



**بررسی اولیه ایجاد زنجیره ارزش تولید  
ماژول فتوولتائیک کریستالی سیلیکونی در ایران**

**مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی**

**پژوهشگاه نیرو**

نسخه ۷

۱۳۹۷/۱۰/۳۰



### تیم مدیریتی پروژه

محمدصادق قاضی زاده  
محمد کیبیری اصفهانی  
محمدصادق ذبیحی  
سید محسن مرجانمهر  
فرخ امینی  
علیرضا اسدی

### تیم اجرایی پروژه

سینا سالمی  
محمد خلج  
مسعود کسرابی  
مهديه مجدی  
فرشته محمدقاسمی

## فهرست مطالب

### فصل ۱ مطالعات فنی زنجیره ارزش تولید ماژول فتوولتائیک..... ۱

۱-۱	مقدمه.....	۲
۲-۱	زنجیره‌ی ارزش ماژول‌های فتوولتائیک سیلیکونی.....	۳
۱-۲-۱	سیلیکون مثال گرید و پلی‌سیلیکون.....	۳
۱-۱-۲-۱	روش زیمنس مبتنی بر کلریزاسیون مستقیم.....	۵
۲-۱-۲-۱	روش زیمنس مبتنی بر هیدروکلریزاسیون.....	۷
۳-۱-۲-۱	روش زیمنس مبتنی بر گاز سیلان.....	۸
۴-۱-۲-۱	روش FBR.....	۹
۵-۱-۲-۱	روش FBR مبتنی بر TCS.....	۱۰
۶-۱-۲-۱	روش FBR مبتنی بر گاز سیلان.....	۱۰
۲-۲-۱	تولید شمش سیلیکونی.....	۱۰
۱-۲-۲-۱	روش چکرالسکی.....	۱۱
۲-۲-۲-۱	روش ناحیه‌ی شناور.....	۱۲
۳-۲-۲-۱	شمش سیلیکونی پلی‌کریستال.....	۱۳
۳-۲-۱	ویفر سیلیکونی.....	۱۴
۴-۲-۱	سلول‌های خورشیدی سیلیکونی.....	۱۷
۴-۲-۱	تکنولوژی سلول‌های با امیتر و پشت غیرفعال.....	۱۹
۵-۲-۱	ماژول فتوولتائیک.....	۲۲

### فصل ۲ مطالعات تطبیقی زنجیره ارزش تولید ماژول فتوولتائیک..... ۲۷

۱-۲	مقدمه.....	۲۸
۲-۲	امکان‌سنجی طرح تولید و صادرات شمش SOLAR SILICON در ایران.....	۲۸
۳-۲	طرح تولید سیلیکون مثال در ایران در سال ۱۳۸۹.....	۲۹
۴-۲	آمار و اطلاعات ارائه شده برای کشور هند در سال ۲۰۱۶*.....	۳۰
۱-۴-۲	فرضیات و حداقل الزامات.....	۳۱
۲-۴-۲	تجزیه و تحلیل هزینه‌ی زنجیره ارزش.....	۳۲
۱-۲-۴-۲	حلقه پلی‌سیلیکون.....	۳۳
۲-۲-۴-۲	حلقه‌ی شمش و ویفر سیلیکونی.....	۳۴
۳-۲-۴-۲	حلقه‌ی سلول خورشیدی.....	۳۵
۴-۲-۴-۲	حلقه‌ی ماژول فتوولتائیک.....	۳۶
۵-۲	آمار و اطلاعات ارائه شده برای کشور هند در سال ۲۰۱۷.....	۳۸
۱-۵-۲	فرضیات.....	۳۸
۲-۵-۲	آنالیز هزینه‌ای زنجیره ارزش ماژول فتوولتائیک.....	۳۹
۱-۲-۵-۲	حلقه تولید پلی‌سیلیکون.....	۳۹
۲-۲-۵-۲	حلقه‌ی تولید شمش.....	۴۰
۳-۲-۵-۲	حلقه‌ی تولید ویفر.....	۴۱

۴۲	حلقه‌ی تولید سلول	۴-۲-۵-۲
۴۳	حلقه‌ی تولید ماژول	۵-۲-۵-۲
۴۴	گزارش فنی برای طراحی و ساخت سلول خورشیدی در ایران سال ۲۰۱۷	۶-۲
۴۵	آمار و اطلاعات ارائه شده برای کشور هند در سال ۲۰۱۸	۷-۲
۴۸	گزارش موسسه‌ی NREL در سال ۲۰۱۸	۸-۲
۵۰	طرح‌های تشویقی کشورها برای حمایت از صنایع خورشیدی	۹-۲

### فصل ۳ بررسی شرایط زنجیره ارزش در ایران

۵۲	مقدمه	۱-۳
۵۳	۱-۱-۳ حلقه‌ی سیلیکون متال‌گرید	۱-۱-۳
۵۳	پیش‌بینی بازار سیلیکون متال‌گرید در ایران	۱-۱-۳
۵۵	مزایا و چالش تولید سیلیکون متال‌گرید در ایران	۲-۱-۳
۵۵	تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید سیلیکون متال‌گرید	۳-۱-۳
۵۶	برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید سیلیکون متال‌گرید در ایران	۴-۱-۳
۵۷	۲-۱-۳ حلقه‌ی پلی‌سیلیکون	۲-۱-۳
۵۷	پیش‌بینی بازار پلی‌سیلیکون در ایران	۱-۲-۱-۳
۵۷	مزایا و چالش تولید پلی‌سیلیکون در ایران	۲-۲-۱-۳
۵۸	تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید پلی‌سیلیکون	۳-۲-۱-۳
۵۹	برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید پلی‌سیلیکون در ایران	۴-۲-۱-۳
۶۱	۳-۱-۳ حلقه‌ی دوم تولید شمش و ویفر	۳-۱-۳
۶۱	پیش‌بینی بازار ویفر سیلیکونی در ایران	۱-۳-۱-۳
۶۲	مزایا و چالش تولید ویفر و شمش در ایران	۲-۳-۱-۳
۶۲	تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید شمش و ویفر	3-1-3-3
۶۴	برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید شمش و ویفر در ایران	۴-۳-۱-۳
۶۵	۴-۱-۳ حلقه‌ی سلول	۴-۱-۳
۶۵	پیش‌بینی بازار سلول خورشیدی سیلیکونی در ایران	۱-۴-۱-۳
۶۶	مزایا و چالش تولید سلول خورشیدی سیلیکونی در ایران	۲-۴-۱-۳
۶۶	تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید سلول سیلیکونی PERC	۳-۴-۱-۳
۶۷	برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید سلول در ایران	۴-۴-۱-۳
۶۷	۵-۱-۳ حلقه‌ی ماژول	۵-۱-۳
۶۸	پیش‌بینی بازار ماژول فتوولتائیک در ایران	۱-۵-۱-۳
۶۸	مزایا و چالش تولید ماژول فتوولتائیک در ایران	۲-۵-۱-۳
۶۸	تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید ماژول فتوولتائیک	۳-۵-۱-۳
۶۹	برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید ماژول فتوولتائیک	۴-۵-۱-۳
۷۰	۲-۲ اثرات زیست‌محیطی حلقه‌های مختلف زنجیره‌ی ارزش ماژول فتوولتائیک	۲-۲
۷۲	۱-۲-۳ انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)	۱-۲-۳
۷۲	۲-۲-۳ انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای در مرحله استخراج سنگ کوارتز	۲-۲-۳
۷۴	۳-۲-۳ انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید سیلیکون متال	۳-۲-۳
۷۴	۴-۲-۳ انتشار گازهای گلخانه‌ای در سایر حلقه‌ها	۴-۲-۳

۷۵	..... ۵-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اسیدی‌سازی
۷۷	..... ۶-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تخریب لایه اوزون
۷۹	..... ۷-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اوتریفیکاسیون
۸۱	..... ۸-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مسمومیت‌های انسانی
۸۴	..... ۳-۲ جمع‌بندی
۸۴	..... ۱-۳-۳ مزایا و معایب هر حلقه بر اساس پتانسیل‌های موجود در ایران
۸۵	..... ۲-۳-۳ خلاصه بررسی وضعیت وجود و عدم وجود مواد اولیه مصرفی در زنجیره تولید در ایران
۸۶	..... ۳-۳-۳ پتانسیل‌های مناطق ویژه‌ی اقتصادی در ایران
۱۰۴	..... ۴-۳-۳ مناطق ویژه‌ی اقتصادی صنایع انرژی‌بر در ایران
۱۰۶	..... ۵-۳-۳ تعرفه‌ی آب در مصارف صنعتی

## فصل ۴ مطالعات اقتصادی زنجیره ارزش ..... ۱۰۸

۱۰۹	..... ۱-۴ بررسی حلقه سیلیکون متال گرید
۱۰۹	..... ۱-۱-۴ هزینه‌ها
۱۰۹	..... ۲-۱-۴ نرخ فروش و درآمدها
۱۰۹	..... ۳-۱-۴ بررسی‌های اقتصادی
۱۱۱	..... ۲-۴ بررسی حلقه پلی سیلیکون
۱۱۱	..... ۱-۲-۴ هزینه‌ها
۱۱۱	..... ۲-۲-۴ نرخ فروش و درآمدها
۱۱۱	..... ۳-۲-۴ بررسی‌های اقتصادی
۱۱۳	..... ۳-۴ بررسی حلقه شمش و ویفر
۱۱۳	..... ۱-۳-۴ هزینه‌ها
۱۱۳	..... ۲-۳-۴ نرخ فروش و درآمدها
۱۱۳	..... ۳-۳-۴ بررسی‌های اقتصادی
۱۱۵	..... ۴-۴ بررسی حلقه سلول
۱۱۵	..... ۱-۴-۴ هزینه‌ها
۱۱۵	..... ۲-۴-۴ نرخ فروش و درآمدها
۱۱۵	..... ۳-۴-۴ بررسی‌های اقتصادی
۱۱۷	..... ۵-۴ بررسی حلقه ماژول
۱۱۷	..... ۱-۵-۴ هزینه‌ها
۱۱۷	..... ۲-۵-۴ نرخ فروش و درآمدها
۱۱۷	..... ۳-۵-۴ بررسی‌های اقتصادی
۱۱۹	..... ۶-۴ بررسی زنجیره‌های تولید در صورت ادغام رو به عقب (مدل‌سازی در نرم‌افزار کامفار)
۱۱۹	..... ۱-۶-۴ تولید ماژول فتوولتائیک
۱۲۱	..... ۲-۶-۴ تولید سلول و ماژول
۱۲۳	..... ۳-۶-۴ شمش تا ماژول
۱۲۵	..... ۴-۶-۴ پلی سیلیکون تا ماژول
۱۲۷	..... ۵-۶-۴ سیلیکون متالوژی تا ماژول

## فصل ۱ مطالعات فنی زنجیره ارزش تولید ماژول فتوولتائیک



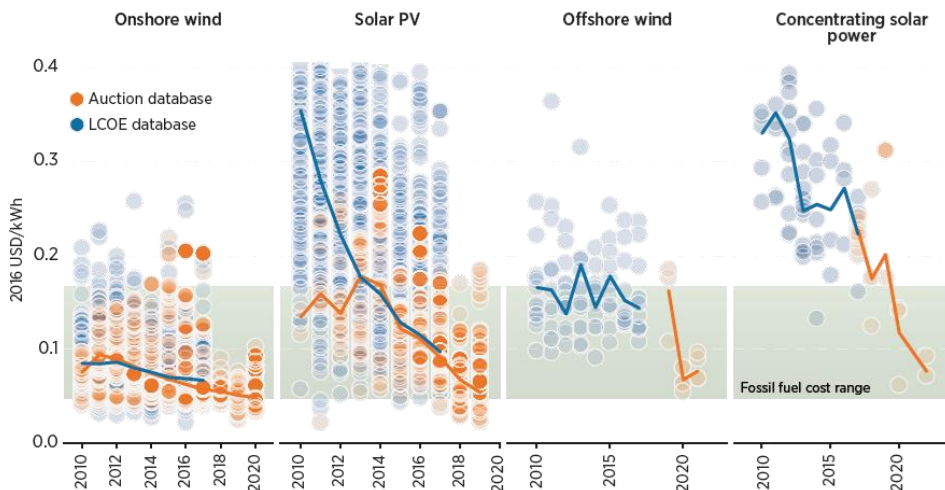
## ۱-۱ مقدمه

در حال حاضر سوخت‌های فسیلی مبتنی بر کربن منابع اصلی تامین انرژی هستند. با در نظر گرفتن نرخ مصرف کنونی سوخت‌های فسیلی، دسترسی به زغال سنگ، گاز و نفت به ترتیب تنها تا ۱۰۷، ۳۵ و ۳۵ سال دیگر امکان‌پذیر می‌باشد [1]. از طرفی مؤسسه‌ی ناظر بر آب و هوای جهانی<sup>۱</sup> گزارشی مبنی بر افزایش چشمگیر دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن ناشی از استفاده‌ی زیاد سوخت‌های فسیلی ارائه داده و متذکر شده است که وجود این ترکیبات به مقدار زیاد باعث افزایش دمای جهانی نیز شده است. از این رو افزایش نیاز روزمره به انرژی الکتریکی در سال‌های اخیر از یک سو و از بین رفتن منابع سوخت‌های فسیلی و تاثیرات مخرب آن‌ها بر محیط زیست، از سوی دیگر یافتن جایگزینی مناسب برای این دسته از سوخت‌ها را به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش روی انسان در قرن اخیر تبدیل نموده است. بدین ترتیب جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشید، باد و امواج، زمین‌گرایی، هیدروژن و زیست توده با توجه به بالا رفتن میزان تقاضا بر اساس افزایش بی‌رویه‌ی جمعیت در کشورهای در حال توسعه و به دنبال آن افزایش نیاز بشر به انرژی در سراسر جهان و با هدف حفظ میزان تعادل بین مصرف و تولید امری ضروری در سال‌های اخیر محسوب می‌گردد. روشن است که دسترسی به منابع انرژی تجدیدپذیر ماندگار که از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند برای توسعه‌ی پایدار ضروری خواهد بود [2].

انرژی خورشیدی به عنوان یکی از منابع در دسترس، پایدار و تجدیدپذیر برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در سراسر دنیا مورد توجه است. یکی از مزایای اصلی استفاده از انرژی خورشیدی عدم نیاز آن به تنظیمات گسترده در مقایسه با سایر منابع انرژی نظیر زمین‌گرایی و بادی است. از سوی دیگر تکنولوژی در صنعت برق خورشیدی به طور مداوم در حال پیشرفت است و می‌تواند در آینده سهم زیادی از تولید برق در جهان را به خود اختصاص دهد. در کنار مزایای یاد شده عدم دسترسی به نور خورشید در هنگام شب و همچنین شرایط آب و هوایی بر میزان تولید انرژی در این حوزه موثر هستند که منجر به نوساناتی در میزان انرژی تولیدی در این سیستم‌ها شده و بایستی توسط صاحبان پروژه‌های خورشیدی مورد توجه قرار گیرند. تحلیل روند هزینه‌ی تراز شده‌ی انرژی<sup>۲</sup> برای پروژه‌های مختلف بیانگر این است که در سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ هزینه‌ی تراز شده‌ی انرژی برای حوزه‌ی فتوولتائیک کمتر از 0.06 kWh/USD خواهد بود. مقایسه‌ی کلی هزینه‌ی تراز شده‌ی انرژی در استفاده از منابع تجدیدپذیر مختلف در شکل ۱-۱ آمده است.

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

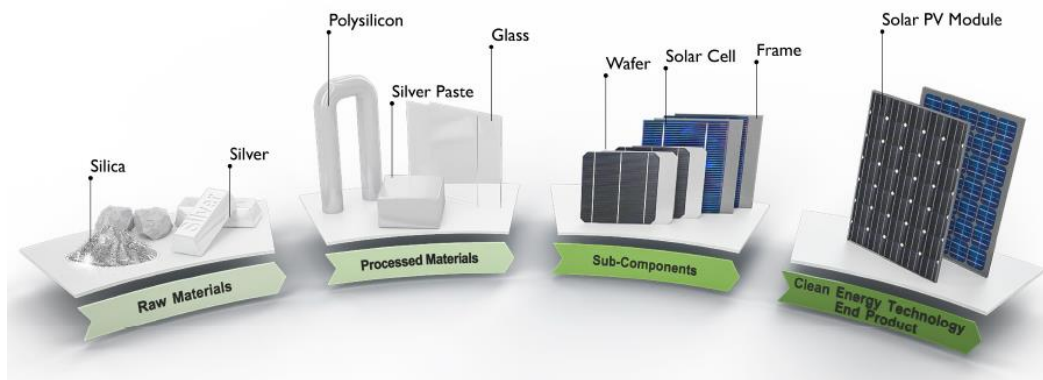
<sup>2</sup> Levelized cost of energy (LCOE)



شکل ۱-۱: هزینه‌ی ترازشده‌ی تولید برق برای پروژه‌ها و مقدار متوسط جهانی برای حوزه‌های متمرکزکننده‌های خورشیدی، فتوولتائیک و انرژی باد بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

## ۲-۱ زنجیره‌ی ارزش ماژول‌های فتوولتائیک سیلیکونی

ماژول‌های فتوولتائیک سیلیکونی به عنوان یک تکنولوژی به تکامل رسیده بخش بزرگی از بازار فتوولتائیک را به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۲-۱ مراحل مختلف تولید ماژول سیلیکونی را نشان می‌دهد که با تولید پلی‌سیلیکون دارای درجه خلوص خورشیدی آغاز می‌شود.



شکل ۲-۱: حلقه‌های تولید ماژول فتوولتائیک سیلیکونی

در فرآیندهای تولید ماژول امروزی میزان استفاده از پلی‌سیلیکون حدود ۵ گرم در هر وات است [3]. به منظور استفاده از سیلیکون در ساختار ماژول‌های فتوولتائیک خالص‌سازی سیلیکون با درجه خلوص متالورژیکال<sup>۱</sup> و حذف ناخالصی‌هایی نظیر بورون، فسفر، اکسیژن، کربن و دیگر مواد امری ضروری می‌باشد.

### ۱-۲-۱ سیلیکون متال گرید و پلی‌سیلیکون

سیلیس ( $\text{SiO}_2$ )، سیلیکا یا اکسید سیلیسیم بیش از هر اکسید دیگری در پوسته زمین یافت می‌شود. این ماده می‌تواند

<sup>۱</sup> Metallurgical grade silicon (MG-Si)



به صورت ترکیب با اکسیدهای دیگر مانند سیلیکات‌ها و یا به صورت آزاد وجود داشته باشد. بنابراین نخستین گام، تهیه و استخراج سنگ معدن مورد نیاز می‌باشد. سنگ معدن کوارتز که یک سنگ اکسیدی سیلیکونی با درصد بالای سیلیسیم می‌باشد را می‌توان مناسب‌ترین گزینه معرفی نمود چرا که این امر سبب تسهیل در تولید سیلیکون و صرفه‌جویی در هزینه، زمان و انرژی می‌گردد. بدین ترتیب سنگ معدن استخراج شده پس از شستشو و خشک شدن به همراه کک به عنوان عامل کاهنده در یک کوره‌ی قوس الکتریکی و در دمای ۱۹۰۰ درجه سانتی‌گراد واکنش داده و سیلیکون با درجه خلوص متالورژیکال با درصد خلوص تقریبی ۹۸ درصد بر اساس واکنش شیمیایی معادله ۱-۱ به دست می‌آید [4].



سیلیکون با درجه خلوص متالورژیکال دارای ظاهری نقره‌ای متمایل به آبی، ترد و براق است. چگالی پایین، نقطه ذوب و جوش بالا و ضریب انبساط حرارتی پایین و ضریب دمایی مقاومت الکتریکی منفی برخی از خواص فیزیکی این ماده است. این ماده نیمه‌هادی بوده و هدایت حرارتی آن با دما افزایش می‌یابد.

استفاده از سیلیکون در صنعت سلول خورشیدی و سایر ادوات نیمه‌هادی مستلزم افزایش درصد خلوص تا درجات بالاتری می‌باشد. سیلیکون با درصد خلوص بالا که با عنوان پلی‌سیلیکون شناخته می‌شود، دارای محدوده کاربری بسیار وسیعی در تولید سلول‌های خورشیدی و همچنین تولید نیمه‌هادی‌های مورد مصرف در صنایع الکترونیک می‌باشد. پلی‌سیلیکون مورد استفاده در تولید سلول‌های خورشیدی<sup>۱</sup> دارای درصد خلوص سیلیسیم در محدوده ۹۹/۹۹۹۹۹۹ (6N) تا ۸N) می‌باشد. این در حالی است که از پلی‌سیلیکون فوق خالص با درصد خلوص ۹۹/۹۹۹۹۹۹۹۹ (9N) تا 11N) در ساخت نیمه‌هادی‌های الکترونیکی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود [5]. با وجود روش‌های متعدد تولید و خالص‌سازی، چهار روش اصلی (شکل ۱-۳) در راستای تولید پلی‌سیلیکون که به مرحله‌ی صنعتی رسیده و بیشترین کاربرد را دارند عبارتند از:

- روش زیمنس<sup>۳</sup>
- روش راکتور زیرلایه سیال یا زیرلایه شناور<sup>۴</sup>
- روش ارتقای خلوص متالورژیکال سیلیکون<sup>۵</sup>
- روش رسوب‌گذاری از فاز بخار به مایع<sup>۶</sup>

پرکاربردترین روش تولید پلی‌سیلیکون بر اساس تجزیه‌ی گرمایی تری کلروسیلان<sup>۷</sup> (TCS) در دمای ۱۱۰۰ درجه

<sup>1</sup> Solar grade silicon (SoG-Si)

<sup>2</sup> Electronic grade silicon (EG-Si)

<sup>3</sup> Siemens

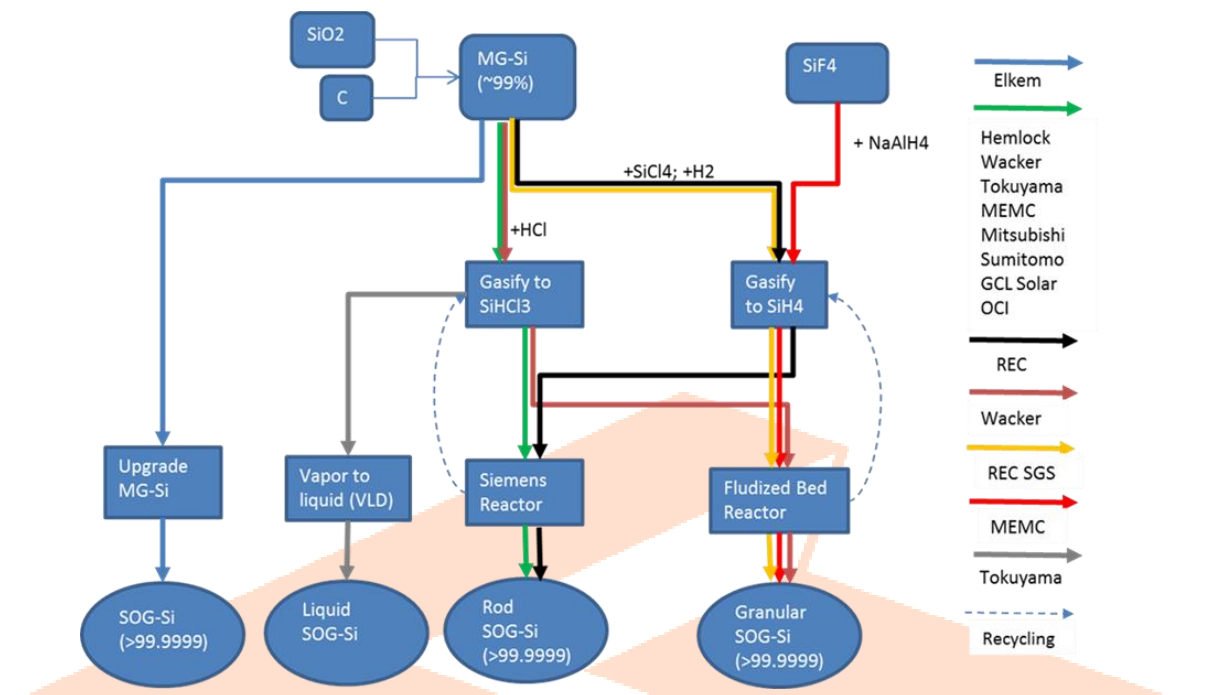
<sup>4</sup> Fluidised Bed Reactor(FBR)

<sup>5</sup> Upgrade Metallurgical Grade (UMG)

<sup>6</sup> Vapor to Liquid Deposition (VLD)

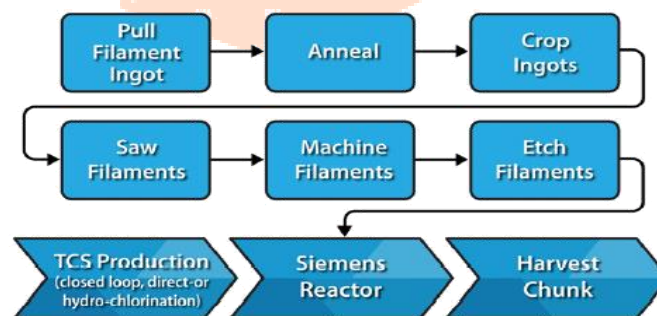
<sup>7</sup> Trichlorosilane (TCS)

سانتی‌گرا و رسوب آن روی میله‌ای از جنس سیلیکون در داخل محفظه تجزیه انجام می‌گیرد. فرآیند کلی این روش که با عنوان زیمنس شناخته می‌شود در شکل ۴-۱ قابل ملاحظه می‌باشد [6].



شکل ۴-۱: روش‌های اصلی تولید پلی‌سیلیکون صنعتی

غالباً در روش زیمنس پلی‌سیلیکون با بالاترین درجه‌ی خلوص (9N-11N) تولید می‌گردد که قابل استفاده در صنایع مربوط به نیمه‌هادی‌ها و سلول‌های خورشیدی می‌باشد در حالی که در روش FBR درجه خلوص متوسط پلی‌سیلیکون تولید شده (6N-9N) است که تنها قابل استفاده در مصارف مربوط به سلول‌های خورشیدی (گرید خورشیدی) می‌باشد.



شکل ۴-۱: دیراگم کلی تولید پلی‌سیلیکون به روش زیمنس [6].

### ۱-۱-۲-۱ روش زیمنس مبتنی بر کلریزاسیون مستقیم<sup>۱</sup>

در این فرآیند ابتدا MG-Si را توسط دستگاه خردکن به شکل پودر در آورده سپس آن را با هیدروژن کلراید<sup>۲</sup> که گازی سمی و واکنش پذیر است ترکیب می‌کنند. این واکنش شیمیایی منجر به تولید گازهای فراوانی نظیر  $HSiCl_3$ <sup>۳</sup> می‌گردد.

<sup>۱</sup> Siemens with Direct Chlorination (DC)

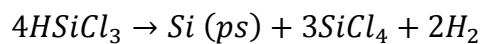
<sup>۲</sup> Hydrogen Chloride (HCl)

<sup>۳</sup> Trichlorosilane (TCS, formula:  $HSiCl_3$ )

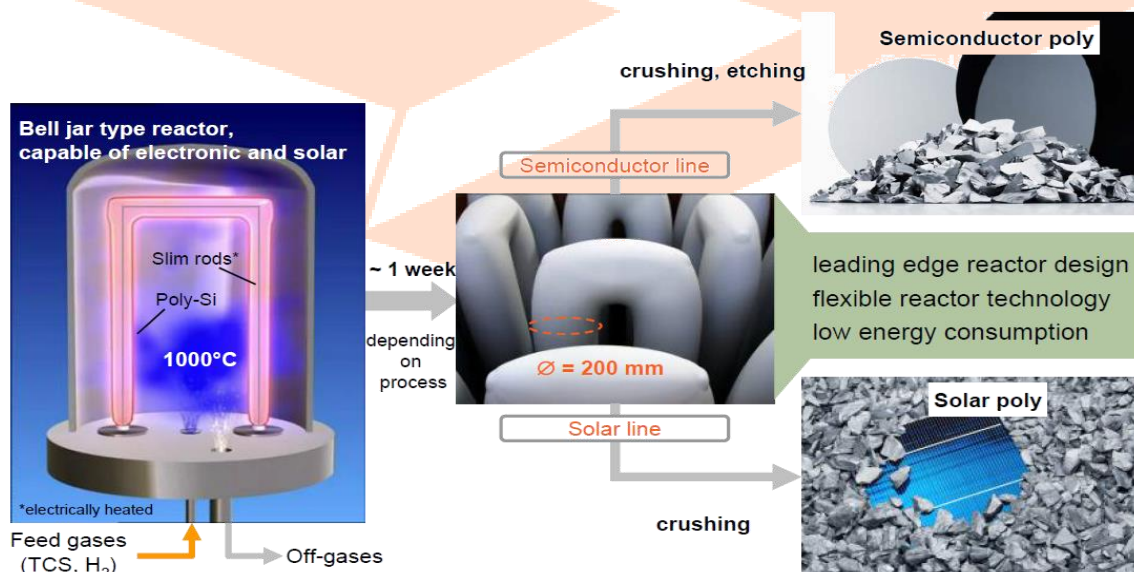
شود که در صورت تماس با هوا قابل اشتعال است [7] [8].



در مرحله‌ی بعد به منظور خالص سازی  $HSiCl_3$  و جلوگیری از تولید ترکیبات آلوده‌ی ناشی از اشتعال این گاز، عملیات تقطیر انجام می‌گیرد. بدین ترتیب که تری‌کلوسیلان همراه با هیدروژن وارد محافظ شیشه‌ای ناقوس شکل<sup>۱</sup> (محفظه‌ای که فرآیند زیمنس در آن رخ می‌دهد) می‌شود. واکنش‌های رخ داده در محفظه به صورت معادله‌ی ۳-۱ است:



تری‌کلوسیلان بدست آمده از مرحله‌ی قبل همراه با هیدروژن به میله‌های سیلیکونی داغ با خلوص بالا برخورد می‌کنند و پس از یک واکنش شیمیایی در دمای ۱۱۵۰ درجه سانتی‌گراد سیلیکون سولار گرید بر روی میله‌ها رسوب می‌کند. اطراف محفظه به منظور جلوگیری از ایجاد رسوب سیلیکون بر روی دیواره با آب خنک می‌شود تا فرآیند رسوب بخار شیمیایی (CVD<sup>۲</sup>) تنها بر روی میله‌های سیلیکونی انجام پذیرد. در یک راکتور فشار بالا شامل ۷۲ میله‌ی سیلیکونی فرآیند زیمنس تا جایی ادامه می‌یابد که قطر هر یک از میله‌ها تا به حدود ۲۰۰ میلی‌متر نیز برسد.



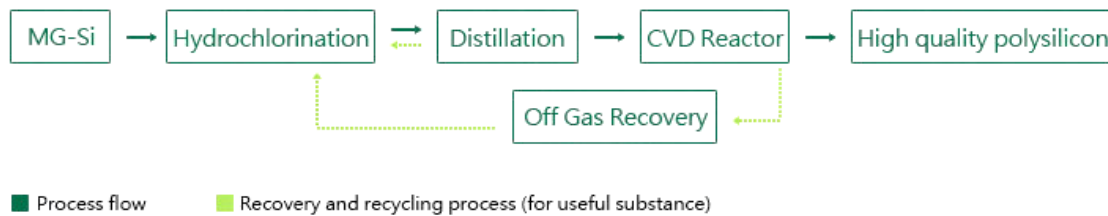
شکل ۱-۵: فرآیند تولید پلی‌سیلیکون به روش زیمنس [9].

