارایی‌های جدید را در برابر وقوع خطرات مرتبط با آب‌وهوا ارزیابی می‌نماید.

❖ اقدامات آتی در راستای کربن‌زدایی و تغییر آب‌وهوا

اورستد به احداث انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ادامه خواهد داد.

- در سال ۲۰۲۵، بیش از ۹۹ درصد از تولید انرژی اورستد از منابع تجدیدپذیر تأمین خواهد شد و در سال ۲۰۳۰، هدف رسیدن به ظرفیت نصب شده ۳۵ تا ۳۸ گیگاوات را دارد.
- اورستد در مسیر حذف تدریجی تولید انرژی مبتنی بر زغال سنگ تا قبل از سال ۲۰۲۵ است.
- در سال ۲۰۲۴، در نتیجه توافق بین اورستد و ESVAGT، اولین کشتی سوخت سبز جهان برای عملیات باد ساحلی در سواحل شرقی انگلستان راه‌اندازی خواهد شد.
- اورستد به حذف تدریجی وسایل نقلیه با سوخت فسیلی خود ادامه خواهد داد و تا پایان سال ۲۰۲۵، کل ناوگان خودروهای سبک آن، الکتریکی خواهد شد.
- در طول سال ۲۰۲۵، نیروگاه‌های Asnæs و Avedøre شروع به جذب و ذخیره کربن بیوژن خواهند کرد.
- اورستد متعهد به تقویت بیشتر پروژه‌های حذف کربن است و به‌طور فعال در توسعه ابتکارات جدید در آفریقا و آسیای جنوب شرقی با همکاری سازمان‌های غیردولتی دانمارکی و سازمان‌های محلی مشارکت دارد.

❖ زنجیره ارزش اورستد

در طول سال ۲۰۲۳، اورستد اقدامات زیر را انجام داده است:

- اورستد به همراه Carbon Trust و یازده توسعه‌دهنده انرژی، یک برنامه صنعتی مشترک را برای توسعه اولین روش با پشتوانه صنعت برای محاسبه چرخه عمر اثر کربن در مزارع بادی فراساحلی راه‌اندازی کرده است. این روش رایج به

[152] Naturebased Carbon Removal Projects
[153] Gambia

افزایش شفافیت برای دولت‌ها، سرمایه‌گذاران و تأمین‌کنندگان کمک می‌کند و امکان مقایسه بین توسعه‌دهندگان و دارایی‌ها را فراهم می‌کند.

- اورستد در قراردادهای تأمین‌کنندگان کلیدی خود، انتظارات اقلیمی‌اش را لحاظ کرده است، ازجمله گزارش CDP، تعیین هدف مبتنی بر علم، و پوشش مصرف برق با برق تجدیدپذیر. این الزامات برای تأمین‌کنندگان در تعدادی از دسته‌های مؤثر اعمال می‌شود، که در مجموع به میزان قابل‌توجهی در زنجیره تأمین و هزینه‌های تدارکات اورستد کمک می‌کند.
- اورستد مس کم‌کربن[۱۵۴] را در حوزه کابل صادراتی[۱۵۵] برای بزرگ‌ترین مزرعه بادی جهان، Hornsea ۳ در بریتانیا تهیه‌کرده و با انتخاب مس کم‌کربن، انتشار گازهای گلخانه‌ای از حوزه کابل صادراتی تقریباً ۵۰ درصد کاهش داده است.
- اورستد یک شراکت پیشرو در صنعت ازجمله یک توافقنامه تخلیه اولیه[۱۵۶]. با تأمین‌کننده توربین بادی وستاس[۱۵۷] تشکیل داده است. اورستد متعهد می‌شود که ۲۵ درصد برج‌های توربین با فولادی کم آلاینده[۱۵۸] را برای همه پروژه‌های مشترک تهیه نماید و در صورت وجود، پره‌های ساخته‌شده با مواد بازیافتی را تهیه کند.
- اورستد با Dillinger، سازنده کلیدی فولاد این شرکت برای فونداسیون، یک قرارداد تأمین طولانی‌مدت در مقیاس بزرگ امضا کرده که تا حدی به Dillinger امکان سرمایه‌گذاری در مسیر تولید فولاد کم آلاینده (DRI-EAF) را داده است. این سرمایه‌گذاری باعث کاهش ۵۵ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای شرکت Dillinger در سال ۲۰۳۰ می‌شود.
- برای افزایش سیگنال تقاضای جمعی برای فولاد نزدیک به صفر، اورستد به چالش فولاد نزدیک به صفر[۱۵۹] ۲۰۳۰، ائتلاف First Mover پیوست. این ابتکار بر تعهدات فولاد نزدیک به صفر استوار است و هدف آن تسریع سرمایه‌گذاری در فولاد نزدیک به صفر از طریق کسب اطلاع از برنامه‌های موجود تأمین‌کنندگان و شرکت‌ها و ایجاد ارتباط بین خریداران با تأمین‌کنندگان آینده فولاد نزدیک به صفر است.

❖ تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها، پروژه‌های انرژی با تأثیر خالص مثبت بر تنوع زیستی[۱۶۰]

طبیعت ما تحت‌فشار فزاینده‌ای قرار دارد و از بین رفتن تنوع زیستی تهدیدی بالقوه ویرانگر برای جامعه است. ما برای هوایی که تنفس می‌کنیم، غذایی که می‌خوریم، رونق اقتصادی، محدود کردن تغییرات آب و هوایی و حفاظت از جوامعی که بیشتر در معرض خطر هستند، به اکوسیستم‌های متنوع و سالم وابسته هستیم.

[154] Low-carbon copper
[155] Export cable scope
[156] Early offtake agreement
[157] Vestas
[158] Low-emission steel
[159] Near-Zero Steel
[160] Energy projects with net-positive biodiversity impact

در اورستد، معتقدند که گذار انرژی تجدیدپذیر می‌تواند بخشی از راه‌حل بحران تنوع زیستی باشد، مشروط بر اینکه به درستی انجام شود. دستیابی به این امر مستلزم آن است که قبل از هر چیز اثرات نامطلوب بالقوه‌ای را که خود ساخت‌وساز بر روی حیات‌وحش، زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌ها می‌گذارد، شناسایی و به‌طور فعال رسیدگی شود. همان‌طور که به تولید انرژی‌های تجدیدپذیر خود ادامه می‌دهیم، اورستد مصمم است که طبیعت را به‌عنوان یک کل در وضعیتی بهتر از آنچه که آن را پیدا کرده است، باقی بگذارد. بنابراین، جاه‌طلبی اورستد این است که اقدام مستقیمی انجام دهد تا بتوان در پروژه‌هایی که از سال ۲۰۳۰ به بعد راه‌اندازی شده‌اند، تأثیر مثبت خالص تنوع زیستی داشته باشد. اورستد در تلاش برای بهینه‌سازی نحوه کار و ادغام حفاظت و احیای تنوع زیستی در راه توسعه، ساخت و اجرای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر است.

با توسعه، ساخت و بهره‌برداری از دارایی‌های انرژی تجدید پذیر بیشتر، اورستد از چهاراصل اصلی پیروی می‌کند تا تأثیرات خود را بر تنوع زیستی به‌طور مؤثر مدیریت نماید و برای دستیابی به تأثیر خالص تنوع زیستی مثبت برای پروژه‌های آینده تلاش می‌کند:

- **کربن‌زدایی مبتنی بر علم**[۱۶۱]

سیاست تنوع زیستی اورستد تهدید قابل‌توجهی را که تغییرات آب و هوایی برای تنوع زیستی ایجاد می‌کند به رسمیت می‌شناسد. برای پرداختن به چالش‌های از دست دادن تنوع زیستی و تغییرات آب و هوایی، ما باید از سوخت‌های فسیلی فاصله بگیریم و اهداف کربن‌زدایی مبتنی بر علم را در سراسر زنجیره ارزش تعیین کنیم.

- **اجتناب از تأثیرات منفی بر اساس بهترین علم موجود**

اورستد سلسله‌مراتب کاهش را دنبال می‌کند و بر اجتناب، به حداقل رساندن و کاهش اثرات بر تنوع زیستی تأکید می‌کند. علاوه بر این، کاهش هرگونه اثرات منفی را در اولویت قرار می‌دهد. این شرکت، از طریق ارزیابی‌ها و مطالعات اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی و از طریق پیاده‌سازی فناوری‌هایی برای مدیریت و کاهش تأثیرات، این امر را تضمین می‌کند. اورستد به‌طور فعال دانش خود را در این زمینه‌ها با پرداختن به شکاف‌ها و عدم قطعیت‌های دانش گسترش می‌دهد تا اطمینان حاصل نماید که می‌توان راه‌حل‌هایی را بر اساس بهترین علم موجود، دانش متخصص محلی و آخرین پیشرفت‌های فنی مؤثر اجرا نمود.

- **تعیین اهداف و ارائه تأثیرات مثبت**

برای رسیدن به هدف ۲۰۳۰ و دستیابی به تأثیر خالص تنوع زیستی مثبت، اورستد به چارچوب‌های اندازه‌گیری و گزارش مناسب وابسته است. هدف اورستد ایجاد اهداف روشن با معیارهای مشخص، شفاف و شناخته شده است. این شرکت، در

[161] Science-based decarbonisation

برنامه مشارکت شبکه اهداف مبتنی بر علم[۱۶۲] است و به پذیرندگان اولیه کارگروه افشاهای مالی مرتبط با طبیعت[۱۶۳] تبدیل شده است که به توسعه یک روش استاندارد برای ارزیابی تأثیرات سطح شرکت بر طبیعت کمک می‌کند.

- **اقدام پایداری جامع**

اورستد یک رویکرد کل‌نگر را اتخاذ می‌کند که به پایداری اکولوژیکی، اقلیمی و اجتماعی می‌پردازد. این امر، شامل اجرای سلسله‌مراتب کاهش، ازجمله ارائه پروژه‌های بازسازی در سطح اکوسیستم در صورت امکان، چرخش منابع و حمایت از جوامع محلی است.

❖ کارکنان و ایمنی

اورستد برای کارمندان خود در ارزش قائل است و رضایت کارکنان آن در نظرسنجی سالانه اندازه‌گیری شده است، ۷۶ مورد را در سال ۲۰۲۳ نشان می‌دهد، که در سطح سال گذشته و در محدوده ۲۵ درصد بالای معیار خارجی قرار دارد. فرهنگ ایمنی قوی اورستد نیز قابل‌توجه است. در سال ۲۰۲۳، نرخ مجموع جراحات قابل ثبت[۱۶۴] این شرکت بیش‌ازپیش کاهش یافته و از ۳.۱ سال گذشته به ۲.۸ رسیده است. هدف اورستد ایجاد محیطی فراگیر در تمام سطوح مدیریتی برای جذب و حفظ افراد بااستعداد از هر زمینه و فرهنگ است. اورستد به ارائه فرصت‌های برابر صرف‌نظر از پیشینه قومی، نژاد، مذهب، سن، جنسیت، معلولیت، دیدگاه یا موقعیت اجتماعی معتقد است. برای یکی از اهداف اورستد این است که تا سال ۲۰۳۰ توزیع جنسیتی برابر داشته باشد (حداقل ۴۰٪ زن و ۶۰٪ مرد). این هدف در سه سطح دنبال می‌شود: مدیران ارشد و بالاتر، رهبران مردم، و همه کارمندان. اورستد متعهد به تنوع در مدیریت عالی است و در جهت افزایش سهم زنان در پست‌های اجرایی و مدیریتی از طریق برنامه‌های استعدادیابی و آموزش رهبری تلاش می‌کند.

رضایت از کار در نیروی انسانی و نرخ مجموع جراحات قابل ثبت

[162] Science Based Targets Network's (SBTN)
[163] Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD)
[164] Total Recordable Injury Rate (TRIR)

❖ نگاه به آینده

سال ۲۰۲۳ یک سال چالش‌برانگیز برای صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طورکلی و برای اورستد به‌طور خاص بود. و در حالی که فشارها بر صنعت تجدیدپذیر ادامه دارد، شاهد ابتکارات مثبتی از سوی سیاستمداران و دولت‌ها برای حمایت از توسعه پایدار و بادوام این صنعت بوده‌ایم.

در اروپا، قانون صنعت صفر خالص[۱۶۵] پیشنهادشده توسط کمیسیون اروپا و دستور کار مشترک موردتوافق کشورهای دریای شمال و کمیسیون اروپا، نشانه‌هایی از این امر است و مکمل قانون کاهش تورم ایالات‌متحده از سال ۲۰۲۲ است. بااین‌حال، سرعت این حرکت روبه‌جلو باید تسریع شود. در صنعت فراساحل، قیمت‌های اعطاشده باید منعکس‌کننده سطوح بالاتر هزینه و بهره در سراسر بازار باشد.

اخیراً، دولت بریتانیا به‌طور قابل‌توجهی حداکثر سطح قراردادهای تفاوت[۱۶۶] را برای مزایده آتی در سال ۲۰۲۴ افزایش داد و در نیویورک، شاهد افزایش قیمت قرارداد خرید برق[۱۶۷] در سومین دور درخواست باد فراساحلی ایالت بودیم. این موارد نشانه‌های مثبتی برای صنعت است. تمرکز صرفاً بر پرداخت امتیاز به‌عنوان معیار تصمیم‌گیری کلیدی در مزایده‌ها، باعث ایجاد فشار بیشتر بر زنجیره تأمین می‌شود و فضای محدودی برای سرمایه‌گذاری در افزایش ظرفیت تولید باقی می‌گذارد. برای بادهای فراساحلی، به دست آوردن مجدد شتاب برای درک ارزش پیشنهادی قوی که برای پیوندهای جامعه و نقش کلیدی آن در انتقال انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه می‌کند، بسیار مهم است.

اورستد همچنان به مشارکت ذینفعان و شرکا برای غلبه بر چالش‌ها برای ایجاد یک سیستم انرژی تجدیدپذیر، ایمن و مقرون‌به‌صرفه ادامه خواهد داد. اورستد متعهد به بازسازی ساختار سرمایه خود است و از طریق گزینه‌های رشد اولویت‌بندی شده با بالاترین پتانسیل برای ایجاد ارزش، بانظم و انضباط در راستای جاه‌طلبی رشد بلندمدت خود برای سال ۲۰۳۰ کار خواهد کرد. این شرکت، از چالش‌های امسال درس گرفته و در حال تطبیق مدل عملیاتی خود برای تقویت بیشتر توانایی‌هایش در شکل دادن و رهبری صنعت خود است. «ما مطمئن هستیم که می‌توانیم در تسریع تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های آینده نقشی کلیدی داشته باشیم.»

