

IMAM KHOMEINI AIRPORT CITY FREE ZONE – HYBRID POWER & RENEWABLE ENERGY COMPLEX

⚡ CLEAN ENERGY. SMART FUTURE. STRONGER TOGETHER. 🤝



احداث کارخانه تولید سلول و ماژول خورشیدی با فناوری‌های نسل جدید (PERC, TOPCon, HJT) و ارائه خدمات مهندسی، تأمین و ساخت (EPC) نیروگاه‌های خورشیدی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)

Construction of Advanced Solar Cell and Module Manufacturing Plant (PERC, TOPCon, HJT Technologies) and Provision of EPC Services for Solar Power Plants in Imam Khomeini Airport City Free Zone



این مستند صرفاً به عنوان معرفی و تشریح با موضوع مذکور در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) بوده و سرمایه‌گذاران محترم می‌بایست در طرح خود، اطلاعات و ارقام پیشنهادی مندرج در این مستند را بررسی، بروزآوری، تدقیق و جرح و تعدیل نمایند.

This document is intended solely as an introductory and descriptive overview of the investment opportunity pertaining to the aforementioned subject within the Free Zone of Imam Khomeini Airport City. Esteemed investors are respectfully advised that, in formulating their respective investment proposals, they bear the sole responsibility to independently examine, update, verify, and, where deemed necessary, critically reassess and adjust the indicative information, data, and figures contained herein.

بخش اول: عنوان فرصت سرمایه گذاری

عنوان فارسی کامل: احداث کارخانه تولید سلول و ماژول خورشیدی با فناوری‌های نسل جدید (PERC, TOPCon, HJT) و ارائه خدمات مهندسی، تأمین و ساخت (EPC) نیروگاه‌های خورشیدی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)

English Title: Construction of Advanced Solar Cell and Module Manufacturing Plant (PERC, TOPCon, HJT Technologies) and Provision of EPC Services for Solar Power Plants in Imam Khomeini Airport City Free Zone

کد شناسایی طرح:

نوع طرح:

طرح تولیدی-صنعتی-خدماتی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های پاک با ماهیت ترکیبی (تولید تجهیزات، تحقیق و توسعه، خدمات مهندسی و صادرات منطقه‌ای)

مقیاس طرح (حجم سرمایه گذاری):

دویست و بیست میلیون یورو که به صورت مرحله‌ای و بر اساس فازبندی اجرایی تزریق خواهد شد. این مبلغ شامل سرمایه اولیه خرید زمین و احداث ساختمان‌های صنعتی، تأمین خطوط تولید پیشرفته سلول و ماژول خورشیدی از تأمین‌کنندگان معتبر جهانی، هزینه‌های تحقیق و توسعه و بومی‌سازی فناوری، سرمایه در گردش عملیاتی سه سال اول، هزینه‌های جذب و آموزش نیروی انسانی متخصص، هزینه‌های اخذ گواهینامه‌های بین‌المللی کیفیت و انطباق زیست‌محیطی، و هزینه‌های بازاریابی و توسعه بازارهای صادراتی منطقه‌ای می‌باشد.

افق زمانی بهره‌برداری:

- فاز صفر (مطالعات امکان‌سنجی تفصیلی، اخذ مجوزهای حاکمیتی و محیط‌زیستی، انتخاب تأمین‌کنندگان فناوری و پیمانکاران): ۱۰ ماه از تاریخ تصویب طرح
- فاز یک (عملیات عمرانی، احداث ساختمان‌های تولیدی، آزمایشگاه‌ها و زیرساخت‌های عمومی): ۱۶ ماه پس از اتمام فاز صفر
- فاز دو (نصب و راه‌اندازی خطوط تولید، کالیبراسیون تجهیزات، آموزش پرسنل و تست‌های پذیرش): ۱۲ ماه پس از اتمام فاز یک

- فاز سه (بهره‌برداری پایلوت با ظرفیت ۳۰٪، اخذ گواهینامه‌های بین‌المللی IEC/UL، و جذب مشتریان اولیه): ۸ ماه پس از اتمام فاز دو
- فاز چهار (بهره‌برداری کامل با ظرفیت ۱۰۰٪، توسعه خطوط تولید نسل بعدی، و شروع صادرات منطقه‌ای): ۱۴ ماه پس از فاز سه
- افق کلان بازگشت سرمایه و سودآوری پایدار: ۷.۵ سال از تاریخ شروع فاز اجرایی
- افق توسعه فناوری و تبدیل به مرجع تولید تجهیزات خورشیدی در غرب آسیا: ۱۵ سال از تاریخ تصویب طرح

بخش دوم: تعریف و تشریح طرح

این طرح با هدف ایجاد یک واحد صنعتی پیشرفته و کاملاً یکپارچه برای تولید سلول‌ها و ماژول‌های خورشیدی با فناوری‌های نسل جدید در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) طراحی شده است که به‌عنوان موتور محرک توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران و منطقه عمل خواهد کرد. کارخانه پیشنهادی با اشغال زمینی به مساحت حدود ۱۰ هکتار و زیربنای کل حدود ۶۵,۰۰۰ مترمربع، ظرفیت تولید سالانه ۵۰۰ مگاوات ماژول خورشیدی را دارا خواهد بود که معادل تأمین تجهیزات مورد نیاز برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی با ظرفیت کل حدود ۴۰۰ هکتار است.

رکن اول: خطوط تولید پیشرفته سلول و ماژول خورشیدی کارخانه شامل دو بخش تولیدی اصلی به شرح ذیل می‌باشد: بخش تولید سلول خورشیدی (Solar Cell Production Line) با فناوری‌های PERC (Passivated Emitter and Rear Cell)، TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) و قابلیت ارتقا به HJT (Heterojunction Technology) که شامل مراحل شستشوی ویفر سیلیکون، انتشار فسفر، لایه‌نشانی ضد بازتاب، چاپ الکترودهای جلو و عقب، و تست الکتریکی نهایی با راندمان هدف بالای ۲۳٪ برای سلول‌های PERC و بالای ۲۵٪ برای TOPCon است. بخش تولید ماژول (Module Assembly Line) که شامل برش و چیدمان سلول‌ها، لحیم‌کاری رشته‌ای (Stringing)، لایه‌چینی با مواد encapsulant EVA یا POE، لمینیت تحت خلأ و دمای کنترل‌شده، نصب فریم آلومینیومی و جعبه اتصال (Junction Box)، و تست‌های نهایی الکتریکی و مکانیکی مطابق با استانداردهای IEC 61215 و IEC 61730 می‌باشد.

رکن دوم: آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه و کنترل کیفیت کارخانه مجهز به یک مرکز تحقیق و توسعه (R&D Center) پیشرفته خواهد بود که شامل آزمایشگاه‌های تخصصی ذیل می‌باشد: آزمایشگاه مشخصه‌یابی نوری-الکتریکی سلول‌ها (IV Testing, EQE Measurement)، آزمایشگاه پایداری و تست شتاب‌یافته عمر ماژول‌ها (Damp Heat, Thermal Cycling, UV Exposure)، آزمایشگاه مواد و فرآیند برای بهینه‌سازی لایه‌نشانی و چاپ، و آزمایشگاه شبیه‌سازی شرایط اقلیمی منطقه‌ای برای اعتبارسنجی عملکرد محصولات در شرایط آب‌وهوایی ایران و کشورهای همسایه. این مرکز همچنین وظیفه بومی‌سازی تدریجی فناوری، توسعه فرمولاسیون‌های بهینه برای شرایط اقلیمی خاص، و همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی داخلی و بین‌المللی را بر عهده دارد.

رکن سوم: خدمات مهندسی، تأمین و ساخت (EPC) و پشتیبانی فنی علاوه بر تولید تجهیزات، کارخانه خدمات ارزش افزوده ذیل را ارائه می‌دهد: خدمات مهندسی و طراحی نیروگاه‌های خورشیدی مقیاس کوچک، متوسط و بزرگ با نرم‌افزارهای تخصصی (PVsyst, Helioscope)، تأمین کلیه تجهیزات جانبی شامل اینورترها، سازه‌های نگهدارنده، کابل‌ها و سیستم‌های مانیتورینگ، مدیریت پروژه احداث و راه‌اندازی نیروگاه با تیم‌های مجرب، و خدمات پشتیبانی فنی و نگهداری پیشگیرانه پس از بهره‌برداری. این خدمات یکپارچه، ریسک پروژه‌های خورشیدی را برای سرمایه‌گذاران کاهش داده و سرعت توسعه انرژی تجدیدپذیر در منطقه را افزایش می‌دهد.

رکن چهارم: اکوسیستم نوآوری و توسعه زنجیره تأمین منطقه‌ای کارخانه به‌عنوان هسته اکوسیستم انرژی پاک منطقه، با ایجاد فضای کار اشتراکی برای استارت‌آپ‌های فعال در حوزه CleanTech، راه‌اندازی برنامه‌های شتاب‌دهی تخصصی، و تسهیل همکاری‌های صنعتی با تولیدکنندگان قطعات جانبی (فریم آلومینیومی، شیشه کم‌آهن، مواد encapsulant)، بستری برای رشد زنجیره تأمین محلی و منطقه‌ای فراهم می‌آورد. همچنین، انعقاد تفاهم‌نامه‌های همکاری با تولیدکنندگان ویفر سیلیکون، تأمین‌کنندگان مواد شیمیایی تخصصی، و شرکت‌های بازرگانی بین‌المللی، جایگاه منطقه آزاد شهر فرودگاهی را به‌عنوان هاب تجهیزات انرژی تجدیدپذیر در غرب آسیا تقویت می‌نماید.

کل طرح بر پایه اصول «پایداری محیط‌زیستی»، «بومی‌سازی تدریجی فناوری»، «انطباق با استانداردهای بین‌المللی» و «توسعه اقتصادی فراگیر» استوار است و تمامی فعالیت‌ها در چارچوب قوانین مناطق آزاد تجاری-صنعتی ایران، قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر، قانون توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، و مقررات زیست‌محیطی حاکم انجام خواهد پذیرفت.

بخش سوم: هدف طرح در سه سطح کلان، میانی و خرد

الف) اهداف کلان (سطح استراتژیک):

۱. تبدیل منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) به قطب منطقه‌ای تولید تجهیزات انرژی خورشیدی و خدمات مهندسی نیروگاه‌های تجدیدپذیر در غرب آسیا با الهام از مدل‌های موفق چین، آلمان و هند.
۲. کاهش وابستگی کشور به واردات تجهیزات خورشیدی و تقویت حاکمیت فناوریانه در حوزه انرژی‌های پاک از طریق بومی‌سازی تدریجی خطوط تولید و توسعه دانش فنی داخلی.
۳. تسهیل تحقق اهداف سند چشم‌انداز توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایران (دستیابی به ۱۰,۰۰۰ مگاوات ظرفیت نصب‌شده تا ۱۴۱۰) از طریق تأمین تجهیزات با کیفیت، قیمت رقابتی و خدمات پس از فروش مطمئن.
۴. جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در حوزه فناوری‌های پاک و ایجاد اشتغال پایدار با کیفیت بالا برای نیروی انسانی متخصص کشور.
۵. توسعه صادرات غیرنفتی با ارزش افزوده بالا به بازارهای منطقه‌ای (عراق، افغانستان، کشورهای CIS، خلیج فارس) و کسب سهم قابل توجه از بازار در حال رشد انرژی خورشیدی منطقه.

(ب) اهداف میانی (سطح عملیاتی):

۱. راه‌اندازی خط تولید ماژول با ظرفیت اولیه ۲۰۰ مگاوات در سال اول بهره‌برداری و دستیابی به ظرفیت کامل ۵۰۰ مگاوات در پایان سال سوم. ۲. اخذ گواهینامه‌های بین‌المللی کیفیت IEC 61215, IEC 61730, UL 1703 و گواهینامه‌های زیست‌محیطی ISO 14001 تا پایان فاز سه بهره‌برداری. ۳. جذب حداقل ۳۰ پروژه نیروگاه خورشیدی داخلی و منطقه‌ای به‌عنوان مشتریان استراتژیک در سه سال اول عملیات با حجم قرارداد کل حداقل ۱۵۰ میلیون یورو. ۴. ایجاد اشتغال مستقیم برای حداقل ۴۵۰ نفر نیروی انسانی متخصص و نیمه‌متخصص در حوزه‌های فنی، مهندسی و مدیریتی و اشتغال غیرمستقیم برای بیش از ۱,۵۰۰ نفر در زنجیره تأمین منطقه‌ای. ۵. دستیابی به نرخ بومی‌سازی حداقل ۴۰٪ در سال سوم بهره‌برداری از طریق توسعه تأمین‌کنندگان محلی قطعات جانبی و مواد مصرفی

(ج) اهداف خرد (سطح تاکتیکی و فنی):

۱. دستیابی به راندمان متوسط ماژول‌های تولیدی بالای ۲۰.۵٪ برای فناوری PERC و بالای ۲۲.۵٪ برای TOPCon با ضریب اطمینان عملکرد ۲۵ ساله (حداقل ۸۵٪ توان نامی در پایان دوره). ۲. کاهش ضایعات تولید (Yield Loss) به کمتر از ۱.۵٪ در خط سلول و کمتر از ۰.۸٪ در خط ماژول از طریق اتوماسیون پیشرفته و سیستم‌های کنترل کیفیت بلادرنگ. ۳. پیاده‌سازی سیستم مدیریت انرژی کارخانه با هدف کاهش مصرف انرژی ویژه تولید به کمتر از ۰.۸ کیلووات‌ساعت به ازای هر وات ظرفیت تولیدی. ۴. استقرار سیستم مدیریت کیفیت یکپارچه مبتنی بر ISO 9001 و Six Sigma برای پایش مستمر شاخص‌های فرآیند و بهبود تدریجی شاخص‌های کلیدی عملکرد. ۵. طراحی مکانیزم‌های بازیافت و مدیریت پسماند تولید (شامل ضایعات سیلیکون، مواد شیمیایی مصرف‌شده، و بسته‌بندی) با هدف دستیابی به نرخ بازیافت بالای ۹۵٪ و انطباق کامل با مقررات زیست‌محیطی

بخش چهارم: ضرورت، مزایا و فرصت‌های ایجاد شده طرح

ضرورت اجرای طرح: ۱. ضرورت پاسخگویی به رشد سریع تقاضای داخلی و منطقه‌ای برای تجهیزات انرژی خورشیدی: با توجه به اهداف بلندپروازانه ایران برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، نیاز سالانه کشور به ماژول خورشیدی تا سال ۱۴۱۰ به بیش از ۲ گیگاوات خواهد رسید. همچنین، کشورهای همسایه با پتانسیل تابشی بالا و تعهدات اقلیمی بین‌المللی، بازار در حال رشدی برای تجهیزات خورشیدی ایجاد کرده‌اند که تأمین آن از داخل منطقه مزیت لجستیکی و هزینه‌ای قابل توجهی دارد. ۲. ضرورت کاهش وابستگی به واردات و تقویت امنیت تأمین تجهیزات استراتژیک انرژی: در شرایط تحریم و نوسانات زنجیره تأمین جهانی، وابستگی کامل به واردات ماژول خورشیدی ریسک تأخیر در پروژه‌های ملی و افزایش هزینه‌ها را ایجاد می‌کند. تولید داخلی با استانداردهای بین‌المللی، امنیت تأمین را تضمین کرده و امکان کنترل کیفیت و خدمات پس از فروش مطمئن را فراهم می‌آورد. ۳. ضرورت بهره‌گیری از مزیت‌های استراتژیک منطقه آزاد شهر فرودگاهی: معافیت‌های گمرکی برای واردات ماشین‌آلات و مواد اولیه، معافیت مالیاتی ۲۰ ساله، دسترسی به زیرساخت‌های لجستیکی فرودگاهی و ریلی، و امکان جذب سرمایه‌گذاری خارجی با

تضمین‌های قانونی، این منطقه را به کاندیدای ایده‌آلی برای استقرار صنایع فناوری‌محور با صادرات منطقه‌ای تبدیل کرده است. ۴. ضرورت همگامی با تحولات جهانی فناوری خورشیدی و جلوگیری از عقب‌ماندگی فناورانه: فناوری‌های سلول خورشیدی با سرعت بالایی در حال تحول هستند (از PERC به TOPCon, HJT و Perovskite) ایجاد ظرفیت تولید بومی با قابلیت ارتقای فناوری، امکان بهره‌گیری از پیشرفت‌های جهانی و جلوگیری از سرمایه‌گذاری در خطوط تولید منسوخ را فراهم می‌آورد. ۵. ضرورت ایجاد اکوسیستم صنعتی یکپارچه برای توسعه زنجیره ارزش انرژی پاک: پراکندگی فعلی تولیدکنندگان قطعات جانبی، نبود استانداردهای یکپارده کیفیت، و عدم دسترسی پروژه‌ها به خدمات مهندسی یکپارچه، از موانع اصلی رشد صنعت خورشیدی کشور است. این طرح با ایجاد یک هاب صنعتی-خدماتی، این خلأها را پوشش می‌دهد.