در ادامه به منظور دستیابی به پلی‌سیلیکون خالص می‌بایست سایر گازهای تولید شده در طی فرآیند شامل  $SiCl_4$  و  $H_2$  به نحوی از داخل محافظ شیشه‌ای ناقوس‌شکل حذف شوند. از آنجایی که این گازها توانایی تولید مجدد تری‌کلوسیلان طی فرآیندهای ترکیب را دارند، می‌توان به نحوی از این گازها به منظور ادامه فرآیند تولید پلی‌سیلیکون بهره

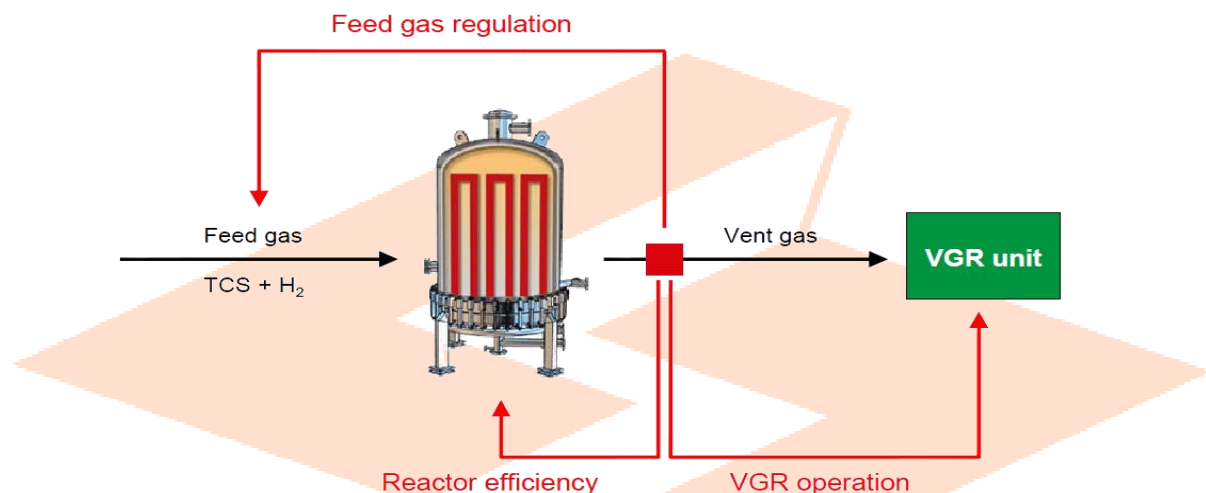
<sup>1</sup> Bell jar

<sup>2</sup> Chemical vapor deposition

برد. در روش زیمنس اصلاح شده<sup>۱</sup> طراحی راکتورها به گونه‌ای صورت گرفته است که گازهای خروجی در انتهای فرآیند زیمنس مجدداً به داخل راکتور برگشته و در راستای بازتولید TCS مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل ۶-۱ و شکل ۷-۱ فرآیند حلقه بسته‌ی زیمنس اصلاح شده و بازتولید گازهای خروجی در راکتور زیمنس قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۶-۱: فرآیند حلقه بسته‌ی تولید پلی‌سیلیکون در روش زیمنس اصلاح شده



شکل ۷-۱: فرآیند بازتولید گازهای خروجی در راکتور زیمنس اصلاح شده

در روش DC که زیر مجموعه‌ای از روش‌های زیمنس اصلاح شده به حساب می‌آید، فرآیند زیر منجر به تولید TCS شده و مجدداً وارد چرخه تولید پلی‌سیلیکون می‌گردد.



در گام نهایی پس از جداسازی پلی‌سیلیکون از میله‌ها و تبدیل آن‌ها به فرم تکه‌ای به منظور حمل و نقل در محفظه‌هایی شامل گاز نیتروژن یا آرگون بسته‌بندی می‌شوند.

## ۲-۱-۲-۱ روش زیمنس مبتنی بر هیدروکلریزاسیون<sup>۲</sup>

در این روش به منظور تولید  $HSiCl_3$ ، هیدروژن،  $MG-Si$  و سیلیکون تتراکلراید<sup>۳</sup> را در راکتوری تحت دمای ۵۰۰-۵۵۰ درجه سانتی‌گراد ترکیب می‌نمایند:



<sup>۱</sup> Modified Siemens process

<sup>۲</sup> Siemens With Hydrochlorination (HC)

<sup>۳</sup> Silicon tetrachloride (STC, formula:  $SiCl_4$ )

و در نهایت همانند روش قبلی مرحله جداسازی و خالص سازی به منظور تولید پلی سیلیکون انجام می پذیرد. طبق محاسبات انجام شده تجهیزات سرمایه گذاری در روش DC حدوداً دو برابر روش HC تخمین زده شده است که همین امر انرژی مصرفی بالاتری را شامل می شود. با توجه به این امر که انرژی مصرفی به ازای تولید هر کیلوگرم پلی سیلیکون خالص در روش DC ۱۲۰-۲۰۰ (kWh/kg) و در روش HC ۶۵-۹۰ (kWh/kg) ارزیابی شده است، روش HC تکنیک رایج تری در صنعت تولید پلی سیلیکون محسوب می شود [7] [10]. در حالت کلی فرآیندهای HC و DC توانایی تولید پلی سیلیکون با درصد خلوص 9N را دارند و امروزه به عنوان رایج ترین تکنولوژی ها به کار گرفته می شوند.

### ۱-۲-۳ روش زیمنس مبتنی بر گاز سیلان<sup>۱</sup>

از آن جایی که رسوب گذاری پلی سیلیکون با استفاده از  $\text{HSiCl}_3$  در دماهای بالا انجام می پذیرد و همچنین با توجه به واکنش پذیری بالای این گاز، محققین جایگزین مناسب تری برای این کار در نظر گرفتند. در این روش به جای استفاده از TCS از گاز مونوسیلان<sup>۲</sup> (گازی بی رنگ و با بوی تند که جزء دسته مواد شیمیایی می باشد) به عنوان جایگزین و به منظور تولید پلی سیلیکون با درصد خلوص بالا بهره می برند.

مونوسیلان ( $\text{SiH}_4$ ) از هیدرولیز منیزیم سیلیساید<sup>۳</sup> با ده درصد هیدروکلریک اسید در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد بدست می آید. با این حال اگر هیدرولیز منیزیم سیلیساید با کلرید آمونیوم بی آب تحت فشار بخار خودش در دمای اتاق انجام شود نیز مونوسیلان بدست می آید. سیلان را همچنین می توان از هالیدهای سیلیکون بدست آورد. راحت ترین روش آزمایشگاهی برای این کار واکنش  $\text{SiCl}_4$  با لیتیم آلومینیوم هیدرید در دی اتیل اتر و یا THF است.



فرآیند هیدروژنه کردن را می توان در هیدرید فلزات قلیایی، آلکوکسید آلومینیوم، تری اتیل بور در روغن پارافین و یا هیدرید کلسیم آلومینیوم در حلال های آلی دیگر انجام داد. در یک فرآیند دو مرحله ای که در آن نرخ تولید سیلان به کمک تنظیم اختلاف دمایی ما بین دو مرحله تنظیم می شود، هالیدهای سیلیکون ابتدا وارد واکنش با هیدرید فلزات قلیایی می شوند این فرآیند متعاقباً با تخلیه محصولات جامد تولید شده طی واکنش با هالید سیلیکون اضافی دنبال می شود. میزان مونوسیلان تولید شده در این روش کم هست اما دارای خلوص مناسب برای کاربرد در تولید نیمه هادی ها می باشد. تجزیه ی گرمایی گاز سیلان در راکتور زیمنس و در دماهای پایین (۳۷۰-۴۵۰ درجه سانتی گراد) منجر به تولید پلی سیلیکون با درصد خلوص بالا می گردد.



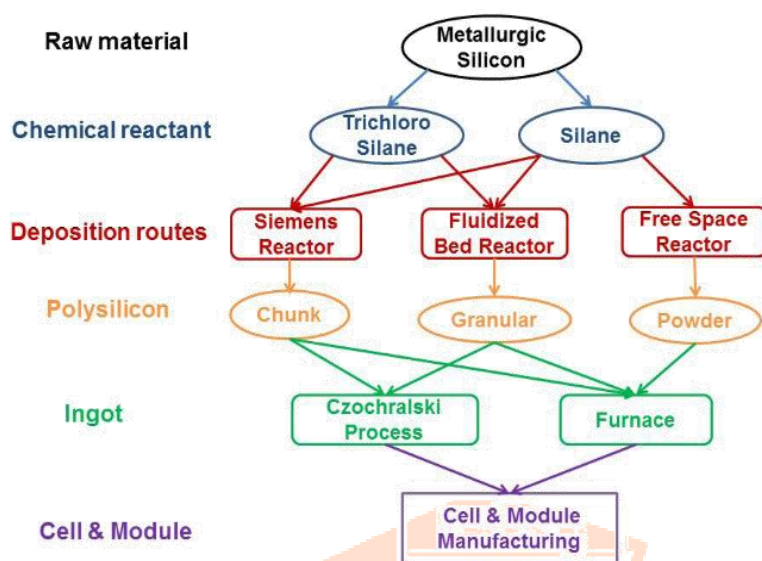
اگرچه با استفاده از این فرآیند می توان به پلی سیلیکون با درجات خلوص بالاتری دست یافت (9N+) با این حال بایستی در نظر داشت که سیلان گاز قابل اشتعالی است و در اثر تماس با هوا سریعاً آتش می گیرد. شکل ۱-۸ انواع

<sup>1</sup> Siemens WithSilane

<sup>2</sup> Monosilane (Silane, formula:  $\text{SiH}_4$ )

<sup>3</sup> Magnesium Silicide ( $\text{Mg}_2\text{Si}$ )

روش های تولید پلی سیلیکون مبتنی بر گازهای سیلان و TCS را نشان می دهد [11].



شکل ۱-۸: مراحل تولید پلی سیلیکون مبتنی بر گازهای سیلان و TCS [12].

لازم به ذکر است که جوانب مثبت و منفی متعددی در ارتباط با استفاده از هر یک از این گازها (سیلان و TCS) در راستای تولید پلی سیلیکون وجود دارد. به عنوان مثال اگرچه رسوب گذاری پلی سیلیکون از گاز سیلان در دماهای پایین تری نسبت به TCS انجام می گیرد، با این حال تولید گرد و غبار سیلیکون<sup>۱</sup> ناشی از CVD همگن در این روش راندمان تولید را کاهش داده و نرخ رسوب را محدود می نماید. علاوه بر این استفاده از گاز سیلان تاثیراتی منفی بر پارامترهای مورفولوژی تولیدات (منافذ، چگالی و میزان زبری) خواهد داشت. بنابراین با توجه به پارامترهای مورد نظر طراحی می بایست مناسب ترین روش را به منظور تولید پلی سیلیکون انتخاب نمود.

### ۱-۲-۱-۴ روش FBR

روش FBR دارای مشخصه های حرارتی بسیار خوبی می باشد و به دلیل اتلاف انرژی بسیار پایین آن به عنوان جایگزین مناسبی برای فرآیند زیمنس مورد استفاده قرار می گیرد. مصرف انرژی پایین FBR را می توان ناشی از پایین بودن دمای عملیات تقطیر و به دنبال آن عدم نیاز به ابزارهای خنک کننده در این روش دانست. از طرفی دیگر نرخ توان تولیدی بالای این روش و عملکرد پیوسته ای آن تا حد زیادی هزینه های مربوط به سرمایه گذاری و کارکرد را کاهش داده است [7]. تجزیه ی حرارتی گازهای شامل سیلیکون منجر به رسوب سیلیکون بر روی ذرات دانه ای<sup>۲</sup> می گردد که این ذرات متعاقباً طی فرآیندهای CVD به صورت همگون و ناهمگون رشد می کنند و این امر منجر به نرخ رسوب بالا در این فرآیند می گردد. همزمان با رشد ذرات سیلیکونی دانه های با ابعاد بزرگ تر به بخش پائینی زیرلایه منتقل شده و به عنوان محصول نهایی از آن خارج می شوند [13]. حذف ذرات سیلیکونی از زیرلایه به عنوان محصول نهایی تا رسیدن

<sup>1</sup> Silicon dust  
<sup>2</sup> Seed particle

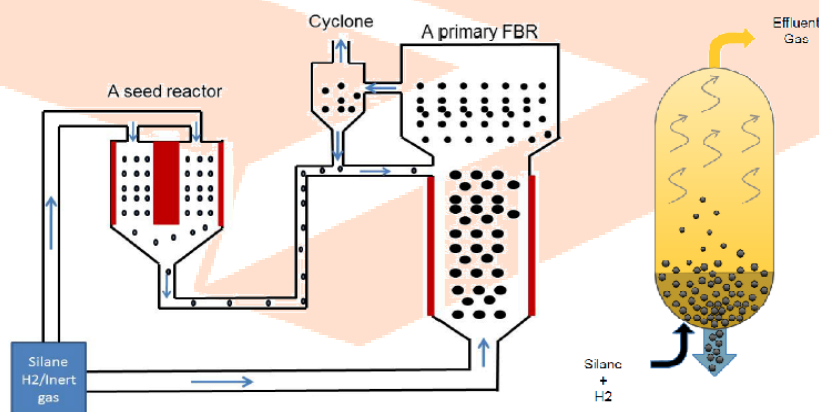
این ذرات به سایز و اندازه‌ی دلخواه ادامه می‌یابد و ذرات جدید جایگزین محصولات خروجی می‌شوند [13]. دو روش کلی به منظور خالص‌سازی نهایی ذرات سیلیکونی وجود دارد. در روش اول از چکش و خردکن‌های غلتکی به منظور کاهش سایز سیلیکون توده‌ای و تبدیل آن به اندازه‌ای مشخص در توزیع سایز ذرات بهره می‌برند. این روش علاوه بر گران بودن باعث مشکلات شدید آلودگی نیز می‌گردد. همچنین استفاده از خردکن‌ها سبب تولید ذرات با سطوح غیرکروی می‌گردد که این امر لایه‌نشانی سیلیکون را دچار مشکل می‌کند [14]. در روش دوم بازتولید ذرات کوچک در داخل زیرلایه راکتور انجام می‌گیرد و پس از رسیدن به سایز دلخواه از آن خارج می‌گردد [13].

### ۱-۲-۱ روش FBR مبتنی بر TCS

در این روش TCS خالص شده با گاز هیدروژن حرارت داده شده و به منظور تولید پلی‌سیلیکون دانه‌ای<sup>۱</sup> وارد کوره‌های حرارتی CVD می‌گردد. در این روش گاز  $\text{HSiCl}_3$  مجدداً در داخل کوره بازتولید می‌شود [15].

### ۱-۲-۲ روش FBR مبتنی بر گاز سیلان

در این روش گاز سیلان جایگزین TCS شده و در فرآیندی مشابه حرارت داده می‌شود. بر خلاف روش‌های مبتنی بر TCS به سبب عدم تولید گازهای خروجی در انتهای فرآیند تولید نخواهد شد [16]. در شکل ۹-۱ فرآیند تولید پلی‌سیلیکون با استفاده از روش FBR و نمونه‌ای از راکتور مربوط به این پروسه نمایش داده شده است.



شکل ۹-۱: راکتور FBR با ژنراتور دانه‌ای [12].

### ۱-۲-۲ تولید شمش سیلیکونی

شمش در حقیقت استوانه‌ای بزرگ از سیلیکون است که به صورت کریستالی رشد کرده است. این بدان معنی است که درون شمش هیچ مرز دانه‌ای<sup>۲</sup> وجود ندارد. دو روش برای تولید صنعتی شمش‌های سیلیکون تک کریستال وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از:

- روش چکرالسکی
- روش ناحیه‌ی شناور

<sup>1</sup> Granular polysilicon

<sup>2</sup> Boundary grain

## ۱-۲-۲-۱ روش چکرالسکی

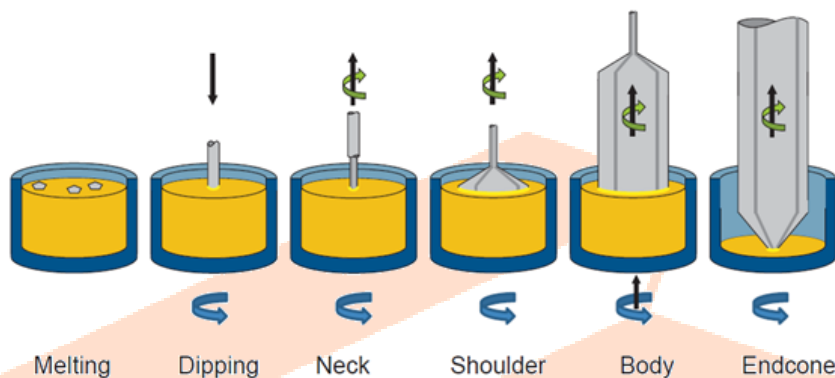
روش اول که تحت عنوان چکرالسکی شناخته می‌شود، امروزه رایج‌ترین روش برای تولید سیلیکون تک کریستال است چرا که امکان تولید شمش‌ها و به دنبال آن ویفرهای با قطر بزرگ در آن وجود دارد. تنها مشکلی که این روش دارد آن است که به دلیل قرار گرفتن سیلیکون مذاب درون محفظه‌ای از جنس کوارتز در حین فرآیند رشد، ناخالصی‌هایی وارد شمش می‌شوند. اکسیژن و کربن دو عنصر مهم هستند که به عنوان ناخالصی وارد شمش سیلیکونی می‌گردند. وجود این دو تنها یک مشکل نیست بلکه مزایایی هم دارد به عنوان نمونه اکسیژن می‌تواند به بهبود استحکام مکانیکی ویفر سیلیکونی کمک کند و هم چنین سایر ناخالصی‌ها را در حین فرآیند رشد جمع‌آوری می‌کند. در یک سیستم مدرن رایج برای رشد کریستال به روش چکرالسکی حدود ۱۰۰ کیلوگرم از سیلیکون درون کوره‌ای ۵۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرد. این روند در نهایت منجر به رشد کریستالی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع حدود یک متر می‌شود. مقدار ناخالصی موجود در کوره چگالی ناخالصی‌ها در کریستال نهایی را تعیین می‌کند. در این روش سیلیکون با خلوص بالا در ظرف مخصوص ذوب فلزات (بوته)<sup>۱</sup> و در دمای حدود ۱۵۰۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شود. برای تولید سیلیکون نوع n یا p می‌توان به ترتیب عناصر فسفر یا بور را در حین فرآیند چکرالسکی به سیلیکون اضافه کرد [17]. در این روش یک کریستال دانه‌ای<sup>۲</sup> که بر روی شفت گردان تعبیه شده است درون سیلیکون مذاب قرار می‌گیرد. بعد از شکل‌گیری بخش گردنه که در آن نایجایی‌ها حذف شده‌اند، بخش مخروطی تشکیل می‌شود و در نهایت به افزایش قطر کریستال تا رسیدن به اندازه‌ی مطلوب منجر خواهد شد. پس از آنکه قطر کریستال به اندازه‌ی دلخواه رسید فرآیند تشکیل بدنه‌ی مستقیم دنبال می‌شود. سپس رشد بخش بدنه‌ی اصلی کریستال به صورت خطی و به فرم ستونی ادامه می‌یابد تا رشد تک بلور سیلیکون کامل شود. جهت‌گیری کریستال دانه‌ای به گونه‌ای تعریف شده است که یا ۱۰۰ و یا ۱۱۱ می‌باشد. سیلیکون مذاب بر روی دانه‌ی کریستالی اصلی منجمد شده و از جهت کریستالی آن تبعیت می‌کند. در حقیقت اتم‌های سیلیکون موجود در مذاب با اتم‌های سیلیکون دانه‌ی اصلی پیوند برقرار کرده و با بیرون کشیدن آهسته‌ی دانه، سیلیکون تک کریستال شکل می‌گیرد. کریستال به آرامی دوران می‌کند و از سیلیکون مذاب خارج می‌شود. به این ترتیب یک استوانه‌ی تک کریستال بزرگ سیلیکونی (شمش) ایجاد می‌شود. برای انجام موفقیت‌آمیز این فرآیند گرادیان دمایی، سرعت چرخش شفت و همچنین نرخ بیرون کشیدن شفت از درون سیلیکون مذاب باید به دقت کنترل شود. قطر کریستال نهایی با نرخ بیرون کشیدن آن کنترل می‌شود. سرعت بیرون کشیدن بالاتر منجر به تولید شمش‌ی با قطر کمتر می‌شود [17]. در حین فرآیند رشد چکرالسکی دانه و محفظه‌ی شامل سیلیکون مذاب در جهت مخالف یکدیگر می‌چرخند تا به این ترتیب مذاب به هم خورده و رشد یکنواخت‌تری حاصل شود. این عمل تاثیر منفی نیز دارد زیرا باعث خوردگی محفظه توسط مذاب می‌شود. انتخاب‌های محدودی برای جنس محفظه‌ی ذوب وجود دارد که در مقابل سیلیکون مذاب بی‌اثر باشد. انتخاب غالب امروزی کوارتز است. اما این ماده نیز توسط مذاب به آرامی حل شده و باعث اضافه شدن سیلیکون و اکسیژن به

<sup>1</sup> Crucible

<sup>2</sup> Seed crystal



آن می‌شود. در نتیجه سیلیکون تک کریستالی که به روش چکرالسکی ساخته می‌شود سطح نسبتاً بالایی از اکسیژن دارد. بیشتر اکسیژن اضافه شده به صورت گاز SiO خارج می‌شود اما بخشی نیز در کریستال در حال رشد ترکیب شده و به این ترتیب در حدود  $10^{17} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  اکسیژن در شمش نهایی وجود خواهد داشت. کوره‌ی کوارتز برای پشتیبانی مکانیکی به گرافیت نیاز دارد. در حین پروسه‌ی رشد، تبخیر کربن از این منبع باعث ترکیب شدن کربن به میزان تقریبی  $10^{15} - 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  در کریستال می‌شود. برای جلوگیری از ورود سایر ناخالصی‌ها فرآیند رشد در حضور گاز بی‌اثری مانند آرگون انجام می‌شود. شکل ۱-۱۰ مراحل مختلف تولید شمش سیلیکون تک کریستال به روش چکرالسکی را نشان می‌دهد [17].



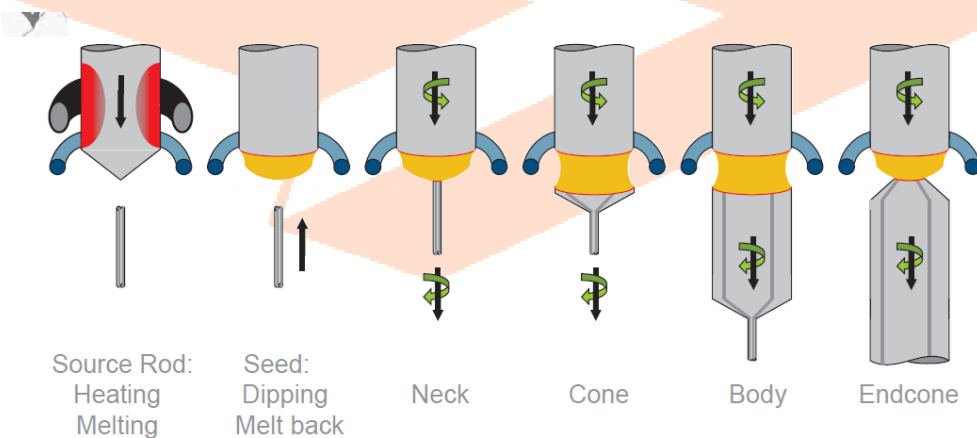
شکل ۱-۱۰: مراحل رشد سیلیکون تک کریستال به روش چکرالسکی

### ۱-۲-۲-۲ روش ناحیه‌ی شناور<sup>۱</sup>

روش دومی که در تولید سیلیکون تک کریستال به کار می‌رود فرآیند ناحیه‌ی شناور است که امکان رشد شمش‌های با چگالی بسیار کم از ناخالصی‌هایی مانند اکسیژن و کربن را فراهم می‌کند. تفاوت اساسی بین روش ناحیه‌ی شناور با روش چکرالسکی آن است که در این روش نیازی به ظرف مخصوص ذوب نیست. این ویژگی به صورت قابل توجهی میزان ناخالصی به ویژه اکسیژن در کریستال نهایی را کاهش می‌دهد و امکان رشد مواد با مقاومت بالا را فراهم می‌کند. در حقیقت سیلیکون تولید شده به این روش تا حد زیادی خالص است. کریستالی که به روش FZ تولید شده امروزه در کاربردهایی که نیاز به مقاومت بالا یا میزان کم اکسیژن وجود دارد مانند آشکارسازها و ادوات قدرت بکار می‌رود. این کاربردها بخش اندکی از بازار جهانی سیلیکون را شامل می‌شوند [17]. در پروسه‌ی FZ میله‌ای از جنس پلی سیلیکون EGS که انتهای آن یک دانه‌ی اصلی از سیلیکون تک کریستال قرار گرفته توسط گیره از هر دو سمت محدود می‌شود. منبع توان یک پیچ‌های RF است که جریان زیادی را از سیلیکون عبور داده و به دلیل تلفات اهمی به صورت موضعی آن را ذوب می‌کند. در حقیقت انتهای میله با استفاده از این سیم پیچ القایی که در فرکانس‌های رادیویی کار می‌کند حرارت دیده و ذوب می‌شود. معمولاً ناحیه‌ی ذوب شده طولی به اندازه‌ی ۲ سانتی‌متر دارد. کشش سطحی و شناوری ناشی از میدان RF سیستم را پایدار نگه می‌دارد. اگر فرآیند ذوب کردن در ناحیه‌ای که دانه‌ی تک کریستال اصلی قرار گرفته آغاز

<sup>۱</sup> Float Zone (FZ)

شود و به آرامی به سمت بالای میله حرکت کند، شمش تک کریستال تشکیل می‌شود. مانند آنچه که در روش چکرالسکی وجود داشت اتم‌ها از فاز مایع به اتم‌های دانه‌ی تک کریستال متصل شده و از جهت کریستالی آن تبعیت می‌کنند. در این روش هم کریستال‌های با جهت ۱۰۰ یا ۱۱۱ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این روش نیز بسیاری از ناخالصی‌ها باقی‌مانده و در طول ناحیه‌ی مذاب حرکت می‌کنند. افزودن ناخالصی در این روش با استفاده از میله‌ی پلی‌سیلیکون آرایش شده یا دانه‌ی کریستالی اصلی آرایش شده و یا رشد در محیط گازی که چگالی ناخالصی در آن کنترل شده است امکان‌پذیر می‌شود [17]. در روش ناحیه‌ی شناور امکان رشد ویفرهایی با قطر زیاد وجود ندارد زیرا مشکلات پایداری در رابطه با ناحیه‌ی مایع و جاذبه وجود دارد. به دلایل مشابه ویفرهای تولید شده به روش FZ معمولاً تغییرات مقاومت بیشتری در قیاس با ویفرهای تولید شده به روش چکرالسکی دارند. بنابراین در رشد کریستال‌های با قطر بالا همچنان روش چکرالسکی غالب خواهد بود. امروزه در حین فرآیند نیتروژن نیز اضافه می‌شود تا امکان کنترل میکرونقص‌ها و استحکام مکانیکی ویفر وجود داشته‌باشد. یکی از برتری‌های روش ناحیه‌ی شناور آن است که سیلیکون مذاب در تماس با موادی مانند کوارتز نیست. در این فرآیند سیلیکون مذاب تنها در تماس با گازهای بی‌اثری مانند آرگون است. سیلیکون را می‌توان با اضافه کردن گازهایی مانند  $B_2H_6$  و  $PH_3$  به نوع p یا n آرایش کرد. قطر شمش‌هایی که به روش ناحیه‌ی شناور رشد داده می‌شوند معمولاً بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر نمی‌شود زیرا ابعاد شمش در این روش به دلیل وجود کشش‌های سطحی در فرآیند رشد محدود می‌شود. در شکل ۱-۱۱ شماتیک روند رشد به روش ناحیه‌ی شناور نشان داده شده است [17].



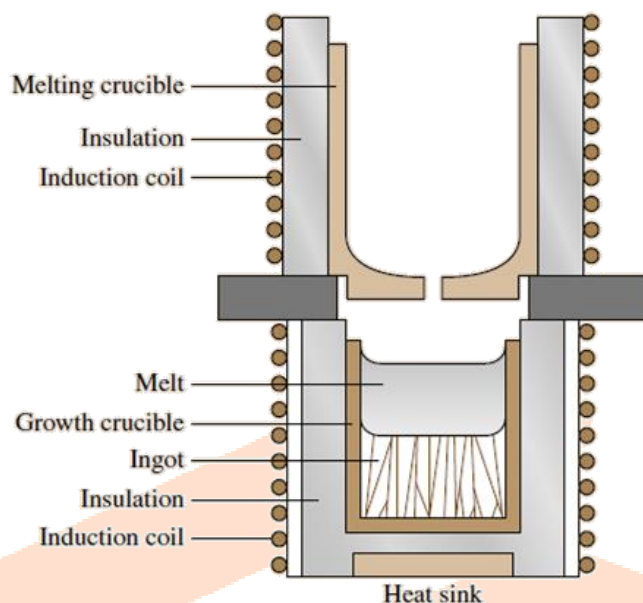
شکل ۱-۱۱: مراحل مختلف رشد سیلیکون تک کریستال به روش ناحیه‌ی شناور.

### ۱-۲-۲-۳ شمش سیلیکونی پلی کریستال

استفاده از یک ظرف برای شکل دادن به شمش در حال رشد، به جای کار در فازهای جامد/مایع/گاز تا حد زیادی کنترل پروسه‌ی رشد را راحت‌تر کرده و امکان تولید شمش‌های بزرگتر با سطح مقطع مربعی را فراهم می‌کند. شماتیک روش انجماد مستقیم<sup>۱</sup> در شکل ۱-۱۲ نشان داده شده است. سیلیکون را می‌توان در همان ظرفی که منجمد می‌شود ذوب کرد. در روش دیگر می‌توان سیلیکون را در یک ظرف ذوب کرده و سپس به ظرف دیگری جهت انجماد ریخت. این

<sup>۱</sup> Directional solidification (DS)

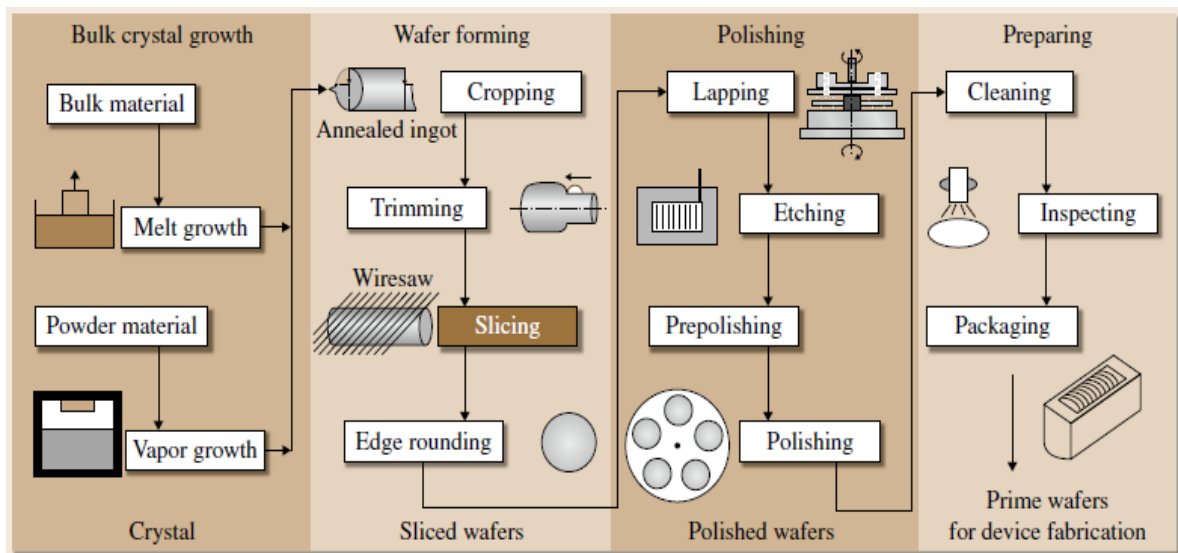
روش را ریخته‌گری با انجماد مستقیم می‌نامند. با این حال عبارات DS و ریخته‌گری به جای یکدیگر برای هر دو فرآیند نیز به کار می‌روند. برای ایجاد حرارت هر دو روش القایی و یا مقاومتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. منبع حرارتی، عایق و خنک‌کننده برای تامین گرادیان دمایی تقریباً یک‌سویه برای رشد استوانه‌ای طراحی شده‌اند. مقادیری حرکت نسبی نیز به قطعات در حال رشد تحمیل می‌شود [18].



شکل ۱-۱۲: شماتیک پروسه‌ی انجماد مستقیم [18].

### ۱-۲-۳ ویفر سیلیکونی

بعد از اتمام رشد بلور به مدت دو روز و نیم در کوره می‌ماند و دمایی آن تدریجاً تا حدود ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد پایین آورده می‌شود. در این زمان بلور از کوره خارج شده به قسمت برش برده می‌شود. در قسمت برش نیز ابتدا سر و ته کریستال بریده می‌شود تا کریستالی به عرض یکنواخت بدست آید، سپس کریستال توسط اره‌های دیسکی یا اره‌های سیمی که آغشته به مواد ساینده هستند به شمش‌هایی با طول کوتاه‌تر بریده شده و روی یک پایه‌ی فولادی مستقر می‌شوند تا در مرحله بعد مقطع آنها مربعی شود. شمش‌های مستقر شده روی صفحه فولادی درون یک دستگاه برش سیمی دیگر قرار گرفته و چهار طرف آنها برش می‌خورد تا سطح مقطع آنها به شکل مربعی شود با گوشه‌های گرد تبدیل شود. تولید ویفر به توالی تولید ویفرهای تک یا چندکریستالی از شمش اطلاق می‌گردد. با توجه به صنعت رو به رشد فتوولتائیک ویفرهای پلی‌کریستال به تولید زیادی رسیده‌اند. زنجیره‌ی تولید ویفر که پس از رشد کریستال آغاز می‌شود با تولید ویفرهای اولیه به پایان می‌رسد. این توالی در شکل ۱-۱۳ نشان داده شده است [18].



شکل ۱-۱۳: بلوک دیاگرام زنجیره‌ی تولید ویفر از مرحله‌ی اولیه تا نهایی [18].