منبع: Ørsted Annual report 2023

[165] Net-Zero Industry Act
[166] Contracts for Difference (CfD)
[167] Power Purchase Agreement (PPA)

غول‌های فناوری

گلدویند چین و توسعه توربین‌های بادی

گلدویند[۱۶۸] در اورومچی، سین کیانگ، چین در سال ۱۹۹۸ تأسیس شد و در سال ۲۰۰۱ به یک شرکت محدود تغییر ساختار داد. این شرکت در دسامبر ۲۰۰۷ در بورس اوراق بهادار شنژن[۱۶۹] و در اکتبر ۲۰۱۰ در بورس اوراق بهادار هنگ‌کنگ[۱۷۰] پذیرفته شد. عمده فعالیت این شرکت در توسعه و ساخت تجهیزات برق بادی، سرمایه‌گذاری و توسعه مزرعه بادی، بهره‌برداری و نگهداری مزرعه بادی، خدمات مرتبط با آب و سایر مشاغل می‌باشد. این شرکت علاوه بر توربین‌های بادی باکیفیت، خدمات مرتبط با انرژی بادی و راه‌حل‌های یکپارچه را برای سرمایه‌گذاری و توسعه مزارع بادی ارائه می‌کند. گلدویند، با تجربه گسترده خود در تولید توربین‌های بادی و ساخت مزارع بادی، می‌تواند نیازهای همه مشتریان را در کل زنجیره ارزش انرژی بادی به‌خوبی برآورده نماید. این شرکت اکنون بر روی ۳ حوزه تجاری اصلی تمرکز دارد: انرژی باد، اینترنت انرژی[۱۷۱] و راه‌حل‌های حفاظت از محیط‌زیست.

❖ شاخصه‌های گلدویند

- کسب‌وکار گلدویند ۶ قاره و ۳۸ کشور را با ۱۱۲۰۰ کارمند در سراسر جهان پوشش می‌دهد.

[168] Goldwind Science & Technology Co., Ltd
[169] SZSE: 002202
[170] HKEx: 02208
[171] Internet of energy

- تا پایان سال ۲۰۲۲، گلدویند به بیش از ۴۷۰۰۰ توربین بادی در سراسر جهان و ظرفیت نصب تجمعی جهانی بیش از ۹۷ گیگاوات دست یافته است.
- کل دارایی این شرکت ۱۳۶.۸ میلیارد یوان تخمین زده شده است.
- ظرفیت جهانی جدید نصب‌شده سالانه ۱۲.۷ گیگاوات است که رتبه اول را در جهان دارد.
- ظرفیت سالانه جدید نصب‌شده داخلی ۱۱.۳۶ گیگاوات است و سهم بازار آن در چین برای ۱۲ سال متوالی اولین بوده است.
- امروزه توربین‌های بادی گلدویند در سراسر جهان سالانه ۲۲ میلیون کیلووات ساعت برق سبز تولید می‌کنند که معادل ۱۸۰ میلیون تن انتشار دی‌اکسید کربن و ۱۰۰ میلیون مترمکعب احیای جنگل‌ها است.

مشخصات گلدویند

❖ فعالیت‌های اخیر گلدویند

- تحقیق و توسعه، ساخت و فروش ژنراتورهای توربین بادی و قطعات یدکی؛
- ساخت مزرعه بادی، خدمات پس از فروش، گارانتی و خدمات مدیریت دارایی؛
- توسعه و بهره‌برداری از مزارع بادی، متشکل از خدمات تولید برق بادی ارائه شده توسط مزارع بادی گروه و همچنین فروش مزارع بادی؛
- توسعه و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های آب.

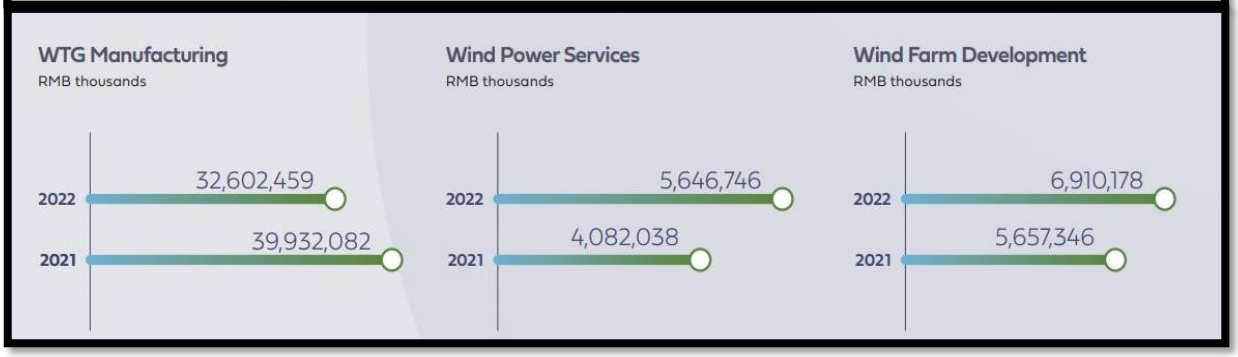
تصاویر آتی نمودار درامد، سود قابل انتساب به صاحبان شرکت، سود هر سهم در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲، خلاصه درآمد در بخش‌های مختلف و توزیع کارکنان شرکت از نظر سن، جنس، ملیت، ساعت کار و تحصیلات را بیان می‌دارند.

نمودار درآمد، سود قابل انتساب به صاحبان شرکت، سود هر سهم در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲

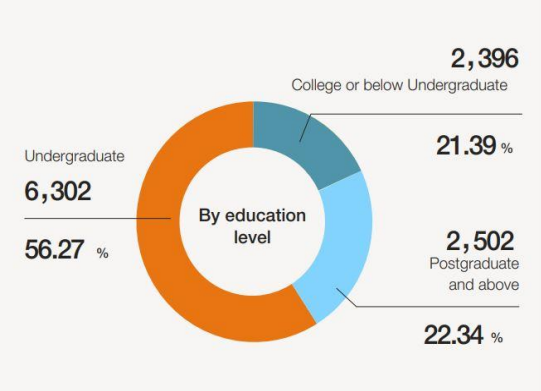
SUMMARY OF SEGMENT REVENUE

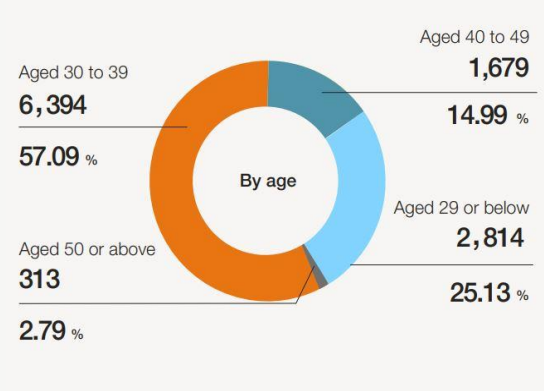
(All amounts in RMB thousands)

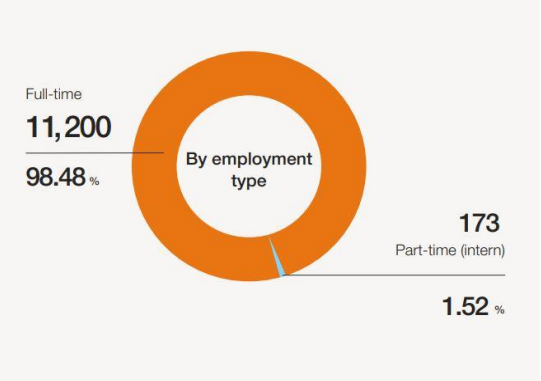
	Year ended 31 December 2022	2021	Percentage Change
WTG Manufacturing	**32,602,459**	39,932,082	-18.36%
Wind Power Services	**5,646,746**	4,082,038	38.33%
Wind Farm Development	**6,910,178**	5,657,346	22.15%
Other	**1,094,151**	1,074,855	1.80%
Total	**46,253,534**	50,746,321	-8.85%

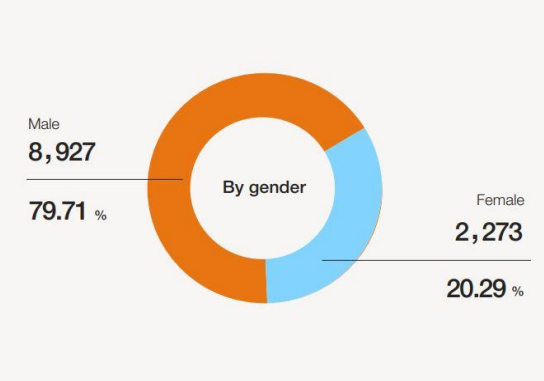


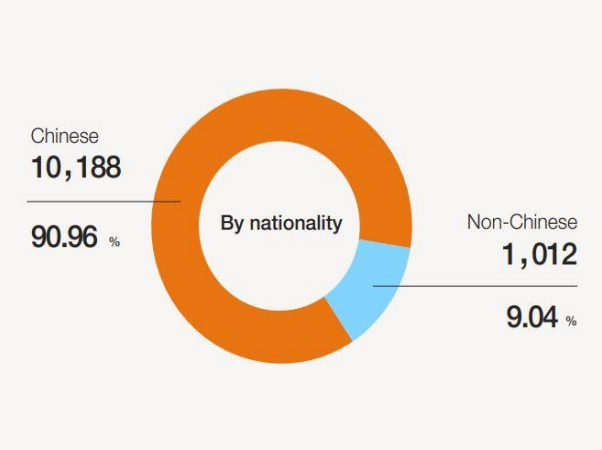
خلاصه درآمد در بخش‌های مختلف (ژنراتور توربین بادی-WTG: wind turbine generator)











توزیع کارکنان شرکت از نظر سن، جنس، ملیت، ساعت کار و تحصیلات

❖ اهداف توسعه پایدار در شرکت گلدویند

- تا سال ۲۰۲۵، انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر ۱۰ هزار یوان درآمد، باید ۲۵ درصد کمتر از سال ۲۰۲۰ باشد.
- تا سال ۲۰۲۵، پسماند خطرناک به ازای هر مگاوات ساعت برق تولیدشده توسط توربین‌های بادی باید ۲۰ درصد کمتر از زباله‌های خطرناک در سال ۲۰۲۰ باشد.
- تا سال ۲۰۲۵، تراکم مصرف آب در تولید و بهره‌برداری باید ۱۵ درصد کمتر از سال ۲۰۲۰ باشد.
- تا سال ۲۰۲۵، تأمین‌کنندگان اصلی گلدویند باید ۱۰۰ درصد از انرژی سبز[۱۷۲] برای تولید محصولات گلدویند استفاده کنند.
- تا سال ۲۰۴۰، ۱۰۰ درصد توربین‌های بادی باید قابلیت بازیافت و استفاده مجدد را داشته باشند.
- تا سال ۲۰۲۳، برنامه‌های مدیریت سلامت باید همه کارکنان ما را پوشش دهد.
- تا سال ۲۰۲۳، تعداد داوطلبان گلدویند باید به ۵۰۰۰ نفر، با حدود ۶۰۰۰ ساعت کار داوطلبانه برسد.
- تا سال ۲۰۲۵، حداقل ۱۰ پایگاه علمی و فناوری جوانان باید ساخته شود.

❖ بهره‌گیری از منابع انرژی سبز و در پایگاه صنعتی تجهیزات برق بادی گلدویند

پایگاه صنعتی تجهیزات برق بادی گلدویند عمدتاً توربین‌های بادی، ناسل‌ها[۱۷۳] و روتورها[۱۷۴]را در مقیاس بزرگ تولید میکند. برای این پایه تولیدی، تجهیزات برق بادی، سلول‌های فتوولتائیک و ریزشبکه هوشمند با هدف ساخت شبکه‌ای با مشخصه «کاهش کربن سه طرفه + یک پلتفرم[۱۷۵]» و کنترل مصرف انرژی و انتشار کربن در کل فرآیند نصب شد. به‌این‌ترتیب، الکتریسیته سبز ۹۵ درصد از برق مصرفی پارک را تشکیل می‌دهد و هزینه کل انرژی بین ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد و فرآیند تولید را سبزتر و انتشار کربن را کمتر می‌نماید.

در طول ساخت توربین بادی، شرکت زباله نسبتاً کمی تولید می‌کند که عمدتاً شامل مقدار کمی زباله خطرناک[۱۷۶] و زباله‌های جامد عمومی[۱۷۷] است. زباله‌های جامد عمومی عمدتاً به زباله‌های تولیدشده در طول ساخت مزارع بادی اشاره دارد. اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد و سایر آلاینده‌های هوا به ندرت در طول فعالیت‌های تجاری و عملیاتی شرکت تولید می‌شوند. این شرکت کاملاً از قانون پیشگیری و کنترل آلودگی محیطزیست توسط مواد زائد جامد و سایر قوانین و مقررات پیروی

172 Green power
173 Nacelles
174 Rotors
175 Three-side carbon reduction + One platform
176 Hazardous waste
177 General solid waste

می‌کند و با رعایت دقیق اصول تفکیک، بازیافت، نگهداری و پردازش متمرکز با انواع زباله‌ها برخورد می‌کند. برای زباله‌های جامد عمومی، شرکت مدیریت متمرکز و بازیافت را انجام می‌دهد یا به شخص ثالثی برای بازیافت و دفع برون‌سپاری می‌کند.