مزایای مستقیم طرح: ۱. ایجاد اشتغال مستقیم با کیفیت بالا برای بیش از ۴۵۰ نفر نیروی انسانی در حوزه‌های مهندسی فرآیند، کنترل کیفیت، تعمیر و نگهداری تجهیزات پیشرفته، و مدیریت صنعتی با حقوق و مزایای رقابتی ۲. جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به میزان حداقل ۱۰۰ میلیون یورو در افق ده‌ساله از طریق جذب شرکای فناوری بین‌المللی و سرمایه‌گذاران منطقه‌ای علاقه‌مند به بازار انرژی پاک ۳. افزایش درآمدهای ارزی منطقه آزاد از طریق صادرات ماژول خورشیدی و خدمات EPC به بازارهای منطقه‌ای، با پیش‌بینی صادرات سالانه به ارزش ۸۰ میلیون یورو در سال پنجم بهره‌برداری ۴. کاهش هزینه‌های احداث نیروگاه‌های خورشیدی داخلی به میزان ۱۵ تا ۲۵٪ از طریق حذف هزینه‌های واردات، گمرک، و حمل‌ونقل بین‌المللی، و ارائه خدمات یکپارچه با قیمت رقابتی ۵. توسعه صادرات خدمات فنی-مهندسی و مشاوره‌ای در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر به کشورهای همسایه از طریق مرکز خدمات EPC طرح

مزایای غیرمستقیم و فرصت‌های ایجاد شده: ۱. تقویت برند و اعتبار بین‌المللی ایران در حوزه فناوری‌های پاک و ایجاد تصویر «تأمین‌کننده قابل اعتماد تجهیزات خورشیدی منطقه‌ای» که می‌تواند زمینه‌ساز جذب پروژه‌های بزرگتر و همکاری‌های استراتژیک شود ۲. توسعه دانش بومی و ایجاد مالکیت فکری در حوزه‌های حساس فرآیند تولید سلول، بهینه‌سازی عملکرد در اقلیم‌های گرم و خشک، و بازیافت تجهیزات پایان‌عمر که می‌تواند به عنوان دارایی استراتژیک کشور در مذاکرات بین‌المللی مورد استفاده قرار گیرد ۳. ایجاد اثرات سرریز (Spillover Effects) بر سایر بخش‌های اقتصادی از طریق توسعه زنجیره تأمین محلی (تولید فریم آلومینیومی، شیشه کم‌آهن، کابل‌های تخصصی)، افزایش تقاضا برای خدمات مهندسی و مشاوره، و توانمندسازی پیمانکاران محلی برای اجرای پروژه‌های خورشیدی ۴. تقویت همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی در حوزه انتقال فناوری و توسعه پایدار از طریق ایجاد پلتفرمی برای تعامل تولیدکنندگان، سرمایه‌گذاران، نهادهای پژوهشی و سازمان‌های بین‌المللی فعال در حوزه انرژی پاک

بخش پنجم: نمونه‌های مشابه جهانی به همراه رفرنس دقیق و جمع‌بندی درس‌های کلیدی

نمونه اول: کارخانه جینکو سولار (Jinko Solar) در منطقه آزاد نینگشیا چین شرکت جینکو سولار، یکی از بزرگترین تولیدکنندگان ماژول خورشیدی جهان، با احداث کارخانه‌ای در منطقه آزاد نینگشیا با ظرفیت اولیه ۵۰۰ مگاوات و

سرمایه گذاری ۳۰۰ میلیون دلار، توانست با بهره گیری از معافیت های مالیاتی، دسترسی به انرژی ارزان، و نیروی کار متخصص، به سرعت به یکی از تأمین کنندگان اصلی بازارهای آسیایی و اروپایی تبدیل شود. درس کلیدی: ترکیب معافیت های مناطق آزاد با دسترسی به زنجیره تأمین مواد اولیه و انرژی مقرون به صرفه، مزیت رقابتی پایداری برای صنایع انرژی محور ایجاد می کند.

نمونه دوم: کارخانه مایر برگر (Meyer Burger) در آلمان با تمرکز بر فناوری های نسل جدید شرکت آلمانی
مایر برگر با تمرکز بر تولید سلول های خورشیدی با فناوری HJT و سرمایه گذاری سنگین در تحقیق و توسعه، توانست با وجود هزینه های بالاتر تولید در اروپا، با ارائه محصولات با راندمان برتر و گارانتی های طولانی مدت، سهم قابل توجهی از بازار پرمیوم اروپا و آمریکای شمالی را کسب نماید. درس کلیدی: در بازارهای رقابتی جهانی، تمایز فناورانه و کیفیت برتر می تواند بر مزیت هزینه غلبه کند، مشروط بر اینکه سرمایه گذاری در نوآوری و کنترل کیفیت به صورت مستمر ادامه یابد.

نمونه سوم: کارخانه آدانی سولار (Adani Solar) در هند با مدل یکپارچه عمودی شرکت آدانی با ایجاد
زنجیره تأمین عمودی از تولید ویفر سیلیکون تا مازول نهایی در منطقه آزاد گجرات هند، توانست هزینه های مبادله و وابستگی به تأمین کنندگان خارجی را کاهش داده و با قیمت های رقابتی، هم در بازار داخلی بزرگ هند و هم در صادرات به آفریقا و آسیای جنوبی موفق عمل کند. درس کلیدی: یکپارچگی عمودی زنجیره تأمین در صنایع پیچیده مانند خورشیدی، می تواند ریسک تأمین، نوسانات قیمت مواد اولیه، و هزینه های لجستیکی را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

نمونه چهارم: کارخانه فرست سولار (First Solar) در آمریکا با تمرکز بر فناوری لایه نازک و پایداری
شرکت آمریکایی فرست سولار با تمرکز بر فناوری لایه نازک کادمیوم تلوراید (CdTe) و سرمایه گذاری در سیستم های بازیافت کامل مازول های پایان عمر، توانست با ارائه راه حل های پایدار و انطباق با مقررات سختگیرانه زیست محیطی، قراردادهای بزرگی با پروژه های دولتی و شرکت های متعهد به پایداری کسب نماید. درس کلیدی: در بازارهای با حساسیت زیست محیطی بالا، سرمایه گذاری در فناوری های پاک و سیستم های بازیافت می تواند به عنوان مزیت رقابتی و عامل تمایز عمل کند.

جمع بندی درس های کلیدی برای طرح پیشنهادی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره): ۱.
ضرورت انتخاب فناوری تولید با تعادل هوشمندانه بین بلوغ فناوری (برای کاهش ریسک راه اندازی) و قابلیت ارتقا (برای جلوگیری از منسوخ شدن سریع)، با شروع از PERC و برنامه ریزی برای گذار به TOPCon/HJT در فازهای بعدی ۲. اهمیت ایجاد زنجیره تأمین منطقه ای برای قطعات جانبی (فریم، شیشه، جعبه اتصال) از همان ابتدا برای کاهش هزینه های لجستیکی و افزایش انعطاف پذیری در برابر نوسانات بازار جهانی ۳. نیازمند سرمایه گذاری همزمان در خطوط تولید و مرکز تحقیق و توسعه برای بومی سازی تدریجی فرآیندها، بهینه سازی محصولات برای اقلیم منطقه، و ایجاد مالکیت فکری استراتژیک ۴. ضرورت اخذ گواهینامه های بین المللی کیفیت و پایداری از همان مراحل اولیه بهره برداری برای جلب اعتماد مشتریان بین المللی و امکان صادرات به بازارهای با استانداردهای سختگیرانه ۵. اهمیت طراحی مدل کسب و کار ترکیبی (تولید تجهیزات، خدمات EPC، پشتیبانی فنی) برای ایجاد جریان های درآمدی متنوع، افزایش وفاداری مشتریان، و کاهش وابستگی به نوسانات بازار فروش مازول

بخش ششم: موقعیت مکانی طرح با تحلیل چندلایه

لایه اول: تحلیل جغرافیایی-استراتژیک منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) در موقعیت استثنایی واقع در ۳۰ کیلومتری جنوب غربی تهران و در مجاورت مستقیم فرودگاه بین‌المللی امام خمینی قرار دارد. این موقعیت جغرافیایی برای استقرار کارخانه تولید سلول و ماژول خورشیدی دارای مزایای استراتژیک چندبعدی است: اولاً، دسترسی مستقیم به شبکه راه‌های اصلی کشور شامل آزادگان تهران-قم، آزادگان تهران-ساوه و اتصال به شبکه ریلی سراسری، امکان توزیع سریع و کم‌هزینه محصولات تولیدی به کل فلات ایران و کشورهای همسایه را فراهم می‌آورد که برای صادرات منطقه‌ای به عراق، افغانستان و کشورهای آسیای میانه حیاتی است. ثانیاً، مجاورت با فرودگاه بین‌المللی به عنوان بزرگترین دروازه هوایی کشور، امکان واردات سریع قطعات حساس، نمونه‌های آزمایشی و تجهیزات تخصصی از تأمین‌کنندگان جهانی را با حداقل تأخیر لجستیکی فراهم می‌کند که برای صنایع فناوری‌محور با چرخه نوآوری سریع مانند تولید سلول خورشیدی یک مزیت رقابتی تعیین‌کننده است. ثالثاً، فاصله مناسب از مرکز کلان‌شهر تهران (کاهش آلودگی و ترافیک) همراه با دسترسی آسان به مراکز علمی، پژوهشی و نیروی انسانی متخصص پایتخت، تعادلی بهینه بین آرامش عملیاتی صنعتی و دسترسی به منابع انسانی نخبه ایجاد نموده است.

لایه دوم: تحلیل زیرساختی-فنی منطقه مورد نظر از نظر زیرساخت‌های فنی مورد نیاز برای یک کارخانه پیشرفته تولید تجهیزات خورشیدی دارای شرایط ممتازی است: شبکه برق با پایداری بالا و امکان تأمین برق صنعتی با تعرفه‌های ترجیحی مناطق آزاد، همراه با امکان نصب نیروگاه خورشیدی پشت‌بامی برای تأمین بخشی از مصرف کارخانه و نمایش عملی کاربرد محصولات تولیدی. شبکه آب صنعتی با ظرفیت کافی برای فرآیندهای شستشوی ویفر و سیستم‌های خنک‌کنندگی خطوط تولید، همراه با شبکه فاضلاب صنعتی و تصفیه‌خانه اختصاصی برای مدیریت پساب‌های شیمیایی فرآیند تولید مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی. سیستم گازرسانی طبیعی برای کوره‌های انتشار فسفر و فرآیندهای حرارتی، با فشار و پایداری مناسب برای عملیات پیوسته صنعتی. سیستم ارتباطات فیبر نوری با پهنای باند بالا برای اتصال به سیستم‌های کنترل فرآیند مبتنی بر ابر، مانیتورینگ بلادرنگ خطوط تولید، و همکاری‌های فنی از راه دور با تأمین‌کنندگان فناوری بین‌المللی. علاوه بر این، وجود زیرساخت‌های انبارداری و لجستیک در منطقه آزاد، امکان مدیریت کارآمد موجودی مواد اولیه و محصولات نهایی را فراهم می‌آورد.

لایه سوم: تحلیل قانونی-حکمرانی منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) تحت حاکمیت قانون چگونگی اداره مناطق آزاد تجاری-صنعتی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۱۳۷۲ و اصلاحات بعدی آن اداره می‌شود. این چارچوب قانونی مزایای قابل توجهی برای طرح تولید تجهیزات خورشیدی ایجاد می‌کند: معافیت مالیاتی ۲۰ ساله برای فعالیت‌های تولیدی که حاشیه سود پروژه‌های سرمایه‌بر صنعتی را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد، معافیت از حقوق گمرکی برای واردات ماشین‌آلات پیشرفته تولید، تجهیزات آزمایشگاهی تخصصی و مواد اولیه وارداتی مورد نیاز، امکان جذب سرمایه‌گذاری خارجی با تضمین‌های قانونی مطابق قانون تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری خارجی مصوب ۱۳۸۰، استقلال نسبی در تعیین مقررات داخلی منطقه با تأیید شورای عالی مناطق آزاد در حوزه‌های فنی و گمرکی، و امکان انعقاد قراردادهای بین‌المللی با اشخاص حقوقی خارجی برای انتقال فناوری و همکاری‌های تولیدی. علاوه بر این، هماهنگی با وزارت نیرو و سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) برای

اخذ مجوزهای تولید تجهیزات مورد تأیید شبکه برق، و با سازمان حفاظت محیط زیست برای رعایت الزامات زیست محیطی فرآیندهای شیمیایی تولید، چارچوب قانونی جامعی برای فعالیت کارخانه ایجاد می نماید.

لایه چهارم: تحلیل اکوسیستمی-هم افزایی موقعیت طرح در مجاورت شهرک های صنعتی استان تهران (شهرک صنعتی

شمس آباد، شهرک صنعتی چهار دانگه، شهرک صنعتی پرند) و مناطق آزاد و ویژه اقتصادی همجوار امکان ایجاد هم افزایی و زنجیره ارزش تکمیلی را فراهم می کند. تولید کنندگان قطعات جانبی در شهرک های صنعتی می توانند به عنوان تأمین کنندگان محلی فریم آلومینیومی، جعبه اتصال، کابل های تخصصی و بسته بندی فعالیت نمایند و در مقابل، کارخانه تولید ماژول می تواند با تضمین خرید و انتقال دانش فنی، به ارتقای کیفیت و استاندارد های تأمین کنندگان محلی کمک کند. همچنین، همکاری با مراکز پژوهشی و دانشگاهی تهران (دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تهران، پژوهشگاه مواد و انرژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر) امکان دسترسی به نیروی انسانی نخبه، همکاری های پژوهشی مشترک در حوزه های بهینه سازی فرآیند تولید، توسعه مواد جدید encapsulant، و بومی سازی تجهیزات فرآیندی را تسهیل می نماید. علاوه بر این، هم افزایی با طرح های دیگر منطقه آزاد مانند دیتاستر و مرکز فین تک، امکان ارائه راه حل های ترکیبی انرژی پاک + دیجیتال به مشتریان را ایجاد می کند که ارزش افزوده قابل توجهی برای هر دو طرف دارد.