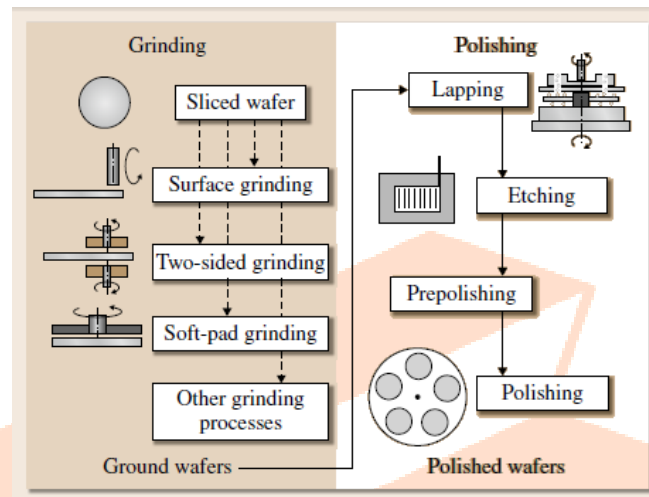
در ابتدا بخش ابتدا و انتهایی شمش به کمک یک تیغه‌ی الماس بریده و بازیافت می‌شود. سپس بدنه‌ی کریستال به اندازه‌ای که برای عملیات برش در مرحله‌ی بعد مورد نیاز است تبدیل شده و وارد مرحله‌ی برش می‌گردد. در تولید ویفرهای کوچک یک سمت کریستال به صورت تخت بریده می‌شود اما در ویفرهای بزرگتر در راستای حفظ مساحت بیشتر این سطح تخت با یک شکاف جایگزین شده است [19]. این کار در حقیقت به دو دلیل انجام می‌شود: اول اینکه بسیاری از تجهیزات خودکار که در طی فرآیند تولید برای پردازش ویفرها بکار می‌روند از این صفحات به عنوان صفحات مرجع استفاده می‌کنند. دوم در تشخیص نوع و جهت کریستالی ویفر که با پراش اشعه‌ی ایکس مشخص می‌شود. معمولاً صفحات به موازات محور اصلی بلور برش داده می‌شوند و به صورت قرارداد طولانی‌ترین برش که تحت عنوان برش اصلی شناخته می‌شود عمود بر جهت  $\langle 110 \rangle$  است [17].

برش ویفرها معمولاً با کمک اره‌های سیمی<sup>۱</sup> انجام می‌شود که می‌توانند در هر بار برش تعداد زیادی ویفر تولید کنند. اره‌هایی با سیم‌های آغشته به الماس برای برش دادن ویفرهای به شکل و مکانیزم‌های مختلف طراحی شده‌اند. این اره‌ها مبتنی بر مواد ساینده (معمولاً الماس صنعتی) است که برای برش در امتداد سطح سیم قرار گرفته‌اند. این اره‌ها را می‌توان بر اساس نوع حرکت به دو دسته‌ی دوار (خطی) یا رفت و برگشتی تقسیم‌بندی کرد. از لحاظ مفهومی این نوع اره بسیار شبیه به اره‌ی قطر داخلی<sup>۲</sup> است چرا که اره‌ی سیمی ترکیب شده با الماس در حقیقت شبیه به اره‌ی قطر داخلی با لبه‌ی برش خطی به جای حلقوی است. اساساً فرآیند تولید چنین اره‌هایی کاملاً متفاوت از اره‌های سیمی دوغابی است. این نوع اره با سیم آغشته به الماس برش را با فرآیندی انجام می‌دهد که مکانیزم ماشینی بسیار خشن‌تر از روش اره‌ی سیمی دوغابی دارد. به علاوه امکان از بین رفتن ذرات ساینده از روی سیم در حین برش وجود دارد که ادامه‌ی کار اره را با محدودیت مواجه می‌کند.

<sup>1</sup> Wire saw

<sup>2</sup> Internal diameter blade saws

در حالت ایده‌ال بعد از اتمام فرآیند برش باید ویفرهایی با سطح کاملاً صاف، صیقلی و تمیز حاصل شود. اما در عمل ویفرهای برش داده شده دارای آسیب‌های بلورنگاری<sup>۱</sup> زیادی هستند که در حین فرآیند برش ایجاد شده‌است. معمولاً تا حدودی دارای پیچ و تاب هستند ضخامت غیر یکنواخت با سطح ناصاف و آلوده دارند که دارای لبه‌های مربعی است و به راحتی قابل شکستن است. پروسه‌ی تولید ویفر بعد از برش نیز برای رسیدن به ویفر ایده‌ال ادامه می‌یابد. مراحل بعد از برش که باید بر روی ویفر انجام شود به صورت شماتیک در شکل ۱-۱۴ نشان داده شده‌است [18].



شکل ۱-۱۴: مراحل آماده‌سازی ویفر [18].

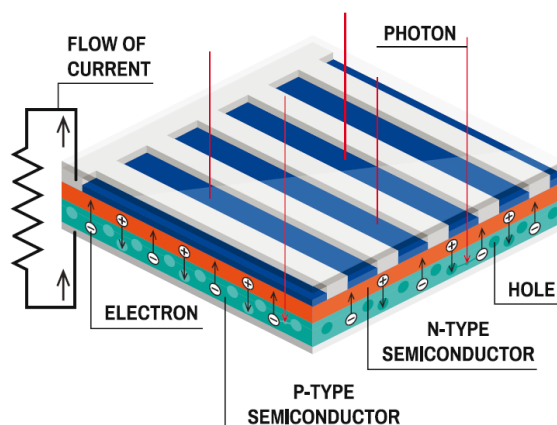
صافی ماکروسکوپی و ویفر توسط روند ساینده‌ی ثابت یا آزاد تعیین می‌شود [19]. سایش مکانیکی با استفاده از فشار و مخلوطی از  $Al_2O_3$ ، آب و گلیسرین انجام شده و حدود ۵۰ میکرومتر از ضخامت ویفر سیلیکون را حذف می‌کند. این مرحله برای رسیدن به دو منظور: یکی مسطح کردن سطح ویفر تا حدود  $\pm 2$  میکرون انجام می‌شود که اکثر برجستگی و تورفتگی‌های ناشی از ااره کردن را از بین می‌برد و دیگری کاهش ضخامت ویفر تا رسیدن به مقدار مورد نظر انجام می‌شود [17]. در مرحله‌ی بعد برای رسیدن به سطح یکنواخت‌تر از پودر  $Al_2O_3$  با دانه‌های ریزتر برای سایش نهایی استفاده می‌شود. آخرین فرآیند کاملاً مکانیکی که بر روی ویفرها انجام می‌شود فرآیندی است که طی آن لبه‌هایی گرد ایجاد می‌شود. این فرآیند مجدداً به وسیله‌ی ابزاری با تیغه‌های برش الماسی صورت می‌گیرد و شعاعی را بر روی لبه‌های ویفر برش می‌دهد. این کار سبب می‌شود نابجایی‌ها و سایر نقص‌ها کاهش یابند [17]. در ادامه زدایش شیمیایی آسیب‌های کریستالوگرافیک تولید شده در این مراحل را برطرف می‌کند اما باید دقت شود که این زدایش صافی سطح را از بین نبرد. این مهم با انتخاب صحیح ماده‌ی زدایش و طراحی و عملکرد دقیق هیدرودینامیک جریان ماده‌ی زداینده حاصل می‌شود. زداینده‌هایی که دارای ترکیباتی مانند KOH هستند سطح ناهمواری باقی می‌گذارند اما پس از انجام فرآیند صافی ماکروسکوپی خوبی حاصل می‌شود. ترکیبات فعال زدایش اسیدی هیدروفلئوریک و نیتریک اسید در استیک اسید یا فسفریک اسید است که برای مناسب کردن ویسکوزیته به آن اضافه شده‌است. اگر از این مواد به صورت

<sup>1</sup> Crystallography

مناسب استفاده شود زدایش اسیدی منجر به سطح صاف و شیشه‌ای می‌شود. سطح صاف مزیت‌هایی دارد از جمله اینکه پاکسازی آن راحت‌تر است و احتمال جذب و به دام افتادن ذرات اضافی بر روی سطح آن کمتر است. زدایش اسیدی برای ویفرهای با قطر کم استفاده می‌شود (۲۰۰ میلی‌متر یا کمتر) که معمولاً فقط سطح جلویی آنها صیقلی است [19]. آخرین مرحله در تهیه ویفر جلا دادن است. این کار به روش شیمیایی-مکانیکی تحت فشار حدود ۲۰ پوند بر اینچ مربع انجام می‌شود. در افزاره‌های کوچک نیاز است که سطح ویفر حتی در مقیاس‌های کوچک بسیار مسطح باشد.

## ۴-۲-۱ سلول‌های خورشیدی سیلیکونی

سلول خورشیدی سیلیکونی از کنار هم قرارگیری دو نیمه‌هادی نوع  $n$  و نوع  $P$  تشکیل می‌شود (شکل ۱-۱۵). نیمه‌هادی‌ها در حالت عادی دارای تعداد مساوی الکترون و حفره یا به تعبیری بار منفی و مثبت هستند. با افزودن ناخالصی به این مواد می‌توان تعداد الکترون‌ها را در آن‌ها افزایش داد که منجر به تولید نیمه‌هادی نوع  $n$  می‌شود و یا اینکه تعداد حفره‌ها را افزایش داد که در این حالت نیمه‌هادی نوع  $p$  ایجاد خواهد شد. در محل پیوند این دو نیمه‌هادی میدان الکتریکی ایجاد می‌شود که به جداسازی جفت‌های الکترون-حفره که در اثر تابش نور خورشید در نیمه‌هادی‌ها تولید می‌شوند، کمک می‌کند. پس از آماده شدن ویفر و انجام فرآیندهای افزودن ناخالصی به منظور تشکیل پیوند و ساخت سلول خورشیدی، فرآیند متالیزاسیون به منظور ایجاد مسیره‌های رسانا برای جمع‌آوری جریان سلول انجام می‌شود. حامل‌های بار تولید شده سپس به کمک کانتکت‌ها و باس‌بار و فینگرهایی که در سلول خورشیدی تعبیه شده به سمت مدار خارجی حرکت می‌کنند.

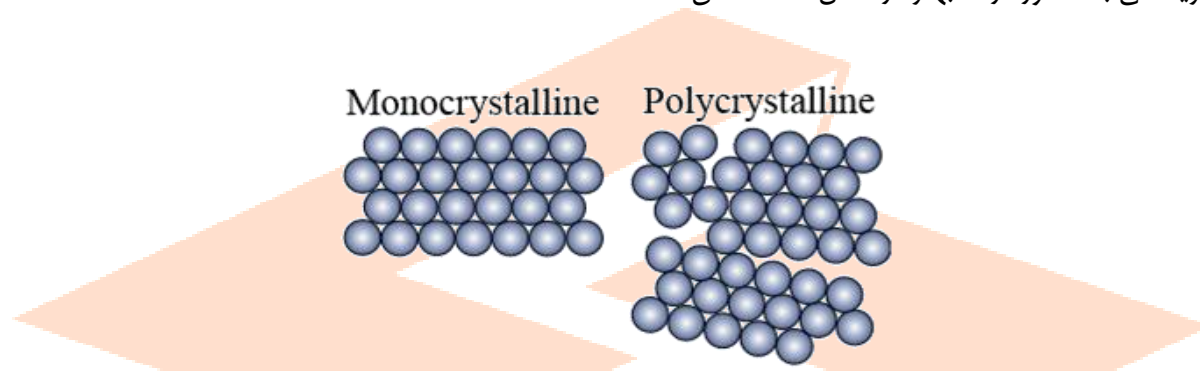


شکل ۱-۱۵: نمای شماتیک یک سلول خورشیدی

دسته‌بندی‌های مختلفی بر پایه‌ی ماده‌ی فعال بکار رفته در انواع فناوری‌های فتوولتائیک ارائه شده که در بردارنده‌ی موادی نظیر سیلیکون نیمه‌هادی‌های ترکیبی و مواد دیگر است. بر این اساس می‌توان یک دسته‌بندی را به صورت سه نسل در نظر گرفت. هر یک از این موارد بر اساس ماده‌ی فعال و زمان ظهور به نسل‌های مختلفی از فناوری فتوولتائیک

تعلق دارند. برخی از این فناوری‌ها مبتنی بر ویفر<sup>۱</sup> هستند به این معنا که کلیه عملیات مربوط به ساخت و پردازش سلول بر روی یک ویفر اولیه صورت می‌گیرد. این در حالی است که برخی دیگر به صورت لایه نازک هستند و از روی هم قرار گیری لایه‌های مواد مختلف ساخته می‌شوند.

نسل اول سلول‌های خورشیدی شامل فناوری سیلیکونی تک کریستال و چند کریستال است. فناوری‌های نسل اول از قدیمی‌ترین و پر استفاده‌ترین فناوری‌های خورشیدی هستند که امروزه به تکامل رسیده‌اند و در عرصه‌ی تجاری نیز جایگاه مناسبی دارند. در ویفرهای تک کریستال هر اتم سیلیکون در موقعیت مشخص و منظمی نسبت به سایر اتم‌ها قرار می‌گیرد. این در حالی است که ساختار کریستالی در ویفرهای چند کریستال به صورت منظم و تکراری نیست و نواحی کریستالی متعددی وجود دارد که با ناحیه‌ی مجاور خورد از حیث جهت‌گیری کریستالی هماهنگ نیستند. تفاوت این ساختارهای کریستالی به منظور درک بهتر در شکل ۱-۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۶: شماتیک آرایش ذرات سازنده در جامدات تک کریستال و پلی کریستال

در حین تولید ویفر ناخالصی‌هایی نیز به آن اضافه می‌شود که می‌توانند عملکرد سلول خورشیدی به عنوان محصول نهایی را تحت تاثیر قرار دهند. به علاوه عدم یکنواختی ساختار کریستالی در ویفر سلول‌های چند کریستالی منجر به بروز نقص‌هایی می‌شود که شارش حامل‌های بار در نیمه‌هادی را با مشکل مواجه می‌کند. به همین دلیل در این سلول‌ها بازده کمتری در قیاس با سلول‌های تک کریستال گزارش شده است. مزیت این سلول‌ها بر سلول‌های تک کریستال آن است که تکنیک‌های بکار رفته در تولید ویفرهای سیلیکونی چند کریستال پیچیدگی کمتری دارند و از این رو این سلول‌ها ارزان‌تر هستند.

بهبود راندمان سلول‌های خورشیدی از جمله راه‌کارهای در دست اقدام برای کاهش هزینه‌ها در سال‌های اخیر محسوب می‌شود. با توجه به هزینه‌های بالا و تقریباً ثابت مواد اولیه‌ی ساخت ماژول‌ها و همچنین هزینه‌های سنگین مربوط به نصب و راه‌اندازی ادوات با مقیاس بزرگ، بهبود راندمان تا حد بسیار زیادی به هزینه‌های کلی سیستم کمک می‌نماید. بدین منظور در سال‌های اخیر بررسی‌های زیادی در راستای تولید سلول‌هایی با راندمان تبدیل انرژی فراتر از ۲۰ درصد انجام گرفته است. از جمله فعالیت‌های انجام گرفته در این راستا می‌توان به بهبود قسمت جلویی سلول خورشیدی

<sup>۱</sup> Wafer based

سیلیکونی با استفاده از ایجاد امیتر انتخابی و فلزکاری پیشرفته (که منجر به کاهش مقاومت سری، تلفات سایه‌ای، بازتاب و چگالی جریان اشباع امیتر می‌شود) و یا بهبود بدنه و سمت پشت سلول با استفاده از لایه‌های غیرفعال‌کننده‌ی عایق و اتصال‌های موضعی (که منجر به کاهش سرعت بازترکیب سطحی در پشت و افزایش بازتاب پذیری داخلی می‌شود) اشاره نمود. از طرفی دیگر استفاده از سیستم‌های لیزری در صنعت فتوولتائیک به منظور تشکیل اتصال‌های موضعی، قطع لایه‌های دی‌الکتریک و تزریق ناخالصی به صورت انتخابی در راستای افزایش راندمان سلول‌ها به سرعت در حال گسترش است.

## ۱-۲-۴-۱ تکنولوژی سلول‌های با امیتر و پشت غیرفعال<sup>۱</sup>

اکثر سیستم‌های فتوولتائیک نوین مبتنی بر سیستم‌های PERC بوده به گونه‌ای که امروزه PERC به تکنولوژی سلول با عنوان دومین ظرفیت تولید تبدیل شده است. طبق آخرین پیش‌بینی‌های نقشه راه صنعتی، این تکنولوژی تا سال ۲۰۲۰ تبدیل به برترین و غالب‌ترین تکنولوژی سلول خواهد شد. در حالت کلی سلول‌های خورشیدی را می‌توان توسط دو پارامتر  $V_{OC}$  و چگالی جریان اتصال کوتاه  $J_{SC}$  به چگالی جریان اشباع دیود مرتبط ساخت [20]:

$$J_0 = J_{SC} / \left[ \exp\left(\frac{qV_{OC}}{KT}\right) - 1 \right] \quad \text{معادله ۸-۱}$$

که  $T$  در معادله ۸-۱ دمای مطلق و  $KT/q$  ولتاژ حرارتی ( $25/693$  میلی‌ولت در دمای  $298/15$  کلونین و یا  $25$  درجه سلسیوس) می‌باشد. جریان فوق، جریان ناشی از بازترکیب حامل‌های امیتر و اتصالات جلویی و همچنین بیس و اتصالات پشتی (بازترکیب اتصالات<sup>۲</sup>) می‌باشد که بنا بر محاسبات انجام گرفته معادل جریانی حدود  $(fA/cm^2)$   $270$  در دمای  $25$  درجه سلسیوس خواهد بود [21]. این پدیده که به جریان اشباع<sup>۳</sup> معروف است، عکس جریان تولید در سلول‌ها به شمار می‌آید و راندمان را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. بنا بر تئوری گرمایونی انتشار و نفوذ مربوط به اتصالات فلز/نیمه هادی<sup>۴</sup> Crowell-Sze [22]، جریان مرتبط با این اتصالات، با سرعت موثر بازترکیب الکترون-حفره‌ها رابطه مستقیم دارد [23]. بر این اساس کم کردن سطح اتصالات شکل ۱-۱۷ به عنوان روشی موثر در راستای کاهش این دسته از بازترکیب‌ها و به دنبال آن افزایش ولتاژ مدار باز دیود سلول خورشیدی پیشنهادی بود که اولین بار یک دهه قبل در UNSW مطرح گردید [24].

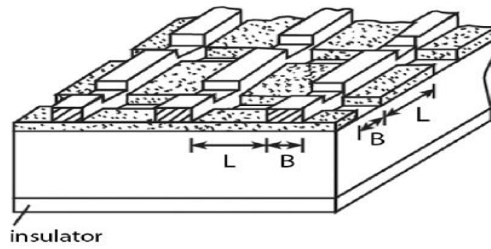
<sup>1</sup> Passivated Emitter and Rear Cell (PERC)

<sup>2</sup> Contact recombination

<sup>3</sup> Saturation current

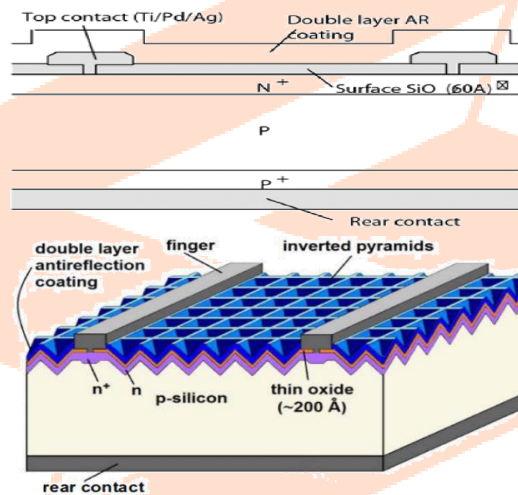
<sup>4</sup> Thermionic-emission/diffusion theory of metal/ semiconductor contacts





شکل ۱-۱۷: نمایی از سلول پیشنهادی UNSW و طرح ایده‌ی کاهش مساحت اتصالات به منظور کاهش باز ترکیب‌های سطحی برای اولین بار [24].

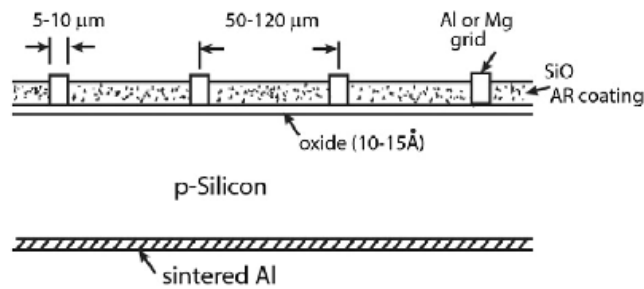
محققین با استفاده از این ایده موفق به بررسی دسته‌ای از سلول‌های سیلیکونی با راندمان تقریبی ۱۸/۴ درصد تحت عنوان سلول (PESC)<sup>۱</sup> شدند. این ساختار را که به‌گونه‌ای می‌توان اساس طراحی سلول‌های PERC به شمار آورد نخستین بار در سال ۱۹۸۳ و در دانشگاه New South Wales مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱-۱۸).



شکل ۱-۱۸: نمایی از سلول‌های PESC اولیه (شکل بالا) و امروزی (شکل پایین) [25].

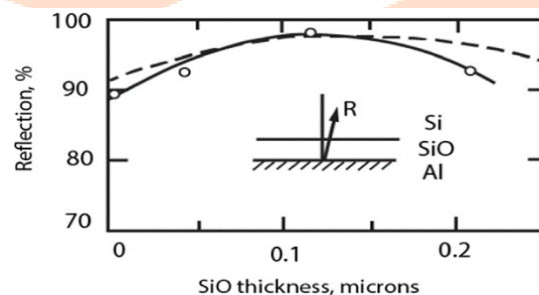
اساس طراحی ساختار فوق را از طرفی دیگر می‌توان برگرفته از تجهیزات MIS<sup>۲</sup> دانست. این دسته از سلول‌ها که محققین UNSW با استفاده از خصوصیات حرارتی خوب مربوط به اکسیدهای رشد یافته در ترانزیستورهای MOS<sup>۳</sup> و لایه وارونگی<sup>۴</sup> تشکیل شده در ناحیه‌ی (فلز/عایق/نیمه‌هادی) موفق به طراحی آن‌ها شدند [26] (شکل ۱-۱۹) جزء اولین تجهیزات ارائه دهنده‌ی ولتاژ مدار باز بزرگ‌تر از سلول‌های متداول تا سال ۱۹۷۶ محسوب می‌شوند [27].

<sup>1</sup> Passivated Emitter Solar Cell  
<sup>2</sup> Metal/Insulator/ Semiconductor (MIS)  
<sup>3</sup> Metal/Oxide/Semiconductor (MOS)  
<sup>4</sup> Inversion layer



شکل ۱-۱۹: غیرفعال‌سازی سطوح به عنوان راه‌حلی در راستای کاهش بازترکیبات سطحی در سلول خورشیدی MIS [26].

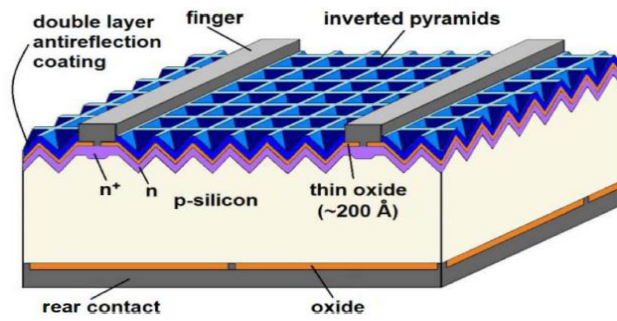
تقریباً همزمان با انتشار مقاله UNSW و طرح ایده‌ی مربوط به سلول‌های PESC، لیند مایر و آلیسون<sup>۱</sup> در آزمایشگاه COMSAT پیشنهادی در راستای ساختارهای مبتنی بر سطوح اتصال کاهش یافته مطرح کردند [28]. به‌کارگیری امیتری با عمق کم‌تر و سطحی‌تر در این ساختار پیشنهادی توانست تاثیر قابل توجهی در بازترکیب‌های سطحی امیتر داشته باشد. این محققین نیز به صورت مستقل ساختاری را حدود یک دهه‌ی قبل و کمی قبل‌تر از ارائه‌ی سلول PESC در آزمایشگاه COMSAT ارائه نمودند که البته موفق نشدند خروجی قابل توجهی را در مقایسه با ساختارهای PESC بدست آورند [29]. مدتی پس از بهبود شرایط بازترکیب در ساختار سلول محققین UNSW دریافتند که ضریب شکست بالای سیلیکون به صورت قابل توجهی میزان بازتابش نور از سطح فلز پستی (Al) را کاهش می‌دهد، از این رو با قرار دادن لایه‌ی دی‌الکتریکی با ضریب شکست کوچک بین فلز و سیلیکون موفق به افزایش بازتابش از سطح فلز و به دنبال آن افزایش راندمان سلول‌ها شدند. نتایج تحقیقات این دانشگاه در زمینه افزایش بازتابش از سطح پستی با در نظر گرفتن ضخامت لایه‌ی دی‌الکتریک در نمودار شکل ۱-۲۰ آورده شده است.



شکل ۱-۲۰: تاثیر ضخامت لایه اکسید بر میزان بازتابش از سطح پستی [20].

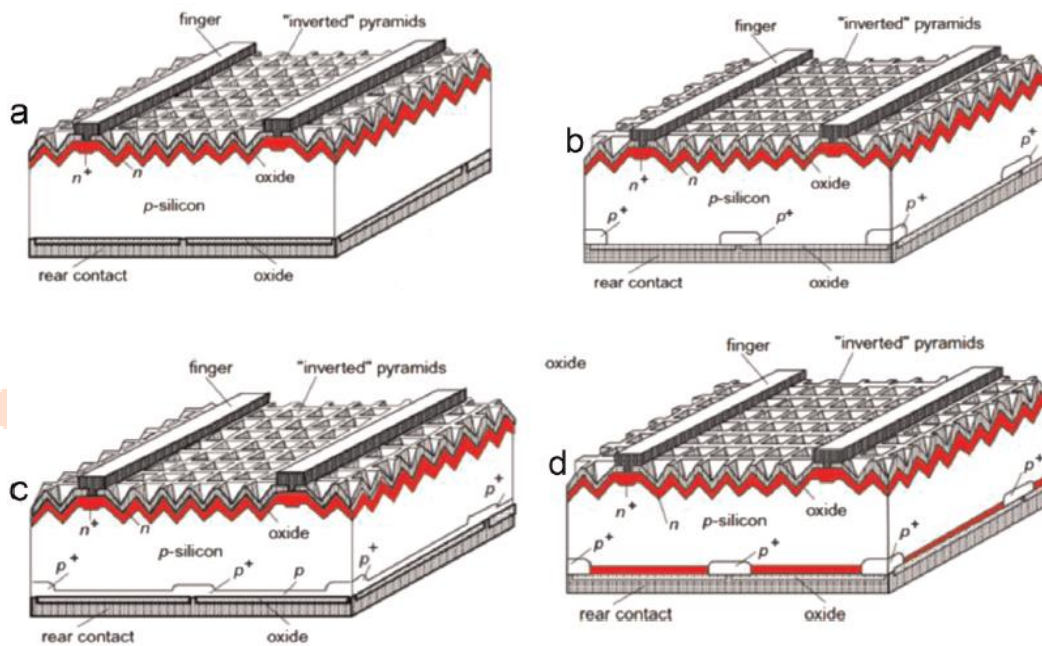
بدین ترتیب با آشکار شدن مزایای نوری این دسته از سلول‌ها زمینه‌ی بررسی ساختار PERC با راندمان بالا فراهم گردید. در سال ۱۹۸۵ محققین با به‌کارگیری همزمان راه‌حل‌های ذکر شده در ساختارهای پیشین در راستای بهبود راندمان سلول‌های خورشیدی و مضرس‌سازی سطح بالایی این ساختار پیشنهادی (PERC)، موفق به دستیابی به راندمان ۲۰ درصد شدند و در اکتبر سال ۱۹۸۸ برای اولین بار نخستین نمونه‌ی صنعتی این سلول با ساختاری مشابه شکل ۱-۲۱ و راندمانی ۲۱/۸ درصد در Sandia تولید گشت [30].

<sup>1</sup> Lind-mayer and Allison



شکل ۱-۲۱: ساختار سلول PERC [29].

در این حین بررسی سایر سلول‌های خانواده PERC در دست اقدام انجام گرفت و همان‌گونه که در شکل ۱-۲۲ ملاحظه می‌گردد نمونه‌هایی از انواع مختلف این ساختار معرفی گردید.



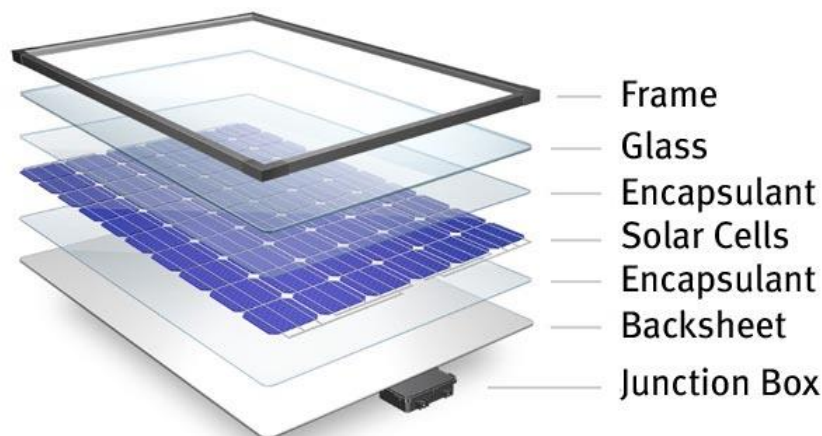
شکل ۱-۲۲: زیر مجموعه‌های سلول PERC (a)، سلول PERD (b)، سلول PERT (c) و سلول PERF (d) [58].

مطابق شکل ۱-۲۲ ساختارهای PERC، PERT، PERL، و PERF را می‌توان زیر مجموعه‌ای از سلول PERC به شمار آورد که تکنولوژی به کار گرفته شده در آن‌ها افزایش راندمان قابل توجهی را در صنعت سلول‌های خورشیدی ایجاد نمود و باعث شده این دسته از سلول‌ها جایگاه خود را در فعالیتهای صنعتی بدست آورده و اغلب از آن‌ها به عنوان گام بعدی برای تولید انبوه سلول‌های خورشیدی یاد شود.

## ۱-۲-۵ مازول فتوولتائیک

با توجه به اینکه معمولاً یک سلول خورشیدی به تنهایی قادر به تولید انرژی چندانی نیست، تعداد مشخصی از سلول‌های مشابه در قالب مازول فتوولتائیک به یکدیگر متصل می‌شوند. به منظور برقراری ارتباط الکتریکی سلول‌ها در هر مازول اتصالات بین سلولی ایجاد می‌شود. با توجه به اینکه مازول‌های فتوولتائیک برای قرارگیری طولانی مدت در معرض شرایط محیطی طراحی شده‌اند، بایستی بخش‌هایی به منظور حفاظت از سلول به عنوان جزء اصلی داشته باشند.

بر این اساس هر ماژول‌های فتوولتائیک از اجزای مشخصی تشکیل شده که در کنار یکدیگر عملکرد صحیح کل مجموعه را تضمین می‌کنند. یک ماژول سیلیکونی کریستالی عموماً دارای اجزایی مانند سلول خورشیدی، کپسوله<sup>۱</sup>، شیشه، قاب، جعبه‌اتصال و صفحه‌ی پشتی است. شکل ۱-۲۳ نمایش‌گر قسمت‌های مختلف ماژول خورشیدی می‌باشد. در ادامه به بررسی جزئی‌تر هر یک از این اجزای سازنده پرداخته شده است.



شکل ۱-۲۳: لایه‌های مختلف یک ماژول خورشیدی

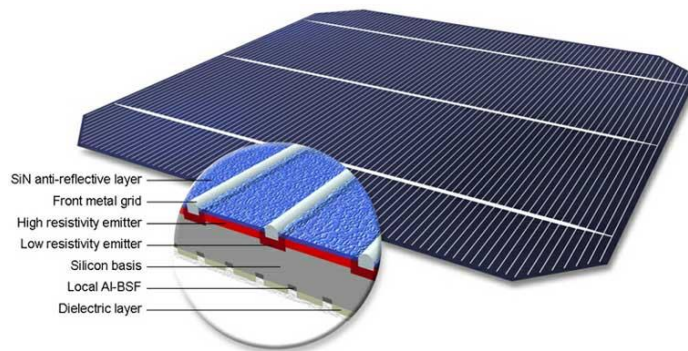
همانگونه که اشاره شد، جمع‌آوری حامل‌های بار که در اثر برخورد نور به سلول تولید می‌شوند بایستی مسیرهای رسانایی که تحت عنوان متالیزاسون شناخته می‌شوند در سلول وجود داشته باشد. این شبکه‌ی فلزی باید قادر به انتقال مقدار زیادی از حامل‌های تولید شده به خارج از سلول باشد. از سوی دیگر نباید مانع ورود نور به سلول خورشیدی شود و تلفات مقاومتی کمی داشته باشد. به همین دلیل معمولاً به صورت شبکه‌ای متشکل از فینگر<sup>۲</sup> و باس‌بار<sup>۳</sup> به صورت متقاطع بر روی سطح سلول خورشیدی کریستالی قرار می‌گیرد. باس‌بارها به صورت مستقیم به هدایت‌کننده‌های خارجی متصل شده‌اند در حالی که فینگرها جریان را به منظور ارسال به باس‌بارها از سطح سلول جمع‌آوری می‌کنند. معمولاً سطح پشتی<sup>۴</sup> هر سلول بر خلاف سطح جلویی آن به صورت کامل توسط اتصالات پوشانده می‌شود. دلیل این امر را می‌توان برقراری تعادل میان اندازه سطوح اتصالات و اتلاف‌های نوری و مقاومتی دانست. عرض و پهنای شبکه‌های فلزی اتصالات از لحاظ اپتیکی تاثیر فراوانی بر تلفات سایه‌ای در سلول‌های خورشیدی دارد. از لحاظ الکتریکی نیز اتصالات نقش موثری در کاهش مقاومت‌های پارازیتی خواهند داشت. نمای شماتیک نمونه‌ای از شبکه‌ی متالیزاسیون در سلول خورشیدی سیلیکونی در شکل ۱-۲۴ نشان داده شده‌است.