تولید زباله بی خطر در گلدویند

Indicator	Unit	2022	2021	2020
Non-hazardous waste-Construction waste	ton	397.89	1,231.17	826.68

در راستای هدف کاهش انتشار زباله‌های جامد این شرکت سه رویکرد داشته است :

- استفاده مجدد از توربین‌های بادی کامل[۱۷۸]
- بازسازی قطعات[۱۷۹]
- دفع ضایعات باقی‌مانده[۱۸۰]

بهره‌گیری از تجهیزات برق بادی، سلول‌های فتوولتائیک روی پشت‌بام و ریز شبکه‌های هوشمند[۱۸۱]

❖ راه‌حلی نوآورانه برای بازیافت کارآمد پره‌های توربین بادی

بازیافت کارآمد پره‌های ضایعات توربین بادی یک چالش بزرگ پیش روی صنعت است. ازآنجایی‌که پره‌های زباله بیشتر از مواد کامپوزیتی ماتریکس رزین ترموست[۱۸۲] ساخته‌شده‌اند، فرآیند بازیافت مربوطه پیچیده و هزینه‌بر است. بنابراین در حال حاضر هیچ روش بازیافت ایده‌آلی وجود ندارد. در سال ۲۰۲۲، این شرکت به کشف راه‌حل مناسب برای بازیافت پره‌های زباله

178 Reapplication of complete wind turbines
179 Remanufacturing of components
180 Disposal of scrap
181 Smart micro-grids
182 Thermosetting resin matrix composite materials

داد. راه‌حلی که هم بر امکان‌سنجی و هم بر اقتصاد تمرکز دارد. یک زنجیره صنعتی پشتیبان کامل و بزرگ از پره‌های زباله که مراحل زیر را طی کند:

۱. بازیافت محلی[۱۸۳]
۲. خرد کردن موضعی[۱۸۴]
۳. پودرسازی و اختلاط[۱۸۵]
۴. چاپ سه‌بعدی[۱۸۶]
۵. محصولات نهایی[۱۸۷]

درنهایت، در پارک هوشمند کربن خنثی[۱۸۸] واقع در دفتر مرکزی شرکت در پکن، پره‌های زباله به مواد خام برای چاپ سه‌بعدی تبدیل شدند. این شرکت استفاده مجدد در مقیاس بزرگ از پره‌های زباله را با کمک چاپ سه‌بعدی محقق کرده است.

مزیت دیگر این فناوری این است که این شرکت قادر به همکاری با پروژه‌های ساختمانی در اطراف مزارع بادی برای بایگانی مصرف و بازتولید ضایعات پره جامد در مجاورت با استفاده از ربات‌های چاپ سه‌بعدی متحرک است که هزینه حمل‌ونقل طولانی‌مدت را کاهش می‌دهد.

❖ توربین‌های بادی و محیط‌زیست

توربین‌های بادی این شرکت با ویژگی‌های انتشار کربن کم[۱۸۹]هستند تا تحول انرژی جهانی و توجه به تغییرات آب‌وهوایی را رواج دهند. درعین‌حال، به مفهوم حفاظت از محیط‌زیست از طریق فرآیند تهیه، تولید، نصب، بهره‌برداری و نگهداری و تولید توربین‌های بادی سازگار با محیط‌زیست توجه دارد. در مقایسه با سایر فن‌آوری‌های تولید برق، نیروی باد کمترین انتشار کربن را در هر کیلووات ساعت دارد و مزایای قابل‌توجهی از نظر کاربری زمین، اسیدیته پایین و اتروفیکاسیون[۱۹۰] کم نشان می‌دهد.

183 Local recycling
184 Local crushing
185 Powder screening and mixing
186 3D printing
187 Finished products
188 Carbon-neutral smart park
189 Low-emission attributes
190 Eutrophication

این شرکت به انجام ارزیابی چرخه حیات[۱۹۱] توربین‌های بادی برای تجزیه و تحلیل عوامل محیطی در طول چرخه عمر، شناسایی فرصت‌ها برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی در مراحل مختلف و کاهش اثرات نامطلوب بر محیطزیست پرداخته است. پنج نوع توربین بادی تحت ارزیابی چرخه حیات قرار گرفته‌اند و بررسی‌های تأییدیه شخص ثالث[۱۹۲] را گذرانده‌اند. داده‌ها نشان می‌دهد که انتشار کربن به ازای هر واحد برق تولیدشده با ۵ گرم تا ۸ گرم در طول چرخه عمر ۲۰ ساله در تمام پنج نوع توربین بادی مطابقت دارد.

انتشار کربن در هر کیلووات ساعت برای پنج محصول گلدویند

Power generation technology/product	Carbon emissions per kWh (CO_2 equivalent)
Goldwind GW155-4.5MW wind turbine	7.25g
Goldwind GW136-4.2MW wind turbine	8.04g
Goldwind GW165-5.2MW wind turbine	6.25g
Goldwind GW165-5.6MW wind turbine	5.99g
Goldwind GW165-6.0MW wind turbine	5.74g
Wind power (onshore/offshore)[9]	11~12g
Centralized solar power	28g
Thermal power on average	820g

گلدویند دیگر فاکتورهای حیاتی محیطی توربین‌های بادی را شناسایی می‌کند و اقدامات بهینه‌سازی را برای کاهش تدریجی و به حداقل رساندن میزان تأثیر انجام می‌دهد.

- نویز[۱۹۳]: برای مزارع بادی با الزامات کاهش نویز، سطح فشار صوت در نقاط مشخصی با افزایش لبه انتهایی پره‌ها از طریق پیش‌بینی مستقیم بر اساس مدل منبع صدا و مدل انتشار کنترل می‌شود. درنتیجه صدای توربین‌های بادی کاهش می‌یابد و عملکرد صدای محیطی آن‌ها افزایش می‌یابد.
- لرزش سایه[۱۹۴]: توربین‌های بادی این شرکت مجهز به حالت عملکرد کنترل لرزش سایه هستند که امکان محاسبه دامنه ضربه سایه[۱۹۵] بر اساس طول روتور، ارتفاع و فرکانس چرخش و شدت نور محیط، تنظیم فعال

191 Life Cycle Assessment(LCA)
192 Third-party certification
193 Noise
194 Shadow flicker
195 Shadow impact range

وضعیت عملکرد توربین و کنترل فرکانس لرزش سایه از طریق کنترل سرعت چرخشی و مدیریت بخش را فراهم می‌کند.

- حفاظت از پرندگان[۱۹۶]: تجزیه و تحلیل ویدئویی، تصویربرداری حرارتی، تشخیص صدا، تشخیص رادار و سایر فناوری‌ها، به‌طور کامل برای شناسایی فعالیت‌های پرندگان استفاده می‌شوند. فناوری اولتراسونیک[۱۹۷]، فناوری صدای دیجیتال با قدرت بالا[۱۹۸]، فلاش قوی[۱۹۹]، فناوری دفع پرنده لیزری[۲۰۰] و فناوری دفع امواج ضربه‌ای[۲۰۱] برای دور کردن پرندگانی که در حال پرواز به منطقه عملیاتی هستند، استفاده می‌شود. همچنین توپی و پره‌ها به رنگ بنفش رنگ می‌شوند تا از نزدیک شدن پرندگان به توربین‌های بادی جلوگیری شود.
- تأثیر چشم‌انداز زیست‌محیطی[۲۰۲]: هنگام انتخاب مکان و چیدمان توربین‌های بادی، ویژگی‌های چشم‌انداز اطراف کاملاً در نظر گرفته می‌شوند و مشاوره‌های فعالی با جامعه محلی برای ایجاد مزارع بادی در ارتباط با طرح‌ریزی صنعتی محلی انجام می‌شود، بنابراین تأثیر آن بر چشم‌انداز اطراف به حداقل می‌رسد. نقاشی روی تجهیزات به‌طور سفارشی و ویژه انجام می‌شود و توربین‌های بادی رنگ‌شده راه‌اندازی می‌شوند تا کاملاً با فرهنگ و محیط ترکیب شوند.

توربین بادی Fenglingdu با اشارات ملی و تاریخی

منابع:

- Goldwind Sustainability Report 2022_English
- Goldwind ANNUAL REPORT 2022

196 Bird protection
197 Ultrasonic technology
198 High-power digital voice technology
199 Strong flash
200 Laser bird repelling technology
201 Shockwave explosion
202 Eco-landscape impact

تحولات راهبردی

انرژی باد در هند، چالش‌های دستیابی به افق‌های روشن‌تر

در سال ۲۰۲۲، ۷۷.۶ گیگاوات ظرفیت جدید برق بادی به شبکه‌های برق در سطح جهان متصل شد. این امر مجموع ظرفیت نصب شده بادی را به ۹۰۶ گیگاوات رساند که نشان‌دهنده رشد ۹ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۱ است. بااین‌حال، رشد ظرفیت انرژی بادی هند به‌عنوان چهارمین شرکت‌کننده بزرگ، نسبتاً کندتر بوده است و بر نیاز به رسیدگی به چالش‌ها و تسریع در گسترش برای آزاد کردن پتانسیل کامل آن تأکید دارد. با توجه به اینکه باد یک منبع حیاتی برای دستیابی به اهداف کربن صفر هند است، در ادامه ، به عوامل مؤثر بر رشد و نقشه راه بادی هند پرداخته می‌شود.

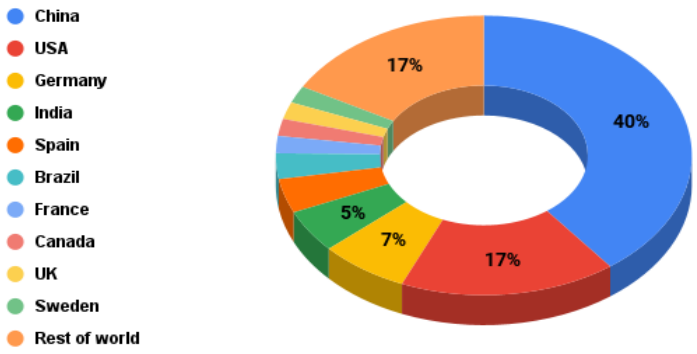
هند دارای ظرفیت نصب ترکیبی انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۷۹.۳۲ گیگاوات از مجموع ظرفیت نصب شده برق ۴۱۶ گیگاوات است. انرژی بادی ۲۴.۸۲ درصد از کل ظرفیت تجدیدپذیر هند را در اختیار دارد و به‌عنوان تأمین‌کننده اصلی انرژی پاک شناخته می‌شود. در حال حاضر با ظرفیت نصب شده ۴۲.۸ گیگاوات. هند چهارمین ظرفیت انرژی بادی است[۲۰۳] و هدف ارتقا در COP26 ۵۰۰ گیگاوات انرژی مبتنی بر سوخت غیرفسیلی با ۱۴۰ گیگاوات ظرفیت بادی تا سال ۲۰۳۰ تعیین کرده است.

چشم‌انداز میان‌مدت انرژی بادی در سال ۲۰۲۳ نرخ رشد دورقمی ۱۵ درصدی را نشان می‌دهد. اطلاعات بازار شورای جهانی انرژی بادی[۲۰۴] پیش‌بینی می‌کند که در پنج سال آینده ۶۸۰ گیگاوات ظرفیت جدید اضافه خواهد شد که معادل بیش از ۱۳۶ گیگاوات تأسیسات جدید در سال تا سال ۲۰۲۷ است.

[۲۰۳] طبق گزارش وضعیت جهانی REN21 Renewables 2022

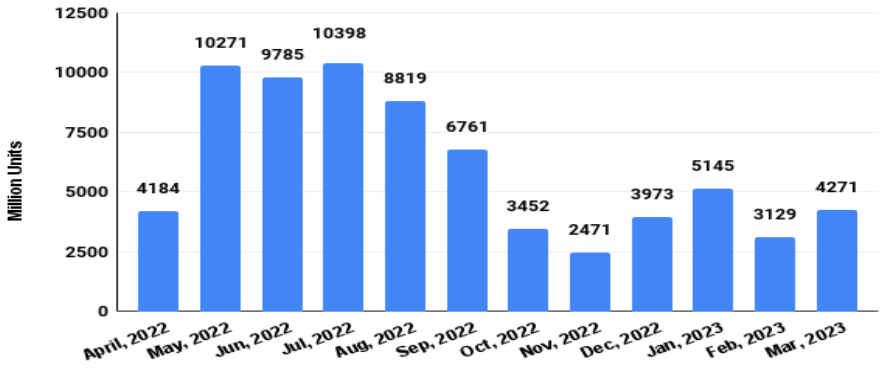
[204] Global Wind Energy Council (GWEC)

چین با ۸۲ گیگاوات ظرفیت شناسایی‌شده سالانه، بر مونتاژ ناسل توربین بادی خشکی جهان تسلط دارد. اروپا با ۲۱.۶ گیگاوات ظرفیت مونتاژ سالانه در سال، دومین پایگاه بزرگ تولید ناسل توربین خشکی در جهان است و پس از آن ایالات‌متحده (۱۳.۶ گیگاوات)، هند (۱۱.۵ گیگاوات) و آمریکای لاتین (۶.۲ گیگاوات) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مجموع، چین، ایالات‌متحده، آلمان، هند و اسپانیا ۷۲ درصد از کل ظرفیت نیروگاه بادی نصب شده جهان را تا پایان سال ۲۰۲۲ به خود اختصاص دادند.



ظرفیت نصب شده باد خشکی – منبع: گزارش جهانی باد ۲۰۲۳

علیرغم اینکه ظرفیت جهانی انرژی بادی در سال ۲۰۲۲ رشد ۹ درصدی را تجربه کرده است، پیشرفت هند در این بخش نسبتاً محدودشده است. در حالی که ۱.۵۸ گیگاوات برق بادی در سه ماهه اول راه‌اندازی شد، به دلیل عواملی مانند تورم بالا، در دسترس نبودن شبکه، و زمان‌بندی طولانی برای راه‌اندازی، به‌طورکلی افزایش‌ها نسبت به‌پیش‌بینی‌ها کمتر بود. این روند نزولی قابل‌توجه در تولید ماهانه برق بادی هند در ۱۲ ماه گذشته نگرانی‌هایی را در مورد ثبات و رشد بخش انرژی بادی این کشور ایجاد کرده است.



تولید ماهانه برق بادی هند – منبع: renewableindia.in

در آوریل ۲۰۲۲، خروجی تولید باد ۴۱۸۴.۰۳ میلیون واحد[۲۰۵] بود که در مقایسه با ماه‌های قبل به‌طور قابل‌توجهی کمتر بود. این روند با ارقام نوسانی در ماه‌های بعدی ادامه یافت و به کمترین حد خود یعنی ۲,۴۷۱.۹ میلیون واحد در نوامبر ۲۰۲۲ رسید. در حالی که بهبودی جزئی در دسامبر ۲۰۲۲ و ژانویه ۲۰۲۳ مشاهده شد، این اعداد همچنان در مقایسه با ماه‌های قبل پایین‌تر هستند.