لایه پنجم: تحلیل اقلیمی-محیط زیستی اقلیم نیمه خشک منطقه تهران با میانگین تابش خورشیدی حدود ۵.۲

کیلووات ساعت بر مترمربع در روز و بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال، نه تنها پتانسیل بالایی برای نصب و تست محصولات خورشیدی در شرایط واقعی ایجاد می کند، بلکه امکان بهره برداری از سیستم های خورشیدی پشت بامی کارخانه برای تأمین بخشی از مصرف انرژی داخلی را فراهم می آورد که هم به کاهش هزینه های عملیاتی کمک می کند و هم به عنوان نمایشگاه زنده عملکرد محصولات تولیدی عمل می نماید. با این حال، طرح باید تمهیدات لازم برای مدیریت مصرف آب (با توجه به محدودیت های آبی منطقه تهران) از طریق سیستم های بازیافت و چرخش آب در فرآیندهای شستشو، کاهش انتشار آلاینده های شیمیایی از طریق سیستم های تصفیه پیشرفته فاضلاب صنعتی، مدیریت پسماندهای خطرناک شامل مواد شیمیایی مصرف شده و ضایعات سیلیکون مطابق با استانداردهای زیست محیطی، و رعایت اصول ساختمان سازی صنعتی سبز را در طراحی و اجرا مدنظر قرار دهد. همچنین، انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) پیش از شروع عملیات اجرایی و تدوین برنامه مدیریت زیست محیطی (EMP) برای پایش و کاهش اثرات منفی طرح، از الزامات قانونی و اخلاقی پروژه محسوب می شود.

لایه ششم: تحلیل ریسک-امنیتی موقعیت مکانی طرح از نظر امنیتی دارای نقاط قوت و چالش هایی است: از یک سو،

قرارگیری در محدوده تحت حفاظت فرودگاه بین المللی و وجود نیروهای امنیتی تخصصی، سطح بالایی از امنیت فیزیکی در برابر سرقت تجهیزات باارزش، خرابکاری یا دسترسی غیرمجاز به فناوری های حساس را تضمین می کند. از سوی دیگر، حساسیت فناوری تولید سلول خورشیدی و ارزش استراتژیک تجهیزات پیشرفته خط تولید، نیازمند تدابیر امنیتی تخصصی شامل کنترل دسترسی لایه ای به مناطق حساس فرآیند، سیستم های مانیتورینگ بلادرنگ خطوط تولید با قابلیت تشخیص ناهنجاری، پروتکل های حفاظت از مالکیت فکری و اسرار تجاری در همکاری های بین المللی، و بیمه های تخصصی برای پوشش ریسک های عملیاتی و فناوری است. همچنین، تنوع بخشی به منابع تأمین مواد اولیه حیاتی (ویفر سیلیکون، مواد شیمیایی تخصصی، قطعات یدکی

تجهیزات) از تأمین کنندگان مختلف داخلی و بین‌المللی، و ایجاد موجودی استراتژیک برای مواد کلیدی، از الزامات حیاتی برای تضمین تداوم تولید در برابر نوسانات زنجیره تأمین جهانی یا تحریم‌های احتمالی محسوب می‌شود. علاوه بر این، طراحی ساختمان‌های صنعتی با رعایت استانداردهای مقاومت در برابر زلزله (تا شدت ۸ ریشتر مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران)، و استقرار سیستم‌های اطفاء حریق تخصصی برای فضاهای دارای مواد شیمیایی و تجهیزات الکتریکی حساس، از ملاحظات ایمنی حیاتی طرح است.

بخش هفتم: پیشنهادها و زیرساخت‌های لازم طرح با تحلیل جامع

الف) زیرساخت‌های قانونی و حکمرانی: ۱. اخذ مجوز تأسیس واحد تولیدی از سازمان مناطق آزاد تجاری-صنعتی ایران مطابق با ضوابط و مقررات حاکم بر مناطق آزاد و با تأکید بر انطباق فعالیت‌های تولیدی با سیاست‌های کلی نظام در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و صنایع با فناوری بالا. ۲. اخذ پروانه بهره‌برداری صنعتی از وزارت صنعت، معدن و تجارت با در نظر گیری ظرفیت تولید ۵۰۰ مگاوات سالانه و فناوری‌های مورد استفاده (PERC, TOPCon)، همراه با تعهدات بومی‌سازی تدریجی و انتقال فناوری. ۳. اخذ تأییدیه فنی و کیفیت از سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) برای محصولات تولیدی جهت امکان فروش به پروژه‌های مورد حمایت دولت و اتصال به شبکه برق سراسری. ۴. اخذ مجوزهای زیست‌محیطی از سازمان حفاظت محیط‌زیست شامل مجوز تأسیس، مجوز بهره‌برداری، و برنامه مدیریت پسماندهای خطرناک برای فرآیندهای شیمیایی تولید سلول خورشیدی. ۵. تدوین و تصویب «نظام‌نامه داخلی تولید تجهیزات انرژی تجدیدپذیر» در منطقه آزاد شهر فرودگاهی با مشارکت کارشناسان فنی، حقوقی و زیست‌محیطی و با تأیید شورای عالی مناطق آزاد و نهادهای ذی‌ربط ملی، شامل استانداردهای کیفیت محصول، مقررات ایمنی فرآیند، و چارچوب‌های گزارش‌دهی زیست‌محیطی. ۶. ایجاد «کمیته نظارت فنی و کیفیت محصول» متشکل از نمایندگان سازمان مناطق آزاد، ساتبا، سازمان ملی استاندارد، و کارشناسان مستقل برای نظارت مستمر بر کیفیت محصولات تولیدی و اطمینان از انطباق با استانداردهای بین‌المللی IEC و UL. ۷. طراحی و استقرار سیستم حاکمیت شرکتی (Corporate Governance) شفاف برای بهره‌برداری از کارخانه شامل اساسنامه، آیین‌نامه‌های داخلی، کمیته‌های تخصصی (فنی، کیفیت، ریسک، پایداری) و مکانیزم‌های گزارش‌دهی به سرمایه‌گذاران و نهادهای نظارتی.

ب) زیرساخت‌های مالی و تأمین سرمایه: ۱. تأمین سرمایه اولیه ۲۲۰ میلیون یورویی از طریق ترکیبی از منابع: سهم منطقه آزاد شهر فرودگاهی (۳۰٪)، سرمایه‌گذاران استراتژیک داخلی (۳۵٪)، سرمایه‌گذاران خارجی واجد شرایط با تخصص فناوری خورشیدی (۲۵٪) و تسهیلات بانکی سبز یا صکوک اسلامی پروژه‌محور ۱۰٪. ۲. ایجاد ساختار حقوقی بهینه برای بهره‌برداری از کارخانه با در نظر گیری قوانین ایران و استانداردهای بین‌المللی، شامل امکان جذب سرمایه به صورت سهام ممتاز، اوراق مشارکت پروژه‌محور با بازده مرتبط با عملکرد صادراتی، یا قراردادهای مشارکت مدنی با تقسیم سود و ریسک شفاف. ۳. طراحی مکانیزم‌های بازگشت سرمایه برای سرمایه‌گذاران شامل مدل‌های درآمدی متنوع (فروش مازول به بازار داخلی، صادرات منطقه‌ای، خدمات EPC، فروش دانش فنی و لایسنس)، قراردادهای بلندمدت تأمین با توسعه‌دهندگان نیروگاه‌های خورشیدی (Off-take Agreements)، و امکان عرضه سهام شرکت بهره‌بردار در بورس منطقه یا بین‌المللی در افق میان‌مدت. ۴. ایجاد خط اعتباری سرمایه در گردش (Working Capital Line) با بانک‌های داخلی و بین‌المللی همکار برای مدیریت نقدینگی در شرایط

نوسانات قیمت مواد اولیه یا تأخیر در پرداخت مشتریان. ۵. استقرار سیستم مدیریت ریسک مالی یکپارچه شامل شناسایی، اندازه‌گیری، پایش و کنترل ریسک‌های بازار (نوسانات قیمت و یفر سیلیکون و مواد شیمیایی)، ارزی (نوسانات نرخ یورو/دلار)، اعتباری (تأخیر پرداخت مشتریان پروژه‌ای)، و عملیاتی (خرابی تجهیزات حیاتی) با بهره‌گیری از مدل‌های کمی پیشرفته و بیمه‌های تخصصی صنعتی.

ج) زیرساخت‌های فیزیکی و کالبدی: ۱. احداث ساختمان‌های تخصصی کارخانه با زیربنای کل حدود ۶۵,۰۰۰ مترمربع در زمینی به مساحت ۱۰ هکتار شامل: سالن تولید سلول خورشیدی با مساحت حدود ۱۵,۰۰۰ مترمربع با کنترل دقیق دما، رطوبت و ذرات معلق (Clean Room Class 1000/10000)، سالن تولید ماژول با مساحت حدود ۲۰,۰۰۰ مترمربع با سیستم‌های جابجایی مواد اتوماتیک، آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه و کنترل کیفیت با مساحت حدود ۵,۰۰۰ مترمربع، انبارهای مواد اولیه و محصولات نهایی با مساحت حدود ۱۵,۰۰۰ مترمربع، فضاهای اداری، آموزشی و خدماتی برای پرسنل با مساحت حدود ۵,۰۰۰ مترمربع، و فضاهای تأسیساتی شامل پست برق، سیستم‌های تصفیه آب و فاضلاب، و سیستم‌های ایمنی و اطفاء حریق. ۲. طراحی معماری صنعتی با رعایت اصول جریان بهینه مواد (Material Flow Optimization)، جداسازی مسیرهای پرسنل و مواد، و انعطاف‌پذیری برای امکان توسعه تدریجی ظرفیت یا ارتقای فناوری بدون اختلال در عملیات جاری. ۳. تأمین سیستم‌های تأسیساتی پیشرفته شامل سیستم تهویه مطبوع صنعتی با کنترل دقیق دما و رطوبت برای سالن‌های تولید سلول، سیستم برق صنعتی با ترانسفورماتورهای اختصاصی و ژنراتورهای اضطراری برای تضمین تداوم تولید، سیستم آب صنعتی با تصفیه‌خانه اختصاصی برای تأمین آب فوق‌خالص (Ultra-Pure Water) مورد نیاز فرآیندهای شستشوی و یفر، و سیستم مدیریت پساب‌های شیمیایی با واحدهای خنثی‌سازی و بازیافت. ۴. ایجاد فضای سبز صنعتی و محیط کاری بهینه با رعایت استانداردهای رفاهی و ایمنی نیروی انسانی (نور طبیعی کنترل‌شده، کیفیت هوا با فیلتراسیون صنعتی، فضاهای استراحت و امکانات رفاهی) برای جذب و حفظ نیروی انسانی متخصص در محیط صنعتی. ۵. پیش‌بینی پارکینگ کافی برای پرسنل و بازدیدکنندگان، دسترسی‌های معلولین مطابق با استانداردهای بین‌المللی، و امکانات حمل‌ونقل داخلی (شاتل صنعتی) برای تسهیل تردد در محوطه بزرگ کارخانه.

د) زیرساخت‌های دیجیتال و فناوری اطلاعات: ۱. راه‌اندازی سیستم اتوماسیون صنعتی (Industrial Automation) با معماری لایه‌ای شامل سیستم کنترل توزیع‌شده (DCS) برای پایش و کنترل پارامترهای فرآیند تولید، سیستم اسکادا (SCADA) برای مانیتورینگ بلادرنگ خطوط تولید، و سیستم مدیریت اجرای تولید (MES) برای ردیابی مواد، برنامه‌ریزی تولید و کنترل کیفیت در هر مرحله فرآیند. ۲. استقرار پلتفرم اینترنت اشیا صنعتی (IIoT Platform) برای اتصال سنسورهای هوشمند در نقاط کلیدی خطوط تولید، جمع‌آوری داده‌های عملکردی، و تحلیل پیش‌بینانه (Predictive Analytics) برای نگهداری پیشگیرانه تجهیزات و بهینه‌سازی پارامترهای فرآیند. ۳. توسعه سیستم مدیریت کیفیت یکپارچه (QMS) مبتنی بر استانداردهای ISO 9001 و IATF 16949 برای مستندسازی فرآیندها، ردیابی محصول از مواد اولیه تا تحویل به مشتری، و مدیریت اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه. ۴. پیاده‌سازی سیستم‌های امنیت سایبری صنعتی شامل جداسازی شبکه‌های عملیاتی (OT) از شبکه‌های اداری (IT)، فایروال‌های تخصصی صنعتی، و پروتکل‌های احراز هویت و دسترسی برای حفاظت از سیستم‌های کنترل فرآیند در برابر تهدیدات سایبری. ۵. ایجاد پلتفرم همکاری فنی از راه دور (Remote

Collaboration Platform) برای تعامل بلادرننگ با تأمین کنندگان فناوری بین‌المللی، پشتیبانی فنی از راه دور تجهیزات، و برگزاری جلسات فنی و آموزشی با شرکای جهانی بدون نیاز به سفرهای مکرر.

ه) زیرساخت‌های نیروی انسانی، دانش و مهارت: ۱. جذب و استخدام تیم مدیریت ارشد با تجربه بین‌المللی در حوزه‌های تولید تجهیزات خورشیدی، مدیریت کارخانه‌های پیشرفته و انتقال فناوری، ترجیحاً با ترکیبی از تخصص‌های داخلی (آشنایی با مقررات ایران و بازار منطقه) و بین‌المللی (آشنایی با بهترین روش‌های تولید جهانی و استانداردهای کیفیت). ۲. طراحی و اجرای برنامه جامع جذب و توسعه استعدادها (Talent Acquisition & Development) شامل همکاری با دانشگاه‌های برتر فنی-مهندسی برای جذب فارغ‌التحصیلان مستعد، برگزاری دوره‌های کارآموزی تخصصی در خطوط تولید، و ارائه بورسیه‌های تخصصی برای دانشجویان در حوزه‌های اولویت‌دار مانند مهندسی مواد، فرآیند و انرژی. ۳. ایجاد آکادمی آموزش تخصصی صنعت خورشیدی با ارائه دوره‌های گواهینامه‌دار در حوزه‌های فنی (فرآیند تولید سلول، کنترل کیفیت ماژول، نگهداری تجهیزات پیشرفته)، مدیریتی (مدیریت تولید ناب، شش سیگما، مدیریت زنجیره تأمین)، و تخصصی انرژی (طراحی نیروگاه خورشیدی، استانداردهای IEC، ایمنی سیستم‌های فتوولتائیک). ۴. استقرار سیستم مدیریت دانش (Knowledge Management) برای مستندسازی تجربیات فرآیندی، بهترین روش‌ها (Best Practices)، و درس‌های آموخته شده از چالش‌های تولید و کیفیت، و تسهیل اشتراک‌گذاری دانش درون‌سازمانی از طریق پلتفرم‌های دیجیتال و جلسات منظم تبادل تجربه فنی. ۵. طراحی مکانیزم‌های انگیزشی و حفظ نیروی انسانی نخبه شامل بسته‌های جبران خدمات رقابتی با استانداردهای صنعتی بین‌المللی، امکان مشارکت در سود پروژه‌های موفق، فرصت‌های توسعه شغلی و آموزش‌های بین‌المللی، و محیط کاری ایمن و الهام‌بخش با تجهیزات و فناوری‌های روز.