<sup>1</sup> Encapsulant

<sup>2</sup> Fingers

<sup>3</sup> Busbars

<sup>4</sup> Rear surface



شکل ۱-۲۴: شماتیک نمونه‌ای از شبکه‌ی اتصالات داخلی در سلول فتوولتائیک

به منظور محافظت از سلول در مقابل فشارهای مکانیکی، هوا و رطوبت، رشته‌های سلول خورشیدی سیلیکونی در یک ماده‌ی شفاف به عنوان کپسوله قرار می‌گیرند که ایزولاسیون الکتریکی سلول‌ها از یکدیگر را نیز فراهم می‌کند. از سوی دیگر با توجه به اینکه طیف تابش خورشید بخشی از محدوده‌ی فرابنفش را نیز به همراه دارد و انرژی بالای نور فرابنفش می‌تواند منجر به بروز تغییراتی در مواد شود، بایستی از ماده‌ای به عنوان کپسوله استفاده شود که مقاومت خوبی در برابر تابش فرابنفش داشته باشد. پرکاربردترین ماده‌ای که به عنوان کپسوله به کار می‌رود اتیلن ونیل استات<sup>۱</sup> است که خواصی مانند شفافیت، مقاومت در برابر خوردگی و اشتعال دارد. از معایب استفاده از EVA به عنوان کپسوله، وزن بالا و بوجود آمدن فاصله‌ی بین ورقه‌ها در لبه‌ی ساختار است که امکان نفوذ رطوبت و گاز به ماژول را فراهم کرده و در مدت طولانی می‌تواند تخریب‌های ساختاری را به دنبال داشته باشد.

سطح جلویی ماژول‌های خورشیدی بایستی بوسیله‌ی لایه‌ای که میزان عبور<sup>۲</sup> بالایی در طول موج‌های بین ۳۵۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر دارد محافظت شود. ماده‌ای که برای پوشش سطح جلویی ماژول بکارگرفته می‌شود بایستی در مقابل آب نیز نفوذناپذیر باشد، مقاومت خوبی در برابر ضربه داشته باشد و مقاومت حرارتی پائین داشته باشد. با اینکه گزینه‌هایی نظیر اکریلیک، پلیمر و شیشه به این منظور معرفی شده‌اند اما شیشه‌ی سکوریت کم آهن با توجه به خواصی مانند هزینه‌ی پائین، استحکام، شفافیت و نفوذناپذیری در برابر عوامل محیطی شایع‌ترین ماده‌ی مورد استفاده است. به منظور جمع‌آوری هرچه بهتر نور میزان بازتاب از سطح جلویی بایستی کمینه باشد و با افزودن پوشش ضد بازتاب<sup>۳</sup> می‌توان میزان بازتاب را کاهش داد. روش دیگر برای کاهش بازتاب مضرس‌سازی<sup>۴</sup> سطح است.

صفحه‌ی پشتی ماژول که می‌تواند از جنس شیشه، پلیمر و یا ورقه‌های نازک فلزی باشد، هم به عنوان محافظ اجزای الکترونیکی در مواجهه با شرایط محیطی عمل کرده و هم امکان کارکرد ایمن در ولتاژهای DC بالا را فراهم می‌کند. انتخاب ماده با توجه به قیمت، میزان مقاومت مکانیکی، خواص عایقی الکتریکی و میزان نفوذپذیری در برابر رطوبت انجام می‌شود. به عنوان نمونه در حالتی که از شیشه به عنوان صفحه‌ی پشتی استفاده می‌شود ممکن است در اثر نصب نامناسب و یا تنش‌های شدید مکانیکی دچار شکستگی شده و تخریب‌های بعدی را به همراه داشته باشد. دیوده‌های

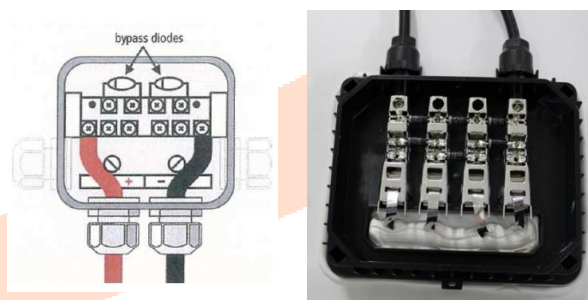
<sup>1</sup> Ethylene Vinyl Acetate (EVA)

<sup>2</sup> Transmission

<sup>3</sup> Anti-reflection coating

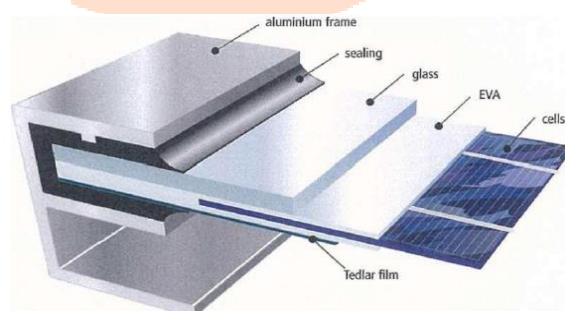
<sup>4</sup> Texturing

بای پس به منظور محافظت در برابر پدیده‌ی نقطه داغ در ماژول تعبیه می‌شوند و درون جعبه اتصال در پشت ماژول قرار می‌گیرند. جعبه اتصال معمولاً با استفاده از چسب سیلیکونی به صفحه‌ی پشتی ماژول متصل می‌شود. با توجه به اینکه ترمینال‌های خروجی و دیودهای بای پس در جعبه اتصال قرار می‌گیرند، طراحی آن بایستی به گونه‌ای باشد تا از نفوذ رطوبت و گرد و غبار به داخل محفظه جلوگیری کند. طراحی جعبه اتصال بر روی عملکرد حرارتی دیودهای بای پس نیز تاثیر به سزایی دارد. معمولاً دیودهای شاتکی به دلیل ولتاژ مستقیم کم، گزینه‌ی مناسبی برای کاربرد به عنوان دیود بای پس هستند. به ازای هر رشته از سلول‌های خورشیدی در ماژول یک دیود بای پس در نظر گرفته می‌شود. این دیودها به صورت معکوس به موازات سلول‌های خورشیدی قرار می‌گیرند تا در حالت بروز سایه مسیری برای عبور جریان فراهم کرده و از داغ شدن سلول جلوگیری کنند. نمایی از جعبه اتصال و دیودهای بای پس موجود در آن در شکل ۲۵-۱ نشان داده شده است.



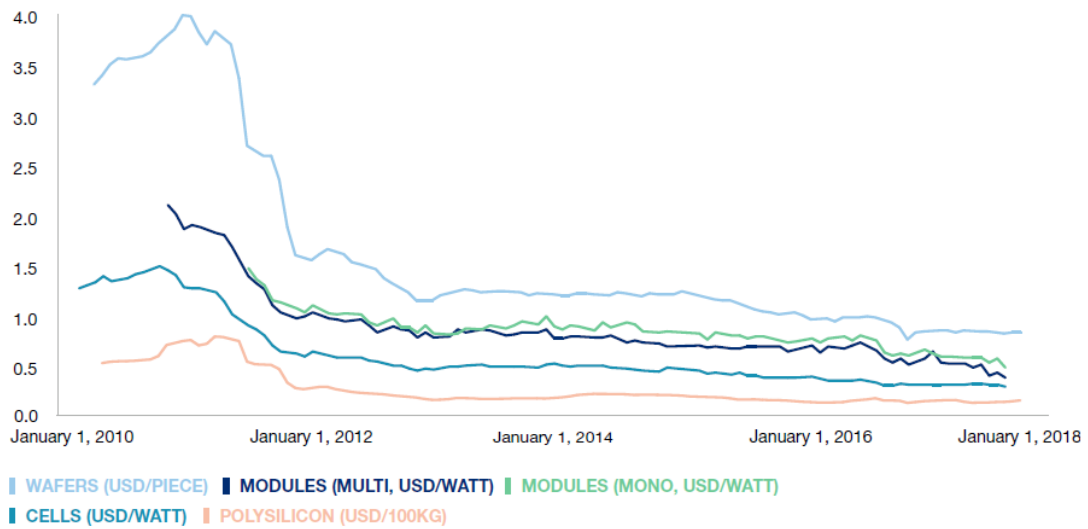
شکل ۲۵-۱: نمایی از دیودهای موجود در صفحه‌ی پشتی ماژول فتوولتائیک

قاب ماژول‌های فتوولتائیک معمولاً از جنس آلومینیوم است. ساختار قاب‌ها می‌بایست عاری از هرگونه تحذب باشد و امکان نفوذ گرد و غبار، آب و سایر مواد به آن وجود نداشته باشد. ماژول‌ها بر حسب نوع و کاربرد می‌توانند به صورت دارای قاب و یا بدون قاب مورد استفاده قرار گیرند. شکل ۲۶-۱ برشی از قاب استاندارد برای یک ماژول را نشان می‌دهد [31].



شکل ۲۶-۱: شماتیک مقطعی از قاب ماژول فتوولتائیک

با توسعه و پیشرفت مداوم در حوزه‌ی فتوولتائیک همواره تلاش بر آن بوده است که قیمت تمام شده‌ی ماژول به عنوان محصول نهایی کاهش یابد تا استفاده از چنین سیستم‌هایی از حیث اقتصادی به صرفه باشد. روند کاهش قیمت مولفه‌های تاثیرگذار در تولید ماژول‌های چند کریستالی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ در شکل ۲۷-۱ آمده است:



شکل ۱-۲۷: روند قیمتی مولفه‌های مازول فتوولتائیک چند کریستالی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸



## فصل ۲ مطالعات تطبیقی زنجیره ارزش تولید ماژول فتوولتائیک





## ۱-۲ مقدمه

مؤسسات و شرکت‌های مختلفی در سراسر دنیا در حوزه‌ی آمار اقتصادی تولید ماژول فتوولتائیک سیلیکونی از ابتدایی‌ترین حلقه تا حلقه‌ی انتهایی را ارائه کرده‌اند. در این بخش به ارائه‌ی چنین آمارهایی پرداخته شده است. با توجه به روند تغییرات قیمت‌ها در حوزه‌ی فتوولتائیک و کاهش چشمگیری که طی سالیان اخیر مشاهده شده است پیش‌بینی می‌شود که در سال‌های آتی قیمت تمام شده‌ی ماژول با افزایش فعالان در حوزه‌ی تولید و نیز بهبود تکنولوژیکی فرآیند تولید با کاهش بیشتری مواجه شود. در این راستا مطالعات امکان‌سنجی متعددی در کشورهای دیگر و همچنین در ایران صورت گرفته که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

## ۲-۲ امکان‌سنجی طرح تولید و صادرات شمش SOLAR SILICON در ایران

در سال ۱۳۸۷ مطالعه‌ای در راستای امکان‌سنجی طرح تولید و صادرات شمش سیلیکونی برای مصارف خورشیدی در ایران انجام گرفته است. مطابق بررسی‌های انجام شده در این گزارش مراحل مختلف ساخت، تجهیز و نصب این کارخانه ۳۰ ماه زمان می‌برد که عمده‌ی این زمان به نصب تجهیزات تریکلروسیلان مربوط است. این زمان با فرض عدم بروز مشکل خاص و انجام موازی بسیاری از فعالیت‌ها حاصل شده است.

از میان فناوری‌های مختلف خالص‌سازی سیلیکون، فرآیند زیمنس به عنوان امکان‌پذیرترین روش انتخاب شده است. دلیل این انتخاب آن است که بیش از ۷۰ درصد ظرفیت کارخانجات در زمان معاصر این گزارش بر مبنای روش زیمنس پی‌ریزی شده است. از حیث دوره عمر فناوری نیز تجهیزات مورد نیاز برای این روش از انحصار خارج شده و امکان‌پذیرترین روش برای انتقال فناوری می‌باشد. از حیث نیروی انسانی و دانش فنی مورد نیاز شناخته شده‌ترین روش در کشور است و تربیت نیروی متخصص برای راه‌اندازی کارخانه در کمترین زمان امکان‌پذیر است. مناسب‌ترین مکان برای احداث خط تولید در این مطالعه، شهرک صنعتی اشتهارد در نظر گرفته شده است. در این گزارش به افراد و شرکت‌هایی که می‌توانند در تامین موارد اولیه نقش داشته باشند اشاره شده است که با توجه به اینکه زمان زیادی از انتشار گزارش گذشته است ممکن تفاوت‌هایی در داده‌های ارائه شده با منابع موجود در حال حاضر وجود داشته باشد.

## ۳-۲ طرح تولید سیلیکون متال در ایران در سال ۱۳۸۹

در سال ۱۳۸۹ مطالعات امکان‌سنجی طرح تولید سیلیکون متال‌گرید در ایران مورد بررسی قرار گرفته است که در ادامه به نتایج بدست آمده در این مطالعه پرداخته شده است. با توجه به اینکه تغییرات قیمتی در تولید سیلیکون متال‌گرید طی سالیان گذشته بسیار زیاد بوده است ممکن است برخی از داده‌های ارائه شده در این جدول با مقادیر کنونی که در بازارهای ایران و دنیا دیده می‌شود تفاوت‌هایی داشته باشد.

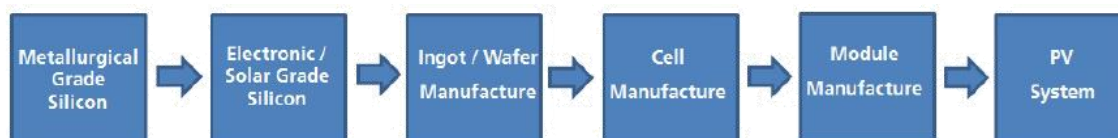
خلاصه مشخصات طرح		
سیلیکون متال	نام محصول	
واردات زیاد و استفاده‌ی روزافزون	ویژگی محصول یا طرح	
۱۰،۰۰۰	ظرفیت پیشنهادی طرح (تن)	
صفحات خورشیدی و میکروسیلیس	موارد کاربرد	
سیلیس	مواد اولیه مصرفی عمده (مقدار داخلی یا خارجی)	
-۱۴۲۵۴۰۰	کمبود / مازاد محصول تا سال ۱۳۹۵ (عدد)	
۱۹۸	اشتغالزایی (نفر)	
۱۵۰،۰۰۰	زمین مورد نیاز (متر مربع)	
۱۴۴۰۰	تولیدی (متر مربع)	زیر بنا
۱۸۵۰	اداری (متر مربع)	
۳۲۰۰۰	انبار (متر مربع)	
۵۵۰،۰۰۰	آب (مترمکعب)	میزان مصرف سالانه یوتیلیتی
توسط نیروگاه گازی تامین می‌شود	برق (کیلووات)	
۸،۲۰۰،۰۰۰	گاز (مترمکعب)	
-	ارزی (یورو)	سرمایه گذاری ثابت
۸۱۵،۶۵۰	ریالی (میلیون ریال)	
۸۱۵،۶۵۰	مجموع (میلیون ریال)	
۳۲۰۱۹	(ریال میلیون)	سرمایه در گردش
۱،۱۹۶،۰۰۰	واحد	میزان واردات محصول مشابه در سه سال گذشته
۳۴۰۱۶۰۰۰	ارزش (میلیون ریال)	
۱۵،۳۲٪	نقطه سر به سر تقریبی	

مواد اولیه‌ی مورد نیاز در این طرح به صورت زیر گزارش شده است:

ردیف	مواد اولیه و بسته بندی و مشخصات فنی	مصرف روزانه	مصرف سالانه	واحد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (هزار ریال)
۱	SiO <sub>2</sub> (%)	33	9750	تن	۱،۵۰۰،۰۰۰	۱۴،۶۲۵،۰۰۰
۲	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.2	50	تن	۸،۵۰۰،۰۰۰	۴۲۵،۰۰۰
۳	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.2	50	تن	۱۶،۵۰۰،۰۰۰	۸۲۵،۰۰۰
۴	CaO (%)	0.3	100	تن	۱۸،۵۰۰،۰۰۰	۱،۸۵۰،۰۰۰
۵	LOI (%)	0.2	50	تن	۲۵،۵۰۰،۰۰۰	۱،۲۷۵،۰۰۰
<b>جمع</b>						۱۹،۰۰۰،۰۰۰

## ۲-۴ آمار و اطلاعات ارائه شده برای کشور هند در سال ۲۰۱۶\*

در یک گزارش که در سال ۲۰۱۶ توسط موسسه‌ی فرانسه‌فر<sup>۱</sup> برای کشور هندوستان ارائه شده است، زنجیره ارزش فتوولتائیک ۱۰۰۰ مگاوات و ۱ گیگاواتی از حیث هزینه‌های تولید مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در این گزارش ارزیابی هزینه مالکیت مراحل تولید زنجیره ارزش فتوولتائیک از سیلیکون متال گرید تا ماژول به کمک مدل هزینه‌ای ارائه شده توسط موسسه‌ی فرانسه‌فر که با بازار محلی هند تطبیق داده شده انجام گرفته است. این مدل هزینه‌های تولید در هند را برای حداقل 100MWp معادل 31.66 (INR/Wp) تا 42.41 (INR/Wp) تخمین می‌زند. هزینه‌ها برای حجم بزرگتر و در حدود 1GWp بین 29.03 (INR/Wp) تا 38.65 (INR/Wp) تخمین زده شده است. توسعه‌ی کلان به مفروضات هزینه‌ای بالا یا پائین برای مهم‌ترین مواد مصرفی بستگی دارد. مورد پائین‌تر برای زنجیره تامین محلی رایج است در حالی که در مورد بالاتر معمولاً مواد مصرفی به صورت وارداتی هستند. حلقه‌های زنجیره ارزش در مطالعه‌ی یاد شده به صورت شکل ۱-۲ در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۱-۲: حلقه‌های زنجیره ارزش ماژول فتوولتائیک سیلیکونی

در انتخاب تکنولوژی آنچه مورد توجه قرار گرفته استانداردهای صنعت و همچنین روند واقع‌بینانه‌ی صنعت طی حداقل دو سال بعد از زمان گزارش برای هر حلقه از زنجیره‌ی ارزش بوده است. در تکنیک‌های بلورسازی روش‌های سردسازی بلوک‌های نوع p (Boron doped) سیلیکونی چند کریستالی در مقایسه با سیلیکون تک کریستال نوع p گسترش بیشتری

<sup>1</sup> Fraunhofer ISE

\* “PV STUDY INDIA: Assessing the Cost of Production for 100MWp and 1GWp PV Value Chain”

دارد. تکنولوژی‌ها و روش‌های مورد ارزیابی در گزارش موسسه‌ی فرانهوفر برای هر یک از حلقه‌های زنجیره ارزش مطابق شکل ۲-۲ در نظر گرفته شده است که از این میان به طور خلاصه می‌توان به روش زیمنس برای تولید پلی‌سیلیکون، شمش و ویفر چند کریستالی نوع p، استفاده از اره‌ی سیمی برای برش شمش و تکنولوژی PERC برای سلول‌های خورشیدی اشاره کرد.

	Technology	Selection criteria
Polysilicon	Siemens rod based CVD	- Most widely used technology for new market entrants
	direct chlorination or hydrochlorination	- Well proven technology - Choice depends on investors background and existing infrastructure
Ingot / Wafer	Boron-doped (p-type) mc-Si ingot +	- p-type silicon wafer material is by far the most convenient silicon wafer material, technical improvements like the High Performance mc-Si approach lead to even higher quality silicon material and high silicon utilization
	Multi-wire slurry sawing (MWSS)	- MWSS most suitable technology for mc-Si with highest production yield
Solar cell	PERC solar cells	- PERC cells have a much higher efficiency potential than Al-BSF cells, especially with constantly decreasing wafer thicknesses (below 120µm it might be even impossible to manufacture Al-BSF cells without significant yield loss due to wafer warpage). - Within the next 2 to 3 years, PERC cell technology will be more and more the standard cell technology globally.
	EVA based Glass-Backsheet modules	- Most widely used technology for market entrants - Proven bankability of the modules - Simple upgrade towards Glass-Glass technology possible (prolonged product warranties of 30 years)
c-Si solar module		

شکل ۲-۲: تکنولوژی و روش‌های بکار رفته برای حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش ماژول فتوولتائیک

## ۲-۴-۱ فرضیات و حداقل الزامات

حداقل الزامات مورد نیاز برای هر مرحله از تولید از حیث اقتصادی اقتصادی بودن نیز مورد بررسی قرار گرفته است. ظرفیت کل تولید ویفر، سلول و ماژول در راستای تحقق کامل زنجیره ارزش فتوولتائیک بر اساس حداقل حجم مورد نیاز برای تولید پلی‌سیلیکون است. در این جداول از عباراتی نظیر low case و high case استفاده شده که به منظور درک بهتر در ادامه به آن‌ها و تعاریف مربوط به آن‌ها پرداخته شده است:

Sector	Production capacity	Investment costs (USD Million)	Comment
Metallurgical-Silicon (mg-Si)	35,000 tons	192.3 - 230.8	Minimum plant size; 13,000 tons for PV and 22,000 tons sold to other industries
Polysilicon (poly-Si)	10,000 tons	338.5 - 384.6	Minimum plant size, range based on low and high case
Wafer	100MWp	21.5 - 30.8	Range based on low and high case
	1GWp	138.5 - 175.4	
Cell	100MWp	18.5 - 26.2	Range based on low and high case
	1GWp	118.5 - 141.5	
Module	100MWp	10.8 - 15.4	Range based on low and high case
	1GWp	69.2 - 89.2	

“Low case”	Represents the most relevant consumables per value chain production step at preferential prices usually available from direct local supply.
“High case”	Most relevant consumables per value chain production step at prices from world market (mostly imported) or at high local prices.
“High (100%) utilization”	8520 working hours a year for international standard 24/7 production.
“Low (70%) utilization”	6000 working hours a year based on traditional Indian manufacturing plants.

## ۲-۴-۲ تجزیه و تحلیل هزینه‌ی زنجیره ارزش

در تجزیه و تحلیل مالی زنجیره ارزش فرضیاتی در حوزه‌های مختلف مد نظر قرار گرفته که عبارتند از:

Common static assumptions	
Electricity cost	0.085 USD/KWh
Capex equipment	30%
Capex building, facilities, infrastructure, auxiliaries	70%
Equity share	20%
Equity interest rate	20%
Debt interest rate	12.50%
Corporate tax 18	34.61%
WACC (Calculated)	10.54%
Depreciation period – equipment	7 years

Depreciation period – building, facilities, infrastructure, auxiliaries	25 years
<b>Labor</b>	<b>Annual gross salary</b>
Operator	1846.2 USD
Technician	2769.2 USD
Engineer	5538.5 USD
Administration	3692.3 USD
Scientist	7384.6 USD
<b>Wafer/Cell/Module specifications</b>	
Wafer size	156.65*156.65 mm <sup>2</sup>
Wafer thickness	180 μm
Cell type	p-type multi-crystalline PERC cell
Cell efficiency	19.39%
Cell power	4.76 Wp
Module type	EVA-Glass-Backsheet module
Module efficiency	17.40%
Module power	285.9 Wp

## ۲-۴-۱-۲ حلقه پلی سیلیکون

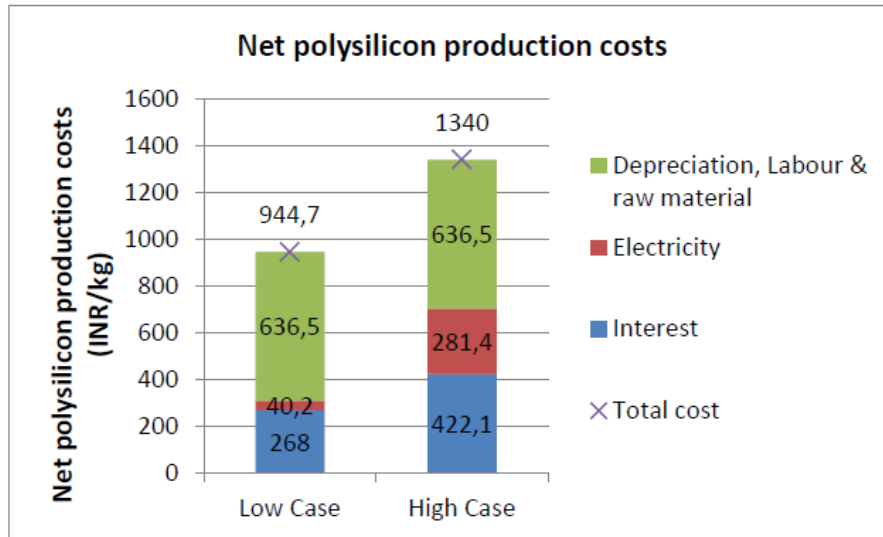
بر اساس گزارش فرانهورفر در این حلقه هزینه‌های خرید برای مولفه‌های اصلی هزینه و سرمایه‌گذاری برای کارخانه‌ی تولید سیلیکون متال گرید عبارتند از:

Key cost driver	Low Case	High Case	Unit
Interest	6	125	%
Electricity	0.012	0.846	USD/kWh
Capex <sup>1</sup>	338.46 – 384.62 USD (Million)		

بر این اساس هزینه‌ی خالص تولید پلی سیلیکون بر اساس سناریوی CSTEP<sup>۲</sup> به صورت شکل ۲-۳ است:

<sup>1</sup> Capex estimated as: 24,000 TPA costs 5,500 INR Cr which implies that 10,000 TPA costs (5,500/24,000)\*10,000 = 2,300 INR Cr (approx.)

<sup>2</sup> CSTEP (Oct 2015), “Addressing the Challenges of RE Manufacturing in India : Horizon 2032”



شکل ۲-۳: هزینه‌های خالص تولید پلی‌سیلیکون

#### ۲-۲-۴-۲ حلقه‌ی شمش و ویفر سیلیکونی

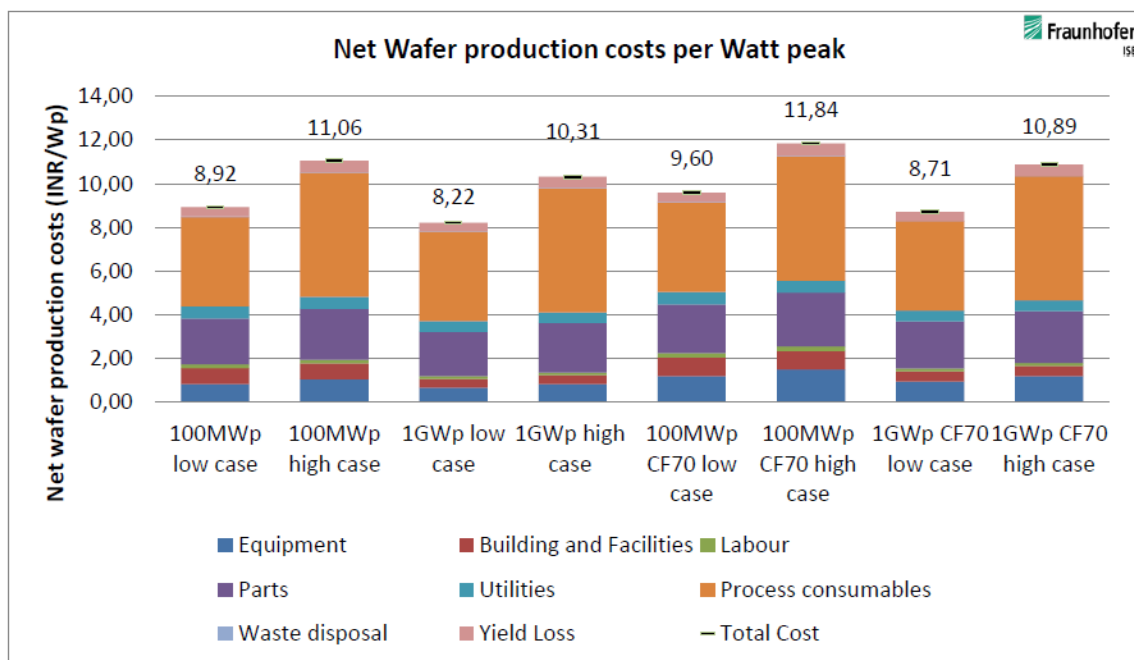
تولید شمش و ویفر سیلیکونی سه مرحله فرآیند عمدا دارد که عبارتند از:

- خط تولید شمش
- خط تولید Brick
- خط تولید ویفر

بر اساس گزارش فرانهور شمش‌های سیلیکونی تولید شده معمولاً ابعاد  $84 \times 84 \times 27$  [cm] و وزن 450kg دارند. با اصلاح و بهبود پروسه می‌توان به ابعاد  $99 \times 99 \times 27$  [cm] و وزن 620 kg هم رسید. مولفه‌های اصلی هزینه در این حلقه عبارتند از:

Key cost driver	Low Case	High Case	Unit
Polysilicon	14.54	20.61	USD/kg
Sawing wire	0.477	0.584	USD/km
Crucible	756.9	930.8	USD/unit
Slurry (SiC)	1.0	1.2	USD/kg
Capex 100MWp	21.5 – 30.8 USD (Million)		
Capex 1GWp	138.5 – 175.4 USD (Million)		

بر این اساس هزینه‌های خالص تولید ویفر برای موارد اشاره شده به صورت شکل ۲-۴ گزارش شده است:



شکل ۲-۴: هزینه‌های خالص تولید ویفر به ازای هر وات پیک

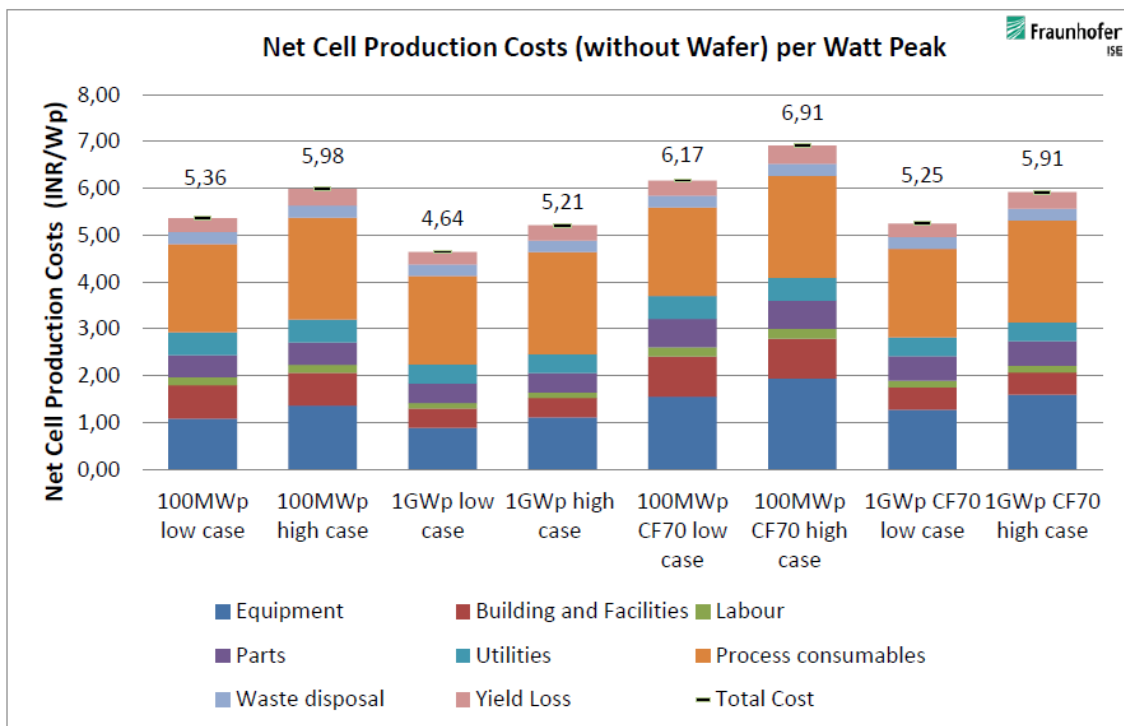
### ۲-۴-۳ حلقه‌ی سلول خورشیدی

بر اساس گزارش فرانهوفر در حلقه‌ی تولید سلول خورشیدی نیز مولفه‌های موثر در هزینه عبارتند از:

Key cost driver	Low Case	High Case	Unit
Ag paste (45%)	175.4	515.4	USD/kg
Ag paste (87%)	461.5	821.5	USD/kg
Al paste	11.4	13.2	USD/kg
Capex 100MWp	18.5 – 26.2 USD (Million)		
Capex 1GWp	118.5 – 141.5 USD (Million)		

بر این اساس هزینه‌های خالص تولید سلول خورشیدی به صورت شکل ۲-۵ است. هزینه‌های CAPEX به طور قابل توجهی بسته به میزان اتوماسیون کل خط تولید متفاوت است. مولفه‌های اصلی در حلقه‌ی تولید سلول مواد جامد هستند که به طور خاص عمدتاً شامل چسب‌های اسکرین پرینت است که برای ایجاد کانتکت جلویی و پشتی در سلول‌های خورشیدی به کار می‌رود. قیمت‌های چنین موادی به شدت تحت تاثیر قیمت واقعی فلزات نقره و آلومینیوم قرار دارند.





