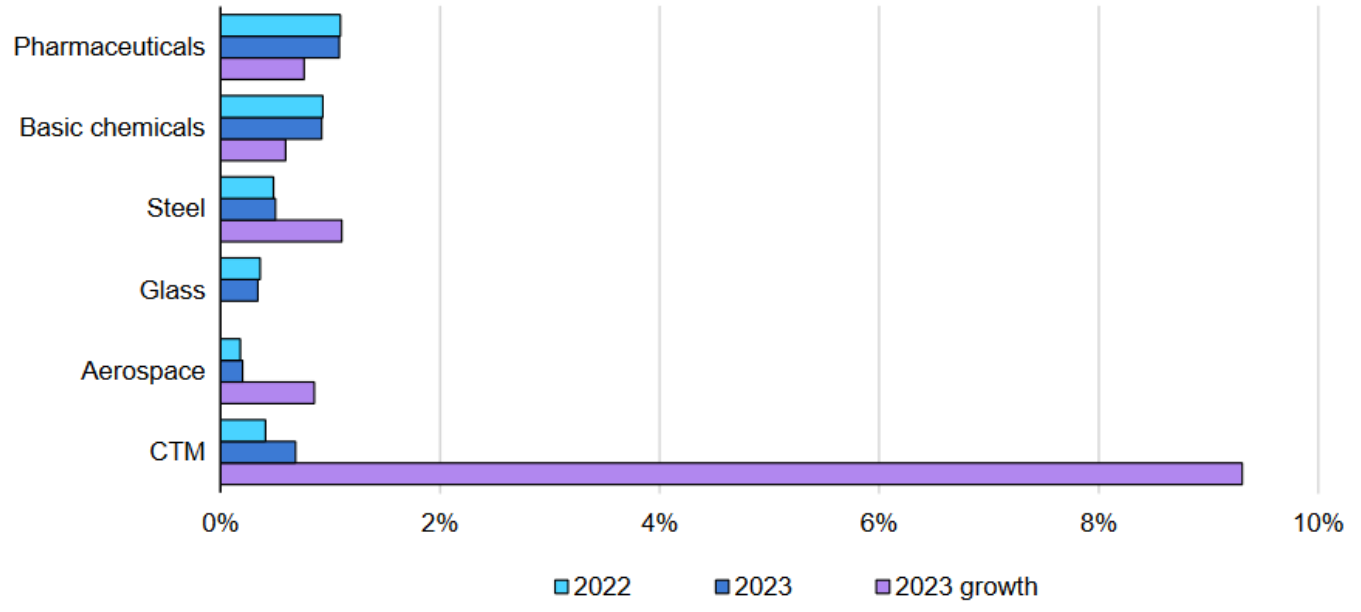
گزارش ویژه آژانس بین المللی انرژی از چشم‌انداز ساخت و تولید در فناوری های مرتبط با انرژی های پاک

فناوری‌های پاک به تولید توجه می‌کنند

بخش تولید که از دیرباز موتور رشد و توسعه اقتصادی بوده است، به طور فزاینده ای در خط مقدم ملاحظات انرژی، آب و هوا و سیاست های اقتصادی قرار دارد. کشورها در حال رقابت برای بهره‌برداری از مزایایی هستند که تولید فناوری پاک می‌تواند برای امنیت اقتصادی، اشتغال و انعطاف‌پذیری انتقال انرژی پاک به ارمغان آورد. به دنبال درخواست رهبران گروه هفت (G7) در سال ۲۰۲۳، این گزارش ویژه چشم انداز فناوری انرژی برای کمک به سیاست گذاران در آماده سازی استراتژی های صنعتی خود طراحی شده است. این فناوری بر روی پنج فناوری کلیدی انرژی پاک متمرکز است – فتوولتائیک خورشیدی، بادی، باتری ها، الکترولیزها و پمپ‌های حرارتی. سرمایه گذاری در تولید فناوری پاک آنقدر قابل توجه است که به تدریج ورود اطلاعات آن در داده‌های اقتصاد کلان کشورها بسیار چشمگیر شده است. به عنوان مثال سرمایه گذاری در فناوری انرژی های سبز در سال ۲۰۲۳، حدود ۰.۷ درصد از سرمایه گذاری جهانی در تمام بخش های اقتصاد را به خود اختصاص داده این درحالی است که هزینه های صنعت فولاد تنها ۰.۵ درصد بوده است. از نظر رشد، این سهم حتی واضح‌تر است – در سال ۲۰۲۳، تولید فناوری پاک به تنهایی حدود ٤ درصد از رشد تولید ناخالص داخلی جهانی و نزدیک به ۱۰ درصد از رشد سرمایه‌گذاری جهانی را به خود اختصاص داد.