و) زیرساخت‌های تأمین مواد اولیه، تجهیزات و تکنولوژی: ۱. انعقاد قراردادهای تأمین بلندمدت با تولید کنندگان معتبر ویفر سیلیکون (از چین، تایوان یا اروپا)، تأمین کنندگان مواد شیمیایی تخصصی (اسیدها، گازهای فرآیند، مواد لایه‌نشانی)، و تولید کنندگان قطعات جانبی (شیشه کم‌آهن، مواد encapsulant، فریم آلومینیومی) (با در نظرگیری الزامات کیفیت، پایداری تأمین و پشتیبانی فنی). ۲. ایجاد مکانیزم‌های واردات تسهیل شده تجهیزات تخصصی با استفاده از معافیت‌های گمرکی مناطق آزاد و هماهنگی با سازمان‌های ذی‌ربط برای اخذ مجوزهای لازم ورود تجهیزات حساس فناوری، با رعایت مقررات کنترل صادرات بین‌المللی و تحریم‌ها. ۳. توسعه همکاری‌های فناورانه با شرکت‌های پیشرو جهانی در حوزه تجهیزات تولید سلول خورشیدی (مانند Meyer Burger, Applied Materials, Centrotherm) برای انتقال فناوری، لایسنس فرآیند، و پشتیبانی فنی تخصصی، همراه با تعهدات بومی‌سازی تدریجی دانش فنی و آموزش پرسنل داخلی. ۴. پیش‌بینی بودجه تحقیق و توسعه (حداقل ۵٪ از سرمایه اولیه) برای توسعه فرآیندهای بومی بهینه‌شده برای اقلیم ایران، بهبود راندمان و پایداری محصولات، و ایجاد مالکیت فکری استراتژیک در حوزه‌های فرآیند تولید و مواد. ۵. ایجاد انبار استراتژیک مواد اولیه حیاتی (ویفر سیلیکون، مواد شیمیایی کلیدی، قطعات یدکی تجهیزات حساس) با موجودی کافی برای حداقل ۳ ماه عملیات بدون وقفه، همراه با سیستم مدیریت موجودی هوشمند برای پیش‌بینی نیازها و سفارش‌دهی خودکار.

ز) عوامل محیطی و پایداری: ۱. انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) پیش از شروع عملیات اجرایی و تدوین برنامه مدیریت زیست محیطی (EMP) برای پایش و کاهش اثرات منفی طرح شامل مصرف آب و انرژی، تولید پساب های شیمیایی، انتشار آلاینده های گازی، و مدیریت پسماندهای خطرناک. ۲. به کارگیری فناوری های سبز در طراحی و بهره برداری از کارخانه شامل سیستم های بازیافت آب و مواد شیمیایی، نصب پنل های خورشیدی پشت بامی برای تأمین بخشی از برق مورد نیاز، و استفاده از مصالح ساختمانی پایدار با عایق بندی حرارتی پیشرفته برای کاهش مصرف انرژی. ۳. استقرار سیستم مدیریت پسماند صنعتی مطابق با استانداردهای بین المللی برای جمع آوری، تفکیک و پردازش ایمن ضایعات سیلیکون، مواد شیمیایی مصرف شده، و بسته بندی ها از طریق شرکت های مجاز، با هدف دستیابی به نرخ بازیافت بالای ۹۵٪. ۴. طراحی برنامه مسئولیت اجتماعی شرکتی (CSR) با تمرکز بر آموزش فناوری های انرژی پاک به جامعه محلی، حمایت از استارت آپ های CleanTech منطقه، و کاهش ردپای کربن از طریق سرمایه گذاری در پروژه های جبران کربن. ۵. پایش مستمر شاخص های پایداری (مصرف انرژی ویژه تولید، مصرف آب ویژه، نرخ بازیافت مواد، انتشار کربن) و گزارش دهی شفاف به ذی نفعان در چارچوب استانداردهای گزارش دهی پایداری (مانند GRI) و انتشار سالانه گزارش پایداری کارخانه.

بخش هشتم: خدمات پیشنهادی قابل ارائه طرح و تشریح آنها

خدمت اول: تولید و فروش ماژول خورشیدی با گارانتی بین المللی این خدمت پایه ای کارخانه، ارائه ماژول های خورشیدی با فناوری های PERC و TOPCon با راندمان بالا و گارانتی عملکرد ۲۵ ساله به مشتریان داخلی و منطقه ای است. فرآیند ارائه این خدمت شامل مراحل ذیل است: مشاوره فنی اولیه برای تعیین نیازهای پروژه مشتری از نظر توان، ابعاد، و شرایط نصب؛ ارائه پیش فاکتور با مشخصات فنی کامل، گواهی نامه های کیفیت، و شرایط گارانتی؛ تولید ماژول مطابق با سفارش در خطوط تولید اتوماتیک با کنترل کیفیت در هر مرحله؛ تست های نهایی الکتریکی و مکانیکی مطابق با استانداردهای IEC 61215 و IEC 61730؛ بسته بندی تخصصی ضد ضربه و ضد رطوبت برای حمل و نقل بین المللی؛ و ارائه خدمات پس از فروش شامل پشتیبانی فنی، بازرسی دوره ای و مدیریت ادعای گارانتی. این خدمت برای توسعه دهندگان نیروگاه های خورشیدی، پیمانکاران EPC، و توزیع کنندگان تجهیزات انرژی ایده آل است.

خدمت دوم: خدمات مهندسی، تأمین و ساخت (EPC) نیروگاه های خورشیدی این خدمت یکپارچه، امکان طراحی، تأمین تجهیزات، احداث و راه اندازی نیروگاه های خورشیدی مقیاس کوچک (پشت بامی)، متوسط (صنعتی) و بزرگ (مزرعه خورشیدی) را به مشتریان ارائه می دهد. فرآیند ارائه شامل: مطالعه امکان سنجی فنی-اقتصادی سایت پروژه با نرم افزارهای تخصصی (PVsyst, Helioscope) و برآورد تولید انرژی سالانه؛ طراحی مهندسی تفصیلی شامل چیدمان ماژول ها، انتخاب اینورتر، طراحی سازه های نگهدارنده و سیستم های کابل کشی؛ تأمین کلیه تجهیزات از جمله ماژول های تولیدی کارخانه، اینورترها، سازه ها، کابل ها و سیستم های مانیتورینگ با تضمین کیفیت و قیمت رقابتی؛ مدیریت پروژه احداث با تیم های مجرب و رعایت استانداردهای ایمنی و کیفیت؛ و راه اندازی، تست و تحویل پروژه با گارانتی عملکرد و خدمات نگهداری پیشگیرانه. این خدمت ریسک پروژه های خورشیدی را برای سرمایه گذاران کاهش داده و سرعت توسعه انرژی تجدیدپذیر را افزایش می دهد.

خدمت سوم: خدمات آزمایشگاهی و اعتبارسنجی کیفیت محصولات خورشیدی کارخانه با بهره‌گیری از آزمایشگاه‌های پیشرفته خود، خدمات تخصصی ذیل را به تولیدکنندگان دیگر، واردکنندگان و پروژه‌های بزرگ ارائه می‌دهد: تست‌های الکتریکی و نوری سلول‌ها و ماژول‌ها مطابق با استانداردهای IEC برای اخذ گواهینامه کیفیت، تست‌های شتاب‌یافته پایداری (Damp Heat, Thermal Cycling, UV Exposure) برای اعتبارسنجی عمر مفید محصولات، تحلیل شکست و ریشه‌یابی مشکلات کیفیت در محصولات موجود در بازار، و مشاوره فنی برای بهینه‌سازی فرآیند تولید و بهبود کیفیت. این خدمات توسط تیمی از کارشناسان با تجربه بین‌المللی و تجهیزات کالیبره‌شده ارائه می‌شود و به مشتریان امکان می‌دهد کیفیت محصولات خود را قبل از ورود به بازارهای حساس تأیید نمایند.

خدمت چهارم: مشاوره فنی و انتقال فناوری در حوزه تولید تجهیزات خورشیدی مرکز خدمات مشاوره‌ای تخصصی را در حوزه‌های ذیل ارائه می‌دهد: امکان‌سنجی فنی-اقتصادی احداث واحدهای تولیدی تجهیزات خورشیدی در کشورهای منطقه، مشاوره در انتخاب فناوری تولید مناسب با توجه به بازار هدف و منابع در دسترس، طراحی خطوط تولید و انتقال دانش فنی فرآیندهای کلیدی، و آموزش پرسنل فنی و مدیریتی برای بهره‌برداری از خطوط تولید. این خدمات توسط تیمی از مشاوران با تجربه عملیاتی در کارخانه‌های بزرگ جهانی و گواهینامه‌های بین‌المللی مرتبط ارائه می‌شود و به توسعه صنعت خورشیدی در منطقه کمک می‌کند.

خدمت پنجم: خدمات نگهداری، تعمیرات و بهینه‌سازی نیروگاه‌های خورشیدی موجود با توجه به رشد سریع ظرفیت نصب‌شده خورشیدی در منطقه، این خدمت پشتیبانی بلندمدت را به مالکان نیروگاه‌ها ارائه می‌دهد: بازرسی دوره‌ای و پایش عملکرد نیروگاه با تجهیزات تخصصی (الکترومینانس، ترموویژن، تست‌های IV)، تشخیص و رفع عیوب ماژول‌ها، اینورترها و سیستم‌های الکتریکی، بهینه‌سازی زاویه نصب و تمیزکاری ماژول‌ها برای افزایش تولید انرژی، و مدیریت قطعات یدکی و تعمیرات اساسی. این خدمات با قراردادهای سطح سرویس (SLA) شفاف و تضمین بهبود عملکرد ارائه می‌گردد و ارزش اقتصادی نیروگاه‌های موجود را افزایش می‌دهد.

خدمت ششم: خدمات شتاب‌دهی و حمایت از استارت‌آپ‌های CleanTech کارخانه به‌عنوان هسته اکوسیستم انرژی پاک منطقه، خدمات ویژه‌ای برای استارت‌آپ‌های فعال در حوزه فناوری‌های پاک ارائه می‌دهد: فضای کار اشتراکی و دسترسی به آزمایشگاه‌های تخصصی برای پروتوتایپینگ ایده‌ها، برنامه‌های منتورینگ توسط متخصصان با تجربه صنعت خورشیدی، تسهیل‌گری در جذب سرمایه از صندوق‌های خطرپذیر همکار، و امکان تست محصولات جدید در شرایط واقعی نیروگاه‌های نمونه. این خدمات به رشد سریع‌تر استارت‌آپ‌های نوآور و ایجاد ارزش متقابل برای کارخانه و اکوسیستم منجر می‌شود.

خدمت هفتم: خدمات لجستیک تخصصی و گمرکی برای تجهیزات انرژی تجدیدپذیر با بهره‌گیری از مزیت‌های منطقه آزاد و مجاورت فرودگاه، کارخانه خدمات لجستیکی تخصصی ارائه می‌دهد: واردات و ترخیص سریع تجهیزات و مواد اولیه با استفاده از معافیت‌های گمرکی مناطق آزاد، انبارداری تخصصی با کنترل دما و رطوبت برای محصولات حساس

خورشیدی، بسته‌بندی و حمل‌ونقل بین‌المللی با رعایت استانداردهای حمل کالاهای شکننده، و خدمات گمرکی و ترانزیت برای صادرات محصولات به بازارهای منطقه‌ای. این خدمات زمان و هزینه تأمین تجهیزات را برای پروژه‌های خورشیدی کاهش می‌دهد.

خدمت هشتم: خدمات تحقیق و توسعه سفارشی و همکاری‌های پژوهشی مرکز تحقیق و توسعه کارخانه، خدمات پژوهشی سفارشی را به شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و نهادهای پژوهشی ارائه می‌دهد: توسعه فرمولاسیون‌های جدید مواد encapsulant بهینه‌شده برای اقلیم‌های گرم و خشک، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید برای افزایش راندمان یا کاهش هزینه، تست و اعتبارسنجی فناوری‌های نوظهور مانند ماژول‌های دوطرفه (Bifacial) یا سیستم‌های ترکیبی خورشیدی-ذخیره‌سازی، و همکاری در پروژه‌های پژوهشی بین‌المللی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر. خروجی‌های این خدمات شامل گزارش‌های فنی، نمونه‌های اولیه، و ثبت اختراعات مشترک است.

بخش نهم: جزئیات دقیق و عمیق فنی و عمرانی و انواع منابع مورد نیاز طرح

الف) جزئیات فنی و عمرانی زیرساخت فیزیکی کارخانه تولید سلول و ماژول خورشیدی:

۱. **مشخصات فنی ساختمان‌های صنعتی و سالن‌های تولید:** کارخانه تولید سلول و ماژول خورشیدی با زیربنای کل حدود ۶۵,۰۰۰ مترمربع در زمینی به مساحت ۱۰ هکتار طراحی می‌شود. سالن تولید سلول خورشیدی با مساحت ۱۵,۰۰۰ مترمربع به عنوان محیط کلاس تمیز (Clean Room) با کلاس ISO 7 (Class 10,000) برای مناطق عمومی فرآیند و ISO 6 (Class 1,000) برای مناطق حساس مانند لایه‌نشانی و چاپ الکتروود طراحی می‌گردد. کف این سالن از نوع اپوکسی آنتی‌استاتیک با مقاومت الکتریکی سطحی ۶۸۱۰ تا ۹۸۱۰ اهم، مقاومت شیمیایی در برابر اسیدها و بازهای فرآیند، و قابلیت شستشوی مکرر بدون تخریب اجرا می‌شود. دیوارها و سقف با پنل‌های ساندویچی عایق‌دار با پوشش داخلی استیل ضدزنگ یا آلومینیوم آنودایز شده برای جلوگیری از انتشار ذرات و سهولت نظافت پوشش داده می‌شوند. سیستم تهویه مطبوع دقیق (Precision HVAC) با قابلیت کنترل دما در محدوده 22 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی $45 \pm 5\%$ ، همراه با فیلتراسیون HEPA برای حذف ذرات معلق بزرگتر از ۰.۳ میکرون، جریان هوای لامینار عمودی در مناطق حساس، و سیستم‌های بازیافت حرارت برای بهینه‌سازی مصرف انرژی طراحی می‌شود.

سالن تولید ماژول با مساحت ۲۰,۰۰۰ مترمربع با الزامات محیطی کمتر سختگیرانه (دمای 25 ± 3 درجه، رطوبت نسبی زیر ۶۰٪) اما با سیستم‌های جابجایی مواد اتوماتیک (AGV, Conveyor Systems) برای بهینه‌سازی جریان تولید طراحی می‌گردد. کف سالن از بتن مسلح با پوشش صنعتی ضدسایش و ضدلغزش با تحمل بار دینامیک لیفتراک‌های ۵ تنی اجرا می‌شود. ارتفاع مفید سالن‌ها حداقل ۸ متر برای نصب سیستم‌های جرثقیل سقفی (Overhead Cranes) با ظرفیت ۱۰ تا ۲۰ تن برای جابجایی پالت‌های ماژول و تجهیزات سنگین در نظر گرفته می‌شود. درهای ورودی سالن‌ها از نوع سریع‌بازشو (High-Speed Doors) با عایق‌بندی حرارتی و سیستم‌های هواپرده (Air Shower) برای کنترل ورود ذرات به محیط‌های حساس طراحی می‌گردند.

۲. سیستم‌های تأسیسات مکانیکی، الکتریکی و فرآیندی تخصصی: سیستم تأمین آب فوق خالص (Ultra-Pure Water - UPW) برای فرآیندهای شستشوی ویفر سیلیکون با ظرفیت ۵۰ مترمکعب بر ساعت طراحی می‌شود که شامل مراحل پیش تصفیه (فیلتراسیون شنی، کربن اکتیو)، اسمز معکوس دو مرحله‌ای (Double-Pass RO)، دیونیزاسیون مختلط (Mixed Bed DI)، و پولیش نهایی با اشعه ماوراءبنفش و فیلتراسیون اولترافیلتراسیون برای دستیابی به مقاومت ویژه آب بالای ۱۸ مگااهم-سانتی متر می‌باشد. سیستم بازیافت و چرخش آب با راندمان حداقل ۸۵٪ برای کاهش مصرف آب تازه و مدیریت پساب‌های فرآیندی طراحی می‌گردد.