❖ دلایل کاهش سرعت تولیدات بادی چیست؟

بخش انرژی بادی هند با رقابتی از بخش برق فتوولتائیک خورشیدی که به‌سرعت در حال رشد است، مواجه شده است. در سال‌های اخیر، کارشناسان احساس می‌کنند که توجه سیاسی و حمایت قابل‌توجهی به بخش خورشیدی در هند صورت گرفته است. مانوج‌سایل[۲۰۶]، مدیر ارشد (تجدیدپذیر) در گروه‌های شرکت‌های آگاروال[۲۰۷]، می‌گوید: «برداشتن مشوق‌های مناسب صنعت مانند معافیت‌های مالیاتی در فروش برق و همچنین اختلال در زنجیره تأمین بر این بخش تأثیر گذاشته است. یک چارچوب سیاستی قوی و پایدار لازم است که تقاضا برای توربین‌های بادی را تحریک کند و تولیدکنندگان را تشویق کند تا عرضه را به بازار داخلی بازگردانند. این بخش به سطح بالاتری از صلاحیت‌ها و مهارت‌های فنی برای ساخت توربین‌ها و ساخت و نگهداری نیروگاه‌های بادی نیاز دارد.» هند یک گزارش راهبردی منتشر کرده است که ۳۷ گیگاوات باد دریایی را تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی می‌کند. این امر نشان‌دهنده قصد این کشور برای توسعه بخش باد دریایی است، اما همچنین نیاز به ایجاد بازاری برای باد فراساحلی و رسیدگی به چالش‌های مرتبط را برجسته می‌کند.

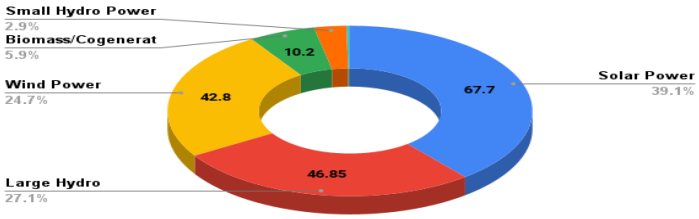
هنگامی که با M. K. Deb، رئیس شرکت مشاوران انرژی تلفیقی[۲۰۸] در مورد چالش‌های پیش روی صنعت انرژی بادی مصاحبه شد، او گفت: «در حال حاضر، محدودیت اصلی برای افزودن ظرفیت جدید پروژه‌های برق بادی، در دسترس بودن سایت‌های مناسب است. در چند سال گذشته، تحولات نامطلوب زیادی از نظر افزایش قیمت‌ها توسط مافیای زمین، تردید کشاورزان برای فروش با نرخ‌های منصفانه، موانع دسترسی به سایت و حق تقدم، و افزایش هزینه‌ها توسط آژانس‌های دولتی[۲۰۹] پس از راه‌اندازی پروژه ازجمله مالیات‌های اضافه‌شده، رخ داده است.»

علاوه بر این، هدف هند سرمایه‌گذاری بر فرصت‌های زنجیره تأمین، به‌ویژه با استفاده از نقش شرکت‌های کوچک و متوسط در بخش تولید بادی است. این تمرکز بر زنجیره تأمین داخلی ممکن است برای توسعه کامل، نیاز به زمان داشته

[205] Million Units (MU)
[206] Manoj Sail
[207] Agarwal Groups of Companies
[208] Consolidated Energy Consultants Ltd (CECL)
[209] State Nodal Agencies

باشد. دیگر چالش‌هایی که منجر به رکود می‌شوند عبارت‌اند از انتقال به مسیر حراج معکوس[۲۱۰]، فقدان انگیزه‌های مالی، چالش‌ها در تأمین امنیت زمین در سایت‌های بادخیز و ایجاد زیرساخت انتقال برق[۲۱۱] برای پروژه‌ها.

با توجه به افزایش ظرفیت اضافه‌شده پروژه‌های جدید برق بادی، در سال مالی ۲۰۲۲–۲۰۲۳ نسبت به سال قبل، بهبودهایی حاصل‌شده است. ظرفیت اضافه‌شده جدید در سال ۲۰۲۲–۲۰۲۳، ۲۲۷۵.۷۵ مگاوات است در حالی که سال قبل ۱۱۱۰.۵ مگاوات افزوده‌شده است.



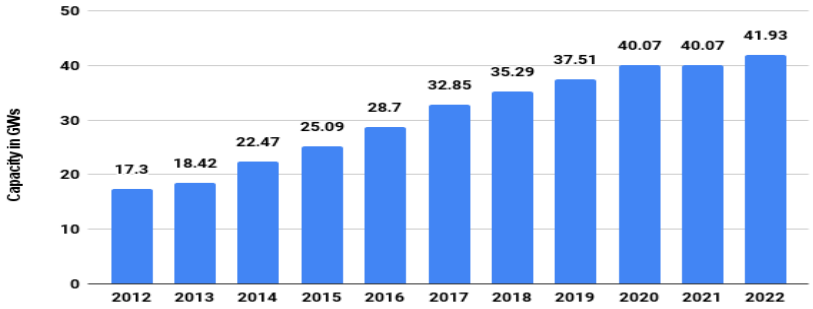
ظرفیت نصب شده انرژی تجدیدپذیر در هند– منبع: Investindia

پژوهشی توسط موسسه ملی انرژی بادی[۲۱۲] برای ارزیابی پتانسیل نیروی بادی هند در ارتفاع ۱۵۰ متری انجام شد. اکنون پتانسیل ارزیابی‌شده برای پروژه‌های خشکی ۱۱۶۳ گیگاوات است. بااین‌حال، سایت‌های بالقوه دارای ضریب ظرفیت[۲۱۳] بالا ۳۶ درصد و بالاتر (که برای دوام مالی پروژه ضروری است) ۱۶۳ گیگاوات است. هند قبلاً از سایت‌هایی با ظرفیت کل ۴۲ گیگاوات استفاده کرده است و اکنون ۱۲۰ مگاوات برای توسعه‌های جدید در دسترس دارد.

بنا بر پیش‌بینی شرکت جهانی انرژی بادی[۲۱۴]، انتظار می‌رود ظرفیت جدید سالیانه در هند از ۳۴۰۰ مگاوات در سال ۲۰۲۳ به ۵۰۰۰ مگاوات در سال ۲۰۳۰ با دوره‌های افزایش متوسط و نوسانات جزئی افزایش یابد. پیش‌بینی‌ها حاکی از گسترش قابل‌توجه‌تری در سال‌های بعد است که به‌طور بالقوه توسط عواملی مانند سرمایه‌گذاری، پیشرفت‌های فناوری و سیاست‌های حمایتی هدایت می‌شود و به تلاش‌های هند برای گسترش بخش انرژی‌های تجدیدپذیر کمک می‌کند. انرژی بادی باید به‌طور کامل با پتانسیل کامل خود مورد بهره‌برداری قرار گیرد و افزودن پروژه‌های فراساحلی، زنجیره تأمین باد را تقویت خواهد کرد. دولت هند در تلاش است تا روند مناقصه را لغو کند، از هزینه‌های فروش نیروی بادی بین ایالت‌ها چشم‌پوشی کند، و پارک‌های انرژی تجدیدپذیر جدید را اعلام کند تا زمین را برای توسعه‌دهندگان مزارع بادی در دسترس قرار دهد.

---

[210] Transition to the reverse auction route
[211] Power evacuation infrastructure
تخلیه برق به معنای تأسیساتی است که به توان تولید شده اجازه می‌دهد تا فوراً از یک نیروگاه تولید به شبکه برای انتقال بیشتر منتقل شود.
[212] National Institute of Wind Energy
[213] Capacity Utilization Factor (CUF)
[214] Global Wind Energy Corporation



ظرفیت تجمعی نصب سالانه توربین‌های بادی در هند – منبع: Statista

M. K. Deb ادامه می‌دهد: «در سال گذشته، سه پیشرفت مهم که سرمایه‌گذاری در این بخش را تشویق می‌کند، رخ داد.

- شرکت انرژی خورشیدی هند[۲۱۵] مناقصه معکوس[۲۱۶] را متوقف کرد و قیمت فروش را به ۳.۲۴ روپیه بر کیلووات ساعت افزایش داد و در نتیجه سرمایه‌گذاری خصوصی را جذب کرد.
- هنجارهای سختگیرانه ESG[217] منجر به افزایش تقاضا برای انرژی پاک باد در تجارت و صنعت شده است.
- ماموریت ملی هیدروژن مصرف انرژی باد پاک را افزایش خواهد داد.

بخش انرژی بادی هند، علیرغم اینکه چهارمین سهم بزرگ در ظرفیت انرژی بادی است؛ در مقایسه با روندهای جهانی رشد کندتری را تجربه کرده است. چالش‌هایی مانند رقابت در بخش خورشیدی، تغییر سیاست‌ها، اختلال در زنجیره تأمین و مسائل مربوط به تملک زمین، مانع پیشرفت شده است. همچنین، فقدان مشوق‌ها و سیاست‌های پایدار، بر تقاضا و عرضه تأثیر گذاشته است. نیازهای استعداد و مهارت‌های فنی این بخش نیز (به‌ویژه در مورد پروژه‌های بادی فراساحلی آتی)، به‌عنوان چالش ذکرشده است. پرداختن به این مسائل مستلزم یک چارچوب سیاستی پایدارتر، مشوق‌هایی برای تولیدکنندگان، رفع چالش‌های تملک زمین، سرمایه‌گذاری در توسعه مهارت و تمرکز بر زنجیره تأمین داخلی است. علی‌رغم چالش‌ها، در سال‌های اخیر پیشرفت‌هایی صورت گرفته است و پتانسیل رشد، به‌ویژه با اضافه شدن پروژه‌های فراساحلی و افزایش تقاضا برای انرژی پاک، امیدوارکننده است.

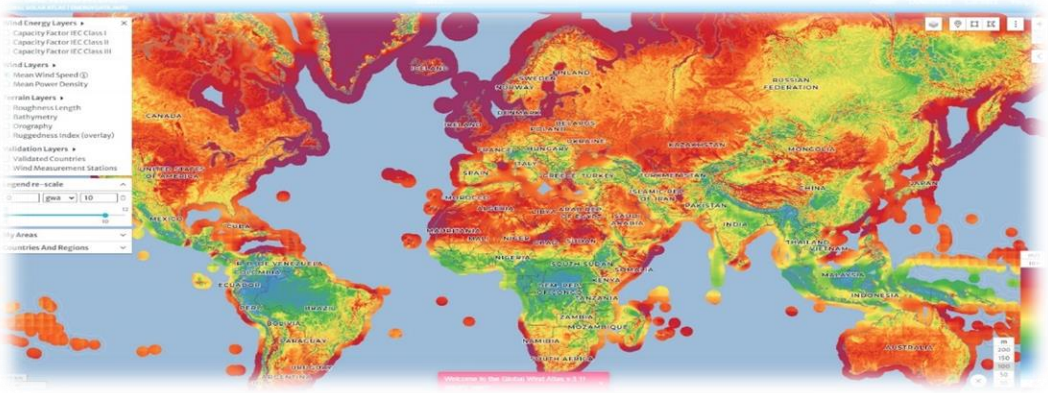
منبع:

- energyexpoindia.com - Wind Energy in India: Navigating Challenges – 24 August 2023
- tpci.in - Wind Energy in India: Navigating Challenges for Brighter Horizons - 22 August 2023

[215] Solar Energy Corporation of India Limited(SECI)
[216] Reverse bidding
[217] Environmental, social, and governance

تحولات دیجیتال

اطلس جهانی باد



گلوبال‌ویندا‌طلس[۲۱۸] یک نرم‌افزار رایگان و مبتنی بر وب است که برای کمک به سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و سرمایه‌گذاران در راستای شناسایی مناطق پرباد برای تولید برق بادی تقریباً در هر نقطه از جهان و سپس انجام محاسبات اولیه، توسعه‌یافته است. گلوبال‌ویندا‌طلس تحقیقات آنلاین را تسهیل می‌کند و مجموعه داده‌های قابل دانلود رایگان را بر اساس آخرین داده‌های ورودی و روش‌های مدل‌سازی ارائه می‌دهد. کاربران همچنین می‌توانند نقشه‌های با وضوح بالا از پتانسیل منابع بادی را برای استفاده در ابزارهای GIS[219]، در سطح جهانی، کشوری و واحد اداری اول (ایالت/استان/و غیره) دریافت کنند.

❖ ویژگی‌های کلیدی گلوبال‌ویندا‌طلس

اطلس جهانی باد به سیاست‌گذاران، برنامه ریزان و سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا مناطق پرباد را برای تولید برق بادی تقریباً در هر نقطه از جهان شناسایی کنند.

- پوشش جهانی خشکی
- پوشش فراساحلی تا ۲۰۰ کیلومتر از خط ساحلی
- نقشه‌برداری از منابع باد در فاصله شبکه افقی ۲۵۰ متر

[218] Global Wind Atlas
[219] Geospatial Information Systems

- نقشه‌برداری منابع بادی در ارتفاعات ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از سطح زمین/دریا
- اطلس جهانی باد به سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا محاسبات اولیه را انجام دهند.
- کاربران می‌توانند منبع باد و داده‌های GIS برای همه لایه‌ها را در یک منطقه خاص، یا در داخل یک کشور یا اولین واحد اداری (ایالت/استان/و غیره) ارزیابی کنند.
- کاربران می‌توانند تغییرپذیری منابع باد را بر اساس سال، ماه و ساعت ارزیابی کنند.
- کاربران می‌توانند به آخرین داده‌ها، ابزارها و متدولوژی‌ها به‌طور رایگان دسترسی داشته باشند
- اطلس جهانی باد به کاربران اجازه می‌دهد تا نقشه‌های با وضوح بالا را که منابع باد جهانی، کشور و اولین واحد مدیریتی را نشان می‌دهد دریافت کنند.
- نقشه‌های میانگین سرعت باد و میانگین چگالی برق بادی برای جهان و منتخبی از کشورها و اولین واحدهای اداری را می‌توان به‌صورت نقشه‌های با وضوح بالا در فرمت PNG و PDF دریافت کرد.
- ابزار تولید نقشه‌های سفارشی ضریب ظرفیت[۲۲۰]، میانگین چگالی برق بادی[۲۲۱]، میانگین سرعت باد، کوه نگاری[۲۲۲] و طول ناهمواری[۲۲۳] را در قالب PDF ارائه می‌کند.
- ابزار محاسبه بازده انرژی به کاربران این امکان را می‌دهد تا با ایجاد داده‌های GIS قابل دریافت برای تولید انرژی سالانه، ضریب ظرفیت یا ساعات بار کامل، بازده انرژی یک توربین بادی عمومی یا سفارشی را ارزیابی کنند.