Share of clean technology manufacturing in global investment and growth thereof in comparison to other manufacturing sub-sectors, 2022-2023



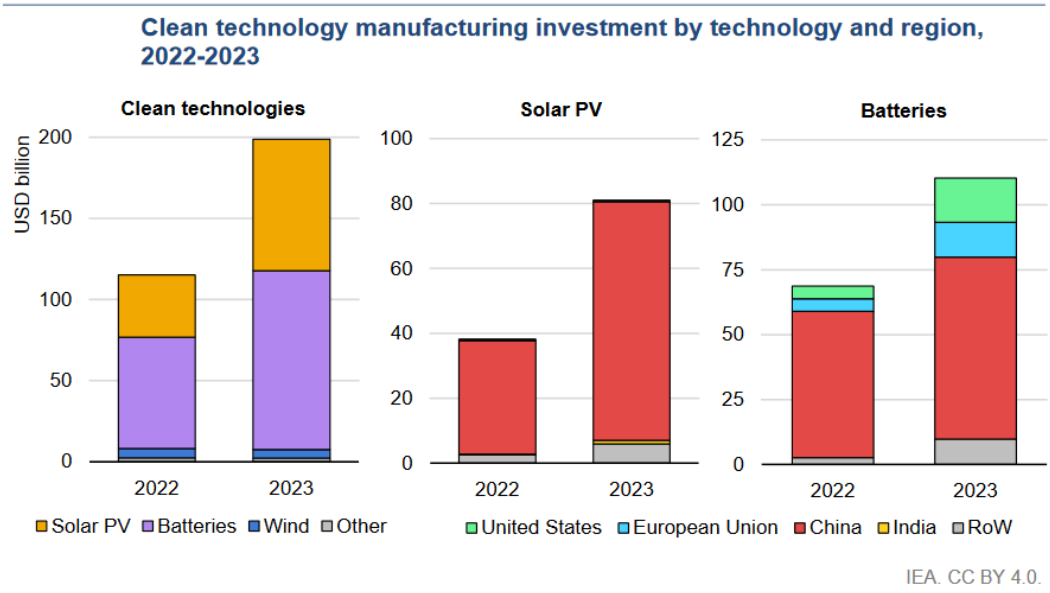
IEA. CC BY 4.0.

Notes: CTM = Clean technology manufacturing. Shares of investment calculated as sectoral investment divided by gross fixed capital formation on a global basis. Sectors correspond to the following ISIC codes: 'Pharmaceuticals' = Division 21, 'Basic chemicals' = Group 201, 'Steel' = Groups 241-243, 'Glass' = Group 231, 'Aerospace' = Group 303.

Source: IEA analysis based on OECD TiVA database and Oxford Economics Global Industry Service.

به نظر می‌رسد افزایش اخیر سرمایه گذاری همچنان ادامه داشته باشد

تحلیل اولیه در این گزارش نشان می‌دهد که سرمایه گذاری در تولید فناوری پاک در سال ۲۰۲۳ حدود ۲۰۰ میلیارد دلار بوده است که نسبت به سال ۲۰۲۲ بیش از ۷۰ درصد رشد داشته است. سرمایه‌گذاری در کارخانه‌های تولید باتری و فتوولتائیک خورشیدی منجر به این شد که با هم بیش از ۹۰ درصد از کل تولید را در هر دو سال به خود اختصاص دادند. سرمایه گذاری در تولید فتولتائیک خورشیدی بیش از دو برابر شده و به حدود ۸۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ رسید، در حالی که سرمایه گذاری در تولید باتری حدود ٦۰ درصد رشد کرده و به ۱۱۰ میلیارد دلار رسید. چین در سال ۲۰۲۳ سه چهارم سرمایه‌گذاری‌های جهانی در تولید فناوری پاک را به خود اختصاص داده است. سرمایه‌گذاری در ایالات متحده و اروپا به شدت رشد کرده – به‌ویژه برای تولید باتری، که سرمایه‌گذاری‌ها در این مناطق بیش از سه برابر شده است. برای تولید فتوولتائیک خورشیدی، سرمایه گذاری در چین بین سال های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ بیش از دو برابر شده است. خارج از این سه قطب اصلی تولیدی، هند، ژاپن، کره و کشورهای جنوب شرقی آسیا سهم مهمی در مناطق خاص داشتند، در حالی که سرمایه گذاری در مناطقی مانند آفریقا، آمریکای مرکزی و آمریکای جنوبی ناچیز بود. حرکت کوتاه مدت برای تولید پاک، قدرتمند به نظر می رسد. حدود ٤۰ درصد از سرمایه گذاری ها در سال ۲۰۲۳ در زیرساخت هایی بود که قرار است در سال ۲۰۲٤ آغاز به کار کنند. برای تاسیسات تولید باتری، این سهم نزدیک به ۷۰ درصد است. پروژه های تعهد شده تا سال ۲۰۲۵، همراه با ظرفیت موجود، از ۵۰ درصد نیاز جهانی برای استقرار فتوولتائیک خورشیدی تا سال ۲۰۳۰ بر اساس سناریوی انتشار صفر خالص آژانس بین المللی انرژی تا سال ۲۰۵۰ (سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE)) فراتر خواهد رفت و ۵۵ درصد از نیازهای سلول باتری را برآورده می کند. این شتاب به بخش‌های مجاور نیز سرایت می‌کند – تقریباً نیمی از اعلامیه‌های تعهد به تولید باتری در ایالات متحده از طریق سرمایه‌گذاری مشترک با خودروسازان خواهد بود.