شکل ۲-۵: هزینه‌ی خالص تولید سلول خورشیدی (بدون در نظر گرفتن ویفر)

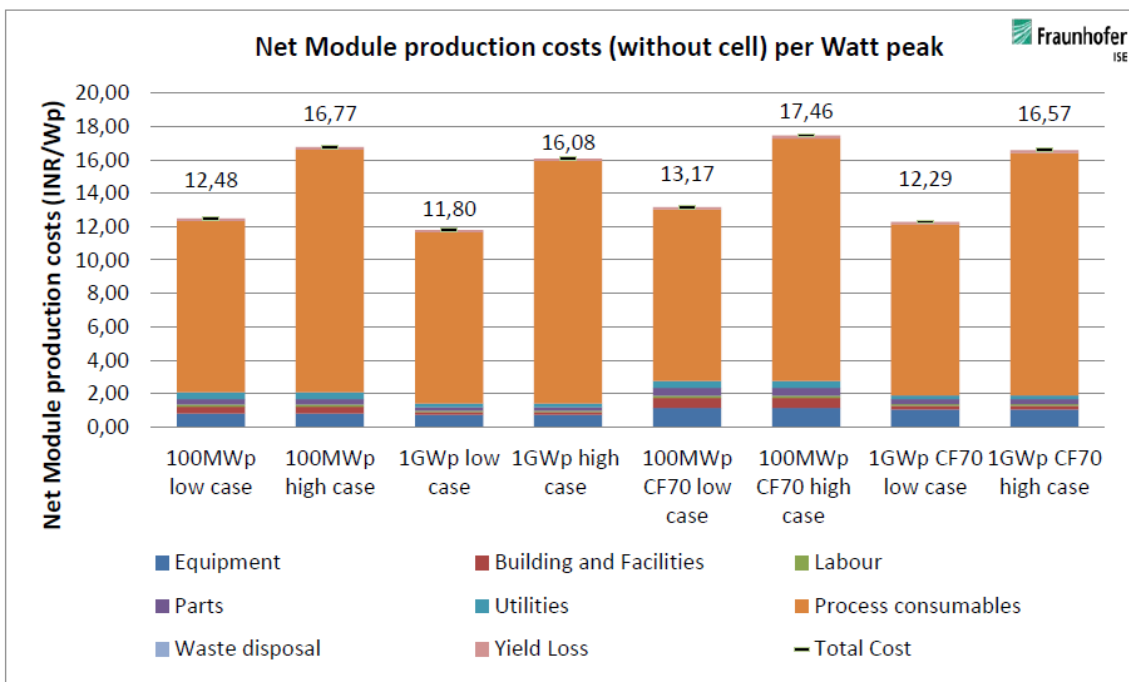
## ۴-۲-۴-۲ حلقه‌ی ماژول فتوولتائیک

بر اساس گزارش فرانیهوفر در حلقه‌ی تولید ماژول فتوولتائیک مولفه‌های موثر در هزینه عبارتند از:

Key Cost Driver	Low Case	High Case	Unit
Glass	4.9	7.3	USD /m <sup>2</sup>
EVA foil	3.1	4.0	USD /m <sup>2</sup>
Backsheet	4.2	6.7	USD /m <sup>2</sup>
Aluminium frame	8.0	12.0	USD /unit
Junction box	4.6	8.0	USD /unit
Capex 100MWp	10.8 – 15.4 USD (Million)		
Capex 1GWp	69.2 – 89.2 USD (Million)		

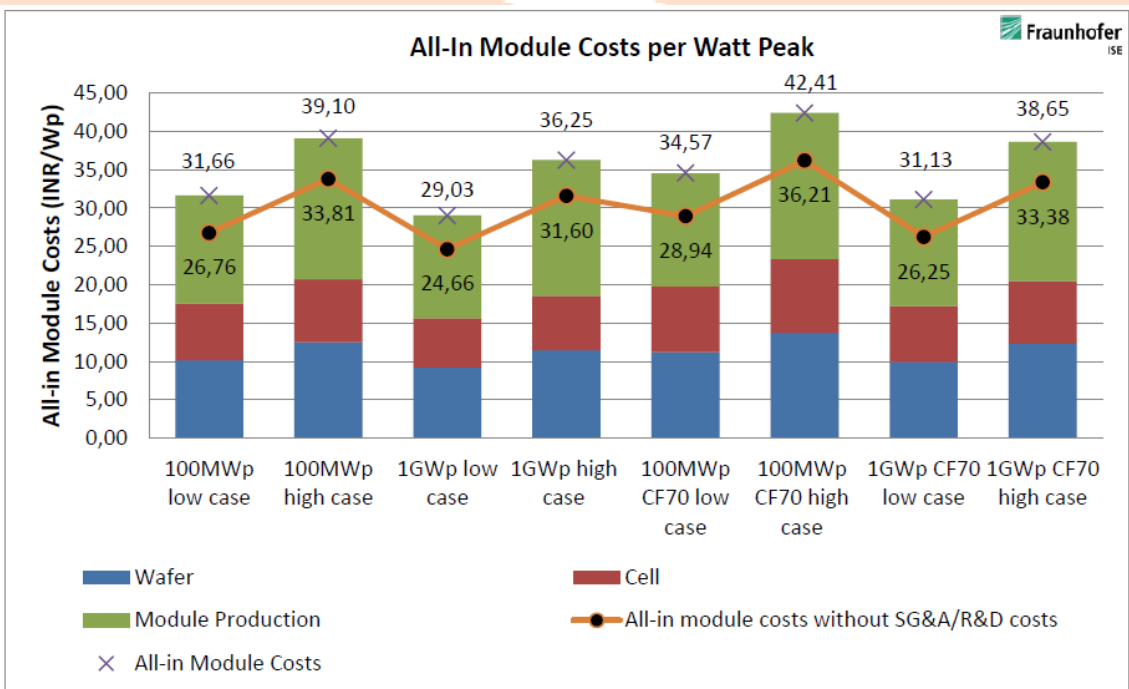
هزینه‌های خالص تولید ماژول بدون در نظر گرفتن سلول که حلقه‌ی قبلی است مطابق شکل ۲-۶ گزارش شده است.

بر اساس اطلاعات ارائه شده بیشترین هزینه‌ها در این حلقه به مواد مصرفی فرآیند مربوط می‌شود.



شکل ۲-۶: هزینه‌های خالص تولید ماژول بدون احتساب حلقه‌ی سلول

شکل ۲-۷: هزینه‌های تمام هزینه‌های تولید ماژول بر اساس مولفه‌های هزینه‌های کلیدی و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری برای مراحل مختلف تولید که به آن‌ها اشاره شد را نشان می‌دهد:



شکل ۲-۷: هزینه‌ی تمام مراحل زنجیره ارزش در قالب ماژول

## ۲-۵ آمار و اطلاعات ارائه شده برای کشور هند در سال ۲۰۱۷

مطالعه‌ی دیگری نیز در راستای احداث خط تولید ماژول فتوولتائیک در هند از حلقه‌ی ابتدایی تا انتهای انجام شده که در اینجا به منظور مقایسه آمده است. برخی از اهداف این پروژه بر اساس گزارش ارائه شده توسط شرکت مجری اجرای این امکان سنجی عبارتند از:

- شناسایی مشکلات و چالش‌های اصلی صنعت فتوولتائیک در هند.
- درک انگیزه‌های ارائه شده به تولیدکنندگان کشورهای پیشرو مانند چین و مالزی.
- شناسایی و تعیین هزینه‌های کلیدی تولید در صنعت فتوولتائیک در هند.

### ۲-۵-۱ فرضیات

داده‌های مربوط به تحلیل مالی ارائه شده در این گزارش در ادامه مورد اشاره قرار گرفته است. در تحلیل‌ها فرضیات مالی ابتدایی مد نظر قرار گرفته که عبارتند از:

Equity %	30%
Debt %	70%
Equity MIRR	16%
Interest on long term loan	12%
Long term loan period (years)	15
Interest capitalization (quarters)	3
Interest on WC loan	12%

Category	Life (years)	Salvage Value	Rate (WDV)	Rate (SLM)	Accelerated Depreciation
Building	62	0%	10%	1.63%	-
Plant and machinery	7	5%	15%	14%	40%

پیش‌فرض‌های مالیاتی:

Corporate Tax Assumptions	
Tax Rate	30%
Surcharge	12%
Education Surcharge	3%

<sup>1</sup> "Report on Surya\* To Boost Solar Manufacturing in India"

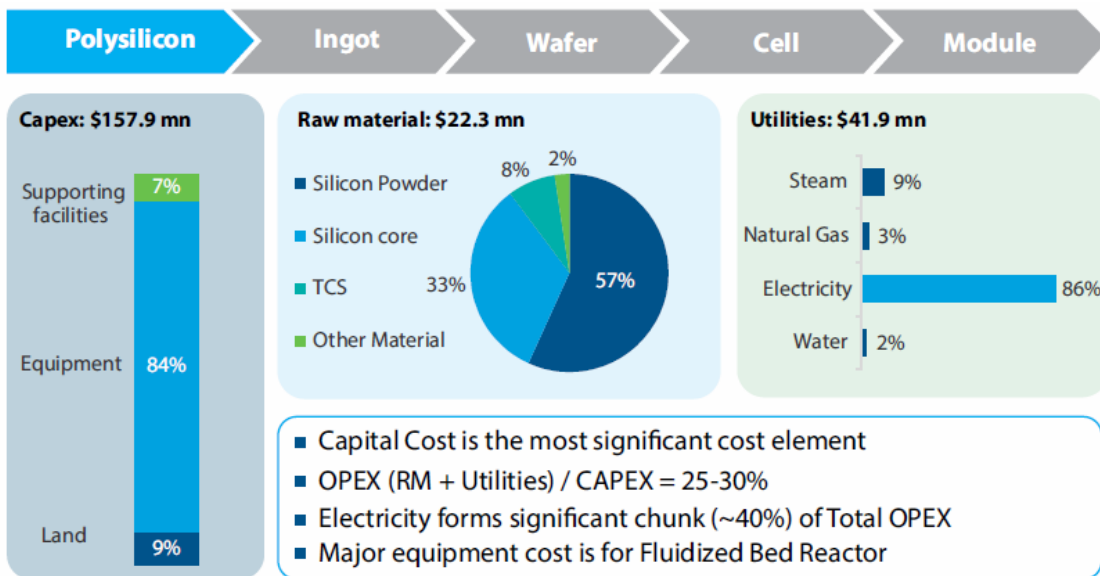
<b>Effective Corporate Rate</b>	34.60%
<b>Tax Holiday</b>	0 years
<b>MAT Rate Assumptions</b>	
<b>Tax Rate</b>	19%
<b>Surcharge</b>	12%
<b>Education Cess</b>	3%
<b>Effective MAT Rate</b>	21%

## ۲-۵-۲ آنالیز هزینه‌ای زنجیره ارزش ماژول فتوولتائیک

بر این اساس این گزارش نمودارهای زیر بیانگر داده‌های مالی برای هریک از حلقه‌های زنجیره‌ی ارزش ماژول فتوولتائیک در هند است.

### ۲-۵-۲-۱ حلقه تولید پلی‌سیلیکون

<b>Quartz to Semiconductor grade Polysilicon</b>		
<b>Raw material</b>	<b>\$22.3 mn</b>	<b>\$ (mn)/ GW</b>
silicon powder	57%	12.711
silicon core	33%	7.359
TCS	8%	1.784
Other material	2%	0.446
<b>Capex</b>	<b>\$157.9 mn</b>	
Supporting facilities	7%	11.053
Equipment	84%	132.636
Land	9%	14.211
<b>Utilities</b>	<b>\$41.9 mn</b>	
Steam	9%	3.771
Natural Gas	3%	1.257
Electricity	86%	36.034
Water	2%	0.838

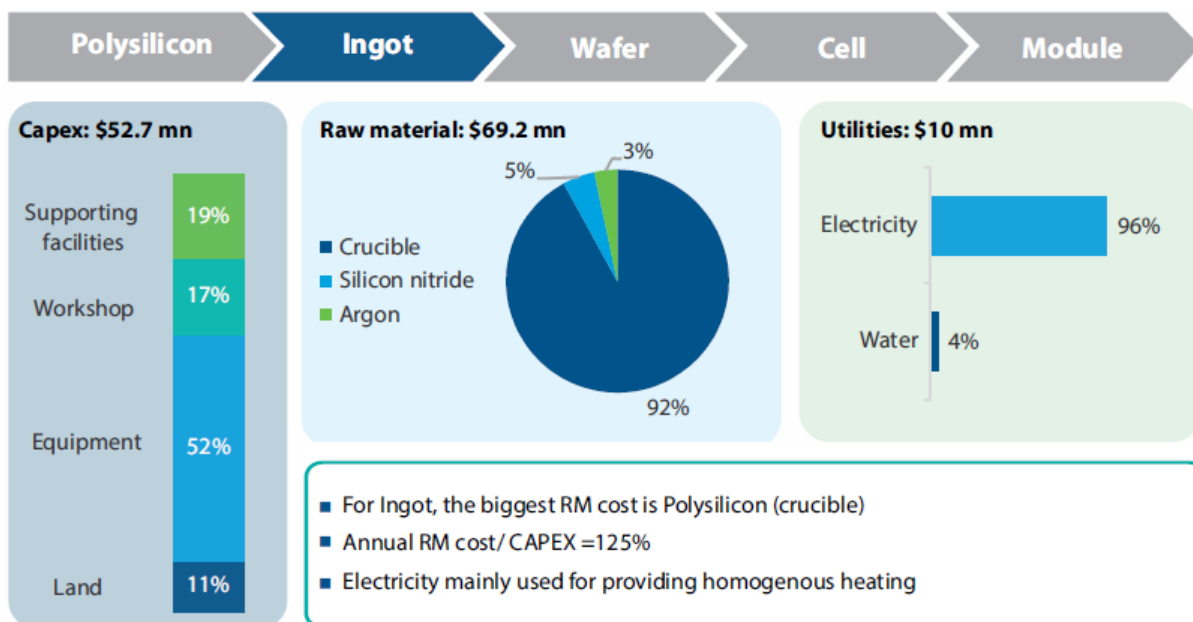


Note: Costs are for a multi-GW scale plant scaled to 1 GW; TCS: TriChloroSelane

شکل ۲-۸: برآورد هزینه‌های تولید در حلقه‌ی پلی‌سیلیکون

۲-۲-۵-۲ حلقه‌ی تولید شمش

Polysilicon to crystalline silicon Ingots		
Raw material	\$69.2 mn	\$(mn)/ GW
Crucible	0.92	63.664
Silicon nitride	5%	3.46
Argon	3%	2.076
<b>Capex</b>	<b>\$52.7 mn</b>	
Supporting facilities	19%	10.013
Workshop	17%	8.959
Equipment	52%	27.404
Land	11%	5.797
<b>Utilities</b>	<b>\$10 mn</b>	
Electricity	96%	9.6
Water	4%	0.4

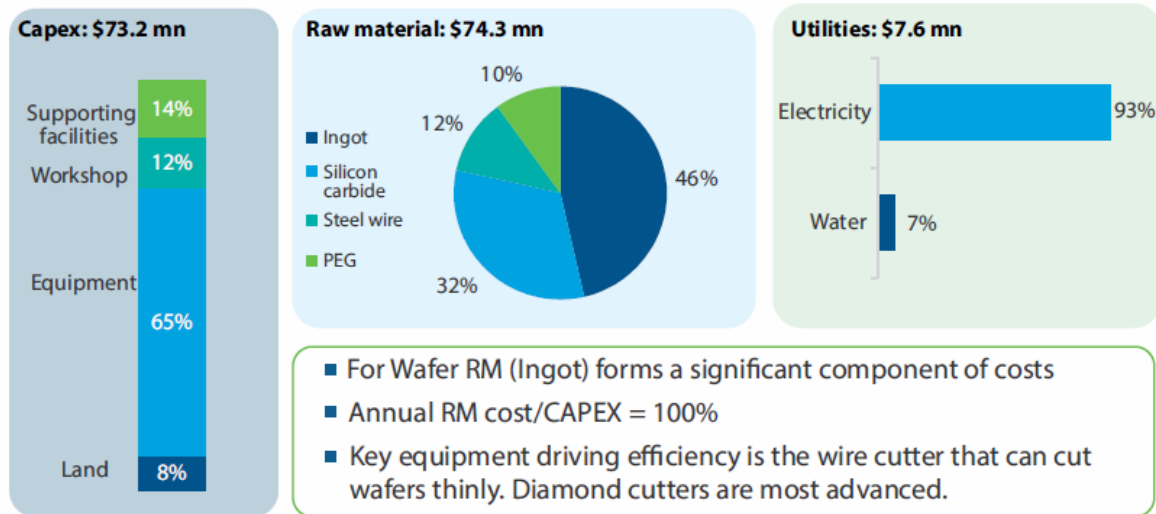


Note: Costs are for a multi-GW scale plant scaled to 1 GW

شکل ۲-۹: برآورد هزینه‌های تولید در حلقه‌ی تولید شمش

۳-۲-۵-۲ حلقه‌ی تولید ویفر

Ingot cutting into Wafers		
Raw material	\$74.3 mn	\$ (mn)/ GW
Ingot	46%	34.178
Silicon carbide	32%	23.776
Steel wire	12%	8.916
PEG	10%	7.43
<b>Capex</b>	<b>\$73.2 mn</b>	
Supporting facilities	14%	10.248
Workshop	12%	8.784
Equipment	65%	47.58
Land	8%	5.856
<b>Utilities</b>	<b>\$7.6 mn</b>	
Electricity	93%	7.068
Water	7%	0.532

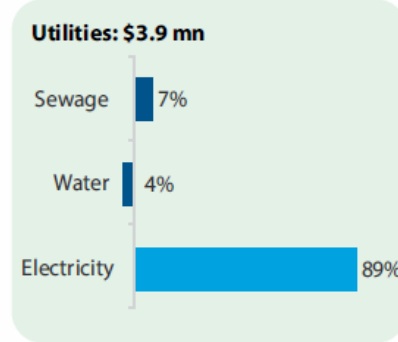
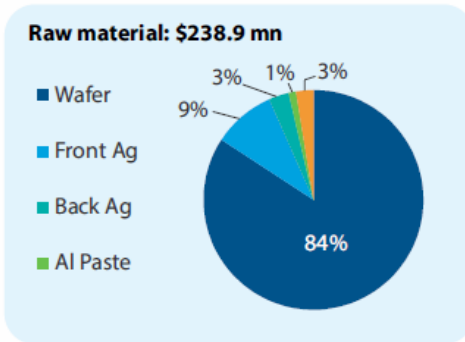
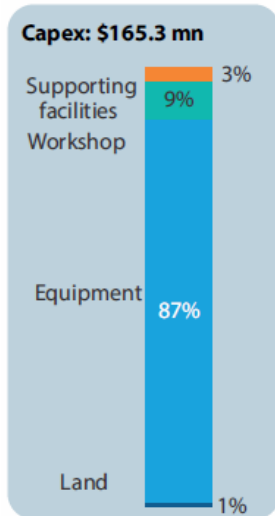


Note: Costs are for a multi-GW scale plant scaled to 1 GW; PEG: PolyEthylene Glycol

شکل ۲-۱: برآورد هزینه‌ها در حلقه‌ی تولید ویفر

۲-۵-۲-۴ حلقه‌ی تولید سلول

Wafer to Cells		
Raw material	\$238.9 mn	\$ (mn)/ GW
Wafer	84%	200.676
Front Ag	9%	21.501
Back Ag	3%	7.167
Al Paste	1%	2.389
other	3%	7.167
Capex	\$165.3 mn	
Supporting facilities	3%	4.959
Workshop	9%	14.877
Equipment	87%	143.811
Land	1%	1.653
Utilities	\$3.9 mn	
Electricity	89%	3.471
Water	4%	0.156
Sewage	7%	0.273



- Major raw material cost is Wafer cost
- Annual RM cost/ CAPEX = 125%
- Major equipment is printer and rear passivation with Aluminum oxide

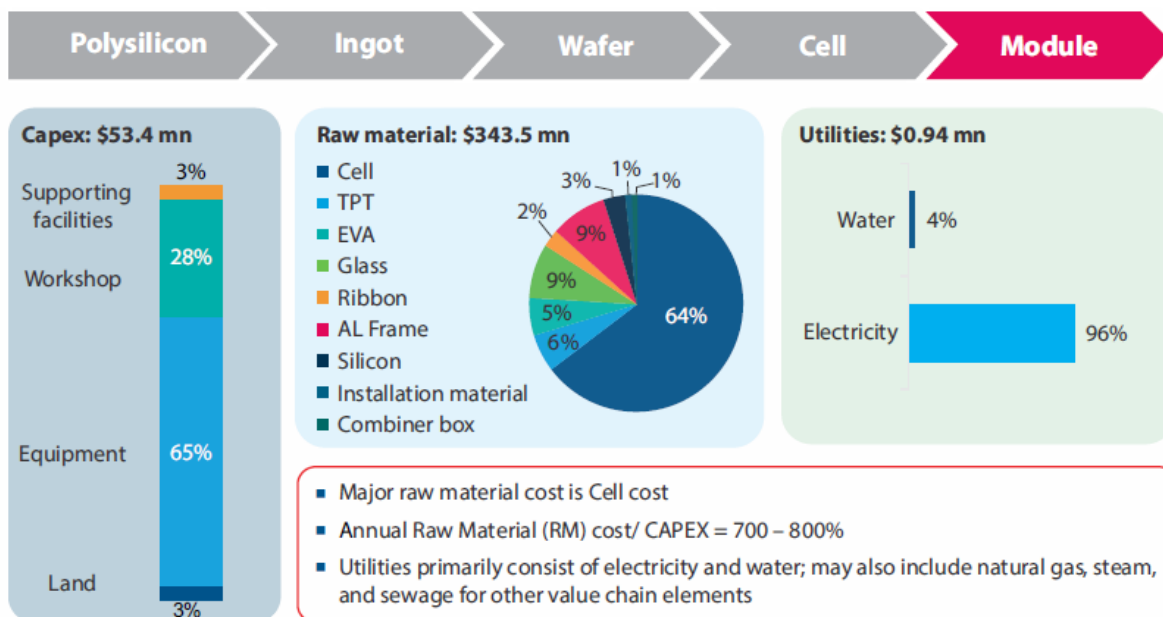
Note: Costs are for a multi-GW scale plant scaled to 1 GW

شکل ۲-۱۱: برآورد هزینه‌ها در حلقه‌ی تولید سلول

۵-۲-۵-۲ حلقه‌ی تولید ماژول

Cell to Modules		
Raw material	\$343.5 mn	\$(mn)/ GW
Cell	64%	219.84
TPT	6%	20.61
EVA	5%	17.175
Glass	9%	30.915
Ribbon	2%	6.87
AL Frame	9%	30.915
Silicon	3%	10.305
Installation material	1%	3.435
Combiner box	1%	3.435
<b>Capex</b>	<b>\$53.4 mn</b>	
Supporting facilities	3%	1.602
Workshop	28%	14.952
Equipment	65%	34.71
Land	3%	1.602
<b>Utilities</b>	<b>\$0.94 mn</b>	
Electricity	96%	0.9024
Water	4%	0.0376





Note: Costs are for a multi-GW scale plant (min. 3 GW) scaled down to 1 GW; TPT: Tedlar Polyester Tedlar, EVA: Ethylene Vinyl Acetate

## شکل ۲-۱۲: برآورد هزینه‌ها در حلقه‌ی تولید ماژول

### ۲-۶ گزارش فنی برای طراحی و ساخت سلول خورشیدی در ایران سال ۱۳۰۱۷

در این گزارش نتایج طرح مساعدت فنی CTCN در رابطه با ارزیابی ظرفیت تولید فعلی فتوولتائیک در ایران و ارزیابی اولیه برای شناسایی وضعیت محلی تکنولوژی فتوولتائیک، تامین مواد و زیرساخت‌های علمی مورد نیاز برای ایجاد صنعت فتوولتائیک ارائه شده است. در این گزارش تجزیه و تحلیل احداث کارخانه‌ی ۲۰۰ مگاواتی برای شناسایی زنجیره ارزش تولید در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس این گزارش در حلقه‌های مختلف موارد زیر اشاره شده است:

- **حلقه‌ی ماژول:** برای تولید ماژول تمامی مواد مصرفی مورد نیاز در ایران در دسترس است. البته کاملاً مشخص نیست که تولید شیشه‌های خورشیدی در مقیاس بزرگ کافی هست یا نه. البته تا زمان ارائه‌ی گزارش سلول‌های خورشیدی در ایران تولید نمی‌شوند که تقریباً ۶۰ درصد از هزینه‌های عملیاتی را شامل می‌شود.
- **حلقه‌ی سلول:** در تولید سلول بسیاری از مواد مهم در ایران از جمله: ویفر، چسب نقره، گاز سیلان و همچنین برخی تجهیزات که افزایش CAPEX را منجر می‌شود، قابل دسترس نیستند.
- **حلقه‌ی ویفر:** اصلی‌ترین درایور OPEX برای تولید ویفر در ایران در دسترس نیست. برخی از این موارد عبارتند از: هزینه‌های پلی‌سیلیکون، هزینه‌های بوت، هزینه‌ی مایعات و همچنین تجهیزاتی که CAPEX بالایی نیاز دارند. هزینه‌ی برق محلی نیز برای تولید در ایران اهمیت زیادی دارد.

<sup>1</sup> Technical assistance report on Photovoltaic Solar Cell Design and Manufacturing in Iran, ECN, April 2017

- **حلقه‌ی پلی‌سیلیکون:** در این حلقه اصلی‌ترین درایورهای OPEX، هزینه‌ی الکتریسیته و CAPEX است که بایستی بسیار کم باشد ( $> 2 \text{ ct/kWh}$ ) تا هزینه‌های پلی‌سیلیکون رقابتی باشد. تجهیزات مورد نیاز بایستی وارد شود و دانش و چالش‌های زیادی برای دستیابی به بازار آزاد و ارائه‌ی محصول با کیفیت بالا مورد نیاز است.

## ۲-۷ آمار و اطلاعات ارائه شده برای کشور هند در سال ۲۰۱۸

برای کشور هندوستان مطالعه‌ی امکان‌سنجی دیگری با هدف رسیدن به توان خورشیدی ۱۰۰ گیگاوات تا سال ۲۰۲۰ انجام شده است. در این مطالعه نیز زنجیره‌ی ارزش ماژول فتوولتائیک از حیث هزینه‌های مربوط به هر یک از حلقه‌های زنجیره مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس این گزارش ظرفیت تولید فعلی ماژول در هند برای تقاضای داخلی به اندازه‌ی کافی است اما استفاده از ظرفیت بسیار کم می‌باشد. یکی از دلایل اصلی عدم استفاده از این ظرفیت، تقاضای کم برای محصولات داخلی به دلیل هزینه‌ی بالا در مقایسه با ماژول‌های وارداتی است. هزینه‌ی بالای تولیدات داخلی ممکن است به دلیل وارداتی بودن مواد اولیه‌ی استفاده شده در ساخت سلول‌های خورشیدی باشد. به علاوه اکثر تولیدکنندگان هندی ماژول در مقیاس‌های بسیار کوچک کار می‌کنند و بنابراین نمی‌توانند مواد خام را به صورت عمده خریداری کنند که به نوبه‌ی خود هزینه‌ی حمل و نقل را افزایش داده و هزینه‌ی نهایی تولید را تحت تاثیر قرار می‌دهد. یکی دیگر از دلایل این واقعیت می‌تواند هزینه‌ی سرمایه‌گذاری بالا برای کارخانه‌های ساخته شده تا قبل از سال ۲۰۱۰ باشد. این کارخانه‌ها با هزینه‌ی سرمایه‌ی بسیار زیادی ساخته شده‌اند و با بدهی زیادی مواجه‌اند. به علاوه خطوط تولید قدیمی ناکارآمد هستند و هزینه‌های تدریجی زیادی دارند. بنابر وجود چنین چالش‌هایی در هند، در گزارش ارائه شده در سال ۲۰۱۸ سعی بر آن بوده که سناریوی مناسبی برای تولید ماژول‌های فتوولتائیک در هند ارائه شود. بر اساس همین گزارش داده‌های مالی و فرضیات مختلفی که در حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش به آن‌ها اشاره شده در ادامه آمده است. فرضیات و مفاهیمی که در مدل مالی برای محاسبه‌ی هزینه‌های تولید به صورت بومی استفاده شده‌اند عبارتند از:

Assumptions	Polysilicon	Ingot/Wafer	PV cells	PV modules
Capacity	10,000 TPA	200 MW/yr	200 MW/yr	200 MW/yr
Raw materials	Imported	Imported	Imported	Imported/local
O&M costs	1% of Capex	1% of Capex	1% of Capex	1% of Capex
Electricity price	0.055 USD/kWh	0.085 USD/kWh	0.085 USD/kWh	0.085 USD/kWh
Interest rate	9.00%	9.00%	9.00%	9.00%
Return on equity	13%	13%	13%	13%
Debt to equity	70:30	70:30	70:30	70:30
Life of plant	25 yrs	25 yrs	15 yrs	15 yrs
Capacity utilization	90%	90%	90%	90%

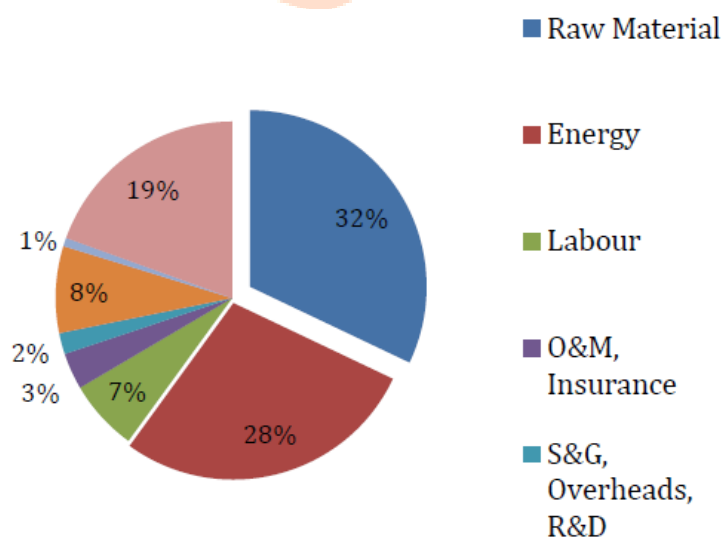
<sup>۱</sup> "Feasibility Analysis for c-Si PV Manufacturing in India"

Category	Amount
Manufacturing capacity	2000 MW/yr
Land required	400 acres
O&M costs	1% of capital cost
Energy costs	0.055 USD/kWh
Interest rate	9%
Return on equity	13%
Debt to equity	70:30
Life of plant	15 year
Capacity utilization	90%
Capital cost	~INR 9500 crore

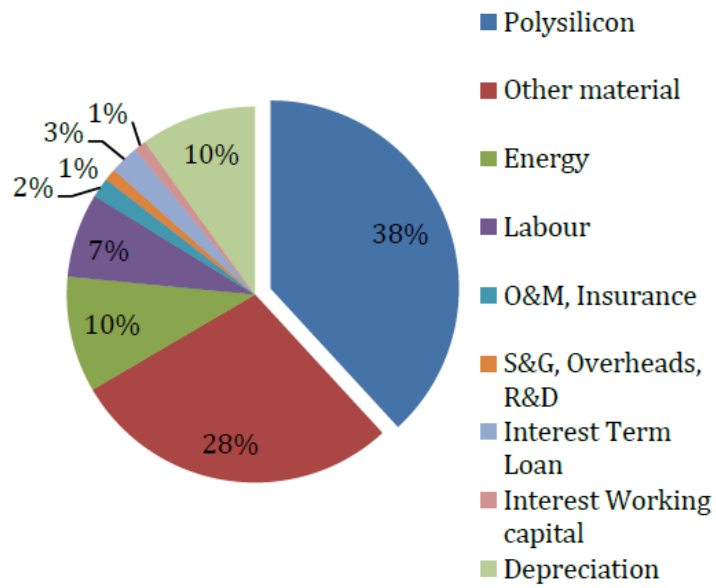
بر اساس مفروضات ذکر شده، هزینه‌ی تولید (per Wp/Kg) برای حلقه‌های مختلف محاسبه شده که به قرار زیر است:

Components (INR/crore)	Polysilicon	Ingot/Wafer	PV Cell	PV Module
Land & Development	20	13	9	7
EPC costs	2470	260	286	16
Other costs (Pre-op, WC Margin, IDC)	477	23	29	16
Total project cost	2967	296	324	39

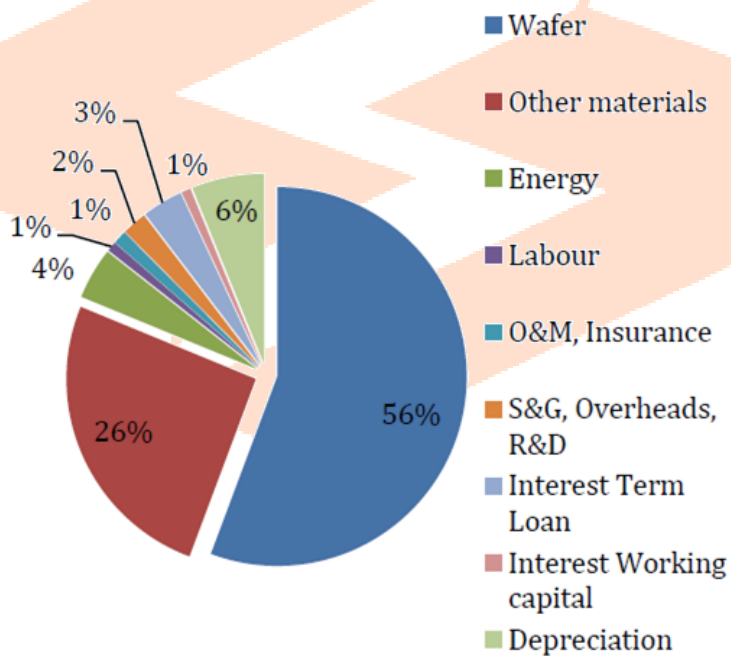
هزینه‌ی ماژول به صورت INR 20.94/Wp در نظر گرفته شده است. مواد اولیه مانند سلول و BOM بیشترین سهم را در هزینه‌ی کلی ماژول دارند. از سوی دیگر محاسبات نشان داده‌اند که هزینه برای تولید سلول حدود INR 14.96/Wp است. در ادامه به برآوردهای هزینه‌ای در حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش سیلیکونی بر اساس این گزارش پرداخته شده است.