❖ هدف

گلوبال‌ویندااطلس در درجه اول از توسعه نیروی باد در طی مراحل اکتشاف و ارزیابی اولیه منابع بادی قبل از نصب ایستگاه‌های اندازه‌گیری هواشناسی در محل، پشتیبانی می‌کند. همچنین به‌عنوان ابزار مفیدی برای دولت‌ها عمل می‌کند تا درک بهتری از پتانسیل منابع بادی خود در سطوح استانی و محلی داشته باشند. سایر اهداف گلوبال‌ویندااطلس عبارت‌اند از:

- ارائه داده‌های منابع بادی با وضوح بالا.
- استفاده از مدل‌سازی در مقیاس کوچک برای ثبت تغییرپذیری سرعت باد (برای تخمین بهتر کل منابع باد ضروری است).
- استفاده از یک روش واحد در سراسر جهان و به‌روزرسانی اطلس باد جهانی با توسعه روش.
- اطمینان از شفافیت در مورد روش مورداستفاده

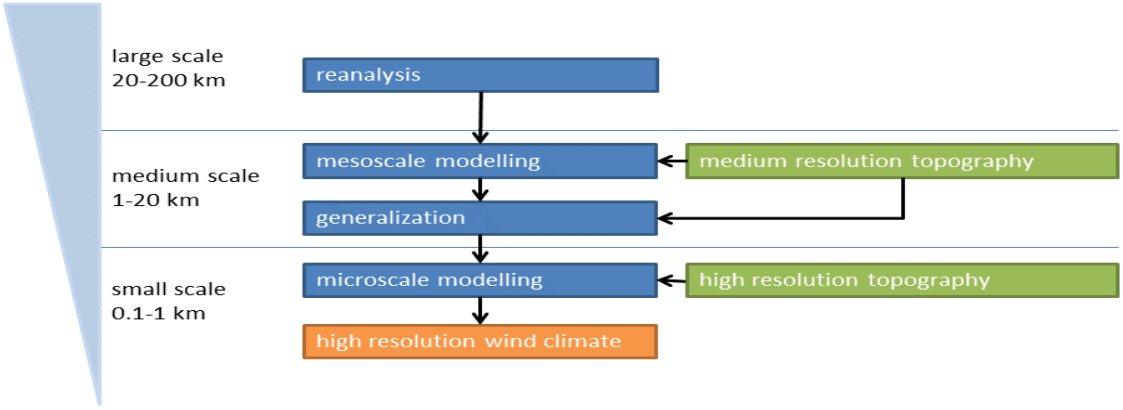
[220] Capacity Factor
[221] Mean Wind Power Density
[222] Orography
[223] Roughness Length

❖ محدودیت‌های اطلس جهانی باد

گلوبال‌ویندااطلس از دو جزء اصلی مدل‌سازی استفاده می‌کند که می‌تواند عدم قطعیت را در محاسبات وارد کند. این مؤلفه‌ها مدل‌سازی در مقیاس متوسط[۲۲۴] و مدل‌سازی در مقیاس میکرو[۲۲۵] هستند.

عدم قطعیت‌های مرتبط با مدل‌سازی در مقیاس متوسط عبارت‌اند از: بازنمایی و نمونه‌برداری در مقیاس بزرگ[۲۲۶]، اندازه شبکه مدل، توصیف ویژگی‌های سطح، چرخش مدل[۲۲۷]، زمان شبیه‌سازی و اندازه دامنه مدل‌سازی.

عدم قطعیت‌های مرتبط با مدل‌سازی ریزمقیاس شامل مدل جریان کوه نگاری[۲۲۸]، توصیف سطح و انحراف از مشخصات باد مرجع[۲۲۹] است. با توجه به مدل جریان کوه نگاری، مدل زمانی که زمین اطراف به‌اندازه کافی ملایم و هموار باشد تا جریان‌های عمدتاً متصل را تضمین کند، عملکرد خوبی دارد. به هدف حفظ پوشش جهانی گلوبال‌ویندااطلس، از مدل BZ در مناطقی فراتر از پوشش عملیاتی توصیه‌شده، استفاده می‌شود. وب‌سایت گلوبال‌ویندااطلس به کاربران اجازه می‌دهد تا با افزودن یک لایه RIX به مجموعه نقشه‌ها، ببینند که مدل‌سازی جریان در کجا به‌طور فزاینده‌ای نامشخص است. لایه RIX نمایانگر شاخص ناهمواری است و معیاری عینی از شیب یا ناهمواری زمین است. مقادیر RIX بزرگ منجر به خطاهای بزرگ در مدل‌سازی جریان می‌شود که به‌احتمال‌زیاد منجر به تخمین بیش‌ازحد میانگین سرعت باد در پشته‌ها و تپه‌ها می‌شود. بنابراین به کاربران توصیه می‌شود که RIX منطقه موردنظر خود را بررسی کنند.

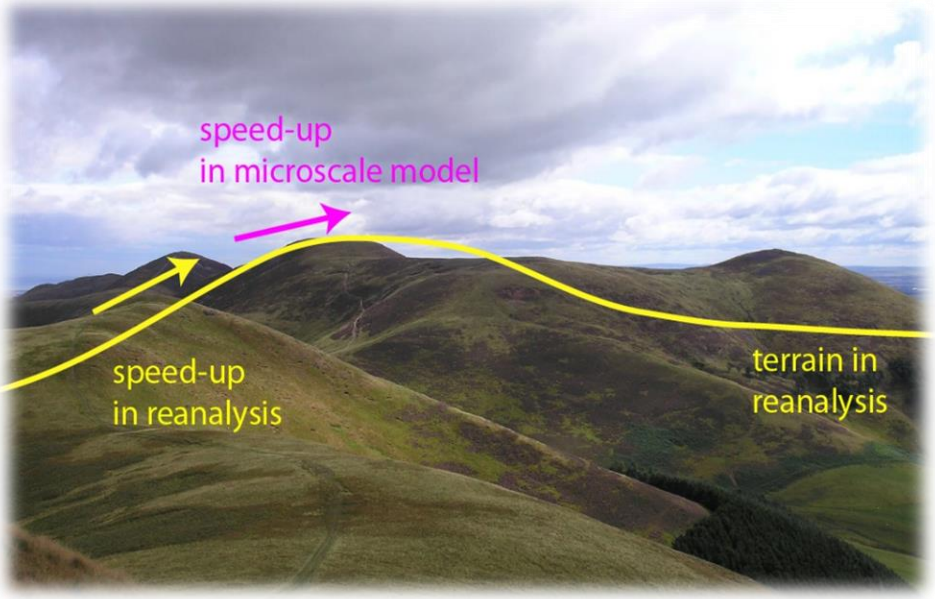


شماتیک روش‌شناسی گلوبال‌ویندااطلس

[224] Mesoscale Modeling
[225] Microscale Modeling
[226] Representativeness of the large scale forcing and sampling
[227] Model spin-up
[228] Orographic flow model within WAsP
[229] Departures from the reference wind profile

گلوبال‌ویندااطلس از یک فرآیند کاهش مقیاس استفاده می‌کند. با داده‌های آب‌وهوای باد در مقیاس بزرگ شروع می‌کند و با داده‌های آب‌وهوای باد در مقیاس کوچک پایان می‌دهد. داده‌های آب‌وهوای باد در مقیاس بزرگ توسط داده‌های بازتحلیل جوی[۲۳۰] ارائه می‌شوند. در ادامه، یک فرآیند تعمیم بر روی این داده‌ها انجام می‌شود. نتیجه مجموعه‌ای از اقلیم‌های باد تعمیم‌یافته است که فاصله‌ای برابر با داده‌های مقیاس متوسطی دارد که برای ایجاد آن‌ها استفاده شده است. خروجی مدل‌سازی ریزمقیاس، آب‌وهوای باد پیش‌بینی‌شده است، که توپوگرافی با وضوح بالا، مانند تپه‌ها، پشته‌ها و کاربری زمین، مانند مراتع و جنگل‌ها را به حساب می‌آورد. مفهوم آب‌وهوای باد تعمیم‌یافته[۲۳۱] یک عنصر کلیدی از روش اطلس باد است که در DTU Wind Energy توسعه‌یافته است. اطلس باد اروپا روش را به‌طور کامل توضیح می‌دهد. از آن زمان، روش تعمیم در روش‌شناسی اطلس باد عددی استفاده می‌شود، که در آن خروجی مدل‌سازی در مقیاس متوسط قبل از استفاده در مدل‌سازی در مقیاس میکرو با WAsP تعمیم می‌یابد.

توصیف توپوگرافی و سطح زمین در مدل مقیاس متوسط، در طبیعت، بسیار متمایز است. بنابراین، افزایش سرعت ناشی از توپوگرافی در واقعیت و در مدل ریزمقیاس کاملاً متفاوت از مدل در مقیاس متوسط است. علاوه بر این، شبکه درشت‌تر در مقیاس متوسط جزئیاتی را به‌اشتباه نشان می‌دهد(مانند شکل زیر).



تصاویری از نحوه نمایش زمین در یک مدل مقیاس متوسط در مقایسه با زمین با وضوح بالاتر.

[230] Atmospheric Re-Analysis Data
[231] Generalized Wind Climate

تصاویری از نحوه نمایش خطوط ساحلی در یک مدل مقیاس متوسط در مقایسه با خطوط ساحلی با وضوح بالاتر.

هنگام همگام‌سازی نتایج مدل در مقیاس متوسط به مدل میکرومقیاس، اثراتی شبیه‌سازی‌شده در مدل مقیاس میکروسکوپی، باید از نتایج مقیاس متوسط حذف شوند. در غیر این صورت، این اثرات دو برابر شمارش می‌شوند. این فرآیند «تعمیم»[۲۳۲] نامیده می‌شود و اطلس باد از این روش توسعه‌یافته بهره می‌برد.

روش اطلس باد مبتنی بر تعمیم اقلیم‌های باد است که از مدل‌سازی در مقیاس متوسط به دست می‌آیند. این روش تعمیم پس پردازش به‌طور گسترده در تعدادی از مطالعات ارزیابی منابع بادی، به‌ویژه در روش KAMM-WAsP استفاده شده است. این روش برای اولین بار با شبیه‌سازی مدل WRF در پروژه اطلس باد برای آفریقای جنوبی (WASA) که توسط بخش باد DTU توسعه داده شده است، استفاده شد.

منبع:globalwindatlas.info

[232] Generalization

تحولات فناورانه

تأثیر طوفان‌های شن بر عملکرد توربین‌های بادی

منابع انرژی تجدیدپذیر مانند نیروی باد در سال‌های اخیر به دلیل مزایای زیست‌محیطی و پتانسیل کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، محبوبیت قابل‌توجهی به دست آورده‌اند. بااین‌حال، توربین‌های بادی با چالش‌های مختلفی ازجمله تأثیر طوفان‌های شن بر کارایی و طول عمر آن‌ها مواجه هستند.

طوفان‌های شن[۲۳۳]، که به‌عنوان طوفان‌های گردوغبار[۲۳۴] یا هابوب[۲۳۵] نیز شناخته می‌شوند، پدیده‌های آب و هوایی هستند که توسط بادهای قوی مقدار قابل‌توجهی از ذرات شن حمل می‌شود. طوفان‌های شن توسط بادهای شدید، معمولاً بیش از ۲۰ مایل در ساعت، ایجاد می‌شوند. آن‌ها معمولاً در مناطق بیابانی رخ می‌دهند که خاک سست و آب‌وهوای خشک، امکان تولید و تعلیق ذرات ریز را فراهم می‌کند. شبه‌جزیره عربستان، شمال آفریقا و بخش‌هایی از چین، مانند صحرای گوبی[۲۳۶]، طوفان‌های شن مکرر را تجربه می‌کنند. در مناطقی مانند خاورمیانه و شمال آفریقا، طوفان شن می‌تواند تا ۱۰۰ بار در سال رخ دهد. بر اساس مطالعه بانک جهانی، طوفان‌های شن حدود ۱۵۰ کشور را در سراسر جهان تحت تاثیر قرار می‌دهند.

[233] Sandstorms
[234] Dust storms
[235] Haboobs
[236] Gobi Desert

هم‌چنین، بر اساس برنامه محیطزیست سازمان ملل متحد[۲۳۷]، سالانه ۲۰ تا ۲۰۰ میلیون تن گردوغبار و ماسه در جو منتشر می‌شود. طوفان‌های شن می‌توانند باعث کاهش دید، مشکلات بهداشتی و آسیب به زیرساخت‌ها شوند.

❖ چالش‌های طوفان شن برای توربین‌های بادی

هنگام وقوع طوفان‌های شن، بخش‌های مختلف ازجمله حمل‌ونقل، کشاورزی و تولید انرژی را با چالش‌هایی مواجه می‌کنند. در این میان، عملکرد توربین‌های بادی نیز دچار اختلال می‌شوند که می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر خروجی و کارایی عملیاتی آن‌ها تأثیر بگذارد. طوفان شن می‌تواند منجر به کاهش تولید انرژی تا ۳۰ درصد در مزارع بادی آسیب‌دیده شود.

ازجمله آسیب‌های طوفان شن به مزارع بادی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش فرسایش: ذرات شن حمل شده توسط باد می‌تواند اثرات سایشی بر روی پره‌های توربین داشته باشد و منجر به فرسایش و کاهش راندمان شود.
- گرفتگی: ماسه می‌تواند در قسمت‌های مختلف توربین بادی ازجمله ژنراتور، ناسل و برج جمع شود. این تجمع می‌تواند سیستم‌های خنک‌کننده، فیلترهای هوا و سایر اجزای حساس را مسدود کند و در نتیجه باعث گرم شدن بیش از حد یا اختلال در عملکرد شود.
- خوردگی: طوفان‌های شن اغلب با سطوح بالایی از رطوبت همراه هستند که می‌تواند منجر به خوردگی اجزای فلزی شود. خوردگی یکپارچگی ساختاری توربین‌های بادی را تضعیف می‌کند و طول عمر و قابلیت اطمینان آن‌ها را کاهش می‌دهد.
- کاهش آیرودینامیک: تجمع شن و ماسه بر روی سطوح پره‌ها، پروفایل‌های آیرودینامیکی آن‌ها را تغییر می‌دهد و در نتیجه راندمان و توان خروجی توربین را کاهش می‌دهد.
- آسیب مکانیکی: برخورد ذرات ماسه با سرعت‌بالا می‌تواند باعث آسیب فیزیکی به ساختار توربین شود که منجر به تعمیرات پرهزینه و خرابی احتمالی می‌گردد.