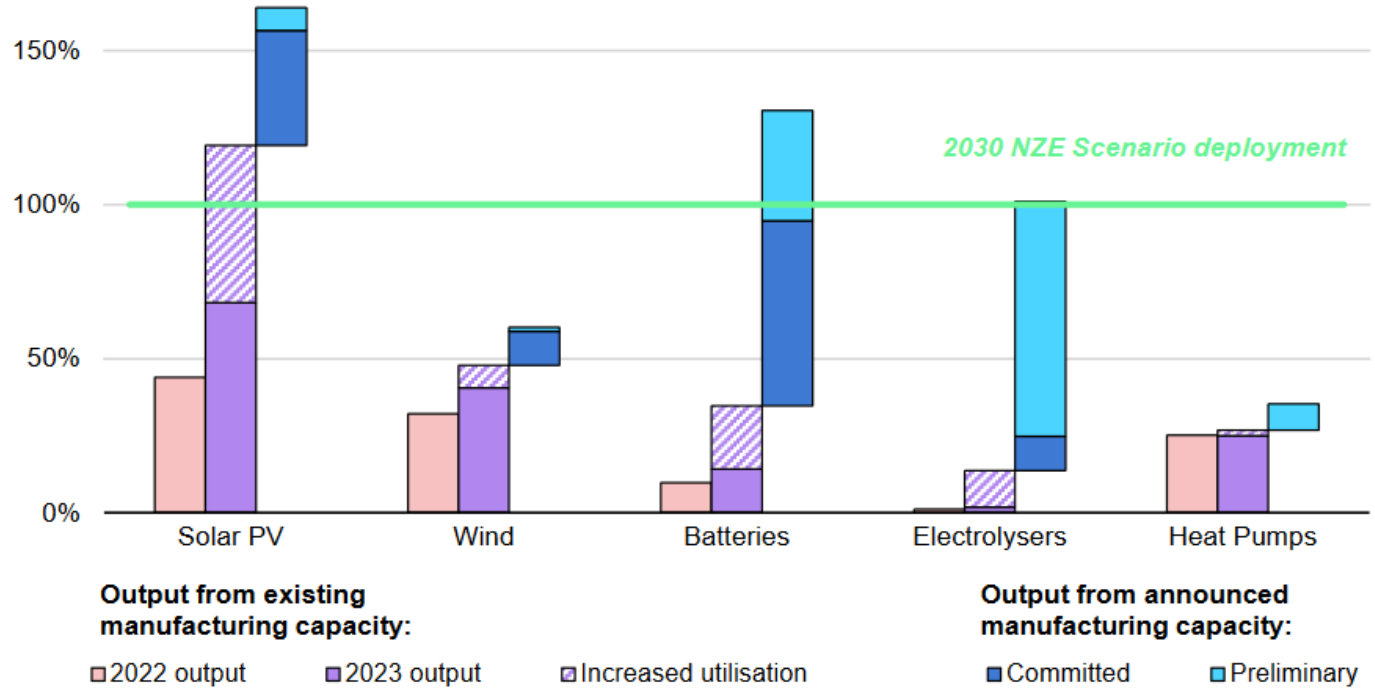


Notes: RoW = Rest of world. Solar PV includes facilities producing polysilicon, wafers, cells and modules; Batteries includes facilities producing packs and cells, anodes and cathodes; Wind includes facilities producing nacelles, blades and towers; Other includes electrolysers and heat pump manufacturing.
Sources: IEA analysis based on InfoLink, Thomson Reuters, Bloomberg New Energy Finance, Wood Mackenzie, S&P Global Commodity Insights, EV Volumes, and Benchmark Mineral Intelligence.

راه به سرعت در حال پیموده شدن است، حتی اگر ناهموار باشد

ظرفیت تولید موجود برای ماژول‌ها و سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی امروزه می‌تواند به آنچه برای پاسخگویی به تقاضا تحت سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE) در سال ۲۰۳۰ حتی شش سال زودتر از زمان‌بندی‌شده باشد اگر چه برای مراحل بالادستی تولید ویفر و پلی‌سیلیکون، فاصله‌های کمی وجود دارد. با این حال، ضریب بهره برداری تاسیسات تولید سلول‌ها و ماژول‌های در حال حاضر در سطح جهانی نسبتاً پایین و در حدود ۵۰ درصد است. عوامل کلیدی که این را توضیح می‌دهند، مازاد عرضه ماژول فتتولتائیک خورشیدی، همراه با گسترش سریع ظرفیت تولید است. در حالی که افزایش شدید عرضه باعث کاهش قیمت‌های ماژول‌ها شده است و از جذب بیشتر مصرف‌کنندگان حمایت می‌کند، ذخایر ماژول‌های فتوولتائیک خورشیدی در حال رشد هستند و نشانه‌هایی از کاهش مقیاس و به تعویق افتادن افزایش ظرفیت برنامه‌ریزی‌شده، به‌ویژه در چین وجود دارد. تولید باتری نیز در سال ۲۰۲۳ یک رکورد سالانه داشت. تولید در مجموع بیش از ۸۰۰ گیگاوات ساعت (گیگاوات ساعت) بوده که نسبت به سال ۲۰۲۲، نزدیک به ٤٥ درصد افزایش داشته است. ظرفیت نیز افزایش یافته و تقریباً ۷۸۰ گیگاوات ساعت به ظرفیت تولید سلول اضافه شده – حدود یک چهارم بیشتر از سال ۲۰۲۲. این کل ظرفیت نصب شده را به حدود ۲.۵ تراوات ساعت (TWh) یا تقریباً سه برابر تقاضای فعلی افزایش داده است. در سطح جهانی، در صورت تحقق همه تعهدات اعلامی، ظرفیت تولید باتری تا سال ۲۰۳۰ از ۹ تراوات ساعت فراتر خواهد رفت. نیازهای استقرار تولید باتری در سال ۲۰۳۰ تحت سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE) در دسترس استبه گونه ای که بیش از ۹۰ درصد از ان می تواند با توسعه های اعلام شده که به تصمیمات سرمایه گذاری نهایی رسیده اند، برآورده شود. ظرفیت تولید جدید برای انرژی‌های بادی و الکترولیزها نیز در سال ۲۰۲۳ سریعتر رشد کرد، اگرچه این دستاوردها چندان چشمگیر نبود. ظرفیت موجود برای انرژی باد می تواند نزدیک به ۵۰ درصد از نیازهای سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE) را در سال ۲۰۳۰ تأمین کند، پروژه های اعلامی در حال اجرا نیز می توانند ۱۲ درصد دیگر را برآورده کنند. در همین حال، افزایش ظرفیت برای تولید پمپ حرارتی به دلیل رکود در اکثر بازارهای پیشرو، کند بوده است. ظرفیت موجود می تواند تنها حدود یک سوم نیازهای سال ۲۰۳۰ را در سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE) برآورده کند – اگرچه این می تواند با توجه به زمان کوتاه مدت توسعه ظرفیت در این صنعت به سرعت تغییر کند.