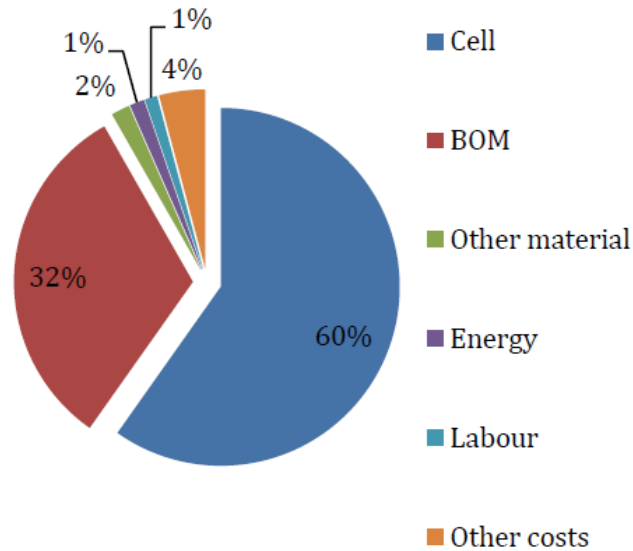
شکل ۲-۱۳: برآورد هزینه‌های تولید حلقه‌ی پلی سیلیکون



شکل ۲-۱۴: برآورد هزینه‌های تولید حلقه‌ی شمسی / ویفر



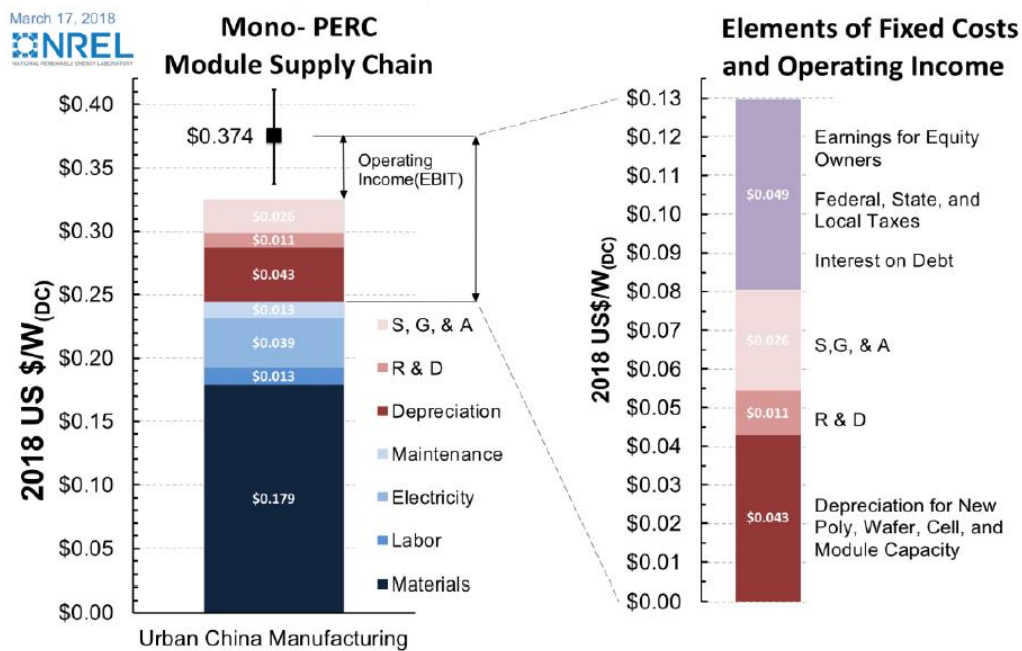
شکل ۲-۱۵: برآورد هزینه‌های تولید حلقه‌ی سلول



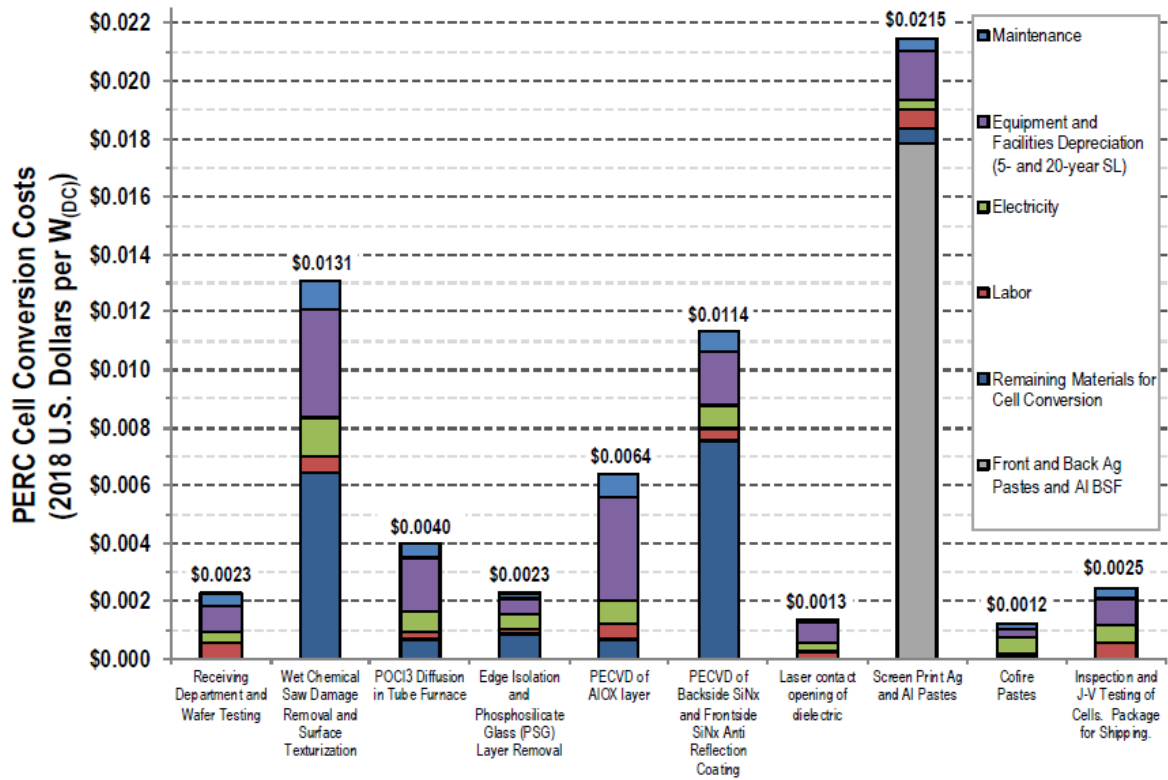
شکل ۲-۱۶: برآورد هزینه‌های تولید حلقه‌ی ماژول

## ۲-۸ گزارش موسسه‌ی NREL در سال ۲۰۱۸

بر اساس گزارش موسسه‌ی NREL در سال ۲۰۱۸ زنجیره تامین بین‌المللی، هزینه‌های تولید و اقتصاد پروژه‌ی فتوولتائیک مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عنوان یک نمونه زنجیره‌ی تامین کامل ماژول فتوولتائیک در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است. مدل هزینه‌ای برای تبدیل سلول در شکل ۲-۱۸ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که این مدل برای سلول PERC با مشخصات: ابعاد ۲۴۴ سانتی‌متر مربع و نوع p با ویفر ساخته شده به روش چکرالسکی و بازده سلول ۲۱٫۵ درصد ارائه شده است.



شکل ۲-۱۷: زنجیره‌ی تامین کامل ماژول فتوولتائیک



شکل ۲-۱۸: گام‌های هزینه‌ای برای سلول خورشیدی سیلیکونی PERC تک کریستال

## ۹-۲ طرح‌های تشویقی کشورها برای حمایت از صنایع خورشیدی

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ تامین انرژی مورد نیاز با هزینه‌ی کم ( <math>\sim \\$0.02/\text{kWh}</math> )</li> <li>○ زمین رایگان</li> <li>○ معافیت از پرداخت مالیات بر درآمد</li> <li>○ وام بدون بهره SIDF تا حدود ۵۰ درصد از دارایی‌های ثابت، هزینه‌های پیش از عملیات و سرمایه‌گذاری شروع کار</li> <li>○ امکان گرفتن وام برای مدت حداکثر ۱۵ سال با برنامه‌ی بازپرداخت منطبق با جریان نقدی پروژه</li> </ul>	<b>عربستان سعودی</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ واردات معاف از مالیات برای مواد</li> <li>○ بازپرداخت مالیات بر ارزش افزوده (VAT)</li> <li>○ مجاز بودن کاهش بهای جزئی</li> <li>○ امکان پذیر بودن کمک‌های نقدی مستقیم در برخی موارد</li> <li>○ اجازه دادن زمین به قیمت مناسب - قیمت زیر بازار</li> <li>○ سقف ثابت نرخ مالیات بر درآمد برای ده سال (مثلاً کاهش ۲ درصدی)</li> <li>○ ۵۰ درصد کاهش هزینه‌های عمومی اجتماعی</li> <li>○ بودجه‌ی دولتی برای آموزش</li> </ul>	<b>ایسلند</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ منطقه‌ی ویژه صنعتی (بدون مالیات)</li> <li>○ معافیت از پرداخت مالیات بر درآمد</li> <li>○ تخفیف در قیمت انرژی ( <math>\sim \\$0.040/\text{kWh}</math> )</li> <li>○ تخفیف در قیمت آب ( <math>\sim \\$0.003/\text{gallon}</math> )</li> <li>○ ارائه‌ی زیرساخت‌های با کیفیت بالا و خدمات شامل برق، آب، فاضلاب، دفع زباله و ارتباط از راه دور</li> </ul>	<b>امارات متحده عربی</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ کاهش قیمت برق ( از ۷ به ۳٫۵ به ازای هر کیلووات ساعت)</li> <li>○ کمک هزینه نرخ بهره‌ی ۴ درصد</li> <li>○ حمایت از ۲۵ درصد CAPEX</li> <li>○ حمایت از ۱۰ درصد OPEX</li> <li>○ معافیت عوارضی برای کالاهای سرمایه‌ای</li> </ul>	<b>هند</b>

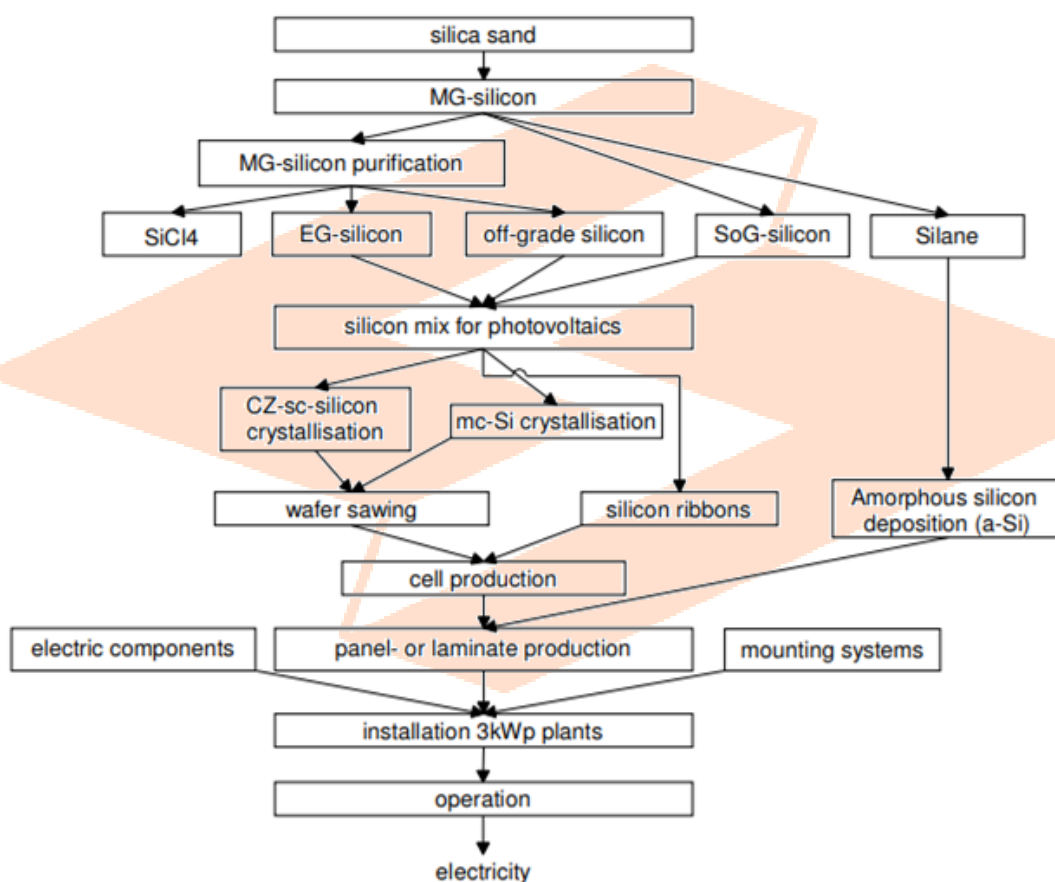
## فصل ۳ بررسی شرایط زنجیره ارزش در ایران





### ۱-۳ مقدمه

همانگونه که در فصل اول نیز اشاره شد، زنجیره‌ی ارزش تولید ماژول فتوولتائیک از حلقه‌های مختلفی تشکیل شده است. در هر حلقه به مواد اولیه‌ی مشخصی برای تولید نیاز است و خروجی هر حلقه به طور مستقیم در حلقه‌های بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر بازارهای جانبی نیز برای ارائه‌ی محصولات هر حلقه در کشور و یا در سطح بین‌المللی با بهره‌گیری از اهرم صادرات وجود دارد که در ارزیابی و پتانسیل‌سنجی تولید حلقه‌های مختلف بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرد. زنجیره‌ی تأمین برای تولید برق با بهره‌گیری از ماژول‌های سیلیکونی کریستالی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. در این بخش به ارزیابی پتانسیل‌های داخلی و خارجی برای تأمین مواد اولیه و همچنین مصرف محصولات نهایی پرداخته شده است.



شکل ۱-۳: زنجیره‌ی تأمین برای تولید برق با استفاده از ماژول‌های سیلیکونی کریستالی

### ۳-۱-۱ حلقه‌ی سیلیکون متال گرید

بر اساس اطلاعات ارائه شده در مرجع [32] شرایط بهینه برای تولید سیلیکون متال گرید از کوارتز در مصر مطابق

جدول زیر است:

Carbon/silica weight ratio (C/SiO <sub>2</sub> )	0.39
Charge composition	quartz 64.63 wt.%, coal 4.08 wt.%, charcoal 12.6 wt.%, petroleum coke 11.77 wt.%, and wood chips 6.92 wt.%
Smelting time	80 minutes
Power input	48 kWh
Electrical energy consumption	approx. 19 kWh/kg of silicon metal produced
Electrode consumption	0.11 kg/kg of silicon metal produced
Silicon metal purity	97%

سیلیکون متال گرید و فروسیلیکون به صورت کربوترمیک در کوره‌های قوس الکتریک تولید می‌شوند. مهم‌ترین تفاوت بین تولید سیلیکون و فروسیلیکون وجود و یا عدم وجود آهن در سیستم می‌باشد. انرژی الکتریکی به وسیله سه الکتروود به کوره انتقال داده می‌شود که به آهستگی حین فرایند مصرف می‌شوند. در ذوب فروسیلیکون الکتروودها معمولاً Self-baked یا Soderberg type و در ذوب سیلیکون از نوع Self-baked می‌باشند. الکتروودهای کربنی نقش اصلی را در فرایند تولید در کوره‌های قوس الکتریکی ایفا می‌کنند. جریان الکتریسیته از طریق الکتروودها و ایجاد قوس الکتریکی به دنبال آن دمای لازم برای کاهش کوارتز به سیلیکون را فراهم می‌کند. مهم‌ترین مواد کربنی مورد استفاده در تولید آلیاژهای سیلیکون عبارتند از: زغال سنگ، کک، زغال چوب، چپس چوب و پترولیوم کک. در حالت کلی انتخاب و نسبت این مواد بسته به میزان دسترسی محلی و هزینه، متفاوت است.<sup>۱</sup>

### ۳-۱-۱-۱ پیش‌بینی بازار سیلیکون متال گرید در ایران

سیلیکون متال گرید و محصولات جانبی تولید شده در حین فرایند تولید این حلقه در صنایع مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. غالباً سیلیکون قابل استفاده در مصارف تجاری به قالب مواد معدنی سیلیکونی است که در تولیدات مختلفی نظیر سیمان، ملات، سرامیک، شیشه و پلیمرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. فروسیلیکون<sup>۲</sup> بیشتر مورد استفاده از سیلیکون متال گرید است. فروسیلیکون یک عامل احیاکننده<sup>۳</sup> بسیار مهم در تولید کربن و فولاد ضدزنگ است. امروزه ذوب فولاد یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان فروسیلیکون است. با این حال فروسیلیکون در موارد فراتر از صنایع فولاد نیز استفاده می‌شود. فروسیلیکون برای تولید آهن ductile و همچنین در تصفیه‌ی منیزیم با خلوص بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. فروسیلیکون در تولید آلیاژهای سیلیکونی دارای ترکیبات آهن مقاوم در برابر گرما و خوردگی و همچنین فولاد سیلیکونی که در تولید الکتروموتورها و هسته‌های ترانسفورماتورها استفاده می‌شود نیز کاربرد دارد. سیلیکون متال گرید را می‌توان

<sup>1</sup> <http://www.oilenergy.ir>

<sup>2</sup> Ferro silicon

<sup>3</sup> Deoxidizing agent

به عنوان عامل آلیاژی<sup>۱</sup> در ریخته‌گری آلومینیوم<sup>۲</sup> به کار برد. قطعات آلومینیوم-سیلیکونی<sup>۳</sup> در مقایسه با قطعات ساخته شده از آلومینیوم خالص سبک‌تر بوده و استحکام بیشتری دارند. این قطعات در صنایع خودروسازی کاربرد دارند. فروسیلیکون همچنین جهت جلوگیری از خوردگی و افزایش مقاومت دردمای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین استفاده از فروسیلیکون در چدن‌ها باعث بالا رفتن سرعت کاربیدسازی می‌گردد. لازم به ذکر است در حال حاضر این محصول و همچنین جوانه زای زیرسینوک (پایه زیرکونیوم) در واحد تولید فروآلیاژ گروه صنعتی ذوب ایران تهیه و تولید می‌شود. تقریباً نیمی از کل سیلیکون متال‌گرید تولید شده توسط صنایع شیمیایی برای تولید فوم سیلیس، سیلان و سیلیکون (چسب‌ها و روغن‌ها) استفاده می‌شود. پلی‌سیلیکون سولار گرید نیز در عمدتاً در تولید سلول‌های خورشیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلیاژ سیلیکون کارباید<sup>۴</sup> نیز در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی و غیرالکترونیکی مانند جواهرآلات ترکیبی، سرامیک‌های سخت، ابزار برش، دیسک‌های ترمز، ساینده‌ها و المان‌های گرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترکیبات مورد نیاز برای هریک از صنایع یاد شده در جدول زیر آمده است:

CHEMICAL GRADE	
Silicon	98.50% min
Iron	0.50% max
Calcium	0.07% max
Aluminum	0.20% max
PRIMARY ALUMINUM GRADE	
Silicon	98.50% min
Iron	0.35% max
Calcium	0.07% max
SECONDARY ALUMINUM GRADE	
Silicon	98.50% min
Iron	1.00% max
Calcium	0.40% max
HIGH PURITY GRADE	
Silicon	98.50% min
Iron	0.10% max
Calcium	0.07% max
Aluminum	0.20% max

همچنین امکان صادرات سیلیکون متال گرید به عنوان محصول نهایی این حلقه به بازارهای بین‌المللی وجود دارد که بایستی با توجه به ظرفیت و شرایط کشور، این گزینه نیز مورد بررسی قرار گیرد. در صورت احداث کارخانه‌های تولید

<sup>1</sup> Alloying agent  
<sup>2</sup> Aluminum casting  
<sup>3</sup> Al-Si  
<sup>4</sup> Alloy silicon carbide

سیلیکون سولار گرید، محصول نهایی این حلقه می‌تواند به عنوان ورودی به کارخانجات و بازارهای فعال در حلقه‌ی پلی‌سیلیکون عرضه شود.

### ۳-۱-۱-۲ مزایا و چالش تولید سیلیکون متال گرید در ایران

تولید سیلیکون متال گرید در ایران در کنار اینکه موجب توسعه‌ی صنعتی می‌شود اما چالش‌هایی را نیز به همراه دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

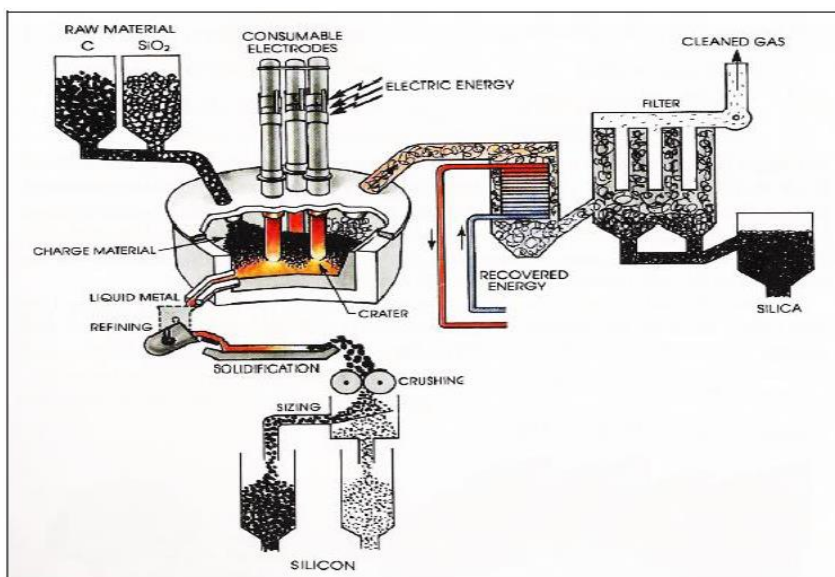
تولید سیلیکون متال گرید در ایران	
چالش‌ها	مزایا
<p>* نیاز به بازارهای داخلی و خارجی مرتبط برای عرضه‌ی محصول مازاد با توجه به نیاز حلقه‌ی بعد و همچنین محصولات جانبی حلقه</p>	<p>* امکان استفاده از محصولات این حلقه در سایر صنایع                      * نیاز به زمان احداث کوتاه‌تر نسبت به حلقه پلی‌سیلیکون                      * وجود دانش بومی مرتبط در ایران                      * وجود معادن کوارتز با کیفیت بالا در کشور                      * نیاز به حجم سرمایه‌گذاری محدودتر در قیاس با حلقه‌ی پلی‌سیلیکون                      * استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی</p>

### ۳-۱-۱-۳ تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید سیلیکون متال گرید

در تولید سیلیکون متال گرید به واحدهای مختلفی نیاز است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- ۱- واحد اختلاط: که در آن مواد خام پیش از وارد شدن در کوره، وزن شده و مخلوط می‌شوند.
- ۲- واحد گاز خروجی: که این دسته از گازها را خنک کرده و از کوره خارج می‌کند.
- ۳- واحد فرآوری: که سیلیکون تولیدی را پالایش می‌کند.

واحد فرآوری در واقع یک کوره‌ی ذوب قوس الکتریکی است که انرژی الکتریکی مصرف کرده و مواد خام ورودی را ذوب کرده و در نهایت پس از اتمام فرآیند سیلیکون متال گرید مذاب را به قسمت سردسازی می‌دهد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۲: نمای واحدهای مختلف در خط تولید سیلیکون متال گرید

### ۳-۱-۱-۴ برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید سیلیکون متال گرید در ایران

با توجه به اینکه معادن سیلیس فراوانی در ایران وجود دارد، این ماده‌ی اولیه در تولید سیلیکون متال گرید در داخل کشور قابل دستیابی است. جدول زیر فهرست مواد مورد نیاز برای تولید سیلیکون متال گرید و همچنین امکان یا عدم امکان تولید آنها در داخل کشور را نشان می‌دهد:

ردیف	ماده‌ی مورد نیاز	داخلی	خارجی	شرکت‌ها و معادن تامین‌کننده
۱	سیلیس ( $SiO_2$ )	*		معادن <sup>۱</sup> : ابراهیم آباد- حسین‌آباد ناظم- بادامک- آبدر- کندهلان- سعادت آباد- بابا رئیس- اردک‌لو ...
۲	زغال چوب	*		
۳	چیپس چوب	*		
۴	زغال سنگ	*		معادن زغال سنگ طیس- معدن زغال سنگ پابدانا- معادن فعال در استان‌های آذربایجان شرقی، خراسان جنوبی و رضوی، سمنان، کرمان، گلستان و مازندران
۵	کک	*		ذوب آهن اصفهان- واحدهای سنتی کک‌سازی سمنان- واحدهای سنتی کک‌سازی آقدربند خراسان رضوی- واحدهای کک‌سازی و پالایش قطران زرنند- واحدهای سنتی کک‌سازی آذربایجان شرقی
۶	الکترودهای کربنی			
۷	کوره‌ی قوس الکتریکی		*	Xi'an Abundance Electric Technology Co.,Ltd. - Tenova S.p.A.
	نیتروژن	*		شرکت آران گاز اصفهان، شرکت سهیل گاز، شرکت فاران صنعت، شرکت سومر اروند، شرکت گاز اخوان کلاتنتری
	دستگاه‌های خط تولید		*	

<sup>۱</sup> <http://www.iranmining.com>

### ۳-۱-۲ حلقه‌ی پلی سیلیکون

#### ۳-۱-۲-۱ پیش‌بینی بازار پلی سیلیکون در ایران

پلی سیلیکون تولیدی در صنعت بسته به روش‌های به کار رفته درصد خلوص مختلفی دارد. پلی سیلیکون عمدتاً به عنوان ماده‌ی خام در صنایع فتوولتائیک و الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنایع فتوولتائیک از پلی سیلیکون با درصد خلوص بین 6N تا 9N استفاده می‌شود و پلی سیلیکون با گرید بالاتر غالباً در صنایع الکترونیک برای تولید محصولات نظیر گیت‌های الکترونیکی، مدارات مجتمع، مقاومت‌ها و هادی‌ها به کار می‌رود. در کنار این موارد صادرات پلی سیلیکون به بازارهای جهانی نیز یکی از پتانسیل‌های موجود در پیش‌بینی بازار در این حلقه است.

#### ۳-۱-۲-۲ مزایا و چالش تولید پلی سیلیکون در ایران

در صورت دستیابی به بازارهای بین‌المللی تولید پلی سیلیکون در ایران می‌تواند یکی از ابزارهای توسعه‌ی اقتصادی کشور قلمداد گردد و از طریق صادرات به توسعه‌ی اقتصادی کمک کند. همچنین در صورت احداث و فعال شدن کارخانه‌های مربوط به تمامی حلقه‌های زنجیره ارزش تولید مازول فتوولتائیک می‌تواند نیاز به پلی سیلیکون در حلقه‌های بعدی را تامین کند. اما چالش‌هایی در این زمینه نیز وجود دارد که در جدول زیر به آن‌ها اشاره شده است.