❖ پرداختن به چالش‌های طوفان شن

صنعت انرژی بادی، تأثیر بالقوه طوفان‌های شن را بر کارایی توربین تشخیص داده است و چندین استراتژی برای کاهش این چالش‌ها ابداع کرده است:

- پوشش‌های پره‌ای پیشرفته[۲۳۸]: توسعه پوشش‌های پیشرفته برای پره‌های توربین می‌تواند به محافظت از آن‌ها در برابر فرسایش شن و ماسه کمک کند. این پوشش‌ها که اغلب مبتنی بر فناوری نانو هستند، سطح پره را در برابر ذرات ساینده مقاوم‌تر کرده و فرسایش را کاهش می‌دهند. برخی از این پوشش‌ها از پلیمرهای سخت یا سرامیک ساخته می‌شوند و

[237] United Nations Environment Programme
[238] Enhanced Blade Coatings

یک سد محافظ در برابر ماهیت ساینده ذرات شن ایجاد می‌کنند. این امر، نه‌تنها فرسایش را کاهش می‌دهد، بلکه به حفظ عملکرد آیرودینامیکی پره‌ها نیز کمک می‌کند.

- سیستم‌های تمیزکننده خودکار[۲۳۹]: پیاده‌سازی سیستم‌های تمیزکننده خودکار می‌تواند به حذف شن و ماسه و گردوغبار از پره‌های توربین کمک کند. این سیستم‌ها از برس‌ها[۲۴۰] یا جت‌های هوای فشرده[۲۴۱] برای جابجایی ذرات استفاده می‌کنند و عملکرد آیرودینامیکی پره‌ها را بهینه می‌سازند.
- سیستم‌های فیلتر هوا[۲۴۲]: نصب سیستم‌های تصفیه هوای مؤثر در ساختار توربین می‌تواند به جلوگیری از ورود ذرات ماسه به اجزای حساس کمک کند. فیلترها ذرات ریز را جذب می‌کنند، آلودگی را کاهش می‌دهند و نیازهای تعمیر و نگهداری را به حداقل می‌رسانند.
- طراحی برج[۲۴۳] : طراحی برج‌های توربین بادی با اشکال و مصالح مناسب می‌تواند در به حداقل رساندن تجمع ماسه مؤثر باشد. برج‌های مخروطی[۲۴۴] و پوشش‌های سطحی ضد گردوغبار نمونه‌هایی از اقدامات طراحی مؤثر هستند که احتمال گرفتگی و خوردگی را کاهش می‌دهند.
- سیستم‌های نظارت از راه دور و هشدار اولیه[۲۴۵]: نصب سیستم‌های نظارت از راه دور مجهز به حسگرهای محیطی به اپراتورهای مزرعه بادی اجازه می‌دهد تا فعالیت طوفان شن را ردیابی کرده و هشدارهای اولیه را دریافت کنند. این امر اقدامات واکنش به‌موقع را برای محافظت از توربین‌ها و اطمینان از عملکرد بی‌وقفه آن‌ها میسر می‌سازد.
- سیستم پیچ[۲۴۶]: سیستم پیچ فناوری است که زاویه گام پره‌های توربین[۲۴۷] را به‌صورت دینامیکی تنظیم می‌کند. این ویژگی به پره‌ها اجازه می‌دهد تا با شرایط متغیر باد، ازجمله رویدادهای طوفان شن، سازگار شوند. به حداقل رساندن آسیب‌های احتمالی و افزایش کارایی کلی توربین نتیجه استفاده از این سیستم است.
- چیدمان استراتژیک توربین[۲۴۸]: توجه دقیق به قرارگیری توربین در مناطق مستعد طوفان شن می‌تواند به کاهش قرار گرفتن در معرض آن کمک کند. انجام مطالعات کامل در مورد الگوهای باد و پراکندگی شن و ماسه می‌تواند موقعیت بهینه توربین‌ها را مشخص کند و خطر تأثیر طوفان شن را به حداقل برساند.

239 Automated Cleaning Systems
240 Brushes
241 Jets of compressed air
242 Air Filtration Systems
243 Tower Design
244 Tapered towers
245 Remote Monitoring and Early Warning Systems
246 Cyclic Pitch Control
247 Pitch angle of turbine blades
248 Strategic turbine placement

- پیش‌بینی آب‌وهوا: پیش‌بینی دقیق آب‌وهوا نقش مهمی در کاهش تأثیر طوفان‌های شن بر توربین‌های بادی دارد. هشدارهای اولیه به اپراتورها اجازه می‌دهد تا اقدامات پیشگیرانه مانند خاموش کردن موقت توربین‌ها یا تنظیم عملکرد آن‌ها برای به حداقل رساندن قرار گرفتن در معرض طوفان‌های شن شدید را انجام دهند.

این اقدامات، تضمین می‌کند که توربین‌های بادی حتی در مناطق مستعد طوفان شن، کارآمد و قابل‌اعتماد باقی می‌مانند. با برداشتن گام‌های پیشگیرانه برای مقابله با این چالش‌ها، صنعت بادی می‌تواند همچنان از برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده کند و به آینده‌ای پایدارتر کمک کند.

❖ تاثیر اقتصادی

تأثیر طوفان‌های شن بر عملکرد توربین‌های بادی نه‌تنها محدود به هزینه‌های نگهداری و تعمیر است، بلکه بر اقتصاد کلی پروژه‌های انرژی بادی نیز تأثیر می‌گذارد. طبق یک مطالعه توسط انجمن انرژی بادی آمریکا[۲۴۹]، فرسایش پره‌های توربین بادی ناشی از طوفان‌های شن می‌تواند منجر به کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی راندمان تولید انرژی شود. نگهداری و تعمیرات اضافی موردنیاز به دلیل آسیب طوفان شن می‌تواند منجر به فشار مالی قابل‌توجهی بر اپراتورهای توربین بادی و افزایش هزینه‌های عملیاتی گردد. هم‌چنین ممکن است بر سودآوری کلی و بازگشت سرمایه[۲۵۰] پروژه‌های انرژی بادی تأثیرگذار باشد.

منبع:

- energy5.com - Effect of Sandstorms on Wind Turbine Performance in Desolate Areas - 14 September 2023

[249] American Wind Energy Association (AWEA)
[250] Return On Investment (ROI)

تحولات فناورانه

تلفات مربوط به یخ‌زدگی و عملکرد ضعیف مزرعه بادی

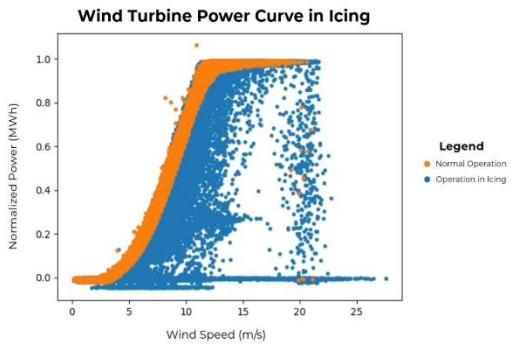
صنعت مزرعه بادی، در حالی که نویدبخش انرژی پایدار است، با چالش عملکرد ضعیف مواجه است. پیش‌بینی عملکرد مزرعه بادی اغلب نادیده گرفته می‌شود و همین امر، بر تصمیمات مدیریتی و مالی تأثیر می‌گذارد. عملکرد ضعیف مزرعه بادی را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد و ازجمله این عوامل، یخبندان[۲۵۱] تأثیر بسزایی بر مزارع بادی با اقلیم سرد دارد. پیامدهای مالی برای ارزیابی نادرست تولید مزرعه بادی می‌تواند قابل‌توجه باشد و در شدیدترین موارد می‌تواند منجر به پروژه‌های بی‌سود شود و مالکان و مدیران اجرایی را وادار به نگاهی دقیق‌تر به راه‌حل‌هایی برای رسیدگی به عملکرد ضعیف و به حداکثر رساندن تولید برای بازگشت سرمایه کند.

بر اساس یک مقاله تحقیقاتی در سال ۲۰۱۶ در مجله فیزیک، «یخ زدن می‌تواند تا ۱۷ درصد از دست دادن تولید انرژی سالانه[۲۵۲] را برای توربین‌های بادی در آب‌وهوای سرد ایجاد کند.» از زمان انتشار این گزارش، تلفات حتی بالاتر (+/- ۴۰٪) در چندین سایت در کانادا اندازه‌گیری شده است. اگر مسائل مربوط به یخبندان برای یک مزرعه بادی به اشتباه محاسبه شده باشد، ممکن است درآمد قابل‌توجهی را به دلیل عملکرد ناکافی و صرف هزینه بیشتر برای نگهداری، سرویس و سایر مسائل از دست بدهند. یخ‌زدگی روی پره‌های توربین موضوعی است که مورد بی‌توجهی قرار گرفته است. تصور غلط رایج که یخبندان مشکل مهمی نیست، منجر به راه‌حل‌های گران‌قیمت، کوتاه‌مدت و بی‌اثر می‌شود که به‌جای حل آن، مشکل را پنهان می‌کند. راه‌حل‌های مقرون‌به‌صرفه اغلب کمتر از انتظارات هستند، در حالی که گزینه‌های مؤثرتر بسیار گران یا ناپایدار تلقی می‌شوند. تعادل بین هزینه و کارایی بر پیچیدگی این چالش می‌افزاید و بسیاری از اپراتورهای مزارع بادی را وادار می‌کند که از شانس خود در موضوع یخ استفاده کنند.

[251] Icing
[252] Annual Energy Production (AEP)

❖ راه‌حل‌های ارزیابی دقیق یخ

WIceAtlas ارزیابی‌های یخزدگی که به‌طور خاص برای حمایت از مزارع بادی با آب‌وهوای سرد طراحی‌شده‌اند، بینش تخصصی و مهمی را بر اساس داده‌های واقعی از سراسر جهان ارائه می‌کنند. برخلاف رویکردهای هواشناسی سنتی، این ارزیابی‌ها با در نظر گرفتن عواملی مانند مدت‌زمان یخزدگی[۲۵۳] و تأثیر توربین که می‌توانند بر عمر کلی توربین و اجزای آن تأثیر بگذارند، عمیق‌تر می‌شوند. منبعی است که اطلاعات سطح بالایی در مورد شدت یخزدگی ازجمله تلفات مورد انتظار تولید[۲۵۴]، خطرات پرتاب یخ[۲۵۵] و طول عمر توربین[۲۵۶] ارائه می‌دهد. داده‌های این منبع، بر اساس بیش از ۲۰ سال مشاهده از بیش از ۴۰۰۰ ایستگاه هواشناسی در سراسر جهان است. به گفته WIceAtlas، «با تجزیه‌وتحلیل گسترده داده‌های تاریخی آب و هوایی یخبندان، می‌توان تلفاتِ درازمدتِ تولیدِ توربینِ یخزده را تخمین زد و بنابراین تخمین‌های ارزشمند AEP را برای محاسبات مالی ارائه داد.» این ابزار یک نقطه شروع مفید برای تخمین تلفات تولید است؛ اما ممکن است اطلاعات خاصی در مورد ریز اقلیم سایت موردنظر، نداشته باشد. مشاوره با یک متخصص یخ می‌تواند کمک کند تلفات واقعی ارزیابی گردد و راه‌حل‌هایی ارائه شود که در به حداکثر رساندن تولید انرژی در طول زمان مؤثر است. مدیران سایت مزرعه بادی می‌بایست ارزیابی‌ها و داده‌های یخزدگی را برای افزایش کارایی و تولید مزرعه بادی بررسی کنند. مسیر بهینه‌سازی عملکرد با درک جامعی از چگونگی تخمین یخ روی پره‌های توربین و یافتن کارشناسان مربوطه، آغاز می‌شود. نمودار زیر تولید برق توربین را نسبت به‌سرعت باد نشان می‌دهد. عملکرد عادی با رنگ نارنجی و عملکرد در شرایط یخزدگی با رنگ آبی متمایز شده است. طیف گسترده‌ای از عملکرد توربین در شرایط یخزدگی، پیش‌بینی‌ها و تشخیص کمبود تولید[۲۵۷] را پیچیده می‌کند. شناسایی نقاط کمبود تولید به دلیل یخزدگی چالش‌برانگیز است، به‌ویژه در محدوده میانی که توربین ممکن است فوراً عملکرد ضعیف قابل‌توجهی را تشخیص ندهد تا زمانی که بحرانی باشد. این نمودار بر دشواری در تعیین دقیق و کاهش تأثیر یخ بر راندمان توربین تأکید دارد.



منبع:

- LinkedIn – WindSider - Wind Farm Underperformance: Understanding Icing-Related Losses – 14 February 2024

[253] Icing Duration
[254] Expected Production losses
[255] Ice Throw Risks
[256] Turbine Lifetime
[257] Underproduction

تحولات دیجیتال

ظهور متاورس صنعتی[۲۵۸] و تأثیرات اقتصادی آن

در اجلاس اکونومیست متاورس[۲۵۹]، مایک گیر[۲۶۰] (انویدیا) و ایان فیشر[۲۶۱] (زیمنس[۲۶۲]) در مورد متاورس صنعتی نوظهور که پیش بینی می شود تا سال ۲۰۳۰ به ارزش بازار ۱۰۰ میلیارد دلار برسد، صحبت کردند. هنگامی که در مورد متاورس بحث می‌کنیم، اغلب بر استفاده‌های مصرف‌کننده و سازمانی آن تمرکز می‌کنیم. با این حال، یک جنبه مهم متاورس صنعتی است.