Output from existing and announced manufacturing capacity relative to Net Zero Emissions by 2050 Scenario deployment in 2030



Output from existing manufacturing capacity:

2022 output | 2023 output | Increased utilisation

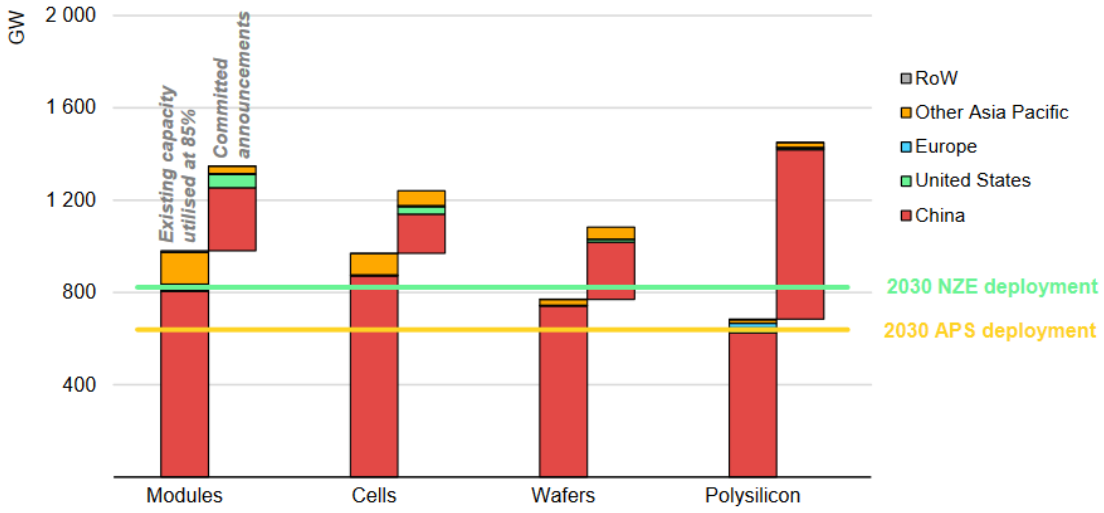
Output from announced manufacturing capacity:

Committed | Preliminary

IEA. CC BY 4.0.

Notes: NZE Scenario = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. 2022 and 2023 output values reflect estimates of actual utilisation rates. Increased utilisation refers to the gap between 2023 production levels and existing capacity being utilised at 85%. A utilisation rate of 85% is used for both existing and announced manufacturing capacity in 2030. Refer to the Technical annex for more details on the analytical boundaries and methodologies used in this analysis.
Sources: IEA analysis based on data from Benchmark Mineral Intelligence, Bloomberg New Energy Finance, EV Volumes, InfoLink, S&P Global Commodity Insights, UN Comtrade, Wood Mackenzie and announcements by manufacturers and personal communications.