تولید پلی سیلیکون در ایران	
چالش‌ها	مزایا
<ul style="list-style-type: none"><li>* زمان راه‌اندازی ۳ ساله</li><li>* نیاز به حجم سرمایه‌گذاری بالا</li><li>* مصرف بالای برق و آب</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>* افزایش جذابیت راه‌اندازی صنایع پایین‌دستی مرتبط در کشور</li><li>* تامین نیاز صنایع الکترونیک</li><li>* استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی</li></ul>

### ۳-۱-۲-۳ تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید پلی سیلیکون

بخش‌های مختلفی که در خط تولید پلی سیلیکون وجود دارد به همراه توضیح مختصری از کارکرد از بخش در ادامه آمده است:

<p>* در این مرحله در یک رآکتور بستر شناور<sup>۱</sup> از هیدروژن کلراید (HCL) برای تبدیل سیلیکون متال گرید به تری کلروسیلان (HSiCl<sub>3</sub>) مایع استفاده می‌شود.</p>	
<p>* در این مرحله از برج‌های تقطیر<sup>۲</sup> برای رسیدن به تری کلروسیلان بسیار خالص استفاده می‌شود.</p>	
<p>* در این مرحله عصاره‌ی بسیار خالص تری کلروسیلان تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد گرم شده و وارد رآکتورهای CVD زیمنس که میله‌های سیلیکونی در آن تعبیه شده است می‌گردد.</p>	
<p>* در این مرحله سیلیکون با درصد خلوص بالا بر روی میله‌های سیلیکونی موجود در رآکتورهای CVD مخصوص فرآیند زیمنس رسوب می‌کند.</p>	
<p>* در این مرحله پلی سیلیکون که در مرحله‌ی قبل بر روی میله رسوب کرده بود به قطعات کوچک‌تر خرد شده که به عنوان ماده‌ی اولیه در تولید شمش و ویفر سیلیکونی به واحدهای مربوطه عرضه می‌شود.</p>	

<sup>1</sup> Fluidized-bed reactor (FBR)

<sup>2</sup> Distillation

### ۳-۱-۲-۴ برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید پلی‌سیلیکون در ایران

برای تولید پلی‌سیلیکون به روش زیمنس از راکتورهای CVD استفاده می‌شود. برخی از مهم‌ترین تولیدکنندگان این

نوع راکتور در دنیا و مشخصات آن‌ها عبارتند از:

Company	Polysilicon harvest per production cycle	Annual Capacity	Silicon precursor	Model Name	Country	Price
Centrotherm SiTec	7-9 tons	500 ton/year	TCS	24 pair CVD Reactor	Germany	€800.000 - €2.56 mn (\$1.1 mn - \$3.4)
Graeber Engineering Consultants (GEC)	6 tons	400-500 ton/year	TCS	CVD-R 54	Germany	€1.4 mn - €1.5 mn (\$1.84mn - \$1.97 mn)
GT Advanced Technologies	~8 tons	> 680 ton/year	TCS	SDR-600	USA	\$5.25 mn - \$5.75 mn
Morimatsu	4.6/7.6/8.5 tons	150-700 ton/year	TCS/Silane	SM	China	\$2.28 mn - \$2.6 mn - \$3.5 mn
Poly Plant Project (PPP)	7.000 tons (> 600 MTY)	600 tons per year	-	CVDR-600Q	USA	\$1.75 mn - \$2.75 mn
Poly Plant Project (PPP)	> 5.4 tons (> 500 MTY)	500 tons per year	-	CVDR-500	USA	\$1.5 mn - \$2.5 mn
Poly Plant Project (PPP)	> 2.5 tons (>260 MTY)	260 tons per year	-	CVDR-300	USA	\$800,000 - \$1.5 mn
VRV	up to 8 - 8.5 tons	≥ 600 ton/year	TCS	CVD 96R1	Italy	€ 2.2 mn (\$2.9 mn)
Silicon Products Bitterfeld (SPB)	3500 kg	250 ton/year	TCS	Silver plated Siemens type CVD reactor	Germany	-
Schmid Silicon Technology (SST)	> 6800 kg	> 300 ton/year	Silane	SST MS CVD	Germany	-



Company	Polysilicon harvest per production cycle	Annual Capacity	Silicon precursor	Model Name	Country	Price
Centrotherm SiTec	7-9 tons	500 ton/year	TCS	24 pair CVD Reactor	Germany	€800.000 - €2.56 mn (\$1.1 mn - \$3.4 mn)
Graeber Engineering Consultants (GEC)	6 tons	400-500 ton/year	TCS	CVD-R 54	Germany	€1.4 mn - €1.5 mn (\$1.84mn - \$1.97 mn)
GT Advanced Technologies	~8 tons	> 680 ton/year	TCS	SDR-600	USA	\$5.25 mn - \$5.75 mn
Morimatsu	4.6/7.6/8.5 tons	150-700 ton/year	TCS/Silane	SM	China	\$2.28 mn - \$2.6 mn - \$3.5 mn
Poly Plant Project (PPP)	7.000 tons (> 600 MTY)	600 tons per year	-	CVDR-600Q	USA	\$1.75 mn - \$2.75 mn
Poly Plant Project (PPP)	> 5.4 tons (> 500 MTY)	500 tons per year	-	CVDR-500	USA	\$1.5 mn - \$2.5 mn
Poly Plant Project (PPP)	> 2.5 tons (>260 MTY)	260 tons per year	-	CVDR-300	USA	\$800,000 - \$1.5 mn
VRV	up to 8 - 8.5 tons	≥ 600 ton/year	TCS	CVD 96R1	Italy	€ 2.2 mn (\$2.9 mn)
Silicon Products Bitterfeld (SPB)	3500 kg	250 ton/year	TCS	Silver plated Siemens type CVD reactor	Germany	-
Schmid Silicon Technology (SST)	> 6800 kg	> 300 ton/year	Silane	SST MS CVD	Germany	-

ردیف	ماده‌ی مورد نیاز	داخلی	خارجی	شرکت‌ها و معادن تامین‌کننده
۱	CL <sub>2</sub>	*		شرکت پتروشیمی کیمیا بندر امام- پتروشیمی اروند- شرکت پتروشیمی خوزستان- شرکت پتروشیمی کارون- شرکت پتروشیمی غدیر- شرکت پتروشیمی شیراز
۲	H <sub>2</sub>	*		شرکت گاز اخوان کلاتتری، رهام گاز، شرکت هوا مایع زاگرس، شرکت فولاد غرب آسیا
۳	MG silicon	*		در صورت احداث خط تولید سیلیکون متال
۴	Nitrogen			شرکت آران گاز اصفهان، شرکت سهیل گاز، شرکت فاران صنعت، شرکت سومر اروند، شرکت گاز اخوان کلاتتری
۵	Water	*		
۶	Natural gas	*		
۷	تجهیزات خط تولید		*	

### ۳-۱-۳ حلقه‌ی دوم تولید شمش و ویفر

#### ۱-۳-۱-۳ پیش‌بینی بازار ویفر سیلیکونی در ایران

از ویفرهای سیلیکونی به منظور تولید تراشه و میکروتراشه‌های مورد استفاده در ابزارهای الکترونیکی استفاده می‌گردد. ویژگی‌های منحصر به فرد الکتریکی در ویفرهای سیلیکونی استفاده از این نیمه‌هادی‌ها در ساخت مدارهای مجتمع IC را امکان‌پذیر ساخته است. مدارهای مجتمع در طیف وسیعی از دستگاه‌های الکترونیکی و به ویژه رایانه‌ها در ابعادی گسترده بکار می‌روند. در حالت کلی از ویفرهای سیلیکونی در صنایع مختلفی استفاده می‌گردد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ساخت نیمه‌هادی‌ها
- ساخت سلول‌های خورشیدی
- کامپیوترها، لپ‌تاپ‌ها و انواع موبایل‌ها
- اتومبیل و سفینه‌های فضایی
- رباتیک
- مدارهای مجتمع IC
- میکروتراشه‌ها
- فرآیندهای لایه‌نشانی لایه‌نازک
- ابزارهای کالیبراسیون
- طراحی مدارهای مبدل و افزارهای توان بالا (حسگر و آشکارسازها)
- ساخت سیستم‌های میکروالکترومکانیکی MEMS
- ترانزیستور، خازن و یکسوکننده‌ها

### ۳-۱-۳ مزایا و چالش تولید ویفر و شمش در ایران

تولید ویفر در ایران در کنار اینکه موجب توسعه‌ی صنعتی می‌شود اما چالش‌هایی را نیز به همراه دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

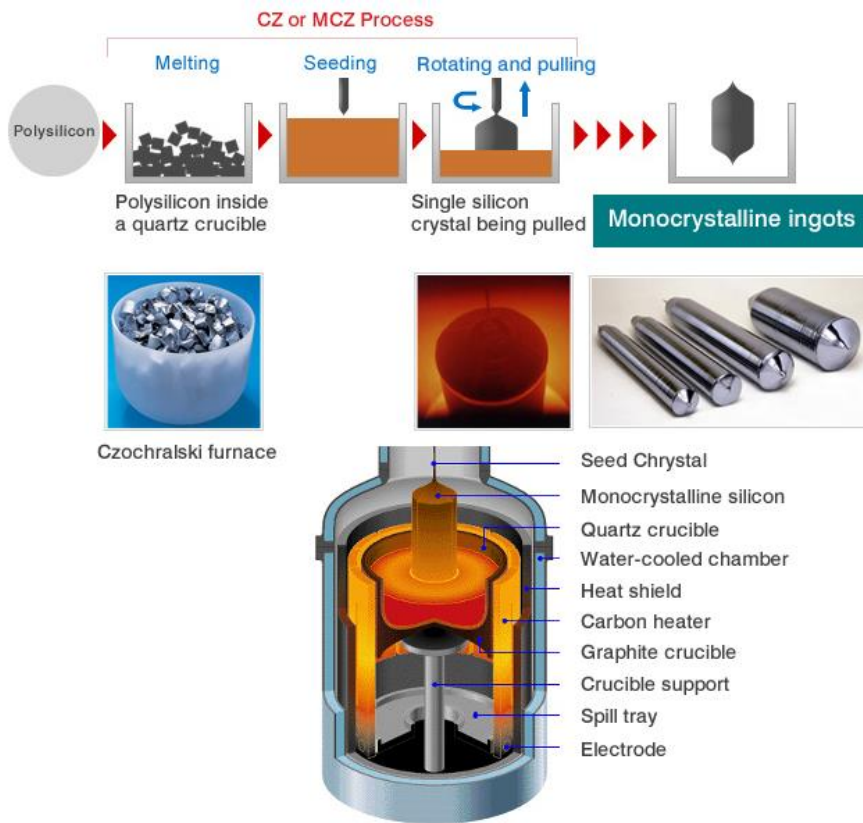
تولید ویفر در ایران	
چالش‌ها	مزایا
* نیاز به وجود حلقه‌های بالادستی یا پایین دستی در کشور	* استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی * امکان بهره‌گیری از افزایش نرخ خرید تضمینی برق تجدیدپذیر

### ۳-۱-۳ تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید شمش و ویفر

#### - تولید شمش کریستالی

همان‌گونه که در فصل اول اشاره گردید، آخرین مرحله خالص‌سازی ماده سیلیکون تولید شمش‌های کریستالی از طریق فرآیندهای چکرالسکی می‌باشد. فرآیندی که در طی آن ماده سیلیکون مورد نیاز به صورت یک شمش تک کریستالی تهیه می‌شود. در یک سیستم مدرن برای رشد کریستال به روش چکرالسکی حدود ۱۰۰ کیلوگرم از سیلیکون سولار گرید درون کوره‌ای ۵۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرد. این روند در نهایت منجر به رشد کریستالی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع حدود یک متر می‌شود. مقدار ناخالصی موجود در کوره، چگالی ناخالصی‌ها در کریستال نهایی را تعیین می‌کند. برای تولید سیلیکون نوع n یا p به ترتیب عناصر فسفر و بور را در حین فرآیند چکرالسکی به سیلیکون اضافه می‌نمایند.

انتخاب‌های محدودی برای جنس محفظه‌ی ذوب وجود دارد که در مقابل سیلیکون مذاب بی‌اثر باشد. انتخاب غالب امروزی کوارتز است. اما این ماده نیز توسط مذاب به آرامی حل شده و باعث اضافه شدن سیلیکون و اکسیژن به آن می‌شود. در نتیجه سیلیکون تک کریستالی که به روش چکرالسکی ساخته می‌شود سطح نسبتاً بالایی از اکسیژن دارد. کوره‌ی کوارتز برای پشتیبانی مکانیکی، به گرافیت نیاز دارد. در حین پروسه‌ی رشد، تبخیر کربن از این منبع، باعث ترکیب شدن کربن به میزان تقریبی  $10^{15} - 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  در کریستال می‌شود. برای جلوگیری از ورود سایر ناخالصی‌ها، فرآیند رشد در حضور گاز بی‌اثری مانند آرگون انجام می‌شود.



شکل ۳-۳: مراحل تولید شمش تک کریستال سیلیکونی

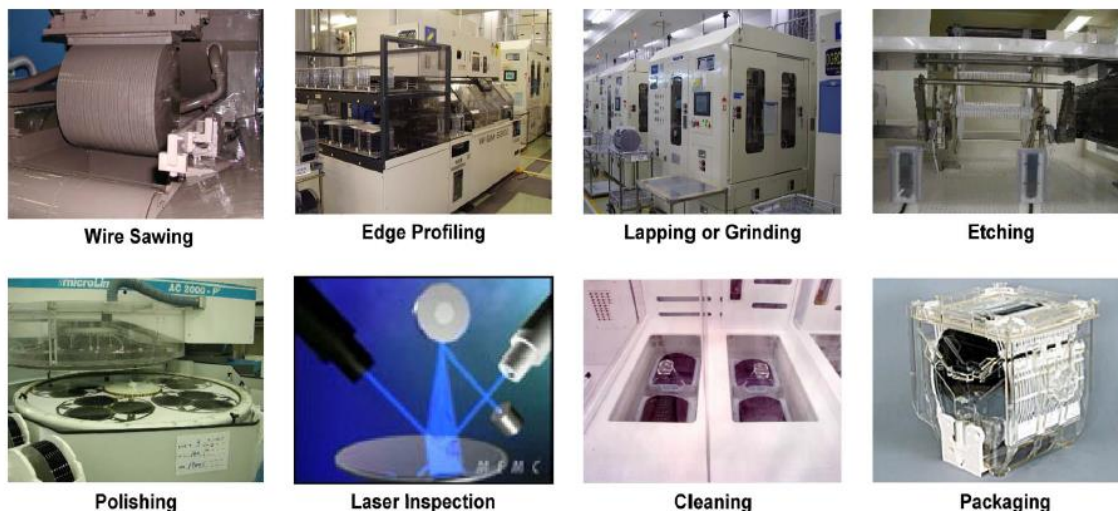
### - تولید ویفر

تولید ویفر، در حقیقت به توالی تولید ویفرهای تک یا چند کریستالی از شمش اطلاق می‌گردد. بعد از اتمام فرآیند رشد، بلور به قسمت برش منتقل گشته و پس از حذف بخش‌های ابتدایی و انتهایی و تولید کریستال با عرض یکنواخت، از اره‌های مخصوص برش که آغشته به مواد ساینده هستند در راستای تولید شمش‌هایی با طول کوتاه‌تر استفاده می‌کنند. در نهایت شمش‌های ایجاد شده، درون یک دستگاه برش سیمی دیگر قرار گرفته و چهار طرف آنها برش می‌خورد تا سطح مقطع آنها به شکل مربعی شود با گوشه‌های گرد تبدیل شود.



شکل ۳-۴: آماده‌سازی شمش کریستالی برای تولید ویفر

در مرحله بعد شمش‌های برش داده شده بواسطه سایش‌های مکانیکی و زدایش‌های شیمیایی تبدیل به ویفرهایی با سطح کاملاً صاف، صیقلی و تمیز می‌گردند. سیلیسیم ماده‌ای محکم و نسبتاً شکننده است و آسان‌ترین راه برای شکل دادن و برش آن استفاده از الماس‌های صنعتی است هر چند از مواد دیگری چون کاربید سیلیسیم<sup>۱</sup> SiC نیز استفاده شده است. در شکل ۳-۵ نمایی کلی از مراحل تولید ویفر قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۳-۵: مراحل کلی تولید ویفر سیلیکونی

در مرحله سایش مکانیکی استفاده از مخلوطی از ساینده‌ها نظیر گلیسرین،  $Al_2O_3$  و آب منجر به مسطح شدن ویفر و کاهش ضخامت آن تا میزان مورد نظر می‌گردد. استفاده از پودر  $Al_2O_3$  با دانه‌های ریزتر برای سایش نهایی و به منظور دستیابی به سطحی یکنواخت‌تر نیز از جمله راهکارهایی است که در این زمینه توصیه می‌گردد. در آخرین مرحله سایش مکانیکی، ایجاد شعاعی بر روی لبه‌های ویفر با استفاده از ابزاری با تیغه‌های برش الماسی صورت می‌گیرد. در مرحله زدایش شیمیایی استفاده از ترکیبات فعال زدایش اسیدی هیدروفلئوریک و نیتریک اسید در استیک اسید یا فسفریک اسید در سطح ویفر منجر به ایجاد سطح صاف و شیشه‌ای می‌شود.

### ۳-۱-۳-۴ برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید شمش و ویفر در ایران

ردیف	ماده‌ی مورد نیاز	داخلی	خارجی	شرکت‌ها و معادن تامین‌کننده
۱	سیلیکون سولار گرید	*		در صورت راه‌اندازی خط تولید حلقه‌ی قبلی
۲	گاز آرگون	*	*	شرکت توزیع گازهای صنعتی (دلوار افزار)، رهام گاز، پتروشیمی شیراز، شرکت سومر اروند
۳	کوره ذوب فلزات		*	
۴				
۵				

<sup>۱</sup> Silicon carbide SiC

ردیف	ماده‌ی مورد نیاز	داخلی	خارجی	نمونه شرکت‌های تامین کننده
۱	شمش سیلیکونی	*		در صورت راه‌اندازی خط تولید حلقه‌ی قبلی
۲	اره سیمی		*	Tesscorn - Meyer Burger
۳	کاربید سیلیسیوم SiC، الماس و یا سایر مواد ساینده			Henan HengXin Industrial & Mineral Products Co.,Ltd
۴	محلول‌های اسیدی نظیر و یا محلولی از آب و	پلی اتیلن گلیکول <sup>۱</sup>	*	ایران پلیمر، کیمیاگران، کیمیا تهران اسید
			*	شرکت کیمیا تهران اسید، آذر اسید، شرکت پتروشیمی کارون، مجتمع پتروشیمی شیراز - شرکت صنایع شیمی اسلوب شیمی، پیشگامان شیمی آریا، کیمیا تهران اسید - شرکت کیمیا تهران اسید، شرکت پتروشیمی فن‌آوران، شرکت سرمایه‌گذاری صنایع پتروشیمی

### ۳-۱-۴ حلقه‌ی سلول

سلول خورشیدی در حقیقت قسمت فعال ماژول است و تبدیل نور به الکتریسیته درون سلول انجام می‌گیرد. سلول‌های خورشیدی با تکنولوژی‌های مختلفی در بازار جهانی وجود دارد. از میان انواع سلول‌های خورشیدی در اینجا به سلول خورشیدی سیلیکونی با تکنولوژی ساخت PERC پرداخته شده است. لازم به ذکر است که صنعت فتوولتائیک یک صنعت در حال توسعه است و به همین دلیل همواره تکنولوژی‌های ساخت جدیدی برای سلول‌های خورشیدی معرفی می‌شود. البته هر ساله برخی از این موارد به بازارهای جهانی راه می‌یابند و بقیه در مراحل تحقیقاتی قرار می‌گیرند.

### ۳-۱-۴-۱ پیش‌بینی بازار سلول خورشیدی سیلیکونی در ایران

بازار اصلی برای سلول‌های خورشیدی در ایران تولیدکنندگان ماژول فتوولتائیک هستند. به علاوه در صورت احراز صلاحیت‌های مورد نیاز سلول‌های تولید داخل را می‌توان به بازارهای جهانی عرضه کرد. صادرات سلول خورشیدی در شرایطی امکان‌پذیر است که بازار خارجی برای این محصول وجود داشته باشد و کیفیت سلول به حدی باشد که توانایی رقابت با محصولات مشابه را نیز داشته باشد.

<sup>۱</sup> PolyEthylene Glycol (PEG)

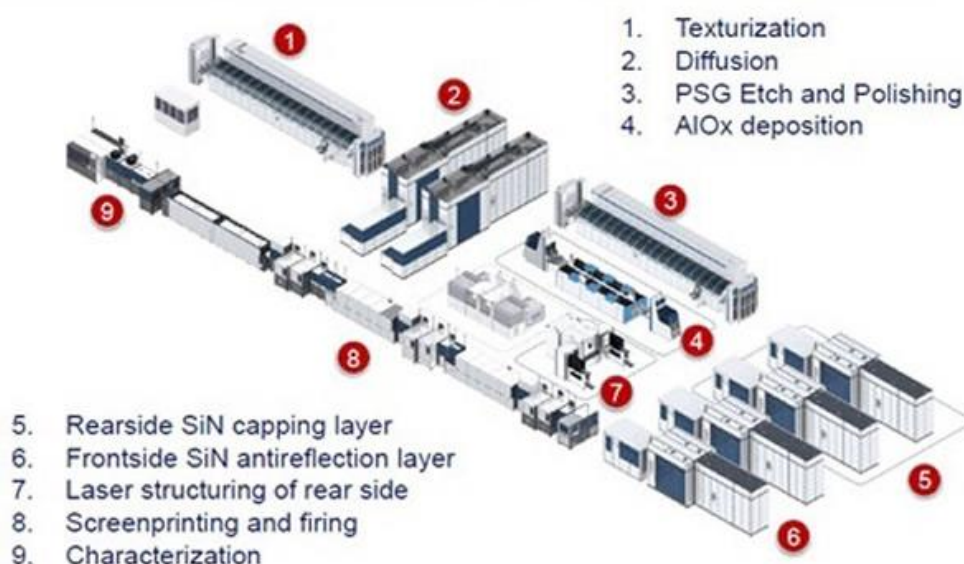
### ۳-۱-۴-۲ مزایا و چالش تولید سلول خورشیدی سیلیکونی در ایران

یکی از بزرگترین چالش‌های موجود در این حلقه تغییرات تکنولوژیکی است که به پیشرفت صنعت فتوولتائیک اتفاق می‌افتد. همواره تلاش می‌شود تا بازده سلول‌های خورشیدی افزایش یابد تا در نهایت استفاده‌ی بهینه‌تری از انرژی خورشیدی برای تولید الکتریسیته‌ی مورد نیاز صورت گیرد.

تولید سلول خورشیدی سیلیکونی در ایران	
چالش‌ها	مزایا
* تغییرات تکنولوژیکی و نیاز به به‌روزرسانی خط تولید سلول	* افزایش جذابیت راه‌اندازی صنایع پایین‌دستی مرتبط در کشور * تامین نیاز صنایع الکترونیک * استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی

### ۳-۱-۴-۳ تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید سلول سیلیکونی PERC

واحدهای مختلفی در خط تولید سلول خورشیدی وجود دارد که برای نمونه در یک خط تولید عبارتند از: واحد مخرس‌سازی- واحد دیفیوژن- واحد زدایش و جلادهی- واحد لایه‌نشانی  $AIO_x$ - واحد پوشش سیلیکون نایتراید- واحد لیزر- واحد متالیزاسیون و واحد مشخصه‌یابی. در شکل ۳-۶ این بخش‌های اساسی در خط تولید سلول خورشیدی سیلیکونی PERC قابل مشاهده است.



شکل ۳-۶: بخش‌های اساسی در خط تولید سلول خورشیدی سیلیکونی PERC

### ۳-۱-۴-۴ برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید سلول در ایران

ردیف	ماده‌ی مورد نیاز	داخلی	خارجی	شرکت‌ها و معادن تامین‌کننده
۱	چسب نقره			
۲	آلومینیوم	*		شرکت گروه کارخانه‌های تولیدی نورد آلومینیوم (سهامی عام)- شرکت آلومینیوم المهدی
۳	سدیم هیدروکسید			پارس شیمی- شرکت پترو گوهر پارس
۴	HCL			
۵	استیک اسید	*		پتروشیمی فناوران- پتروشیمی شهید تندگویان- پتروشیمی شازند اراک
۶	DI-water	*		
۷	Nitric acid	*		پتروشیمی کارون- مجتمع پتروشیمی شیراز
۸	Solvents			
۹	Isopropanol			
۱۰	Ammonia			پتروشیمی رازی- پتروشیمی شیراز- پتروشیمی خراسان- پتروشیمی شهدای مرودشت- پتروشیمی کرمانشاه
۱۱	Ethanol	*		انجمن تولیدکنندگان اتانول ایران، شرکت فن آوران اروند،
۱۲	SiN <sub>x</sub> PECVD reactor			
۱۳	Sputtering tool			
۱۴	Screenprinter			
۱۵	Phosphoryl chloride			
۱۶	Phosphoric acid			
۱۸	Oxygen	*		شرکت اکسیژن یاران، اکسیژن سامان اراک، شرکت دلوار افزار، شرکت گاز اخوان کلانتری، رهام گاز
۱۹	Nitrogen			شرکت آران گاز اصفهان، شرکت سهیل گاز، شرکت فاران صنعت، شرکت سومر اروند، شرکت گاز اخوان کلانتری
۲۰	Propane			
۲۱	Al paste			
۲۲	Diffusion Furnace	*		
۲۳	Argon			شرکت توزیع گازهای صنعتی (دلوار افزار)، رهام گاز، پتروشیمی شیراز، شرکت سومر اروند

### ۳-۱-۵ حلقه‌ی ماژول

تولید ماژول آخرین حلقه در زنجیره‌ی ارزش است. سلول‌های ساخته شده در حلقه‌ی پیش و یا سلول‌های خورشیدی وارداتی به همراه اجزای دیگر تشکیل‌دهنده‌ی ماژول از جمله شیشه، قاب و فریم، در کارخانه مونتاژ می‌شوند و پس از احراز صلاحیت بر اساس استانداردهای تدوین شده جهت حصول اطمینان از کیفیت محصول به دست مشتری می‌رسند.



کارخانه‌های این حلقه در ایران فعال است و این کارخانجات با توجه به اینکه سلول خورشیدی در ایران تولید نمی‌شود بر مبنای سلول‌های خورشیدی وارداتی محصولات خود را عرضه می‌کنند.

### ۳-۱-۵-۱ پیش‌بینی بازار ماژول فتوولتائیک در ایران

صادرات ماژول یکی از پتانسیل‌ها برای بازار این حلقه است. هم‌اکنون چین و آمریکا سهم زیادی از بازار جهانی را به خود اختصاص داده‌اند. به منظور صادر کردن ماژول باید از کیفیت آن بر مبنای استانداردهای بین‌المللی اطمینان حاصل کرد که این مهم با آزمون‌های کارخانه‌ای و آزمون‌های تأیید صلاحیت ماژول به عنوان محصول نهایی انجام می‌شود. بازارهای داخلی هم برای ماژول وجود دارد که در مقیاس بزرگ به صاحبان پروژه‌های نیروگاهی اختصاص می‌یابد. همچنین در مناطق روستایی و دور از شبکه‌ی توزیع برق می‌توان با نصب ماژول فتوولتائیک به صورت پراکنده و در مقیاس‌های کوچک انرژی مورد نیاز این نواحی را تأمین کرد. بر اساس قانون در ایران شرکت‌های دولتی نیز بایستی حدود ۲۰ درصد از انرژی مورد نیاز خود را از طریق منابع تجدیدپذیر تأمین کنند که این عامل می‌تواند شرکت‌های دولتی را به یکی از مشتریان موجود برای خرید ماژول تبدیل کند.

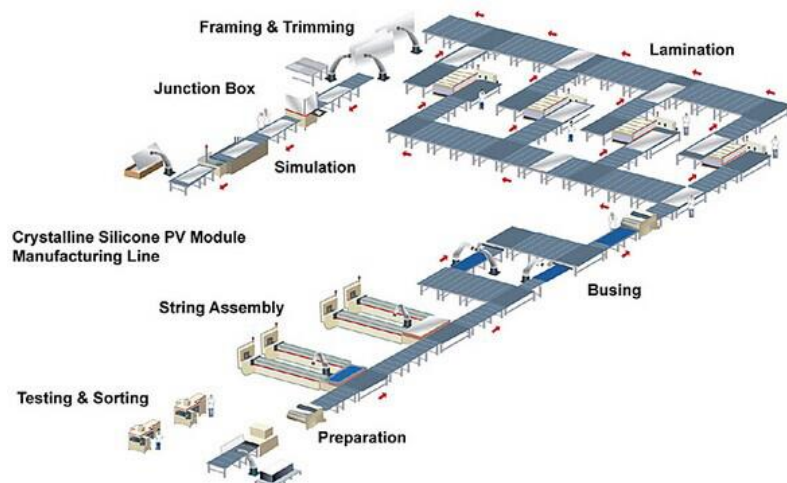
### ۳-۱-۵-۲ مزایا و چالش تولید ماژول فتوولتائیک در ایران

با توجه به اینکه چالش‌های پیش‌رو برای عملی‌سازی این حلقه در مقایسه با سایر حلقه‌های زنجیره ارزش کمتر است، احداث کارخانه‌ی مونتاژ ماژول فتوولتائیک در ایران با استقبال خوبی همراه بوده است. نیاز به سرمایه‌ی اولیه در این حلقه کمتر است و در نتیجه به لحاظ اقتصادی انگیزه‌ی بیشتری برای این حلقه وجود دارد.

تولید ماژول فتوولتائیک در ایران	
چالش‌ها	مزایا
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* زمان احداث کوتاه</li> <li>* امکان بهره‌گیری از افزایش نرخ خرید تضمینی برق تجدیدپذیر</li> <li>* حجم سرمایه‌گذاری اولیه کم</li> <li>* دوره بازگشت سرمایه کوتاه</li> </ul>

### ۳-۱-۵-۳ تجهیزات اصلی مورد نیاز در خط تولید ماژول فتوولتائیک

همانگونه که در شکل ۳-۷ مشخص است کارخانه‌های مونتاژ ماژول شامل بخش‌های مختلفی است که در هر کدام یکی از اجزای ماژول از جمله صفحه‌ی پشتی، جعبه اتصال، سلول‌های خورشیدی، لایه‌ی محافظ اتیلن ونیل استات و شیشه سرهم می‌شوند. در انتها نیز تست‌های کارخانه‌ای بر روی ماژول‌ها صورت می‌گیرد.



شکل ۳-۷: قسمت‌های مهم در خط تولید ماژول فتوولتائیک

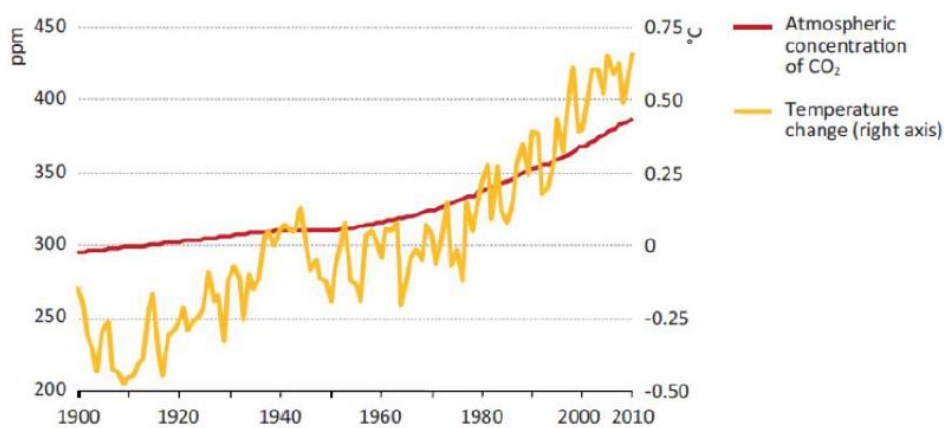
### ۳-۱-۵-۴ برخی از تامین‌کننده‌های داخلی یا خارجی برای تولید ماژول فتوولتائیک

ردیف	ماده‌ی مورد نیاز	داخلی	خارجی	شرکت‌ها و معادن تامین‌کننده
۱	Conductive adhesive			
۲	Standard backsheet			
۳	EVA	*		
۴	Glass	*		
۵	J-Box			
۶	Stringing/tabbing			
۷	Frame (Al)	*		شرکت ایرالکو- صنایع آلومینیوم المهدی- مجتمع آلومینیوم هرمزگان
۸	Cell			
۹	تجهیزات خط تولید ماژول			

## ۳-۲ اثرات زیست‌محیطی حلقه‌های مختلف زنجیره‌ی ارزش ماژول

### فتوولتائیک

یکی از نکات حائز اهمیت در این بخش سهم سیستم‌های فتوولتائیک در حفاظت از محیط زیست می‌باشد. اکثر کارشناسان، سهم قابل توجهی از آسیب‌های زیست محیطی نظیر افزایش دمای جهان<sup>۱</sup> را ناشی از افزایش آلاینده‌ی CO<sub>2</sub> در سال‌های اخیر می‌دانند. در مقایسه با عصر پیش از صنعتی شدن، دمای میانگین کره زمین ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. اکثریت جامعه علمی بر این باورند که دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای<sup>۲</sup> تولیدی توسط انسان اصلی‌ترین دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر و افزایش دما هستند. در سال ۲۰۱۳، غلظت دی‌اکسید کربن برای اولین بار به ۴۰۰ ppm در طول ۸۰۰،۰۰۰ سال گذشته رسید. شکل زیر روند تغییرات غلظت و دمایی را در سال‌های مختلف نشان می‌دهند.



شکل ۳-۸: میزان غلظت CO<sub>2</sub> در اتمسفر و میانگین تغییر دمای جهانی [13].

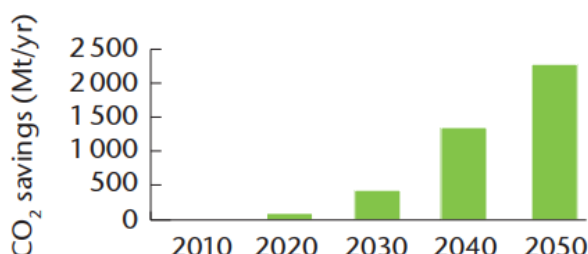
افزایش بسیار سریع دمای جهانی، پایداری سیستم جهانی آب و هوا را تحت تاثیر قرار داده است. افزایش دما اثرات گسترده‌ای بر امنیت غذایی جهانی، ساکنین مناطق ساحلی، تنوع گونه‌ها، زیست‌گاه‌های متعدد و... دارد. در حال حاضر صنعت فتوولتائیک در حال جایگزین شدن بجای نیروگاه‌های گاز طبیعی و زغال سنگ در دنیا می‌باشد، هر چند به دلیل مشکلات ناشی از ذخیره‌سازی انرژی تولیدی، این سیستم‌ها در آینده‌ای نزدیک جایگزین سوخت‌های فسیلی برای تولید برق نخواهند شد.

بر اساس اطلاعات موجود از سال ۲۰۱۳ از میزان انرژی تولید شده توسط منابع انرژی و انرژی بالقوه در سوخت‌ها (مثل نفت، گاز طبیعی و ...)، برق تولیدی توسط صنعت فتوولتائیک در حدود ۲/۲ کیلووات ساعت از این انرژی بالقوه را جایگزین نموده است. بنابر اطلاعات موجود در سال ۲۰۱۳ میزان انرژی بالقوه ۶۵ تراوات ساعت توسط فتوولتائیک

<sup>1</sup> Global Warming

<sup>2</sup> Green House Gas (GHG)

جایگزین گردیده است. مصرف ۲۸ تراوات ساعت برق تولیدی توسط فتوولتائیک در سال ۲۰۱۲ منجر به عدم تولید ۱۸/۶ میلیون تن آلاینده‌ی دی‌اکسیدکربن گردید. میزان جلوگیری از انتشار سالیانه گاز CO<sub>2</sub> به واسطه‌ی جایگزینی صنعت فتوولتائیک را نشان می‌دهد. هزینه تولید و استفاده از صنعت فتوولتائیک بسیار کمتر از هزینه آسیب‌هایی است که گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های تولیدی از سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌کنند [13].



شکل ۳-۹: میزان حذف آلاینده‌ی CO<sub>2</sub> توسط صنعت فتوولتائیک [16].

ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن شاخص‌های آلودگی آب، هوا و تاثیرات هر یک مورد بررسی قرار می‌گیرد. انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ناشی از آن در تمامی مراحل و حلقه‌های زنجیره ارزش سیستم‌های فتوولتائیک از جمله استخراج سنگ کوارتز تا بخش حمل و نقل تکرار می‌گردد و از جمله تاثیرات غالب در این زمینه تلقی می‌گردد. مابقی تاثیرات تنها در بخش‌های ساخت محسوس می‌باشد، که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته شده است.