ایان فیشر در این باره گفت: «متاورس صنعتی اساساً گام بعدی در تکامل دوقلو دیجیتال است که نشان‌دهنده همگرایی قلمروهای مجازی و فیزیکی است و شیوه‌های صنعتی را تغییر می‌دهد. صنایع حجم عظیمی از داده‌ها را پردازش می‌کنند. این امر در مورد استفاده از دوقلو دیجیتال برای شبیه سازی آنی و ایجاد یک تجربه جامع است. در اصل، این فناوری در خصوص استخراج ارزش و اتصال مردم به دوقلو دیجیتال است.

مایک گیر معتقد است: «همکاری ما با زیمنس حیاتی است. ما توانایی‌های محاسباتی، هوش مصنوعی و پلتفرم پرقدرت خود را برای همکاری با زیمنس، پیشرو در فضای صنعتی، به ارمغان می‌آوریم. ما روی صنایع سنگین و تولید تمرکز می‌کنیم.

[258] Industrial Metaverse
[259] Economist Metaverse Summit
[260] Mike Geyer
[261] Ian Fisher
[262] Siemens

ما می توانیم در اینجا تفاوت بزرگی ایجاد کنیم، از سلامت و ایمنی کارگران گرفته تا مسائل زیست محیطی و پایداری. به همین دلیل است که ما بسیار هیجان زده هستیم که با هم روی این پروژه کار کنیم.»

ایان فیشر گفت:« باتری‌های فریر[۲۶۳] به دلیل تقاضای بالا در بخش خودرو، به سرعت در حال ساخت گیگافکتوری‌ها[۲۶۴] است. باید این کارخانه ها ساخته شوند و همزمان فروش داشته باشند و بهینه‌سازی کنند. دوقلو دیجیتال برای همکاری و کار با شرکا در ساخت، شبیه سازی، بهینه سازی و حتی آموزش پرسنل این کارخانه‌ها بسیار مهم است. ما نرم‌افزار صنعتی و تجربه صنعت پیشرو خود را به ارمغان می‌آوریم، در حالی که انویدیا قدرت محاسباتی و قابلیت‌های هوش مصنوعی را اضافه می‌کند و محیطی جامع برای فریر برای مدیریت این وظایف پیچیده ایجاد می‌کند.»

مایک گیر افزود:«ما شاهد تغییرات قابل توجهی در سطح کلان هستیم. به عنوان مثال، تغییر به سمت خودروهای الکتریکی در صنعت خودروسازی نیازمند امکانات تولیدی جدید است، زیرا خودروهای برقی معمولاً نمی‌توانند در کارخانه‌هایی مشابه موتورهای احتراق گازی تولید شوند. چشم انداز انویدیا این است که هر چیزی که در حال حرکت است به زودی دارای قابلیت های هوش مصنوعی و روباتیک خواهد شد که می‌بایست در یک دنیای مجازی دقیق از نظر فیزیکی(متاورس) آموزش داده شوند. دوقلو دیجیتال، در بسیاری از کاربردهای متاورس، به عنوان شبیه‌سازی یک ماشین، یک کارخانه یا هر سیستم مکانیکی پیچیده عمل می‌کند و یک زمینه آموزشی دقیق برای هوش مصنوعی برای افزایش کارایی در فرآیندهای سنتی ناکارآمد فراهم می‌کند.» با ادغام یکپارچه فناوری‌هایی مانند محاسبات ابری[۲۶۵] و محاسبات لبه[۲۶۶]، هوش مصنوعی صنعتی و دوقلوهای دیجیتال، متاورس صنعتی می‌تواند فرآیندها را بهینه کند و شیوه‌های پایدار را هدایت کند و در نهایت آینده را فراتر از شبیه‌سازی شکل دهد.

ایان فیشر می گوید:«متاورس صنعتی جذابیت جهانی دارد. این موج در صنایع مختلف از جمله خودروسازی، هوافضا، محصولات مصرفی، الکترونیک و حتی پوشاک تحول ایجاد می‌کند. کل چرخه عمر محصولات، از طراحی و برنامه‌ریزی تا عملیات کارخانه و در نهایت، بازیافت یا استفاده مجدد را در بر می گیرد. کلید این فرآیند این است که افراد را به دوقلوهای دیجیتالی متصل کنید و داده ها را شخصی تر و قابل مدیریت‌تر کنید. اینجاست که تجربه‌های همه‌جانبه، گرافیک با کیفیت بالا و هوش مصنوعی بسیار مهم می‌شوند. حجم انبوه اطلاعات می‌تواند طاقت فرسا باشد، بنابراین قابل فهم کردن آن حیاتی است. تقریباً هر صنعتی کاربردهای بالقوه‌ای برای این فناوری‌ها دارد، اما به دلیل تقاضای زیاد، ما در رویکرد انتخابی داریم.»

---

[263] Freyr batteries

[264] Gigafactory

Gigafactory یک مرکز تولید در مقیاس بزرگ است، به ویژه برای باتری‌های قابل شارژی که در وسایل نقلیه الکتریکی به کار می‌روند.

[265] Cloud computing

[266] Edge computing

مایک گیر:« ما شاهد نتایج ملموس تجاری از ابتکارات در حوزه پایداری، ایمنی و آموزش هستیم. به عنوان مثال، در صنعت خودرو، با استفاده از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی فرآیندها، افزایش ۲۰ درصدی در بهره‌وری انرژی در کارگاه‌های رنگ وجود دارد. ما همچنین شاهد بهبود ۳۰ درصدی در بهره‌وری برنامه‌ریزان در حال توسعه کارخانه‌های جدید هستیم. با توجه به اینکه ساخت یک کارخانه جدید معمولاً ۶۰ ماه طول می‌کشد، حتی کاهش چهار ماهه آن می‌تواند به درآمد قابل توجهی منجر شود، بدون توجه به مزایای اضافی که این تولیدکنندگان تجهیزات اصلی تجربه می‌کنند. این امر با ساخت و عیب‌یابی مجازی در دنیای دیجیتال قبل از پایه‌گذاری واقعی به دست می‌آید.»

ایان فیشرگفت:« توجه به بازگشت سرمایه بالا در مراحل ساخت‌وساز و طراحی مهم است. با بهینه سازی در دنیای مجازی از طریق شبیه سازی های دقیق و داده های آنی، ما یک دوقلوی دیجیتال واقعی از فرآیندهای ساخت‌وساز و عملیات ایجاد می‌کنیم. حتی بهینه‌سازی‌های جزئی نیز می‌تواند منجر به صرفه جویی قابل توجهی شود.»

شرکت‌ها، به‌ویژه آنهایی که در فضای سرمایه‌گذاری هستند، باید بر کسب‌وکارها و استارت‌آپ‌هایی تمرکز کنند که متاورس صنعتی و دیجیتالی‌سازی را امکان‌پذیر می‌کنند. با وجود فناوری پیشرفته امروزی، بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده کالاهای فیزیکی هنوز به فرآیندهای قدیمی متکی هستند. تشویق دیجیتالی شدن و عملیات مجازی برای کمک به انتقال و تحول این صنایع ضروری است.

این چالش به دیجیتالی شدن و توانایی یکپارچه‌سازی فرآیندهای قطع شده و فرمت‌های داده مربوط می شود. اینجاست که مشارکت با شرکت هایی مانند زیمنس و انویدیا وارد عمل می‌شود. به عنوان مثال، پلتفرم Omniverse از USD و سایر فرمت‌های منبع باز استفاده می‌کند تا سیستم‌های مختلف موجودیت‌های پیچیده مانند کارخانه‌ها را مدل‌سازی کنند تا بتوانند داده‌ها را به‌طور کارآمد برقرار سازند.

منبع:

- Linkedin – Siemens - The Rise of the Industrial Metaverse and Its Economic Impact – 29 February, 2024

خبر خارجی

تعهد آلمان به گسترش سریع توربین‌های بادی در خشکی

صدراعظم آلمان اولاف شولتز[۲۶۷] گفت که دولت آلمان در حال تدوین طرحی برای تسریع گسترده ساخت توربین‌های بادی در این کشور است. دولت آلمان به‌شدت از سوی طرفداران محیطزیست به دلیل ناتوانی در دستیابی به اهداف انتشار گازهای گلخانه‌ای موردانتقاد قرار گرفته است. از آنجایی که آلمان به دنبال تأمین منابع سوخت فسیلی قابل‌اعتماد در میان تحریم‌های وارداتی از روسیه به دلیل جنگ در اوکراین است، دولت شولتز نیز به دنبال تولید انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر است. شولتز در مصاحبه‌ای که توسط هفته‌نامه بیلد ام زونتاگ[۲۶۸] منتشر شد، اهداف دولت آلمان برای انرژی بادی خشکی را تشریح کرد که: «تا سال ۲۰۳۰، روزانه به‌طور متوسط ۴ تا ۵ توربین بادی خشکی ساخته خواهد شد.» او در مورد تعداد کل توربین‌های بادی که دولت امیدوار است بسازد توضیح بیشتری نداد. وی افزود:«ما در حال حاضر در حال تهیه نقشه راه هستیم که نشان می‌دهد چه سیستم‌های جدیدی باید ساخته شوند و تا چه زمانی باید به اهداف خود برای سال ۲۰۳۰ برسیم. دولت در حال برنامه‌ریزی و زمان‌بندی است.» برای دستیابی به اهداف، رهبران ۱۶ ایالت آلمان می‌بایست زمین لازم را اختصاص دهند و طرح‌هایی را به دولت فدرال ارائه کنند. شولتز گفت: «هر ماه، مذاکراتی با ایالت‌ها انجام خواهد شد تا ببینیم تا چه حد پیشرفت کرده‌اند. هر موردی که به‌موقع تمام نشود، باید جبران شود.»

[267] Olaf Scholz
[268] Bild am Sonntag

❖ آلمان برای تولید انرژی بادی چه می‌کند؟

طبق قانون جدید، ایالت‌های آلمان مسئول پیشنهاد فضاهایی از زمین هستند که بتوان توربین‌های بادی را در آن ساخت. ایالت‌ها همچنین می‌توانند به‌طور جداگانه در مورد فاصله بین توربین‌های بادی تصمیم بگیرند، اما اگر زمین کافی برای پروژه‌های برق بادی اختصاص داده نشود، دولت فدرال می‌تواند وارد عمل شود و قوانین ایالت را در مورد فاصله بین توربین‌ها نادیده بگیرد.

بر اساس این قانون، تا سال ۲۰۳۲، ۲ درصد از کل زمین آلمان باید برای استفاده از انرژی باد تعیین شود. در کوتاه‌مدت، ایالت‌ها می‌بایست اطمینان حاصل کنند که حداقل ۱.۴ درصد از زمین‌های آلمان تا سال ۲۰۲۷ برای پروژه‌های بادی اختصاص داده شده است.

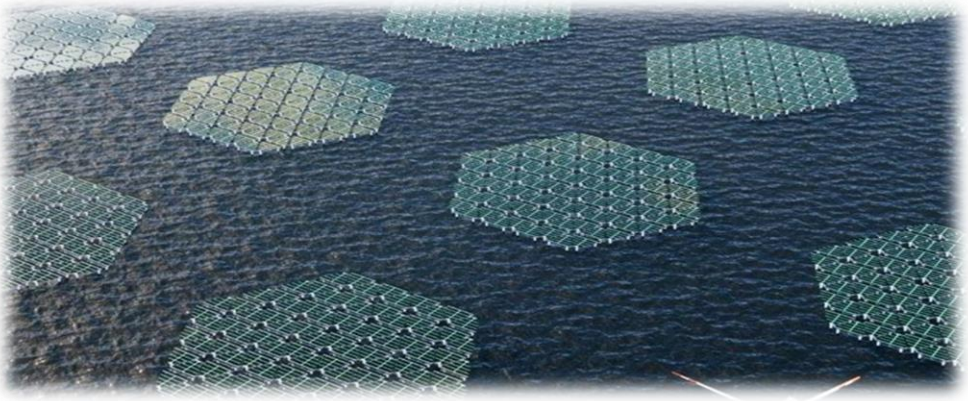
آلمان متعهد شده است تا سال ۲۰۴۵ کربن خنثی شود و برنامه‌های زیادی برای حذف تدریجی زغال سنگ ترسیم کرده است. علیرغم تعیین اهداف آب و هوایی برای کمک به مهار گرمایش جهانی تا حد ۲ درجه سانتی‌گراد که در توافقنامه پاریس در سال ۲۰۱۵ ذکرشده بود، آلمان به دلیل شکست موردانتقاد قرار گرفته است. در سال ۲۰۲۱، آلمان اهداف انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را در بخش حمل‌ونقل و ساختمان از دست داد. هم سازمان‌های زیست‌محیطی و هم برخی از کمیسیون‌های کارشناسان آب‌وهوای خود دولت آلمان، از این پیشنهادها انتقاد کرده‌اند که به‌اندازه کافی پیشرو نیستند. جنگ روسیه علیه اوکراین، فشار آلمان برای شرکای جدید سوخت فسیلی و منابع انرژی تجدیدپذیر و همچنین برخی اقدامات داخلی کوتاه‌مدت مانند راه‌اندازی نیروگاه‌های زغال سنگ را تسریع کرد.

منبع:

- dw.com - Germany's Scholz pledges rapid onshore wind power expansion – 5 February 2023

خبر خارجی

افزایش چشم‌گیر نیروگاه‌های خورشیدی شناور در دنیا



به گفته شرکت تحقیقاتی تحلیلگران صنعت جهانی[۲۶۹]، بازار جهانی نیروگاه‌های فتوولتائیک شناور[۲۷۰]، تا سال ۲۰۲۷ تقریباً چهار برابر می‌شود و از ۱.۶ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ به ۶ گیگاوات خواهد رسید. این امر، درنتیجه‌ی افزایش تقاضا در منطقه آسیا–اقیانوسیه و همچنین در اروپا و ایالات‌متحده رخ خواهد داد. تقاضای فتوولتائیک شناور در منطقه آسیا–اقیانوسیه که در رأس آن‌ها چین و ژاپن است، از ۱.۳ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ به ۴.۹ گیگاوات در سال ۲۰۲۷ خواهد رسید و پس از آن اروپا از ۱۹۰ مگاوات به ۴۸۷ مگاوات، ایالات‌متحده از ۵۲.۴ مگاوات به ۲۱۹.۳ مگاوات و بقیه نقاط جهان از ۷۵.۲ مگاوات به ۳۴۳ مگاوات خواهند رسید.