Output from existing and announced solar PV component manufacturing capacity and 2030 deployment levels in the Announced Pledges Scenario and Net Zero Emissions by 2050 Scenario

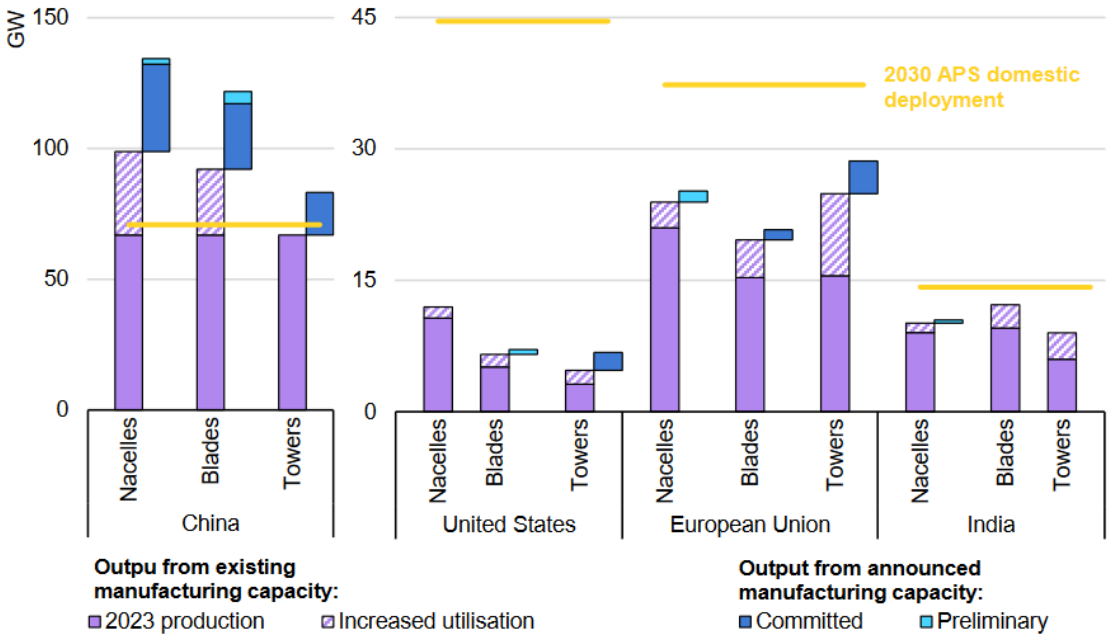


IEA. CC BY 4.0.

Notes: APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario; RoW = Rest of World. A utilisation factor of 85% is assumed for all regions. Refer to the Technical annex for more details on the analytical boundaries and methodologies used in this analysis.

Source: IEA analysis based on data from PV InfoLink, Bloomberg New Energy Finance, IEA PVPS, SPV Market Research, and RTS Corporation.

Output from existing and announced wind manufacturing capacity in selected regions relative to Announced Pledges Scenario deployment in 2030



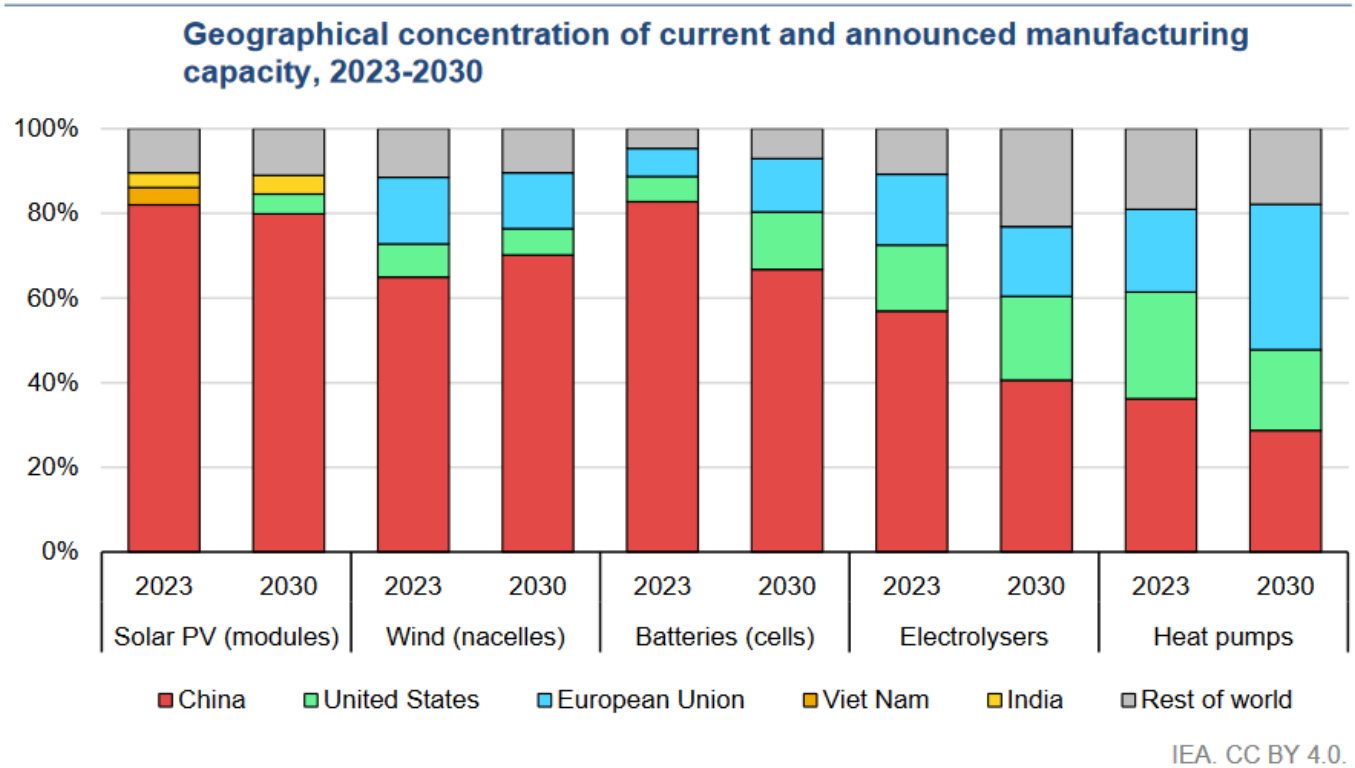
IEA. CC BY 4.0.