سیستم مدیریت مواد شیمیایی فرآیند شامل مخازن ذخیره اسیدها (هیدروفلوئوریک، هیدروکلریک، نیتریک)، بازها (پتاسیم هیدروکسید)، و حلال‌های تخصصی با ظرفیت‌های محاسبه شده بر اساس مصرف ماهانه، همراه با سیستم‌های توزیع لوله کشی از جنس PVDF یا PFA برای مقاومت شیمیایی، سیستم‌های تهویه موضعی (Local Exhaust Ventilation) برای کنترل بخارات شیمیایی، و سیستم‌های خنثی سازی اضطراری برای مدیریت نشت‌های احتمالی طراحی می‌شود. سیستم فاضلاب صنعتی با واحدهای تخصصی خنثی سازی، رسوب دهی فلزات سنگین، و تصفیه بیولوژیکی برای انطباق پساب نهایی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست قبل از تخلیه طراحی می‌گردد.

سیستم برق صنعتی با ترانسفورماتورهای اختصاصی با ظرفیت کل ۴۰۰۰×۲ کیلوولت آمپر، تابلوهای توزیع اصلی با کلیدهای اتوماتیک هوشمند، و سیستم برق اضطراری شامل ژنراتورهای دیزلی با ظرفیت ۲۵۰۰×۲ کیلووات برای تأمین برق تجهیزات حیاتی در شرایط قطع برق سراسری طراحی می‌شود. سیستم زمین کردن با مقاومت کمتر از ۱ اهم برای حفاظت تجهیزات حساس الکترونیکی و پرسنل در برابر صاعقه و نوسانات الکتریکی اجرا می‌گردد.

۳. خطوط تولید پیشرفته سلول و ماژول خورشیدی - مشخصات فنی تجهیزات: خط تولید سلول خورشیدی با فناوری PERC شامل تجهیزات ذیل با مشخصات فنی دقیق می‌باشد: دستگاه‌های شستشوی ویفر (Wetting Station) با سیستم پاشش چندنازله و کنترل دمای محلول‌های شیمیایی، دستگاه‌های انتشار فسفر (Diffusion Furnace) با کوره‌های لوله‌ای با دمای عملیاتی تا ۹۰۰ درجه سانتی گراد، کنترل اتمسفر نیتروژن/اکسیژن با دقت $\pm 1\%$ ، و سیستم‌های بارگذاری/تخلیه اتوماتیک ویفر؛ دستگاه‌های لایه‌نشانی ضد بازتاب (PECVD) با پلاسما فرکانس رادیویی، قابلیت لایه‌نشانی سیلیکون نیتريد با ضخامت کنترل شده ۸۰-۷۰ نانومتر و ضریب شکست ۲.۰-۲.۱؛ دستگاه‌های چاپ الکتروود (Screen Printer) با دقت ثبت $\pm 25\mu m$ میکرون، سرعت چاپ تا ۲۰۰۰ ویفر در ساعت، و سیستم‌های خشک کن و پخت سریع با کنترل پروفیل دمایی؛ دستگاه‌های تست الکتریکی سلول (IV Tester) با دقت اندازه گیری راندمان $\pm 0.2\%$ ، طبقه بندی خودکار سلول‌ها بر اساس پارامترهای الکتریکی، و ردیابی کامل داده‌های هر ویفر.

خط تولید ماژول خورشیدی شامل: دستگاه‌های برش و چیدمان سلول (Laser Scribing & Stringing) با لیزر فیبر نوری برای برش دقیق و سیستم‌های لحیم کاری اتوماتیک با کنترل دمای نقطه‌ای؛ دستگاه‌های لایه چینی (Lay-up) اتوماتیک برای چیدمان دقیق سلول‌ها، شیشه کم آهن، و لایه‌های encapsulant با سیستم‌های بینایی ماشین برای کنترل کیفیت؛ دستگاه‌های

لمینیت (Laminator) با محفظه خلأ، کنترل دمای یکنواخت $\pm 2^\circ\text{C}$ درجه سانتی گراد در سطح 4×2 متر، و سیکل لمینیت بهینه شده برای مواد EVA/POE؛ دستگاه‌های نصب فریم آلومینیومی و جعبه اتصال (Framing & Junction Box) با سیستم‌های چسب‌زنی اتوماتیک و تست اتصال الکتریکی؛ و دستگاه‌های تست نهایی ماژول (Flash Tester) با شبیه‌ساز نور خورشید کلاس AAA مطابق استاندارد IEC 60904-9، دقت اندازه‌گیری توان $\pm 1\%$ ، و تولید گواهی‌نامه تست برای هر ماژول.

ب) منابع انسانی مورد نیاز با جزئیات تخصصی:

۱. تیم مدیریت ارشد و راهبردی:

- مدیرعامل کارخانه: دارای حداقل ۱۵ سال تجربه مدیریتی در صنایع تولیدی پیشرفته، ترجیحاً با سابقه در صنعت خورشیدی یا الکترونیک، دارای مدرک کارشناسی ارشد یا دکترا در رشته‌های مهندسی صنایع، مهندسی مواد، مدیریت فناوری یا رشته‌های مرتبط، و تجربه رهبری پروژه‌های انتقال فناوری بین‌المللی.
- مدیر فنی و تولید CTO/COO: دارای حداقل ۱۲ سال تجربه در طراحی و بهره‌برداری از خطوط تولید سلول/ماژول خورشیدی، با تسلط بر فناوری‌های PERC/TOPCon، استانداردهای کیفیت IEC، و مدیریت فرآیندهای پیچیده شیمیایی-فیزیکی، و تجربه رهبری تیم‌های فنی چندتخصصی.
- مدیر تحقیق و توسعه: دارای تخصص در علوم مواد، فیزیک نیمه‌هادی‌ها، یا مهندسی انرژی، با سابقه پژوهشی در حوزه فتوولتائیک، گواهی‌نامه‌های بین‌المللی مرتبط، و تجربه مدیریت پروژه‌های نوآوری و ثبت اختراع.
- مدیر کیفیت و انطباق: دارای تخصص در سیستم‌های مدیریت کیفیت (ISO 9001, IATF 16949)، استانداردهای محصول خورشیدی (IEC 61215, IEC 61730)، و تجربه ممیزی و اخذ گواهی‌نامه‌های بین‌المللی.
- مدیر زنجیره تأمین و لجستیک: دارای تجربه در مدیریت تأمین مواد اولیه تخصصی، واردات تجهیزات حساس، و لجستیک بین‌المللی محصولات با ارزش، با آشنایی با مقررات گمرکی مناطق آزاد و تجارت بین‌الملل.

۲. تیم‌های تخصصی فنی و عملیاتی:

- تیم فرآیند تولید سلول: شامل ۴۰ تا ۶۰ مهندس و تکنسین با تخصص در فرآیندهای شیمیایی ویفر، لایه‌نشانی، چاپ الکترو، و تست الکتریکی، با آموزش‌های تخصصی در تجهیزات خط تولید و توانایی کار در شیفت‌های چرخشی.
- تیم تولید ماژول: شامل ۵۰ تا ۷۰ اپراتور و تکنسین با مهارت در کار با تجهیزات اتوماتیک، کنترل کیفیت بصری و الکتریکی، و بسته‌بندی تخصصی محصولات.
- تیم آزمایشگاه و کنترل کیفیت: شامل ۲۰ تا ۳۰ کارشناس با تخصص در آنالیز مواد، تست‌های الکتریکی-نوری، و اعتبارسنجی پایداری محصولات، با گواهی‌نامه‌های کالیبراسیون تجهیزات و آشنایی با استانداردهای تست بین‌المللی.
- تیم نگهداری و تعمیرات تجهیزات: شامل ۲۵ تا ۳۵ مهندس و تکنسین با تخصص در مکانیک دقیق، الکترونیک صنعتی، اتوماسیون، و سیستم‌های خلأ و پلاسما، با توانایی عیب‌یابی پیشرفته و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات حساس.

- تیم تحقیق و توسعه: شامل ۱۵ تا ۲۵ پژوهشگر و مهندس با تخصص در علوم مواد، بهینه‌سازی فرآیند، و توسعه فناوری‌های نسل بعدی، با سابقه انتشار مقالات علمی یا ثبت اختراع.
- تیم خدمات EPC و مهندسی پروژه: شامل ۲۰ تا ۳۰ مهندس برق، مکانیک و عمران با تخصص در طراحی نیروگاه‌های خورشیدی، مدیریت پروژه، و استانداردهای ایمنی و نصب.

۳. تیم پشتیبانی و خدمات:

- تیم تأسیسات و انرژی: شامل ۱۰ تا ۱۵ تکنسین با تخصص در بهره‌برداری از سیستم‌های UPW، HVAC صنعتی، برق فشارقوی، و مدیریت مصرف انرژی.
- تیم ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست HSE: شامل ۸ تا ۱۲ کارشناس با گواهینامه‌های بین‌المللی ایمنی صنعتی، مدیریت مواد شیمیایی، و پایش زیست‌محیطی.
- تیم اداری، مالی و منابع انسانی: شامل ۱۵ تا ۲۰ کارشناس با تجربه در محیط‌های تولیدی بزرگ و آشنایی با استانداردهای گزارش‌دهی مالی و بین‌المللی.

ج) منابع دانشی، مهارتی و فناوریانه:

۱. دانش و مالکیت فکری مورد نیاز:

- دسترسی به پایگاه‌های دانش تخصصی شامل استانداردهای فنی تولید سلول و ماژول (IEC 61215, IEC 61730, UL 1703), بهترین روش‌های فرآیندی از طریق اشتراک در پلتفرم‌هایی مانند International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV), و گزارش‌های بازار از منابعی مانند BloombergNEF, IHS Markit.
- توسعه و ثبت مالکیت فکری استراتژیک شامل فرآیندهای بهینه‌شده تولید برای اقلیم گرم و خشک، فرمولاسیون‌های جدید مواد encapsulant با پایداری حرارتی بالاتر، و الگوریتم‌های کنترل فرآیند مبتنی بر هوش مصنوعی برای بهبود راندمان و کاهش ضایعات.
- ایجاد کتابخانه فرآیندی (Process Library) داخلی برای مستندسازی پارامترهای بهینه هر مرحله تولید، دستورالعمل‌های عیب‌یابی، و بهترین روش‌های نگهداری تجهیزات، با دسترسی سطح‌بندی‌شده برای پرسنل فنی.

۲. مهارت‌های تخصصی و برنامه توسعه توانمندی:

- طراحی مسیر توسعه شغلی (Career Path) و برنامه آموزش مستمر (Continuous Learning) برای کلیه کارکنان شامل دوره‌های داخلی توسط متخصصان انتقال‌یافته از شرکای فناوری، شرکت در کنفرانس‌های بین‌المللی خورشیدی (مانند EU PVSEC, IEEE PVSC)، و فرصت‌های کارآموزی در کارخانه‌های همکار جهانی.
- استقرار سیستم ارزیابی عملکرد مبتنی بر شایستگی (Competency-Based Assessment) برای شناسایی شکاف‌های مهارتی و برنامه‌ریزی هدفمند توسعه فردی و تیمی، با تمرکز بر مهارت‌های حیاتی مانند کنترل فرآیند دقیق، عیب‌یابی تجهیزات پیشرفته، و تحلیل داده‌های کیفیت.

- ایجاد برنامه جانشین‌پروری (Succession Planning) برای پست‌های کلیدی فنی و مدیریتی جهت تضمین تداوم دانش سازمانی و کاهش ریسک وابستگی به افراد، همراه با مستندسازی فرآیندهای حیاتی و ایجاد بانک دانش فنی.

(د) منابع فیزیکی، تجهیزات و تکنولوژی:

۱. تجهیزات خط تولید سلول خورشیدی:

- ایستگاه‌های شستشوی ویفر: ۴ خط موازی با ظرفیت کل ۱۲۰۰ ویفر در ساعت، مجهز به سیستم‌های پاشش اولتراسونیک، کنترل دمای محلول‌ها، و بازیافت مواد شیمیایی.
- کوره‌های انتشار فسفر: ۶ واحد با ظرفیت ۴۰۰ ویفر در هر بار، دمای عملیاتی ۸۰۰-۹۰۰ درجه سانتی‌گراد، کنترل اتمسفر با دقت بالا، و سیستم‌های بارگذاری اتوماتیک.
- سیستم‌های PECVD برای لایه‌نشانی: ۸ واحد با پلاسما فرکانس رادیویی ۱۳.۵۶ مگاهرتز، یکنواختی لایه‌نشانی $\pm 3\%$ در سطح ویفر 156×156 میلی‌متر، و قابلیت لایه‌نشانی همزمان چندین ویفر.
- چاپ‌گرهای الکتروود: ۱۰ واحد با دقت ثبت ± 25 میکرون، سرعت ۲۰۰۰ ویفر در ساعت، سیستم‌های بینایی ماشین برای کنترل کیفیت چاپ، و خشک‌کن‌های سریع مادون قرمز.
- تسترهای الکتریکی سلول: ۶ دستگاه با دقت اندازه‌گیری راندمان $\pm 0.2\%$ ، طبقه‌بندی خودکار به ۱۰ گرید کیفی، و اتصال به سیستم MES برای ردیابی داده‌ها.

۲. تجهیزات خط تولید ماژول خورشیدی:

- سیستم‌های برش و لحیم‌کاری سلول: ۴ خط موازی با لیزر فیبر نوری برای برش دقیق، سیستم‌های لحیم‌کاری با کنترل دمای نقطه‌ای ± 5 درجه، و سرعت ۱۰۰۰ سلول در ساعت.
- دستگاه‌های لایه‌چینی اتوماتیک: ۳ واحد با سیستم‌های بینایی ماشین برای تراز دقیق سلول‌ها، سرعت چیدمان ۵۰۰ ماژول در روز، و قابلیت کار با ابعاد مختلف ماژول.
- لمینیت‌های خلأ: ۴ دستگاه با ابعاد محفظه 2.5×5 متر، دمای عملیاتی ۱۴۰-۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، یکنواختی دما ± 2 درجه، و سیکل لمینیت ۱۵-۲۰ دقیقه.
- ایستگاه‌های نصب فریم و جعبه اتصال: ۴ خط با سیستم‌های چسب‌زنی اتوماتیک، تست اتصال الکتریکی ۱۰۰٪، و سرعت ۶۰۰ ماژول در روز.
- فلش تسترهای نهایی: ۳ دستگاه با شبیه‌ساز نور کلاس AAA، دقت اندازه‌گیری توان $\pm 1\%$ ، و تولید خودکار گواهینامه تست با بارکد ردیابی.

۳. تجهیزات آزمایشگاهی و کنترل کیفیت:

- تسترهای IV برای سلول و ماژول: ۴ دستگاه با دقت بالا، قابلیت تست در دماهای مختلف برای استخراج ضرایب دمایی.
- سیستم‌های الکترومینانس (EL) و ترموویژن: ۲ دستگاه برای تشخیص عیوب داخلی سلول‌ها و ماژول‌ها بدون تخریب.

- اتاق‌های تست شتاب یافته پایداری: ۴ واحد برای تست‌های RH, Thermal Cycling $-85^{\circ}\text{C}/+85^{\circ}\text{C}$ Damp Heat $+40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$ و UV Exposure مطابق IEC 61215.
- تجهیزات آنالیز مواد: میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، اسپکتروسکوپ فوتوالکترون اشعه ایکس (XPS)، و دستگاه‌های اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های نازک.