مفهوم فتوولتائیک شناور که بیش از یک دهه پیش معرفی شد، به دلیل چالش‌های فنی زمان‌بر بود اما در طول سال‌ها پذیرش بهتری پیدا کرده است. همه محیط‌های آبی ساخته‌شده توسط انسان یا طبیعی برای نصب فتوولتائیک شناور مناسب نیستند. پروژه‌های فتوولتائیک شناور بر روی سطوح مخازن سدها، دریاچه‌ها، حوضچه‌ها و نواحی ساحلی کم‌عمق نصب می‌شوند. تقاضای جهانی با تأکید فزاینده دولت‌ها بر توسعه انرژی پاک برای کمک به بحران تغییرات آب‌وهوا و محدودیت‌های زمین برای پروژه‌های خورشیدی هدایت می‌شود. یارانه‌های دولتی و مزایای مالیاتی به این بخش کمک می‌کند تا در برخی مناطق مقیاس خود را افزایش دهد.

[269] Global Industry Analysts
[270] Floating PV (FPV)

به‌عنوان‌مثال، در ایالات‌متحده، بیش از ۲۴۰۰۰ توده آبی ساخته دست بشر که در مجاورت جاده‌ها و سایر زیرساخت‌ها قرار دارند، برای نصب فتوولتائیک شناور مناسب هستند. این امر می‌تواند توسعه انرژی پاک بیشتری را در نیواینگلند[۲۷۱] (که با مشکل محدودیت زمین مواجه است) یا در کالیفرنیا امکان‌پذیر سازد، جایی که قوانین منطقه‌بندی مناطق وسیعی از املاک خصوصی و عمومی را برای استفاده از انرژی خورشیدی ممنوع کرده است.

استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک شناور تبخیر آب را کاهش داده و از تشکیل شکوفه‌های جلبکی[۲۷۲] که منجر به آسیب به جمعیت ماهی‌ها می‌گردد، جلوگیری می‌کند. این مزیت، ملاحظه مهمی در برخی از مکان‌های جهان با توجه به افزایش دما است. البته فتوولتائیک شناور چالش‌هایی را در پی دارد. یکی از اثرات منفی بالقوه، انسداد نور خورشید بر اکوسیستم‌های دریایی است. مورد دیگر، آسیب‌پذیری پنل‌ها و سیستم‌ها در برابر آب‌وهوای بد است. به عنوان مثال در سال ۲۰۱۷، تأسیسات فتوولتائیک شناور در نزدیکی اوزاکا[۲۷۳]، ژاپن، به‌شدت توسط طوفان و تجمع یخ آسیب دید.

پنل‌های ثابت[۲۷۴] مقرون‌به‌صرفه و جایگزین آسان، بازار جهانی برنامه‌های فتوولتائیک شناور را طی پنج سال آینده تحت سلطه خواهند داشت. تأسیسات فتوولتائیک دارای سیستم ردیاب[۲۷۵] در برخی از برنامه‌های کاربردی محبوبیت پیدا می‌کنند، چرا که از نظر کارایی بالاتر و بادوام‌تر هستند.

منبع:

- www.rechargenews.com-Global floating solar footprint set to grow 'four-fold' over next five years led by Asia -2023

[271] New England
[272] Algae Blooms
[273] Osaka
[274] Stationary Panels
[275] Tracking System

خبر داخلی

تورهای علمی دانش‌آموزی در ساختگاه‌های ساتبا

دکتر اکبر شعبانی کیا، مدیرکل دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری ساتبا، سایت‌های فناوری را محلی برای بازدید محققان، فناوران، اساتید دانشگاه، نمایندگان بخش‌های دولتی، غیردولتی، بین‌المللی و سایر متخصصین صنعتی و شرکت‌های دانش‌بنیان کشور، به‌منظور توسعه و همکاری چندجانبه در توسعه کسب دانش فنی و انتقال دانش دانست و خاطرنشان کرد: زیرساخت‌های ایجادشده در این مراکز ضمن نمایش سطح توانمندی‌های صنعتی و دانشی کشور در فناوری‌های مربوط به کاربردهای سامانه‌های تجدیدپذیر، مرجعی برای تهیه آمار و اطلاعات موردنیاز کشور است. وی اضافه کرد: با استفاده از فضاها و زیرساخت‌های ایجادشده، محققان و صنعتگران می‌توانند در قالب پروژه‌های نمونه، نسبت به نمایش عملکرد دستاوردهای صنعتی تولید داخل و یا محصولات تولیدی مورداستفاده در سامانه‌های تجدید پذیر خورشیدی و بادی، زیست‌توده، زمین‌گرمایی و پیل سوختی اقدام کنند. مدیرکل دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری ساتبا با اشاره به اینکه بازدیدهای دانشجویی و دانش‌آموزی که با هماهنگی‌های وزارت علوم و یا وزارت آموزش‌وپرورش انجام می‌شود از دیگر اقداماتی است که برای آشنایی بیشتر با اهداف تحقیقاتی و کاربردی و عناوین مختلف علم و فن‌آوری و نیازهای پژوهشی کشور انجام می‌شود، بیان کرد: بازدیدکنندگان با روش‌های عملی مختلف تولید انرژی از منابع تجدید پذیر از قبیل انرژی خورشیدی، باد، زمین‌گرمایی، تولید هیدروژن و پیل سوختی از نزدیک آشنا می‌شوند.

به گزارش ساتبا، زیرساخت‌ها و تأسیسات ایجادشده در سایت‌های فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر در استان‌های قزوین، فارس و مرکزی همواره محل رجوع هیئت‌های علمی و دانش‌آموزی برای بازدید و ارتقای دانش متخصصین، محققین پژوهشی، دانشجویان و دانش آموزان کشور، در معرفی توانمندی‌های علمی و صنعتی کشور در توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر، در قالب اردوها و تورهای علمی بوده است . وجود نمونه‌های واقعی و عملیاتی از پروژه‌های متنوع انرژی‌های

تجدیدپذیر که به‌صورت پایلوت‌های تحقیقاتی در این سایت اجرا شده است فرصت مناسبی را برای تعریف طرح‌های مرتبط با مباحث انرژی‌های تجدیدپذیر در قالب پیشنهادهای پژوهشی دانشگاهی و یا پروژه‌های تحقیقاتی فراهم کرده است. بازدید اساتید و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، همکاری جهت انجام تحقیقات موردنیاز در پایان‌نامه‌های دکتری و پسادکتری، درزمینه‌های مرتبط با حوزه‌های فناوری کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر، در کسب دانش فنی، آشنایی با ایده‌های خلاقانه و شناسایی فرصت‌های شغلی برای ارتقای دانش، از دستاوردهای بازدیدهای دانشجویی در این ساختگاه‌ها بوده است. علاوه بر آن، استقبال دانش آموزان و مدیران

وزارت آموزش‌وپرورش و ادارات کل استانی از دستاوردهای توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر و ساختگاه های فناوری این سازمان در استان‌های قزوین، فارس و مرکزی در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال گذشته به‌طور چشمگیری افزایش داشته است.

برای نمونه، مدیران ادارات کل آموزش‌وپرورش و دانش آموزان مدارس استان‌های بوشهر، هرمزگان و اصفهان از مرکز فناوری سایت نیروگاه حرارت خورشیدی شیراز به‌عنوان تنها مرکز فناوری تحقیقاتی در کاربردهای حرارت خورشیدی در جنوب کشور با همکاری ادارات کل وزارت آموزش‌وپرورش و دبیرخانه قطب دانش‌آموزی انرژی‌های تجدیدپذیر وزارت آموزش‌وپرورش، بازدید کرده‌اند و از نزدیک با توانمندی‌های کشور آشنا شده‌اند. همچنین مرکز فناوری توسعه کاربرد انرژی زیست‌توده ساوه به‌عنوان مرکز فناوری تحقیقاتی در حامل‌های تجدید پذیر زیست‌توده، مرجعی برای بازدیدهای فوق از استان‌های مرکزی، البرز، تهران و همدان بوده است. سایت فناوری این سازمان واقع در استان قزوین نیز با توجه پروژه‌های متنوع انرژی‌های تجدیدپذیر همواره مورد استقبال بازدیدکنندگان از استان‌های مختلف و همجوار قرار گرفته است.

«دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری این سازمان» با همکاری «قطب انرژی‌های نوین وزارت آموزش‌وپرورش کشور» نیز با استفاده از بستر آموزشی سامانه شاد، چندین برنامه آموزشی با موضوعات مرتبط با کاربرد انرژی‌های خورشیدی، منابع زیست‌توده و سایر فناوری‌های کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر موجود در سایت‌های فناوری این سازمان، تهیه و جهت ارتقای دانش دانش آموزان کل کشور و ترویج توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر، در سامانه مذکور، بارگذاری کرده است. با توجه به استقبال متخصصین، محققین، دانشجویان و دانش آموزان کشور، سایت‌های فناوری این سازمان آماده بازدیدهای گروه‌های علاقه‌مند است.

منبع: پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو – ۵ اسفند ۱۴۰۲

خبر داخلی

آمادگی وزارت نیرو برای احداث ۵۰ هزار نیروگاه خورشیدی حمایتی

دولت سیزدهم در راستای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برنامه ریزی کرده است تا سالانه ۱۱۰ هزار سامانه از طریق نهادهای حمایتی و سازمان ساتبا به نمایندگی وزارت نیرو احداث کند، برنامه مهمی که برای تسریع در فرایند اجرا نیازمند تسریع بانک‌ها در ارائه تسهیلات است. به گزارش پایگاه اطلاع رسانی دولت به نقل از وزارت نیرو (پاون)، طرح احداث سامانه‌های حمایتی خورشیدی ۵ کیلوواتی مصوب معاون اول رئیس‌جمهور است و بر اساس این مصوبه که در مردادماه سال ۱۴۰۱ و با حضور نهادهای حمایتی (کمیته امداد امام (ره) و سازمان بهزیستی)، بسیج سازندگی، معاونت سازندگی روستائی و ساتبا (نماینده وزارت نیرو) در حضور معاون اول رئیس‌جمهور مبادله شد، قرار است۵۵۰ هزار سامانه یا نیروگاه خورشیدی ۵ کیلوواتی حمایتی در طول ۵ سال توسط نهادهای حمایتی طرف تفاهم‌نامه ساخته شود. این یعنی باید هر سال ۱۱۰ هزار نیروگاه خورشیدی با همکاری نهادهای حمایتی به ویژه بانک‌های عامل و البته مساعدت ساتبا به نمایندگی وزارت نیرو ساخته شود. بر اساس این برنامه ابتدا خانواده‌ها از سوی نهادهای حمایتی به شرکت‌های توزیع و ساتبا (در بحث نظارت و کنترل) معرفی می‌شوند و همچنین نهادهای حمایتی وظیفه دارند که کل هزینه احداث پروژه را از طریق تخصیص تسهیلات با نرخ سود پایین تامین کنند. این تسهیلات به نام خانواده و یکی از ۴۲ شرکت مورد تایید وزارت نیرو اعطا می‌شود و در نتیجه این وام به نام خانواده تحت حمایت و به حساب شرکت منتخب واریز خواهد شد تا عملیات احداث نیروگاه خورشیدی آغاز شود، از طرفی شرکت‌های توزیع هم در سراسر کشور مسئولیت نظارت بر روند عملیات احداث این نیروگاه‌ها را برعهده دارند.

فرایند اجرای این طرح به این صورت است که در آغاز نهادهای حمایتی همچون کمیته امداد، خانواده‌های تحت پوشش را برای نصب سامانه خورشیدی به شرکت‌های توزیع برق معرفی می‌کنند و سپس شرکت‌های توزیع، قابلیت ساختگاه‌های معرفی شده از سوی خانواده‌های تحت پوشش را بررسی می‌کنند. همچنین قرارداد خرید تضمینی برق سامانه‌های حمایتی

خورشیدی میان ساتبا و خانواده تحت حمایت تا ۲۰ سال ادامه خواهد داشت و قراردادها به گونه‌ای است که قیمت تعدیل هم به آن اضافه می‌شود و هر سال این نرخ افزایش پیدا می‌کند. مدت تسویه وام نیز ۷ سال است که بعداز این مدت، قرارداد همچنان با ساتبا ادامه خواهد یافت. بر اساس آخرین بررسی‌ها تاکنون حدود ۵ هزار سامانه خورشیدی حمایتی احداث شده در کشور وجود دارد و نزدیک به ۴ هزار و ۳۰۰ سامانه دیگر نیز در حال احداث است.

جعفر محمدنژاد سیگارودی، مدیرکل دفتر توسعه سامانه‌های مقیاس کوچک ساتبا در ارتباط با آخرین وضعیت برنامه وزارت نیرو برای اجرای طرح‌های حمایتی انرژی خورشیدی و چالش‌های پیش روی این برنامه گفت: وزارت نیرو در حال حاضر از برنامه تعیین شده جلوتر است و در همین لحظه وزارت نیرو آمادگی احداث بیش از ۵۰ هزار نیروگاه خورشیدی حمایتی را دارد. محمدنژاد افزود: تاکنون فرایند شناسایی و صلاحیت سنجی بیش از ۵۰ هزار خانواده که امکان احداث نیروگاه خورشیدی دارند، انجام شده و از سوی وزارت نیرو مشکلی در ارتباط با پیش برد سریع این طرح وجود ندارد.

مدیرکل دفتر توسعه سامانه‌های مقیاس کوچک ساتبا با تاکید بر اینکه در حال حاضر ۳۹ شرکت توزیع برق در سراسر کشوری برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی پای کار هستند، اظهار داشت: پیشبرد سریع طرح و تحقق اهداف آن نیازمند همراهی مضاعف نهادهای همکار یعنی کمیته امداد امام (ره)، سازمان بهزیستی، بسیج سازندگی و معاونت سازندگی روستائی و مهم‌تر از آن تسریع بانک‌های عامل در پرداخت تسهیلات است. وی در پایان اضافه کرد: در صورت پرداخت سریع تسهیلات از سوی بانک‌ها و اجرای کامل تعهدات نهادهای همکار در این برنامه، شاهد اجرای به موقع و مطابق با جدول زمان بندی آن خواهیم بود.

منبع: پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو – ۲۱ اسفند ۱۴۰۲

پرونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

شماره ۹ – اسفند ۱۴۰۲