Notes: APS = Announced Pledges Scenario. The figure includes data on facilities which are specifically dedicated to wind manufacturing for blades, nacelles and towers, except for tower manufacturing in China, where an implausible shortfall is assumed to be met by additional generic fabrication capacity. 2023 production values reflect estimates of actual utilisation rates. A utilisation rate of 85% is used for both existing and announced dedicated manufacturing capacity in 2030. Refer to the Technical annex for more details on the analytical boundaries and methodologies used in this analysis.

Source: IEA analysis based on data from S&P Global Commodity Insights.

به نظر می‌رسد تمرکز جغرافیایی در تولید بیشتر فناوری‌های انرژی پاک بالا باقی بماند

چین، ایالات متحده و اتحادیه اروپا روی هم حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد از ظرفیت تولید را برای تولید فتوولتائیک خورشیدی، باد، باتری، الکترولیز و پمپ حرارتی تشکیل می دهند. تغییر کمی در این تمرکز کلی تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی می‌شود، حتی اگر همه پروژه‌های اعلام‌شده به نتیجه برسند. چین به تنهایی بیش از ۸۰ درصد ظرفیت تولید ماژول های خورشیدی فتوولتائیک و ۹۵ درصد ویفرها را در اختیار دارد. بعید به نظر می رسد که این وضعیت در این دهه به طور قابل توجهی تغییر کند، زیرا چین قرار است با افزایش ظرفیت برنامه ریزی شده در کشورهای دیگر مانند ایالات متحده و هند مطابقت داشته باشد یا از آن فراتر رود. برای تولید سلول های باتری، وضعیت تا حدودی متفاوت است: به نظر می رسد افزایش ظرفیت های برنامه ریزی شده در اروپا و ایالات متحده، سهم کنونی چین از ظرفیت جهانی را کاهش دهد و در صورت تحقق همه پروژه های اعلام شده، هر دو منطقه تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۵ درصد سهم خواهند رسید. در اروپا و ایالات متحده، ظرفیت تولید سلول باتری اعلام شده برای پاسخگویی به نیازهای استقرار داخلی در سال ۲۰۳۰ مرتبط با اهداف آب و هوایی آنها کافی است. تمرکز جغرافیایی تولید برای باد، الکترولیز و پمپ های حرارتی نیز تا سال ۲۰۳۰ تغییر کمی نشان می دهد. آمریکای مرکزی و جنوبی سهم کمی از تولید جهانی اجزای اصلی توربین بادی را به خود اختصاص داده اند. با این حال، امروزه عملاً هیچ تولید فناوری پاک در آفریقا انجام نمی شود.



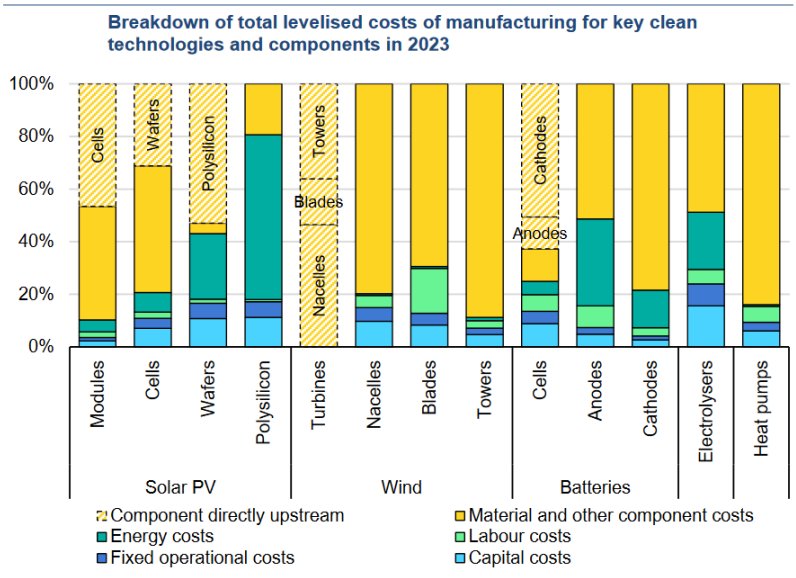
Notes: 2030 value includes all operational capacity in 2023 together with the capacity of announced manufacturing projects through to 2030. For electrolysers, the analysis only includes projects for which location data was available. Shares are based on manufacturing capacity. Refer to the Technical annex for more details on the analytical boundaries and methodologies used in this analysis.

Sources: IEA analysis based on data from Benchmark Mineral Intelligence, Bloomberg New Energy Finance, EV Volumes, InfoLink, S&P Global Commodity Insights, UN Comtrade, WoodMac and announcements by manufacturers and personal communications.