ه) مواد اولیه و منابع مصرفی:

۱. مواد اولیه اصلی تولید:

- ویفر سیلیکون مونوکریستال: تأمین سالانه حدود ۱۰۰ میلیون قطعه ویفر با ابعاد 156×156 یا 182×182 میلی‌متر، ضخامت ۱۶۰-۱۸۰ میکرون، و کیفیت الکترونیکی با عمر حامل‌های اقلیت بالای ۳۰۰ میکروثانیه.
- مواد شیمیایی فرآیند سلول: اسید هیدروفلوئوریک (۵۰-۶۰ تن سالانه)، اسید هیدروکلریک و نیتریک (۱۰۰-۱۵۰ تن سالانه)، پتاسیم هیدروکسید (۳۰-۴۰ تن سالانه)، گاز فسفین برای انتشار (۵-۱۰ تن سالانه)، و سیلان برای لایه‌نشانی (۱۰-۱۵ تن سالانه).
- مواد تولید ماژول: شیشه کم‌آهن با ضخامت ۳.۲ میلی‌متر و عبور نوری بالای ۹۱٪ (حدود ۲ میلیون مترمربع سالانه)، مواد encapsulant EVA یا POE (۷۰۰-۵۰۰ تن سالانه)، فریم‌های آلومینیومی آنودایز شده (۱ میلیون متر خطی سالانه)، و جعبه‌های اتصال با دیودهای بای‌پس (۵۰۰,۰۰۰ واحد سالانه).

۲. مواد مصرفی و قطعات یدکی:

- قطعات مصرفی تجهیزات: نازل‌های پاشش، فیلترهای HEPA، المنت‌های گرمایشی کوره‌ها، و قطعات سایشی سیستم‌های مکانیکی با برنامه جایگزینی دوره‌ای.
- مواد بسته‌بندی تخصصی: پالت‌های چوبی ضدضربه، فیلم‌های محافظ رطوبت، و کارتن‌های تقویت‌شده برای حمل‌ونقل بین‌المللی ماژول‌ها.
- قطعات یدکی استراتژیک: ماژول‌های کنترلر PLC، سنسورهای دما و فشار، پمپ‌های خلأ، و قطعات الکترونیکی حیاتی با موجودی کافی برای حداقل ۳ ماه عملیات بدون وقفه.

و) عوامل محیطی و ملاحظات پایداری:

۱. سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی:

- سیستم تصفیه فاضلاب شیمیایی با واحدهای خنثی‌سازی اسید-باز، رسوب‌دهی فلزات سنگین با هیدروکسیدها، و فیلتراسیون نهایی برای دستیابی به استانداردهای تخلیه پساب صنعتی.
- سیستم مدیریت پسماندهای خطرناک شامل جمع‌آوری جداگانه ضایعات سیلیکون، مواد شیمیایی مصرف‌شده، و فیلترهای آلوده، همراه با قرارداد با شرکت‌های مجاز بازیافت و دفع ایمن.

- سیستم کنترل انتشار گازهای فرآیند با اسکرابره‌های شیمیایی برای خنثی‌سازی گازهای اسیدی و سیستم‌های احتراق برای گازهای قابل اشتعال قبل از تخلیه به اتمسفر.

۲. برنامه‌های پایداری و کاهش ردپای کربن:

- نصب سیستم خورشیدی پشت‌بامی با ظرفیت حداقل ۲ مگاوات برای تأمین ۱۵-۲۰٪ مصرف برق کارخانه و نمایش عملی کاربرد محصولات تولیدی.
- به‌کارگیری سیستم‌های بازیافت حرارت از کوره‌ها و تجهیزات حرارتی برای پیش‌گرمایش آب یا هوای ورودی و کاهش مصرف انرژی اولیه.
- طراحی برنامه چرخه عمر محصول (Product Lifecycle Management) شامل امکان بازیافت ماژول‌های پایان‌عمر و بازیابی مواد با ارزش مانند سیلیکون، نقره، و آلومینیوم.

بخش دهم: استانداردهای الزامی و اختیاری

الف) استانداردهای الزامی Mandatory Standards :

۱. استانداردهای محصول و کیفیت:

- استاندارد بین‌المللی ماژول‌های فتوولتائیک کریستالی IEC 61215 برای تست‌های طراحی و تأیید نوع، شامل تست‌های مکانیکی، حرارتی، رطوبتی، و الکتریکی برای اطمینان از عملکرد ۲۵ ساله.
- استاندارد ایمنی ماژول‌های فتوولتائیک IEC 61730 برای ارزیابی ریسک‌های الکتریکی، مکانیکی، و آتش‌سوزی و تعیین کلاس ایمنی محصول برای کاربردهای مختلف.
- استاندارد تست عملکرد ماژول تحت شرایط استاندارد تست IEC 60904 (STC) سری برای کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری و گزارش‌دهی پارامترهای الکتریکی.
- استاندارد ملی ایران برای تجهیزات خورشیدی (استاندارد ۱-۱۲۶۰۳ و تکمیلی‌های آن) که با اقتباس از استانداردهای IEC تدوین شده و برای فروش در بازار داخلی الزامی است.

۲. استانداردهای سیستم مدیریت و فرآیند:

- استاندارد سیستم مدیریت کیفیت ISO 9001:2015 برای استقرار فرآیندهای کنترل کیفیت یکپارچه، ردیابی محصول، و بهبود مستمر در کلیه مراحل تولید.
- استاندارد سیستم مدیریت محیط‌زیست ISO 14001:2015 برای پایش و کاهش اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های تولیدی شامل مصرف آب و انرژی، تولید پساب، و مدیریت پسماند.
- استاندارد ایمنی و بهداشت حرفه‌ای ISO 45001:2018 برای حفاظت از سلامت و ایمنی پرسنل در محیط صنعتی با مواد شیمیایی، تجهیزات الکتریکی فشارقوی، و عملیات مکانیکی.

- استاندارد مدیریت انرژی ISO 50001:2018 برای پایش و بهینه‌سازی مصرف انرژی در فرآیندهای تولیدی با هدف کاهش هزینه‌های عملیاتی و رد پای کربن.

۳. استانداردهای ایمنی فرآیند و مواد شیمیایی:

- استاندارد مدیریت ایمنی فرآیندهای شیمیایی OSHA PSM یا معادل بین‌المللی آن برای شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک، و کنترل عملیات با مواد شیمیایی خطرناک.
- استاندارد برچسب‌گذاری و برگه اطلاعات ایمنی مواد (SDS) مطابق با سیستم هماهنگ جهانی (GHS) برای کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند تولید.
- استاندارد سیستم‌های اطفاء حریق تخصصی برای محیط‌های صنعتی NFPA 10, 12, 2001 با توجه به حضور مواد شیمیایی قابل اشتعال و تجهیزات الکتریکی حساس.

۴. استانداردهای حاکمیتی و انطباق مقرراتی ایران:

- مقررات سازمان حفاظت محیط‌زیست برای صنایع الکترونیک و نیمه‌هادی شامل حدود مجاز پساب، انتشار هوا، و مدیریت پسماندهای خطرناک.
- مقررات وزارت صنعت، معدن و تجارت برای پروانه بهره‌برداری صنعتی شامل تعهدات ظرفیت تولید، بومی‌سازی، و اشتغال‌زایی.
- مقررات سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر (ساتبا) برای تأیید فنی محصولات جهت فروش به پروژه‌های مورد حمایت دولت و اتصال به شبکه برق سراسری.

ب) استانداردهای اختیاری و توصیه‌شده (Optional/Recommended Standards):

۱. استانداردهای تعالی و پایداری پیشرفته:

- استاندارد سیستم مدیریت یکپارچه کیفیت، محیط‌زیست و ایمنی (QHSE) مبتنی بر ترکیب ISO 9001, 14001, 45001 برای کاهش پیچیدگی سیستم‌های مدیریتی و افزایش اثربخشی.
- استانداردهای گزارش‌دهی پایداری GRI Standards و چارچوب افشای مالی مرتبط با آب و هوا TCFD برای شفاف‌سازی عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در گزارش‌های سالانه.
- استاندارد اقتصاد چرخشی برای صنعت الکترونیک IEC 62430 برای طراحی محصولات با قابلیت تعمیر، ارتقا و بازیافت بالاتر و کاهش پسماند در چرخه عمر.

۲. استانداردهای تخصصی صنعت خورشیدی:

- استاندارد تست عملکرد ماژول در شرایط واقعی عملکرد IEC 61853 (NOCT) سری برای ارزیابی دقیق‌تر تولید انرژی در اقلیم‌های مختلف و ارائه تضمین عملکرد واقع‌بینانه‌تر.

- استاندارد پایداری و بازیافت مازول‌های فتوولتائیک IEC 62915 برای طراحی محصولات با قابلیت بازیافت مواد باارزش و کاهش اثرات زیست‌محیطی پایان عمر.
- گواهینامه‌های کیفیت داوطلبانه مانند TÜV Rheinland, UL یا Intertek برای افزایش اعتبار محصول در بازارهای صادراتی با استانداردهای سختگیرانه.

۳. استانداردهای مدیریت نوآوری و فناوری:

- استاندارد مدیریت تحقیق و توسعه ISO 56002:2019 برای استقرار سیستم مدیریت نوآوری سیستماتیک و افزایش اثربخشی سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری‌های نسل بعدی.
- چارچوب مدیریت مالکیت فکری ISO 56005 برای حفاظت استراتژیک از اختراعات، اسرار تجاری، و دانش فنی توسعه‌یافته در فرآیند بومی‌سازی.

ج) مکانیزم انطباق و ممیزی استانداردها:

- ایجاد واحد مستقل انطباق و ممیزی داخلی با مسئولیت پایش مستمر رعایت استانداردهای الزامی، انجام ممیزی‌های دوره‌ای داخلی، و هماهنگی با نهادهای گواهینامه‌دهنده بین‌المللی برای اخذ و تمدید گواهینامه‌های محصول و سیستم.
- استقرار پلتفرم دیجیتال مدیریت انطباق برای مستندسازی سیاست‌ها، فرآیندها، و شواهد انطباق، مدیریت ریسک‌های عدم انطباق، و تولید خودکار گزارش‌های نظارتی برای سازمان‌های ذی‌ربط.
- طراحی برنامه آموزش اجباری سالانه برای کلیه کارکنان در زمینه استانداردهای مرتبط با نقش‌های شغلی و ارزیابی اثربخشی آموزش از طریق آزمون‌های عملی و شبیه‌سازی سناریوهای کیفیت و ایمنی.
- انتشار سالانه گزارش پایداری و کیفیت محصول با تأیید ممیز مستقل برای افزایش شفافیت و جلب اعتماد مشتریان بین‌المللی و سرمایه‌گذاران.

بخش یازدهم: ساختار تفصیلی حجم سرمایه، ساختار تفصیلی هزینه‌های عملیاتی، شاخص‌های کلیدی تحلیل مالی و اقتصادی

الف) ساختار تفصیلی حجم سرمایه‌گذاری اولیه (۲۲۰ میلیون یورو):

۱. سرمایه‌گذاری ثابت و زیرساختی (۱۴۵ میلیون یورو - ۶۵.۹٪ کل سرمایه):

- خرید و آماده‌سازی زمین ۱۰ هکتاری و عملیات محوطه‌سازی صنعتی: ۱۲ میلیون یورو شامل تسطیح، خاک‌برداری، زهکشی، احداث شبکه راه‌های داخلی بتنی با تحمل بار سنگین، فنس‌کشی امنیتی لایه‌ای، نگهبانی مرکزی، و سیستم‌های روشنایی و ایمنی محوطه.
- احداث ساختمان‌های صنعتی و کلاس تمیز: ۴۸ میلیون یورو شامل اسکلت فولادی و بتنی مسلح سالن‌های تولید سلول (۱۵,۰۰۰ مترمربع) و مازول (۲۰,۰۰۰ مترمربع) با پوشش‌های ساندویچی عایق‌دار، کف اپوکسی آنتی‌استاتیک و ضدسایش،

دیوارها و سقف‌های پنل‌های تمیز با درزبندی کامل، درهای سریع‌بازشو و هواپرده‌ها، و سیستم‌های جرثقیل سقفی ۱۰ تا ۲۰ تنی برای جابجایی تجهیزات سنگین.

- تأسیسات مکانیکی، الکتریکی و فرآیندی حیاتی: ۵۵ میلیون یورو شامل پست برق اختصاصی ۲۰ کیلوولت با ترانسفورماتورهای ۴۰۰۰×۲ کیلوولت آمپر، ژنراتورهای دیزلی ۲×۲۵۰۰ کیلووات با سوئیچینگ خودکار، سیستم آب فوق‌خالص (UPW) با ظرفیت ۵۰ مترمکعب بر ساعت و واحدهای بازیافت ۸۵٪، سیستم تهویه دقیق کلاس تمیز با فیلترهای HEPA و بازیافت حرارت، شبکه گازرسانی صنعتی و نیتروژن مایع، سیستم فاضلاب صنعتی با واحدهای خنثی‌سازی و تصفیه شیمیایی، و شبکه هوای فشرده و خلأ صنعتی.

- تجهیزات آزمایشگاهی R&D و کنترل کیفیت: ۱۵ میلیون یورو شامل شبیه‌سازهای نوری کلاس AAA، سیستم‌های الکترومینانس و ترموویژن پیشرفته، اتاق‌های تست شتاب‌یافته پایداری (Damp Heat, Thermal Cycling, UV)، تجهیزات آنالیز سطح و لایه‌های نازک (SEM, XPS, Ellipsometer)، و سیستم‌های کالیبراسیون مرجع مطابق IEC 60904.

- هزینه‌های پیش‌بینی نشده و ذخیره احتیاطی زیرساخت: ۱۵ میلیون یورو برای پوشش نوسانات قیمت مصالح، تأخیرهای احتمالی در تحویل تجهیزات وارداتی، و نیازهای غیرمترقبه در فازهای نصب و راه‌اندازی.

۲. سرمایه‌گذاری در خطوط تولید و فناوری (۵۰ میلیون یورو - ۲۲.۲٪ کل سرمایه):

- خط تولید سلول خورشیدی PERC/TOPCon: ۳۵ میلیون یورو شامل ایستگاه‌های شستشوی ویفر اولتراسونیک، کوره‌های انتشار فسفر با کنترل اتمسفر دقیق، سیستم‌های PECVD لایه‌نشانی، چاپ‌گرهای الکتروود با بینایی ماشین و خشک‌کن‌های مادون قرمز، تسترهای الکتریکی سلول با دقت $\pm 0.2\%$ ، و سیستم‌های جابجایی اتوماتیک ویفر.
- خط تولید ماژول خورشیدی: ۱۰ میلیون یورو شامل سیستم‌های برش لیزری و لحیم‌کاری رشته‌ای، لایه‌چینی اتوماتیک با کنترل تراز، لمینیت‌های خلأ با یکنواختی دمایی $\pm 2^\circ\text{C}$ درجه، ایستگاه‌های نصب فریم و جعبه اتصال، و فلش تسترهای نهایی با گواهی‌نامه‌دهی خودکار هر ماژول.
- نرم‌افزارهای کنترل فرآیند و اتوماسیون صنعتی: ۵ میلیون یورو شامل سیستم‌های SCADA، MES، DCS، پلنفرم IIoT برای پایش بلادرنگ پارامترها، و لایسنس‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فرآیند.

۳. سرمایه در گردش و هزینه‌های راه‌اندازی عملیاتی (۱۵ میلیون یورو - ۶.۸٪ کل سرمایه):

- هزینه‌های جذب، آموزش و استقرار تیم تخصصی: ۶ میلیون یورو شامل حقوق دوره راه‌اندازی، هزینه‌های انتقال فناوری و آموزش حضوری توسط متخصصان خارجی، برنامه‌های گواهی‌نامه‌ای ایمنی و کیفیت، و اسکان و تسهیلات اقامتی پرسنل کلیدی.
- هزینه‌های اخذ مجوزها، گواهی‌نامه‌ها و مشاوره حقوقی-فنی: ۴ میلیون یورو شامل ممیزی‌های بین‌المللی TÜV/UL، اخذ تأییدیه ساتبا و سازمان استاندارد، مشاوره‌های تخصصی انتقال فناوری و قراردادهای بین‌المللی، و هزینه‌های ثبت مالکیت فکری.

- هزینه‌های بازاریابی، توسعه بازار و حضور در رویدادهای تخصصی: ۳ میلیون یورو شامل شرکت در نمایشگاه‌های جهانی انرژی خورشیدی) مانند(Intersolar, SNEC ، تولید محتوای فنی-تجاری چندزبانه، و ایجاد شبکه توزیع منطقه‌ای.
- سرمایه در گردش اولیه برای پوشش خرید مواد اولیه و عملیات ۶ ماه اول: ۲ میلیون یورو برای تأمین نقدینگی مورد نیاز تا زمان تحقق جریان‌های درآمدی پایدار از مشتریان اولیه.

۴. بودجه تحقیق و توسعه و نوآوری مستمر (۱۰ میلیون یورو - ۴.۵٪ کل سرمایه):

- تخصیص به پروژه‌های بومی‌سازی فرآیند، بهینه‌سازی مصرف مواد شیمیایی، توسعه فرمولاسیون‌های encapsulant مقاوم در برابر اقلیم گرم و خشک، و آزمایش فناوری‌های نسل بعدی (HJT, Perovskite tandem) در مقیاس آزمایشگاهی.

ب) ساختار تفصیلی هزینه‌های عملیاتی و بهای تمام‌شده سالانه (پس از بهره‌برداری کامل):

۱. بهای تمام‌شده متغیر مواد اولیه و مصرفی (سالانه حدود ۱۴۵ میلیون یورو):

- خرید ویفر سیلیکون مونوکریستال: حدود ۹۵ میلیون یورو بر اساس مصرف سالانه ۱۰۰ میلیون قطعه و قیمت متوسط جهانی.
- مواد شیمیایی فرآیند و گازهای تخصصی: حدود ۱۸ میلیون یورو شامل اسیدها، بازها، سیلان، فسفین، و نیتروژن گرید بالا.
- مواد تولید ماژول: حدود ۲۵ میلیون یورو شامل شیشه کم‌آهن، مواد encapsulant ، فریم‌های آلومینیومی، جعبه‌های اتصال، و کابل‌های تخصصی.
- مواد بسته‌بندی و حمل‌ونقل داخلی: حدود ۷ میلیون یورو شامل پالت‌ها، فیلم‌های محافظ، و لجستیک محموله‌های صادراتی.

۲. هزینه‌های عملیاتی ثابت و نیمه‌متغیر (سالانه حدود ۴۵ میلیون یورو):

- هزینه‌های پرسنلی و نیروی انسانی: ۱۲ میلیون یورو شامل حقوق و مزایای ۴۵۰ نفر نیروی مستقیم و غیرمستقیم، پاداش‌های عملکردی، آموزش مستمر، و بیمه‌های تکمیلی.
- انرژی و تأسیسات: ۸ میلیون یورو شامل برق صنعتی، گاز طبیعی، آب و فاضلاب، و نگهداری سیستم‌های UPW و HVAC.
- نگهداری، تعمیرات و قطعات یدکی: ۶ میلیون یورو شامل قراردادهای سرویس دوره‌ای با سازندگان تجهیزات، خرید قطعات مصرفی، و کالیبراسیون ابزارهای دقیق.
- پژوهش، توسعه و کنترل کیفیت: ۵ میلیون یورو شامل هزینه‌های آزمایشگاه، تست‌های گواهی‌دهی، پروژه‌های بهبود فرآیند، و همکاری‌های دانشگاهی.

- لجستیک، بازاریابی و اداری: ۴ میلیون یورو شامل هزینه‌های گمرکی ترانزیت، بازاریابی بین‌المللی، خدمات حقوقی-مالی، و پشتیبانی مشتریان.
- بیمه‌های تخصصی و هزینه‌های مالی: ۱۰ میلیون یورو شامل بیمه‌های تجهیزات، مسئولیت مدنی، ریسک سیاسی، کارمزد تسهیلات، و هزینه‌های پوشش ریسک ارزی.

جمع کل هزینه‌های عملیاتی و بهای تمام‌شده سالانه در وضعیت بهره‌برداری کامل: حدود ۱۹۰ میلیون یورو

ج) شاخص‌های کلیدی تحلیل مالی و اقتصادی:

۱. پیش‌بینی درآمدها و جریان‌های نقدی ورودی:

- درآمد حاصل از فروش مازول خورشیدی: با فرض ظرفیت ۵۰۰ مگاوات، ضریب اشغال ۹۵٪ در سال سوم، و قیمت متوسط فروش ۰.۲۲ یورو بر وات FOB منطقه آزاد، درآمد سالانه از محل فروش مستقیم مازول حدود ۱۰۴.۵ میلیون یورو پیش‌بینی می‌شود.
- درآمد حاصل از خدمات EPC و مهندسی: با فرض اجرای ۴ تا ۶ پروژه سالانه در مقیاس‌های مختلف با حاشیه سود ۱۲ تا ۱۵٪، درآمد سالانه حدود ۲۵ میلیون یورو.
- درآمد حاصل از خدمات آزمایشگاهی، مشاوره فنی و نگهداری: پیش‌بینی درآمد سالانه حدود ۸ میلیون یورو از مشتریان داخلی و منطقه‌ای.
- درآمد حاصل از صادرات مستقیم و ترانزیت منطقه‌ای: با هدف گذاری صادرات ۳۰٪ تولید، درآمد ارزی سالانه حدود ۳۵ میلیون یورو.

جمع کل درآمدهای پیش‌بینی‌شده سالانه در وضعیت بهره‌برداری کامل: حدود ۱۷۲.۵ میلیون یورو

۲. شاخص‌های سودآوری و بازدهی سرمایه‌گذاری:

- سود ناخالص عملیاتی سالانه: پیش‌بینی حدود ۳۰ تا ۳۵ میلیون یورو با حاشیه سود ناخالص ۱۷ تا ۲۰٪.
- سود خالص پس از کسر هزینه‌های ثابت، مالیات (با توجه به معافیت ۲۰ ساله مناطق آزاد)، و استهلاک: پیش‌بینی حدود ۲۲ تا ۲۸ میلیون یورو سالانه.
- دوره بازگشت سرمایه (Payback Period): با در نظر گیری منحنی یادگیری تولید، افزایش تدریجی ظرفیت، و تحقق جریان‌های درآمدی از سال دوم، پیش‌بینی بازگشت کل سرمایه اولیه در بازه زمانی ۶.۵ تا ۷.۵ سال از تاریخ شروع فاز اجرایی.
- نرخ بازده داخلی (IRR): پیش‌بینی IRR پروژه در افق ۱۵ ساله بین ۱۸٪ تا ۲۳٪ با در نظر گیری سناریوهای محافظه کارانه (نوسانات قیمت و یفر، تأخیر صادرات) و خوش بینانه (رشد سریع بازار منطقه‌ای، موفقیت در بومی سازی قطعات).
- نسبت سود به هزینه (BCR): پیش‌بینی BCR حدود ۲.۴ به ۱ در افق ۱۵ ساله که نشان‌دهنده توجیه اقتصادی قوی و پایداری جریان نقدی است.

- ارزش خالص فعلی (NPV): با نرخ تنزیل ۱۲٪ (منعکس کننده ریسک صنعتی، ارزی و منطقه‌ای)، پیش‌بینی NPV مثبت حدود ۴۰ تا ۶۰ میلیون یورو.

۳. شاخص‌های اقتصادی کلان و اثرات سرریز:

- ایجاد اشتغال مستقیم و غیرمستقیم: پیش‌بینی ۴۵۰ شغل مستقیم تخصصی و بیش از ۱,۵۰۰ شغل غیرمستقیم در زنجیره تأمین محلی و منطقه‌ای.
- کاهش واردات و صرفه‌جویی ارزی: جایگزینی سالانه حدود ۱۰۰ میلیون یورو واردات ماشین‌آلات و خدمات فنی با تولید داخلی.
- توسعه صادرات غیرنفتی: پیش‌بینی صادرات سالانه ۳۰ تا ۴۰ میلیون یورو از سال چهارم به بازارهای عراق، افغانستان، CIS و خلیج فارس.
- اثرات فناورانه و آموزشی: تربیت نیروی انسانی متخصص در فرآیندهای نیمه‌هادی، انتقال دانش فنی پیشرفته، و ایجاد بستر برای توسعه صنایع بالادستی و پایین‌دستی انرژی پاک.

(د) مکانیزم‌های پوشش ریسک مالی و تضمین بازدهی:

۱. مکانیزم‌های پوشش ریسک ارزی و نوسانات مواد اولیه:

- انعقاد قراردادهای خرید بلندمدت ویفر و مواد شیمیایی با فرمول تعدیل قیمت (Price Adjustment Clause) مبتنی بر شاخص‌های جهانی مانند PV InfoLink برای کاهش ریسک نوسانات شدید.
- استفاده از ابزارهای پوشش ریسک ارزی مجاز در چارچوب مقررات بانک مرکزی و مناطق آزاد، همراه با نگهداری بخشی از درآمدهای صادراتی در حساب‌های ارزی منطقه‌ای برای تأمین خریدهای آتی.
- ایجاد صندوق ذخیره مواد استراتژیک با ظرفیت ۳ تا ۴ ماه مصرف برای ویفر و مواد کلیدی، جهت جلوگیری از توقف تولید در صورت اختلال در زنجیره تأمین.

۲. مکانیزم‌های تضمین بازدهی و نقدشوندگی:

- انعقاد قراردادهای تأمین بلندمدت (Off-take Agreements) با توسعه‌دهندگان نیروگاه‌های خورشیدی داخلی و منطقه‌ای با شرایط Take-or-Pay یا Minimum Volume Guarantee برای تضمین فروش حداقل ۶۰٪ ظرفیت تولید در سال‌های اول.
- ساختار حقوقی ترکیبی سرمایه‌گذاری با امکان انتشار اوراق مشارکت پروژه‌محور با سود ثابت برای سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز، همراه با سهام ممتاز با حق تقدم در سود برای سرمایه‌گذاران استراتژیک.
- ایجاد مکانیزم توزیع سود پلکانی که در آن ابتدا هزینه‌های عملیاتی و بازپرداخت تعهدات مالی اولویت‌دار پوشش داده شده، سپس سود حداقلی تضمین شده پرداخت می‌گردد، و مازاد سود طبق درصد توافق شده توزیع می‌شود.

- امکان عرضه سهام شرکت بهره‌بردار در بورس کالا یا بازار سرمایه منطقه در افق میان‌مدت برای ایجاد نقدشوندگی و خروج برنامه‌ریزی شده سرمایه‌گذاران اولیه.

۳. مکانیزم‌های مدیریت ریسک عملیاتی و فناوری:

- خرید بیمه‌نامه‌های جامع شامل بیمه تمام‌خطر تجهیزات صنعتی، بیمه توقف کسب‌وکار، بیمه مسئولیت مدنی در قبل خسارت به پروژه‌های نصب‌شده، و بیمه ریسک سیاسی برای سرمایه‌گذاران خارجی.
- استقرار سیستم مدیریت ریسک یکپارچه (ERM) با پایش بلادرنگ شاخص‌های کلیدی مانند نرخ ضایعات تولید، مصرف انرژی ویژه، زمان توقف خط (Downtime)، و رضایت مشتریان.
- ایجاد کمیته فنی-مالی مستقل برای بازنگری دوره‌ای فناوری تولید و تصمیم‌گیری در مورد زمان‌بندی ارتقا به TOPCon یا HJT بر اساس منحنی بلوغ فناوری و شرایط بازار.
- طراحی سناریوهای استرس‌تست مالی برای سنجش تاب‌آوری طرح در برابر شوک‌های شدید مانند کاهش ۲۰٪ قیمت جهانی ماژول، افزایش ۳۰٪ هزینه ویفر، یا تأخیر ۶ ماهه در صادرات.

بخش دوازدهم: مدت پیشنهادی اجرای طرح با برنامه‌ریزی فازبندی‌شده، مدیریت مسیر بحرانی و دروازه‌های نظارتی

الف) برنامه زمانی فازبندی‌شده دقیق اجرای طرح (مدت کل: ۶۰ ماه تا بهره‌برداری تجاری کامل):

فاز صفر: مطالعات امکان‌سنجی، اخذ مجوزها، انتخاب فناوری و تأمین مالی (ماه‌های ۱ تا ۱۰)

- ماه‌های ۱ تا ۳: تشکیل دفتر مدیریت پروژه (PMO) تخصصی، تدوین منشور پروژه، تعیین ساختار شکست کار (WBS)، و آغاز مطالعات ژئوتکنیک، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA)، و تحلیل بازار منطقه‌ای.
- ماه‌های ۴ تا ۶: تکمیل طراحی مفهومی و پایه کارخانه، انتخاب فناوری هدف PERC با مسیر ارتقا به TOPCon، مذاکره با تأمین‌کنندگان معتبر جهانی خطوط تولید، و تهیه اسناد درخواست پیشنهاد (RFP).
- ماه‌های ۷ تا ۸: اخذ مجوزهای اولیه از سازمان مناطق آزاد، وزارت صمت، ساتبا، و سازمان حفاظت محیط‌زیست. نهایی‌سازی ساختار تأمین مالی و امضای تفاهم‌نامه‌های سرمایه‌گذاری.
- ماه‌های ۹ تا ۱۰: انتخاب پیمانکار EPC و مشاوران ناظر، انعقاد قراردادهای اصلی، و آغاز عملیات محوطه‌سازی و خاک‌برداری.

فاز یک: عملیات عمرانی، احداث ساختمان‌های صنعتی و زیرساخت‌های حیاتی (ماه‌های ۱۱ تا ۲۶)

- ماه‌های ۱۱ تا ۱۴: اجرای فونداسیون‌های ویژه تجهیزات سنگین، اسکلت فولادی-بتنی، و سقف‌های سالن‌های تولید. همزمان، احداث پست برق، سیستم‌های آب و فاضلاب، و شبکه‌های گاز و هوای فشرده.

- ماه‌های ۱۵ تا ۱۸: تکمیل سازه‌ها، اجرای کف‌های اپوکسی آنتی‌استاتیک، نصب پنل‌های کلاس تمیز، درهای سریع‌بازشو، و سیستم‌های جرثقیل سقفی.
- ماه‌های ۱۹ تا ۲۲: نصب سیستم‌های HVAC دقیق، فیلترهای HEPA، شبکه لوله‌کشی شیمیایی مقاوم، سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق تخصصی، و تست‌های فشار و نشتی.
- ماه‌های ۲۳ تا ۲۶: تکمیل کامل ساختمان‌ها، تحویل موقت به پیمانکاران تجهیزات، اجرای شبکه‌های الکتریکی و داده‌ای داخلی، و اخذ تأییدیه‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای.