هزینه تولید قابل توجه است، اما قابل کاهش است

داده ها و تجزیه و تحلیل های جدید، از جمله ارزیابی های سطح کارخانه بیش از ۷۵۰ تاسیسات تولیدی، بینشی را در مورد محرک های اصلی هزینه های تولید و تفاوت های بین مناطق ارائه می دهد. تجزیه و تحلیل آژانس بین المللی انرژی نشان می‌دهد که چین کم‌هزینه‌ترین تولیدکننده برای تمام فناوری‌های برجسته‌شده در این گزارش است، قبل از اینکه اقدامات سیاست حمایتی صریح را در نظر بگیرد، اگرچه به فرصت‌هایی برای کاهش شکاف‌های هزینه نیز اشاره می‌کند. هزینه اولیه اصلی که به هزینه های کلی تولید کمک می کند، مخارج سرمایه ای برای راه اندازی یک کارخانه تولید انرژی پاک و هزینه های تامین مالی مرتبط است. تأسیسات تولیدی در ایالات متحده و اروپا معمولاً ۷۰ تا ۱۳۰ درصد به ازای هر واحد ظرفیت خروجی گران‌تر از تأسیسات در چین برای تولید فتولتائیک خورشیدی، بادی و باتری هستند، البته قبل از اینکه تفاوت هزینه تامین سرمایه بین مناطق را محاسبه کنند. هزینه سرمایه هند حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از چین است، اما به طور قابل توجهی کمتر از ایالات متحده و اروپا است.

گر چه، هزینه‌های بالاسری تنها سهم کمی در هزینه‌های تراز شده دارد، مخارج سرمایه سالانه ۱۵ تا ۲۵ درصد از کل هزینه تولید ماژول های فتوولتائیک خورشیدی است در حالی که در آن هزینه سرمایه ۸ درصد است. این وضعیت تا حدودی بیشتر برای باتری‌ها (۱۰–۲۰درصد)، توربین‌های بادی و پمپ‌های حرارتی (۲۰–۱۰درصد) و برای استک های الکترولیز قلیایی (۱۵–۳۰درصد) است. هزینه های عملیاتی، از جمله هزینه های انرژی، مواد، قطعات و نیروی کار، بسیار بیشتر است. با استفاده از میانگین قیمت جهانی کالاها و قیمت های نیروی کار و مصرف کننده نهایی در منطقه برای نهاده های انرژی، هزینه های جاری ۷۰ تا ۹۸ درصد از کل هزینه های تولید را تشکیل می دهند. بنابراین کاهش هزینه های انرژی، مواد و اجزای سازنده یک اهرم مهم برای کاهش شکاف هزینه ها است.



IEA. CC BY 4.0.

Notes: 'Electrolysers' refers to the stack of an alkaline system, and 'Heat pumps' refers to the final assembly step. Cost shares presented here are calculated using energy prices, capital costs and other region-specific factors for China, and so can differ for other countries. Values exclude any explicit policy incentives for manufacturing, transportation, profit margins, taxes and tariffs, and therefore may not match market prices for these units. A depreciation period of 25 years, a weighted average cost of capital (WACC) of 8%, a utilisation rate of 85% and an annual fixed operational cost set at 5% of initial capital cost are used for all technologies and all manufacturing steps. Refer to the Technical annex for more details on the analytical boundaries and methodologies used in this analysis.