فاز دو: نصب تجهیزات، کالیبراسیون، آموزش پرسنل و تست‌های یکپارچه (ماه‌های ۲۷ تا ۳۸)

- ماه‌های ۲۷ تا ۳۰: ورود، انبارش و جانمایی تجهیزات خطوط تولید سلول و ماژول. آغاز نصب فیزیکی، کابل‌کشی کنترل، و اتصال به سیستم‌های برق و هوای فشرده.
- ماه‌های ۳۱ تا ۳۳: راه‌اندازی خشک (Dry Commissioning) تجهیزات، کالیبراسیون سنسورها، تست سیستم‌های اتوماسیون (SCADA/MES)، و آموزش عملیاتی تیم‌های فنی توسط متخصصان تأمین‌کننده.
- ماه‌های ۳۴ تا ۳۶: راه‌اندازی تر (Wet Commissioning) با استفاده از مواد شبیه‌ساز و ویفرهای آزمایشی. تنظیم پارامترهای فرآیند، بهینه‌سازی سیکل‌های حرارتی و شیمیایی، و رفع نواقص اولیه.
- ماه‌های ۳۷ تا ۳۸: تست‌های عملکردی یکپارچه (Integrated System Testing)، شبیه‌سازی شرایط تولید پیوسته، و اخذ تأییدیه‌های فنی داخلی برای ورود به فاز تولید آزمایشی.

فاز سه: تولید آزمایشی، اخذ گواهینامه‌های بین‌المللی و جذب مشتریان پایه (ماه‌های ۳۹ تا ۴۶)

- ماه‌های ۳۹ تا ۴۱: شروع تولید آزمایشی با ظرفیت ۳۰٪. پایش مستمر نرخ ضایعات، راندمان سلول‌ها، و پایداری فرآیند. نمونه‌برداری و ارسال به آزمایشگاه‌های مرجع بین‌المللی برای تست IEC.
- ماه‌های ۴۲ تا ۴۴: اخذ گواهینامه‌های IEC 61215, IEC 61730 و تأییدیه ساتبا. امضای قراردادهای تأمین اولیه با توسعه‌دهندگان نیروگاه‌های خورشیدی.
- ماه‌های ۴۵ تا ۴۶: راه‌اندازی رسمی تجاری، فعال‌سازی کامل سیستم‌های کنترل کیفیت و ردیابی محصول، و شروع تحویل محموله‌های نخستین به مشتریان استراتژیک.

فاز چهار: بهره‌برداری کامل، توسعه صادرات و برنامه‌ریزی ارتقای فناوری (ماه‌های ۴۷ تا ۶۰ و پس از آن)

- ماه‌های ۴۷ تا ۵۲: دستیابی به ظرفیت ۸۰-۹۰٪، پایداری شاخص‌های فنی و مالی، توسعه شبکه توزیع منطقه‌ای، و شروع صادرات مستقیم.
- ماه‌های ۵۳ تا ۶۰: ارزیابی عملکرد دو ساله، بازنگری استراتژیک، آغاز فاز مطالعاتی برای ارتقای خط به TOPCon یا افزودن ظرفیت، و تثبیت جایگاه کارخانه به عنوان مرجع تولید منطقه‌ای.

ب) مدیریت مسیر بحرانی (Critical Path Management - CPM): مسیر بحرانی اصلی این پروژه عبارت است از: اخذ مجوزهای حاکمیتی و زیست محیطی ← طراحی تفصیلی و انتخاب تأمین کننده فناوری ← ساخت سالن های کلاس تمیز و تأسیسات حیاتی ← ساخت و حمل و نقل بین المللی تجهیزات خطوط تولید ← نصب، کالیبراسیون و تست های یکپارچه ← اخذ گواهینامه های IEC ← تولید و تحویل نخستین محموله تجاری.

برای مدیریت بهینه این مسیر، استراتژی های ذیل پیاده سازی می شود:

- موازی سازی هوشمند فرآیندها: فرآیند طراحی تفصیلی و مذاکره قراردادی با تأمین کنندگان تجهیزات همزمان با اخذ مجوزها آغاز می گردد. همچنین، ساخت تجهیزات در کارخانه های مبدأ بلافاصله پس از امضای قرارداد شروع شده تا زمان تحویل (معمولاً ۸ تا ۱۲ ماه) با عملیات عمرانی همپوشانی داشته باشد.
- ذخیره های زمانی استراتژیک (Time Buffers): استفاده از روش زنجیره بحرانی (Critical Chain Project Management) با تعبیه ذخیره های زمانی هدفمند در انتهای مسیر بحرانی و نقاط اتصال فعالیت های غیر بحرانی. این ذخیره ها به صورت پویا و بر اساس نرخ مصرف واقعی پایش می شوند.
- مدیریت لجستیک و ترخیص تجهیزات حیاتی: استفاده از مزیت های گمرکی منطقه آزاد، هماهنگی پیش از ورود با گمرک فرودگاه، استخدام کارگزاران تخصصی ترخیص کالاهای حساس فناوری، و استفاده از حمل و نقل ترکیبی (هوایی برای قطعات حساس کوچک، دریایی-ریلی برای تجهیزات سنگین) بهینه سازی زمان و هزینه.
- پایش هفتگی و سیستم ارزش کسب شده (EVM): محاسبه هفتگی شاخص های SPI و CPI در صورت انحراف بیش از ۵٪ از برنامه پایه، فعال سازی مکانیزم های اصلاح سریع (Fast-Tracking) برای فعالیت های موازی پذیر، Crashing برای افزودن منابع به فعالیت های بحرانی (با تأیید کمیته راهبری).

ج) دروازه های نظارتی (Stage-Gate) و معیارهای عبور:

- دروازه پایان فاز صفر: ارائه تأییدیه کتبی مجوزهای زیست محیطی و صنعتی، تصویب نهایی بودجه و ساختار تأمین مالی، انعقاد قراردادهای EPC و خرید تجهیزات، و تأیید طراحی پایه توسط مشاوران مستقل. عدم تحقق هر مورد، مجوز ورود به فاز یک را سلب می نماید.
- دروازه پایان فاز یک: تحویل موقت ساختمان ها با تأییدیه استحکام سازه، تکمیل سیستم های ایمنی، تأسیسات حیاتی و کلاس تمیز، صدور گواهی های پایان کار موقت، و تأیید آماده سازی فضا برای نصب تجهیزات. معیار عبور: عدم وجود نواقص ایمنی یا فرآیندی با درجه ریسک بالا و تکمیل ۱۰۰٪ عملیات عمرانی مندرج در WBS.
- دروازه پایان فاز دو: موفقیت در تست های عملکردی یکپارچه شامل شبیه سازی تولید پیوسته ۷۲ ساعته، دستیابی به نرخ ضایعات اولیه کمتر از ۳٪، پایداری پارامترهای کلاس تمیز، و تأییدیه اولیه فنی از سازمان های نظارتی. معیار عبور: رفع کامل آسیب پذیری های فرآیندی و ایمنی، و تأیید آمادگی پرسنل فنی برای بهره برداری.
- دروازه پایان فاز سه: اخذ گواهینامه های بین المللی IEC/UL، امضای قراردادهای پایه با حداقل ۵ مشتری استراتژیک، پایداری راندمان سلول و ماژول مطابق مشخصات فنی مصوب، و تأییدیه نهایی کمیته راهبری برای بهره برداری تجاری کامل.

د) ساختار حاکمیتی نظارت و سیستم پایش بلادرننگ:

- استقرار دفتر مدیریت پروژه یکپارچه (PMO) با اختیارات نظارتی، مالی و فنی، گزارش‌دهی مستقیم به هیئت‌مدیره منطقه آزاد و کمیته سرمایه‌گذاران. PMO مسئولیت هماهنگی بین پیمانکاران، ناظران، تأمین‌کنندگان و نهادهای حاکمیتی را بر عهده دارد.
- پیاده‌سازی پلتفرم دیجیتال مدیریت پروژه مبتنی بر ابر با قابلیت پایش بلادرننگ پیشرفت فیزیکی، مالی و زمانی، مستندسازی الکترونیکی تغییرات، و تولید خودکار داشبوردهای مدیریتی برای ذی‌نفعان مختلف.
- برگزاری جلسات ماهانه کمیته راهبری عالی با حضور نمایندگان عالی‌رتبه منطقه آزاد، سرمایه‌گذاران اصلی، و مشاوران بین‌المللی برای بررسی انحرافات، تصویب تغییرات استراتژیک، و تصمیم‌گیری در مورد موارد فورس‌ماژور یا تغییر قوانین حاکم.
- انتشار گزارش‌های فصلی عمومی شفاف (با رعایت محرمانگی تجاری) شامل دستاوردها، چالش‌ها، شاخص‌های کلیدی عملکرد، و برنامه‌های آتی برای افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران و جامعه محلی.

بخش سیزدهم: انواع قراردادهای پیشنهادی قابل انجام بین منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) با سرمایه‌گذاران

چارچوب کلی حقوقی حاکم بر قراردادها: کلیه قراردادهای منعقد شده بین منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) و سرمایه‌گذاران داخلی یا خارجی، در چارچوب قانون چگونگی اداره مناطق آزاد تجاری-صنعتی جمهوری اسلامی ایران، قانون تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری خارجی، آیین‌نامه‌های اجرایی سازمان مناطق آزاد، و مقررات وزارت صمت و ساتبا تنظیم می‌گردد. اصل حاکم بر تمامی قراردادهای «تعادل منافع، شفافیت کامل، و تخصیص بهینه ریسک» است؛ بدین معنا که هر ریسک به طرفی تخصیص می‌یابد که بهترین توانایی پیش‌بینی، مدیریت، کنترل یا بیمه آن را داراست. تمامی قراردادهای شامل شروط استاندارد حل و فصل اختلاف از طریق داوری ترکیبی (ترکیبی از داوری داخلی در منطقه آزاد و داوری بین‌المللی تحت قواعد آنستیرال یا اتاق بازرگانی بین‌المللی) خواهند بود تا هم سرعت و هزینه حل اختلاف بهینه گردد و هم اعتبار بین‌المللی آرای داوری تضمین شود. همچنین، شرط «ثبات قوانین (Stabilization Clause)» و «جبران تغییر قانون (Change of Law Compensation)» در قراردادهای بلندمدت زیرساختی گنجانده می‌شود تا سرمایه‌گذاران در برابر تغییرات ناگهانی مقرراتی، گمرکی یا مالیاتی مصون بمانند.

۱. قرارداد ساخت، بهره‌برداری و واگذاری (BOT) یا ساخت، تملک و بهره‌برداری (BOO) برای توسعه کارخانه تولید تجهیزات خورشیدی:

- **طرفین قرارداد:** سازمان منطقه آزاد به‌عنوان اعطاکننده حق امتیاز، ارائه‌دهنده زمین، و تسهیل‌گر حاکمیتی، و کنسرسیوم سرمایه‌گذار (شامل شرکت‌های مهندسی، تأمین‌کنندگان فناوری، و بهره‌برداران صنعتی) به‌عنوان مجری و بهره‌بردار.

- **موضوع قرارداد:** طراحی، تأمین مالی، احداث، تجهیز و بهره‌برداری از کارخانه تولید سلول و ماژول خورشیدی با ظرفیت ۵۰۰ مگاوات در مدل BOT مدت بهره‌برداری ۲۵ ساله و سپس انتقال دارایی‌ها به منطقه آزاد با شرایط عملیاتی مطلوب یا BOO مالکیت دائمی سرمایه‌گذار با تعهدات خدمات عمومی، اشتغال‌زایی و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی.
- **ساختار حقوقی و مالی:** ایجاد شرکت پروژه (SPV) تحت قوانین منطقه آزاد با سهم‌الشرکه مشخص. منطقه آزاد ممکن است به صورت سهامی جزئی (تا ۲۰٪) یا بدون سهام، تنها به عنوان ناظر حاکمیتی و اعطاکننده امتیاز وارد قرارداد شود. تأمین مالی از طریق ترکیب آورده سهامداران، تسهیلات بانکی سبز، و اوراق مشارکت پروژه محور انجام می‌پذیرد.
- **تخصیص ریسک:**

- ریسک‌های سیاسی، تغییر قوانین حاکم، و مصادره: بر عهده منطقه آزاد با ارائه تضمین‌های قانونی مبتنی بر قانون حمایت از سرمایه‌گذاری خارجی و بیمه‌های ریسک سیاسی نهادهای بین‌المللی.
- ریسک‌های ساخت، تأخیر، فراتر رفتن از بودجه، و عدم تحقق شاخص‌های فنی: بر عهده کنسرسیوم سرمایه‌گذار، با مکانیزم‌های جریمه تأخیر و ضمانت‌نامه‌های حسن انجام کار.
- ریسک‌های بازار، نوسانات قیمت ویفر، و جذب مشتری: مشترک بین طرفین، با امکان تعدیل تعرفه یا شرایط فروش بر اساس شاخص‌های جهانی در صورت وجود مکانیزم‌های تعدیل شفاف در قرارداد.
- ریسک‌های فناوری و انطباق زیست‌محیطی: بر عهده بهره‌بردار با تعهد به رعایت استانداردهای IEC، ISO 14001، و مقررات ساتبا، همراه با جبران خسارت ناشی از عدم انطباق.

- **مدت و مکانیزم خروج:** ۲۵ سال برای BOT با امکان تمدید ۵ ساله، یا نامحدود برای BOO. خروج زودهنگام تنها با تأیید کمیته راهبری و فروش سهم به سرمایه‌گذار جایگزین واجد شرایط امکان‌پذیر است. در مدل BOT، در پایان دوره، دارایی‌ها پس از ارزیابی فنی و مالی، به صورت رایگان و با وضعیت عملیاتی مطلوب به منطقه آزاد منتقل می‌گردد.

۲. قرارداد مشارکت در بهره‌برداری و انتقال فناوری (Joint Venture Technology Transfer & Localization Agreement):

- **طرفین قرارداد:** منطقه آزاد یا شرکت بهره‌بردار کارخانه، و شرکت بین‌المللی پیشرو در تجهیزات یا فرآیند تولید سلول خورشیدی.
- **موضوع قرارداد:** ایجاد شرکت مشترک برای تولید تجهیزات، انتقال دانش فنی فرآیندهای کلیدی، بومی‌سازی تدریجی قطعات جانبی، و توسعه اکوسیستم تولید منطقه‌ای.
- **ساختار حقوقی و مالکیت فکری:** تشکیل شرکت سهامی خاص در منطقه آزاد با تقسیم سهام متناسب با آورده نقدی و غیرنقدی (دانش فنی، لایسنس، برند). مالکیت فکری توسعه‌یافته مشترک، تحت رژیم «مالکیت مشترک متناسب با سهم مشارکت» یا «مالکیت جداگانه بر اساس حوزه تخصص» تعریف می‌گردد. شرط «آموزش و جانشین‌پروری» برای انتقال تدریجی مهارت‌ها به نیروی انسانی ایرانی به‌صورتاً درج می‌شود.

• تخصیص ریسک:

○ ریسک عملکرد فنی و عدم تحقق شاخص‌های راندمان: بر عهده شرکت مشترک با مکانیزم‌های جریمه داخلی و بیمه مسئولیت حرفه‌ای.

○ ریسک نوسانات بازار و رقابت جهانی: مشترک بین طرفین، با تقسیم سود و زیان بر اساس نسبت سهام و مکانیزم‌های تعدیل استراتژیک.

○ ریسک نقض مالکیت فکری شخص ثالث یا محدودیت‌های صادرات فناوری: بر عهده شریک خارجی با تعهد به ارائه راه‌حل‌های جایگزین قانونی و جبران خسارت مستقیم.

• حاکمیت و نظارت: تشکیل هیئت‌مدیره با نمایندگی متناسب، کمیته فنی مشترک برای پایش انتقال فناوری و

بومی‌سازی، و گزارش‌دهی فصلی به نهادهای نظارتی منطقه آزاد. مکانیزم خروج شامل حق خرید سهم شریک پس از ۷ سال با قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش‌گذاری کارشناسی مستقل و ضریب عملکرد بومی‌سازی.