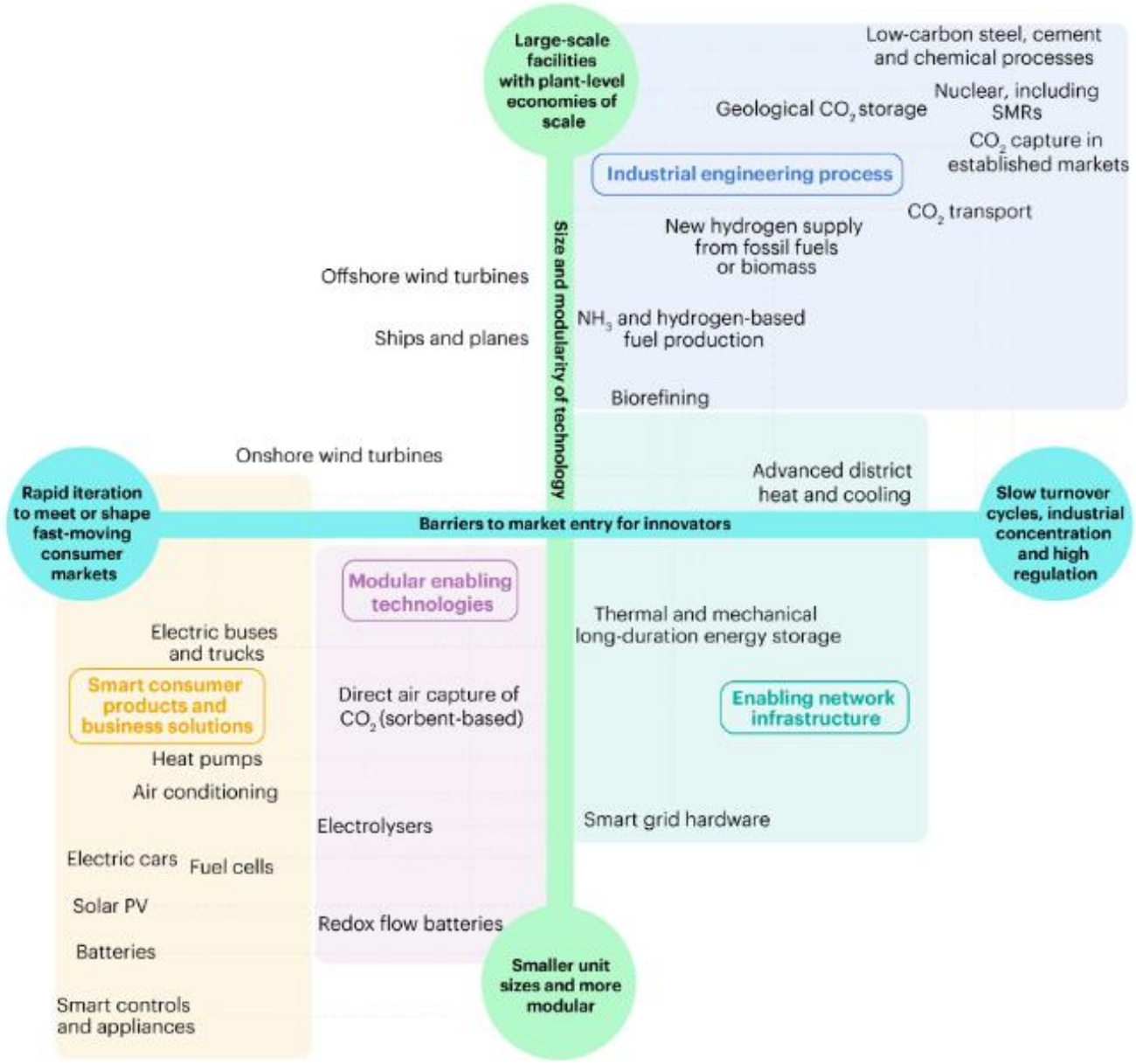
هزینه تنها عاملی نیست که بر سرمایه گذاری تأثیر می گذارد

عوامل بسیاری علاوه بر هزینه تولید، تصمیمات شرکت ها برای سرمایه گذاری را شکل می دهند: اندازه بازار داخلی، در دسترس بودن کارگران با مهارت های لازم، آمادگی زیرساخت ها، فرآیندهای صدور مجوز و سایر رژیم های نظارتی، نزدیکی به مشتریان و هم افزایی با صنایع موجود، فقط چند نمونه می باشند. بنابراین مداخلات سیاستی می‌تواند جذابیت سرمایه‌گذاری در یک منطقه خاص را بدون پرداخت یارانه مستقیم به هزینه‌های تولید افزایش دهد. طرح‌های آموزشی و صدور گواهینامه برای کارگران، فشرده‌سازی زمان اجرای پروژه با حفظ استانداردهای زیست‌محیطی، گسترش بازارهای داخلی و کاهش عدم اطمینان با سیاست‌های آب و هوایی قوی و باثبات، برخی از اقدامات کلیدی «کم پشیمانی[1]» هستند که می‌توانند انگیزه‌های سرمایه‌گذاری را بدون توجه به نقش مشوق‌های مستقیم در استراتژی های صنعتی افزایش دهند. نوآوری یکی دیگر از تمرکزهای کلیدی برای طراحی استراتژی صنعتی است. از آنجایی که مجموعه فناوری های انرژی به سمت تجهیزات تولید انبوه می رود، بخش انرژی احتمالاً شامل شرکت های تحقیق و توسعه بیشتری با کارخانه ها و مراکز تحقیق و توسعه در کشورهای خود و سایر نقاط جهان می شود. قرار گرفتن در مرز نوآوری فرصت مهمی برای رقابت در بازار است، که یکی از دلایلی است که کشورهایی با هزینه های نیروی کار و انرژی نسبتاً بالا به تولید کالا در بخش های تجاری ادامه می دهند. در حالی که تحقیق و توسعه بخش خصوصی را می توان با سیاست هایی تحریک کرد که سرمایه گذاری و تجربه در تولید را ترویج می کند، حمایت مستقیم از نوآوری نیز مورد نیاز است. اقدامات دولتی، از جمله کمک های مالی یا وام های تحقیق و توسعه، تامین مالی پروژه، حمایت از نمونه سازی سریع، راه اندازی و افزایش مقیاس تولید، می تواند در جهت ماموریت های نوآوری خاص برای پیشبرد تولید هدفگذاری شود.

در انتهای گزارش توصیه های کلیدی برای سیاستگذاران این حوزه ذکر شده است که از جمله آنها اولویت بندی اقدامات و وتمرکز بر توانمندیهای بالفعل، جذب و حمایت از نوآوران همچنین شرکت در اتحادهای استراتژیک بین المللی برای تامین مالی و رصد و مشارکت در تحولات فناورانه جهانی است.

[1] Low regret

Clean energy technology types mapped according to their general attributes of size and modularity versus barriers to market entry



IEA. CC BY 4.0.

Notes: SMR = small modular reactor; NH_3 = ammonia.
Source: IEA (2022), How Governments Support Clean Energy Start-ups.

منبع: www.iea.org

ترجمه و تنظیم : مریم صحرا گرد، مهدی تفضلی