Area of protection	Impact category	Unit
Resources consumption	Total energy	Kwh/Wp
Air pollution	Global warming potential	g-co <sub>2</sub> , eq/Kwh
	Acidification potential	g-SO <sub>2</sub> , eq/Kwh
	Photochemical oxidation	g-Ethylene, eq/Kwh
	Ozone layer depletion	g-R11, eq/Kwh
Water pollution	Eutrophication potential	g-Po <sub>4</sub> , eq/Kwh
Human toxicity	Cancer human toxicity potential	g-DCB, eq/Kwh

به منظور ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای در فناوری‌های مختلف تولید برق می‌توان از ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای ای چرخه حیات استفاده نمود. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در کل چرخه حیات تولید یک کیلووات ساعت برق به فاکتورهای زیر بستگی دارد:

- انتشار مستقیم ایجاد شده در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌ها
- انتشار زمان ساخت نیروگاه‌ها
- انتشار زمان بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌ها
- انتشار در زمان پایان عمر نیروگاه‌ها و از بین بردن نیروگاه‌ها

- نوع گاز گلخانه ای
- ضریب پتانسیل گرمایش جهانی هر یک از گازهای گلخانه‌ای
- خروجی خالص بر در طول عمر نیروگاه

در محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، تمامی مراحل زیر در نظر گرفته می‌شود:

- اکتشاف، استخراج و فرآوری منابع انرژی
- استخراج مواد خام برای فناوری و زیرساخت‌ها
- تولید زیرساخت‌ها و سوخت
- تولید و ساخت فناوری
- حمل و نقل سوخت
- سایر فعالیت‌های حمل و نقل (به عنوان مثال در طول مرحله ساخت)
- تبدیل به برق یا گرما یا انرژی مکانیکی
- مدیریت زائدات و زیرساخت‌های مدیریت زائدات (مانند زائدات رادیواکتیو، دفع خاکستر و غیره)

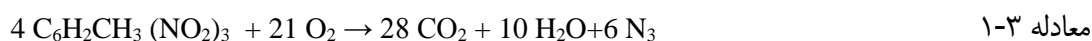
در این بخش سهم هر یک از حلقه‌های زنجیره ارزش فتوولتائیک در انتشار گازهای گلخانه‌ای در مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### ۱-۲-۳ انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)

مهمترین مسأله‌ای که امروزه توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای است که این مسأله جهان را در آستانه یک فاجعه بزرگ انسانی و زیست‌محیطی قرار داده است. مهمترین گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان می‌باشند که باعث گرم شدن جو زمین می‌شوند که به این پدیده اصطلاحاً اثر گلخانه‌ای اطلاق می‌شود.

### ۲-۲-۳ انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای در مرحله استخراج سنگ کوارتز

یکی از متداول‌ترین روش‌ها در زمینه استخراج سنگ معدن کوارتز استفاده از تری‌نیترومتن ( $C_6H_2CH_3$  (TNT)  $(NO_2)_3$ ) می‌باشد که منجر به انتشار مستقیم گاز  $CO_2$  می‌گردد. بدین ترتیب که در فرآیند انفجار که طی آن تجزیه و یا سوختن سریع مواد منفجره، منجر به آزاد شدن بسیار سریع گاز و حرارت و وارد شدن فشار بسیار زیاد به محیط اطراف می‌گردد، سبب شکستگی و تخریب سنگ‌های معدنی می‌گردد. بر اساس معادله ۱-۳ فرآیند سوخت با انتشار مستقیم میزان زیادی دی‌اکسید کربن همراه می‌باشد.



بر اساس مطالعات انجام گرفته استخراج یک کیلوگرم سنگ معدنی کوارتز نیازمند  $2,94 \times 10^{-4}$  کیلوگرم TNT می‌باشد که در طی این فرآیند ۳۹۸ گرم کربن دی‌اکسید غیرفسیلی<sup>۱</sup> منتشر می‌گردد.

در بحث ارزیابی اثرات زیست محیطی، انتشار کل گازهای گلخانه‌ای بر حسب گرم معادل دی‌اکسید کربن به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی بیان می‌شود. لذا میزان انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای در مرحله استخراج سنگ کوارتز معادل  $2,13 \times 10^{-4}$  g-CO<sub>2</sub>, eq/Kwh می‌باشد.

بر اساس جدول زیر که داده‌های مربوط به میزان مواد ورودی در یک کارخانه تولید سلول سیلیکونی چند کریستالی می‌باشد، استفاده از یک کیلوگرم سنگ کوارتز منجر به تولید شمش چند کریستالی ۰,۳۴ کیلوگرمی و در نهایت سلول ۶۶ وات (Wp) می‌گردد. میزان انرژی مصرفی در این مرحله معادل ۰,۰۰۰۸۴ kwh/Wp گزارش شده است.

جدول ۱-۳: مواد ورودی و خروجی در هر یک از زنجیره‌های تولید سلول خورشیدی

Material input	Output after process
2.0 kg Quartz (Silicon dioxide)	1.0 kg MG-Si
1.35 kg MG-Si	1.0 kg SoG-Si
1.1 kg SoG-Si	1.0 kg multi-Si ingot
1.0 kg multi-Si ingot	46 wafers 156 mm × 156 mm
1.0 kg multi-Si ingot	196 Wp PV Power

معادله ۲-۳ بیانگر میزان انتشار غیرمستقیم گازهای گلخانه‌ای در مراحل مختلف تولید سیستم‌های فتوولتائیک می‌باشد:

معادله ۲-۳

$$C_i = \frac{(E_i \times C_{grid})}{P_t}$$

در رابطه فوق پارامترهای مذکور عبارتند از:

$C_i$  میزان انتشار GHG مرتبط با فرآیند  $i$  ام (g-CO<sub>2</sub>, eq/Kwh)

$E_i$  انرژی مصرفی در فرآیند  $i$  ام (kwh/Wp)

$C_{grid}$  ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای شبکه برق عمومی (g-CO<sub>2</sub>, eq/Kwh)

<sup>1</sup> Non-fossil CO<sub>2</sub>

\* لازم به ذکر است که کربن دی‌اکسید حاصل از انجام فرآیندهای شیمیایی در دسته سوخت‌های غیرفسیلی قرار می‌گیرد در حالی که CO<sub>2</sub> فسیلی از مصرف سوخت‌های فسیلی به منظور فراهم آوردن انرژی لازم به منظور انجام فرآیندها نشأت می‌گیرد.

مصرف برق در هر یک از مراحل زنجیره ارزش سیستم‌های فتوولتائیک معادل انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. لذا با توجه به داده‌های جدول ۳-۱ و بهره‌گیری از معادله ۳-۲ انتشار کلی گازهای گلخانه‌ای در طی این پروسه  $0,028 \text{ g-CO}_2, \text{ eq/Kwh}$  محاسبه شده است.

### ۳-۲-۳ انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید سیلیکون متال

همان‌گونه که پیش‌تر نیز ذکر گردید تولید سیلیکون متال طی فرآیند کاهش انجام می‌گیرد. همان‌گونه که در معادله ۳-۳ نیز قابل ملاحظه می‌باشد، انجام این فرآیند شیمیایی با تولید گازهای گلخانه‌ای نظیر کربن‌دی‌اکسید همراه می‌باشد:



با توجه به جرم مولی  $\text{MG-Si}$  ( $28,0855 \text{ g/mol}$ ) و  $\text{CO}_2$  ( $44,01 \text{ g/mol}$ ) تولید یک کیلوگرم سیلیکون متال منجر به انتشار  $1,57$  کیلوگرم کربن‌دی‌اکسید می‌گردد. بدین ترتیب میزان کربن‌دی‌اکسید ناشی از انجام واکنش‌های شیمیایی که در گروه سوخت‌های غیرفسیلی قرار می‌گیرد عبارتست از  $0,42 \text{ CO}_2, \text{ eq/Kwh}$ . میزان انتشار  $\text{CO}_2$  فسیلی نیز در این مرحله  $0,95 \text{ CO}_2, \text{ eq/Kwh}$  تخمین زده شده است. اکسید نیتروژن<sup>۱</sup> و ترکیبات آلی فرار<sup>۲</sup> جزو آلاینده‌های مهم هوای آزاد محسوب می‌شوند. این مواد به دو دسته جداگانه متانی ( $\text{CH}_4$ ) و غیر متانی (NMVOCs)<sup>۳</sup> تقسیم بندی می‌شوند. متان یک گاز گلخانه‌ای بالقوه است که در گرم شدن زمین نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. دیگر هیدروکربن‌های این دسته نیز گازهای مهم گلخانه‌ای محسوب می‌شوند چرا که نقش بسزایی در تولید ازن و طولانی شدن مدت حضور متان در اتمسفر دارند. در دسته ترکیبات آلی فرار غیر متانی مواد آروماتیک مثل بنزن، تولوئن و زایلن قرار دارند که مذنون به ایجاد سرطان و بخصوص سرطان خون در صورت تماس مداوم هستند. انتشار ترکیبات NMVOCها در فرآیند تولید سیلیکون متال بسیار ناچیز بوده و قابل اغماض می‌باشد. از این رو میزان کلی گازهای گلخانه‌ای در این فرآیند  $1,38 \text{ CO}_2, \text{ eq/Kwh}$  برآورد شده است.

### ۴-۲-۳ انتشار گازهای گلخانه‌ای در سایر حلقه‌ها

تولید سیلیکون، سلول و ماژول‌های خورشیدی به صورت غیرمستقیم و با مصرف انرژی الکتریکی در حلقه‌های مختلف منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند. در جدول زیر میزان GHG منتشر شده در بخش‌های مختلف قابل ملاحظه می‌باشد.

<sup>۱</sup> Nitrogen oxides

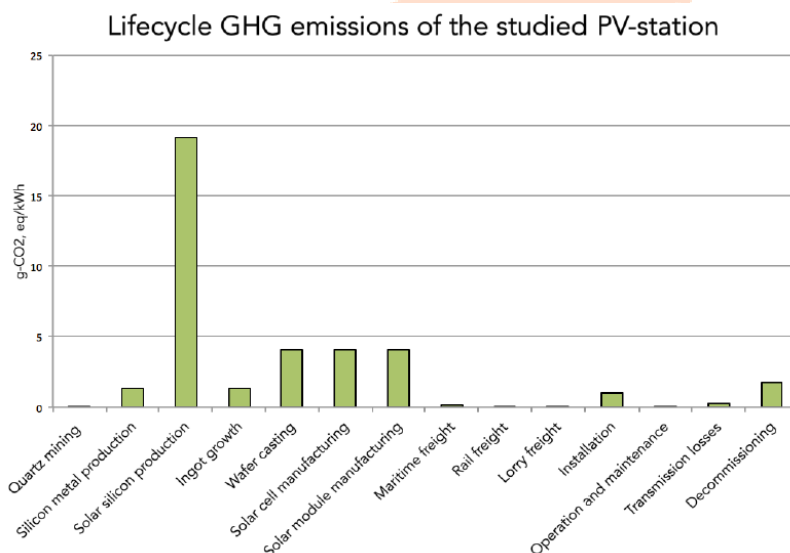
<sup>۲</sup> Volatile organic compounds

<sup>۳</sup> Non-methane volatile organic compounds (NMVOC)

جدول ۲-۳: انتشار غیرمستقیم گازهای گلخانه‌ای در فرآیندهای تولید SoG-Si، شمش، ویفر، سلول و ماژول خورشیدی

Process	Grid emission factor (g-CO <sub>2</sub> , eq/Kwh)	Energy consumption (Kwh/Wp)	GHG emissions (g-CO <sub>2</sub> , eq/Kwh)
SoG-So production	811 (China, Jiangsu)	0.67	19.19
Multi-Si ingot growing	811 (China, Jiangsu)	0.0459	1.32
Multi-Si wafer casting	811 (China, Jiangsu)	0.143	4.10
PV-cell manufacturing	564 (Vietnam)	0.204	4.07
PV-module assembly	564 (Vietnam)	0.204	4.07
PV-station integration	131.2 (Nordic mix)	0.23	1.02

در شکل زیر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های مختلف چرخه حیات واحد صنعتی PV از مراحل ساخت تا نصب، تعمیر و نگهداری، حمل و نقل و سایر مراحل قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۲-۳: میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های مختلف چرخه حیات واحد صنعتی PV

### ۵-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اسیدی سازی

در این بخش میزان انتشار گوگرد دی‌اکسید (SO<sub>2</sub>) در حلقه‌های مختلف مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مخاطرات فراوان ناشی از حضور آلاینده دی‌اکسید گوگرد در محیط زیست از جمله نقش آن در ایجاد باران‌های اسیدی سبب شده است تا در سال‌های اخیر فرآیندهای مختلف و متعددی در راستای حذف گوگرد صورت گیرد. در جدول زیر منابع مختلف تولید اسید (به عبارتی تولید یون H<sup>+</sup> در هوا) که معادل انتشار SO<sub>2</sub> می‌باشد، در بخش‌های مختلف زنجیره ارزش PV قابل ملاحظه می‌باشد:



Acid Producer (H <sup>+</sup> formation in air)	So2 equivalence factor
1kg HCl	0.88 kg eq SO <sub>2</sub>
1kg HF	1.60 kg eq SO <sub>2</sub>
1kg NO <sub>2</sub>	0.7 kg eq SO <sub>2</sub>
1kg SO <sub>2</sub>	1.00 kg eq SO <sub>2</sub>
1kg H <sub>2</sub> S	1.88 kg eq SO <sub>2</sub>
1kg NH <sub>3</sub>	0.93 kg eq SO <sub>2</sub>

سهم تولید گوگرد دی اکسید در حلقه تولید سیلیکون خورشیدی

Solar grade Silicon SoG-Si		
Emissions	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Wp	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Kwh
HCl	$3.88 \times 10^{-7}$	$1.30 \times 10^{-8}$
HF	$2.80 \times 10^{-3}$	$1.94 \times 10^{-5}$
NO <sub>2</sub>	0.038	$1.29 \times 10^{-3}$
SO <sub>2</sub>	0.070	$2.30 \times 10^{-3}$
H <sub>2</sub> S	$5.28 \times 10^{-3}$	$1.77 \times 10^{-4}$
NH <sub>3</sub>	0	0

سهم تولید گوگرد دی اکسید در حلقه تولید شمش

Multi-Si casting (ingot growing)		
Emissions	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Wp	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Kwh
HCl	0	0
HF	0	0
NO <sub>2</sub>	$3.6 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-6}$
SO <sub>2</sub>	$10^{-4}$	$3.42 \times 10^{-6}$
H <sub>2</sub> S	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0

سهم تولید گوگرد دی اکسید در حلقه تولید ویفر

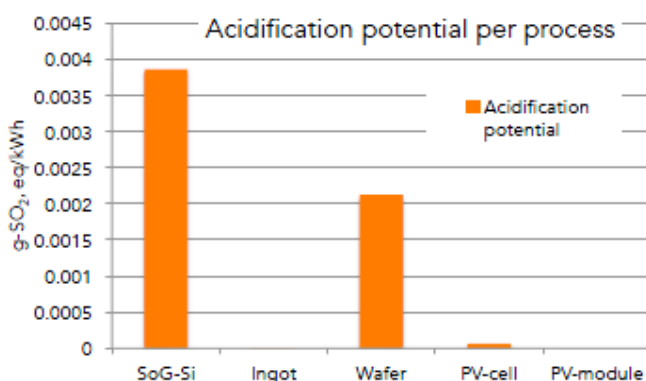
Wafer slicing		
Emissions	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Wp	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Kwh
HCl	0	0
HF	0	0
NO <sub>2</sub>	0.063	$2.12 \times 10^{-3}$
SO <sub>2</sub>	$9.15 \times 10^{-5}$	$3.07 \times 10^{-6}$
H <sub>2</sub> S	0	0

NH <sub>3</sub>	0	0
-----------------	---	---

سهم تولید گوگرد دی اکسید در حلقه تولید سلول

Photovoltaic cell manufacturing		
Emissions	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Wp	Emissions in g-SO <sub>2</sub> , eq/Kwh
HCl	$1.32 \times 10^{-3}$	$4.42 \times 10^{-5}$
HF	$4.36 \times 10^{-5}$	$1.46 \times 10^{-6}$
NO <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-4}$	$6.6 \times 10^{-6}$
SO <sub>2</sub>	$4 \times 10^{-4}$	$1.32 \times 10^{-5}$
H <sub>2</sub> S	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0

بر اساس داده‌های مورد مطالعه در بخش تولید ماژول غلظت آلاینده‌های مذکور بسیار کم و قابل اغماض می‌باشد. نتایج داده‌های مربوط به جداول فوق در شکل زیر قابل ملاحظه می‌باشد:



شکل ۳-۱۱: سهم حلقه‌های مختلف در اسیدی سازی محیط

بر اساس داده‌های موجود در جداول فوق حلقه تولید سیلیکون خورشیدی و ویفر به ترتیب بیشترین سهم را در اسیدی سازی محیط خواهند داشت.

### ۳-۲-۶ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تخریب لایه اوزون

دانشمندان دو علت اساسی تخریب لایه اوزون را بدین گونه تشریح کردند، یکی وزش بادهای قوی اطراف قاره جنوب معروف به قیف قطب که هوای بالای قطب را از بقیه جهان جدا می‌کند. دوم ابرهای مخصوصی که با عنوان ابرهای استراتوسفر یک قطب شناخته می‌شوند. معمولاً در استراتوسفر ابری به وجود نمی‌آید، بلکه ابرها تراکم آلودگی‌هایی است که سبب شکستن اوزون می‌شود. عواملی چون وجود CFC ها به تخریب این لایه منجر شده‌اند که باید در این باره کنترل‌های لازم شود. شکسته شدن CFC در جو، به آزاد شدن کلر منجر و با واکنش یکی از مولکول‌های اوزون به از

میان رفتن ازن کمک می‌کند اما همین کلر باز هم آزاد شده و در نهایت مولکول‌های ازن بیشتری نابود می‌شود. سایر مواد مخرب لایه ازن عبارتند از: هالون‌ها، فریون ۱۲<sup>۱</sup> (R12)، فریون ۲۲<sup>۲</sup> (R22) CHCIF<sub>2</sub> ...

در جدول زیر منابع مختلف تخریب لایه ازن، در بخش‌های مختلف زنجیره ارزش PV قابل ملاحظه می‌باشد. در این جدول عوامل مختلف معادل با میزان فریون ۱۱ (R11)<sup>۳</sup> به عنوان مرجع مطالعاتی بیان شده‌اند.

Ozone depleting Substance	R11 equivalence factor
Halon 1211	3
Halon 1301	10
R12	3
R22	0.055
Carbon tetrachloride	1.1

سهم عوامل مخرب لایه ازن در حلقه تولید ویفر

Ozone depleting Substance	Wafer slicing	
	Emission in g-R11, eq/Wp	Emission in g-R11, eq/Kwh
Halon 1211	0.013	$6.64 \times 10^{-4}$
Halon 1301	0.046	$1.54 \times 10^{-3}$
R12	0	0
R22	0	0
Carbon tetrachloride	0	0
R11	0	0

سهم عوامل مخرب لایه ازن در حلقه تولید سلول

Ozone depleting Substance	Photovoltaic cell manufacturing	
	Emission in g-R11, eq/Wp	Emission in g-R11, eq/Kwh
Halon 1211	0	0
Halon 1301	$3.336 \times 10^{-10}$	$1.12 \times 10^{-10}$
R12	0	0
R22	0	0
Carbon tetrachloride	0	0
R11	0	0

سهم عوامل مخرب لایه ازن در حلقه تولید ماژول

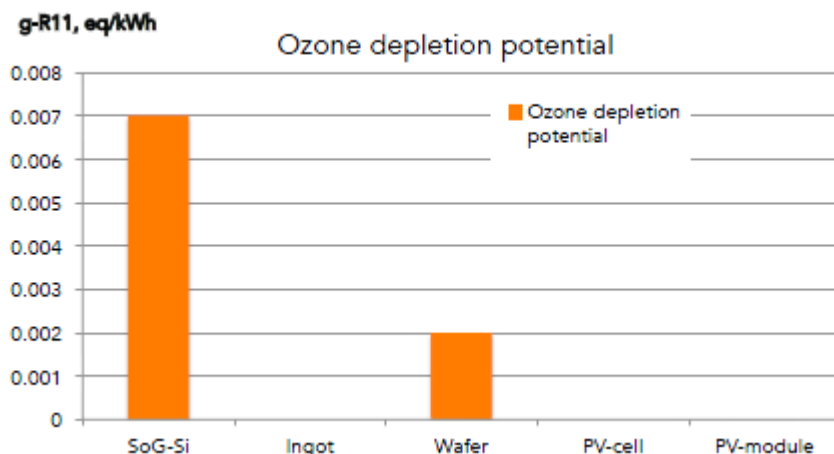
Photovoltaic module manufacturing		
Ozone depleting Substance	Emission in g-R11, eq/Wp	Emission in g-R11, eq/Kwh
Halon 1211	$7.45 \times 10^{-9}$	$2.5 \times 10^{-10}$

<sup>1</sup> Dichlorodifluoromethane

<sup>2</sup> Chlorodifluoromethane

<sup>3</sup> Trichlorofluoromethane

Halon 1301	$5.4 \times 10^{-8}$	$1.8 \times 10^{-9}$
R12	0	0
R22	0	0
Carbon tetrachloride	0	0
R11	0	0



شکل ۳-۱۲: سهم حلقه‌های مختلف در تخریب لایه ازن

نتایج داده‌های موجود در جداول فوق در شکل ۳-۱۲ قابل ملاحظه می‌باشد. مطابق با این شکل بیشترین سهم در تولید گازهای مخرب لایه ازن متعلق به حلقه‌های تولید سیلیکون خورشیدی و ویفر می‌باشند.

### ۷-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اوتریفیکاسیون

اوتریفیکاسیون<sup>۱</sup> و یا انباشتگی خوراک آبی، پاسخ اکوسیستم‌های آبی نسبت به افزایش بیش از حد مواد مغذی<sup>۲</sup> مانند فسفر یا نیتروژن در آنهاست. اوتریفیکاسیون یک تهدید جدی برای دریاچه‌ها بوده که عمدتاً به دلیل آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود. این پدیده در اثر ورود مواد مغذی بالاخص فسفر و نیتروژن و ورود ذرات معلق به همراه رواناب به منابع آبی به وجود می‌آید که سبب رشد فزاینده جلبک‌ها، کاهش اکسیژن محلول و به تبع آن مرگ و میر آبزیان و تغییر گونه‌های یک زیستگاه می‌شود.

شاخص سطح تغذیه‌ای بر پایه‌ی چندین پارامتر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار دارد که این پارامترها شامل فسفات، نترات، آمونیوم و نیتروژن می‌باشند. در جدول زیر منابع مختلف تولید آلاینده‌های اوتریفیکاسیون که معادل انتشار فسفات  $PO_4$  می‌باشد، قابل ملاحظه می‌باشد:

Nutrient	$PO_4$ equivalence factor
1kg Nitrogen oxides ( $NO_x$ , air)	0.13 kg eq $PO_4$
1kg total nitrogen (water)	0.42 kg eq $PO_4$

<sup>1</sup> Eutrophication

<sup>2</sup> nutrients

1kg phosphorous (water)	3.07 kg eq PO <sub>4</sub>
1kg chemical O <sub>2</sub> demand (COD)	0.22 kg eq PO <sub>4</sub>
1kg NH <sub>3</sub>	0.35 kg eq PO <sub>4</sub>
1kg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.33 kg eq PO <sub>4</sub>
1kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.095 kg eq PO <sub>4</sub>
1kg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.13 kg eq PO <sub>4</sub>

در جداول زیر سهم هر یک از حلقه‌های زنجیره ارزش سیستم‌های فتوولتائیکی در انتشار آلاینده‌های اوتریفیکاسیون نشان داده است:

Solar grade Silicon manufacturing		
Nutrient	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/Wp	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/KWh
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , air)	$7.11 \times 10^{-3}$	$2.38 \times 10^{-4}$
total nitrogen in water	$4.90 \times 10^{-4}$	$1.64 \times 10^{-5}$
total phosphorous (water)	$4.83 \times 10^{-5}$	$1.62 \times 10^{-6}$
chemical O <sub>2</sub> demand (COD)	$2.49 \times 10^{-4}$	$8.38 \times 10^{-6}$
NH <sub>3</sub>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0

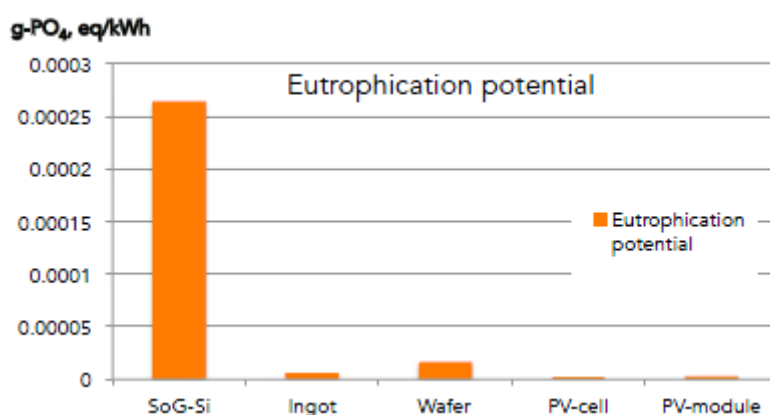
Multi-Si casting (ingot growing)		
Nutrient	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/Wp	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/KWh
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , air)	$5.96 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-6}$
total nitrogen in water	0	0
total phosphorous (water)	0	0
chemical O <sub>2</sub> demand (COD)	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
PO <sub>4</sub>	$1.2 \times 10^{-4}$	$0.4 \times 10^{-5}$

Wafer Slicing		
Nutrient	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/Wp	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/KWh
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , air)	0	0
total nitrogen in water	0.0389	$1.306 \times 10^{-3}$
total phosphorous (water)	0	0
chemical O <sub>2</sub> demand (COD)	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
PO <sub>4</sub>	$4.59 \times 10^{-3}$	$1.01 \times 10^{-4}$

Photovoltaic Cell manufacturing		
Nutrient	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/Wp	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/KWh
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , air)	$4.07 \times 10^{-5}$	$1.306 \times 10^{-6}$
total nitrogen in water	0	0
total phosphorous (water)	0	0

chemical O <sub>2</sub> demand (COD)	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0
NH <sup>4+</sup>	0	0
PO <sup>4</sup>	2.52×10 <sup>-5</sup>	8.44 ×10 <sup>-7</sup>

Photovoltaic Cell manufacturing		
Nutrient	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/Wp	Emissions g- PO <sub>4</sub> , eq/KWh
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , air)	8.94×10 <sup>-5</sup>	3×10 <sup>-6</sup>
total nitrogen in water	0	0
total phosphorous (water)	0	0
chemical O <sub>2</sub> demand (COD)	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0
NH <sup>4+</sup>	0	0
PO <sup>4</sup>	1.49×10 <sup>-4</sup>	5.10 ×10 <sup>-6</sup>



شکل ۳-۱۳: سهم حلقه‌های مختلف بر پدیده اوتریفیکاسیون

همانند سایر بخش‌ها، حلقه‌های تولید سیلیکون خورشیدی و ویفر بیشترین تاثیر بر رخداد پدیده اوتریفیکاسیون را خواهند داشت.

### ۸-۲-۳ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مسمومیت‌های انسانی

مسمومیت انسانی حاکی از عوارضی است که در اثر افزوده شدن آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین، ترکیبات آلی فرار و غیرارگانیک به آب و هوا، ایجاد می‌گردد.

فلزات سنگین عمدتاً ترکیباتی سمی هستند که بدن به سختی قادر است تنها مقدار کمی از آن‌ها را دفع کند و تجمع مقادیر بیشتر آن عوارض خطرناکی را به دنبال دارد. فلزات سنگین از طرق مختلف مانند مصرف مواد غذایی، تنفس هوای آلوده و تماس با آب و خاک آلوده وارد بدن انسان می‌شوند. در حالت کلی علائم و نشانه‌های فردی که در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرد بستگی به نوع فلز سنگین، نوع و میزان تماس، سن فرد و وضعیت سلامت آن شخص دارد. تعدادی از رایج‌ترین عناصر فلزات سنگین که در این مطالعات مورد توجه قرار گرفته‌اند، عبارتند از: سرب Pb، جیوه Hg، آرسنیک As و کادمیم Cd.

از دیگر آلاینده‌هایی که منجر به مسمومیت‌های انسانی می‌گردد می‌توان به مخلوطی خلوطی از ذرات بی نهایت کوچک و قطرات ریز پودر شده مایعات بصورت معلق در هوا اشاره نمود. این آلاینده‌ها از موادی نظیر اسیدها، فلزات و گرد و غبار تشکیل می‌گردند.  $PM_{10}$  به ذرات معلق ۱۰ میکرونی و یا کوچکتر در مقیاس دیامتر اطلاق می‌گردد. همینطور  $PM_{2.5}$  به ذرات ۲,۵ میکرونی و یا کوچکتر از آن گفته می‌شود که از ترکیب اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد در جو زمین تشکیل می‌گردند این ذرات برای سلامتی خطرناک می‌باشند. در جدول زیر منابع مختلف تولید آلاینده‌های ذکر شده قابل ملاحظه می‌باشد. لازم به ذکر است که تمامی مقادیر موجود در جدول معادل دی‌کلروبنزن DCB که از ترکیبات آروماتیک نیمه فرار و از آلاینده‌های محیط زیست به حساب می‌آید، بیان شده‌اند.

Substance	Human Toxicity factors g-DCB eq (to air)	Human Toxicity factors g-DCB eq (water)
Arsenic	2600	640
Cadmium	2800	$1.3 \times 10^{-49}$
Chromium	0.13	$3.2 \times 10^{-46}$
Lead	28	2
Mercury	-	-
Carbon Monoxide $CO_2$	$2.7 \times 10^{-1}$	-
Nitrogen Oxides ( $NO_x$ )	4.3	$1.4 \times 10^{-2}$
$PM_{10}$ particulates matter	2.9	-
$PM_{2.5}$ particulates matter	33	-

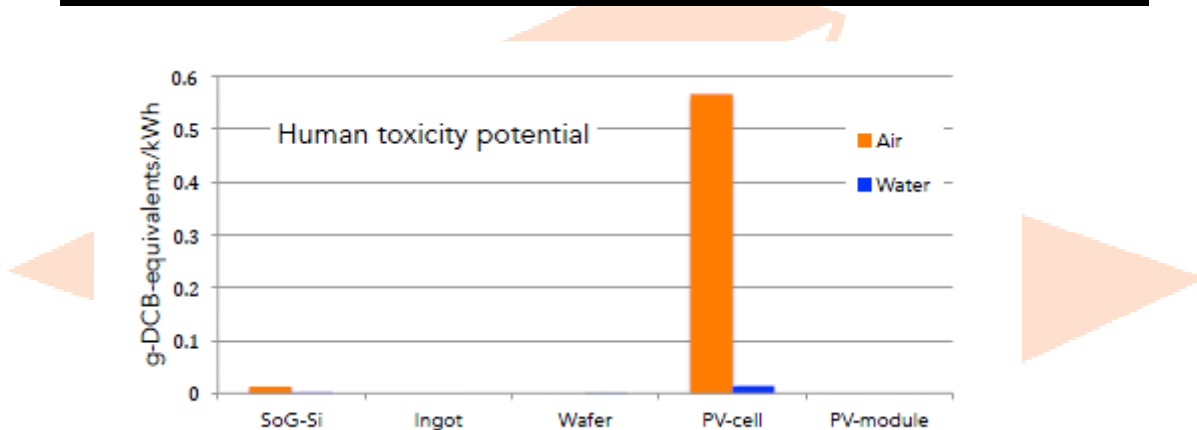
در جداول زیر به بررسی منابع آلاینده‌های مذکور در حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش، خواهیم پرداخت:

Solar grade silicon production		
Substance	Human Toxicity Potential g-DCB eq/KWh (to air)	Human Toxicity factors g-DCB eq/KWh (water)
Arsenic	$1.462 \times 10^{-6}$	$1.13 \times 10^{-6}$
Cadmium	$1.65 \times 10^{-7}$	$4.08 \times 10^{-56}$
Chromium	$1.92 \times 10^{-10}$	$4.74 \times 10^{-55}$
Lead	$1.81 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-7}$
Mercury	-	-
Carbon Monoxide $CO_2$	$1.02 \times 10^{-4}$	-
Nitrogen Oxides ( $NO_x$ )	$7.9 \times 10^{-3}$	$2.57 \times 10^{-5}$
$PM_{10}$ particulates matter	$4.23 \times 10^{-3}$	-

Wafer slicing process		
Substance	Human Toxicity Potential g-DCB eq/KWh (to air)	Human Toxicity factors g-DCB eq/KWh (water)
Arsenic	0	0
Cadmium	-	$1.50 \times 10^{-64}$
Chromium	-	$1.83 \times 10^{-51}$
Lead	-	$1.16 \times 10^{-5}$
Mercury	-	-
Carbon Monoxide $CO_2$	0	0
Nitrogen Oxides ( $NO_x$ )	0	0

PM <sub>10</sub> particulates matter	0	0
PM <sub>2.5</sub> particulates matter	0	0

Photovoltaic cell production		
Substance	Human Toxicity Potential g-DCB eq/KWh (to air)	Human Toxicity factors g-DCB eq/KWh (water)
Arsenic	No data	No data
Cadmium	No data	No data
Chromium	No data	No data
Lead	$4.56 \times 10^{-3}$	-
Mercury	-	-
Carbon Monoxide CO <sub>2</sub>	No data	-
Nitrogen Oxides (NO <sub>x</sub> )	4.3	$1.4 \times 10^{-2}$
PM <sub>10</sub> particulates matter	No data	-
PM <sub>2.5</sub> particulates matter	0.562	-



شکل ۳-۱۴: سهم حلقه‌های مختلف بر پدیده مسمومیت انسانی

در این بخش بیشترین سهم تاثیرگذاری در حلقه‌ها به تولید سلول خورشیدی تعلق دارد.



### ۳-۳ جمع‌بندی

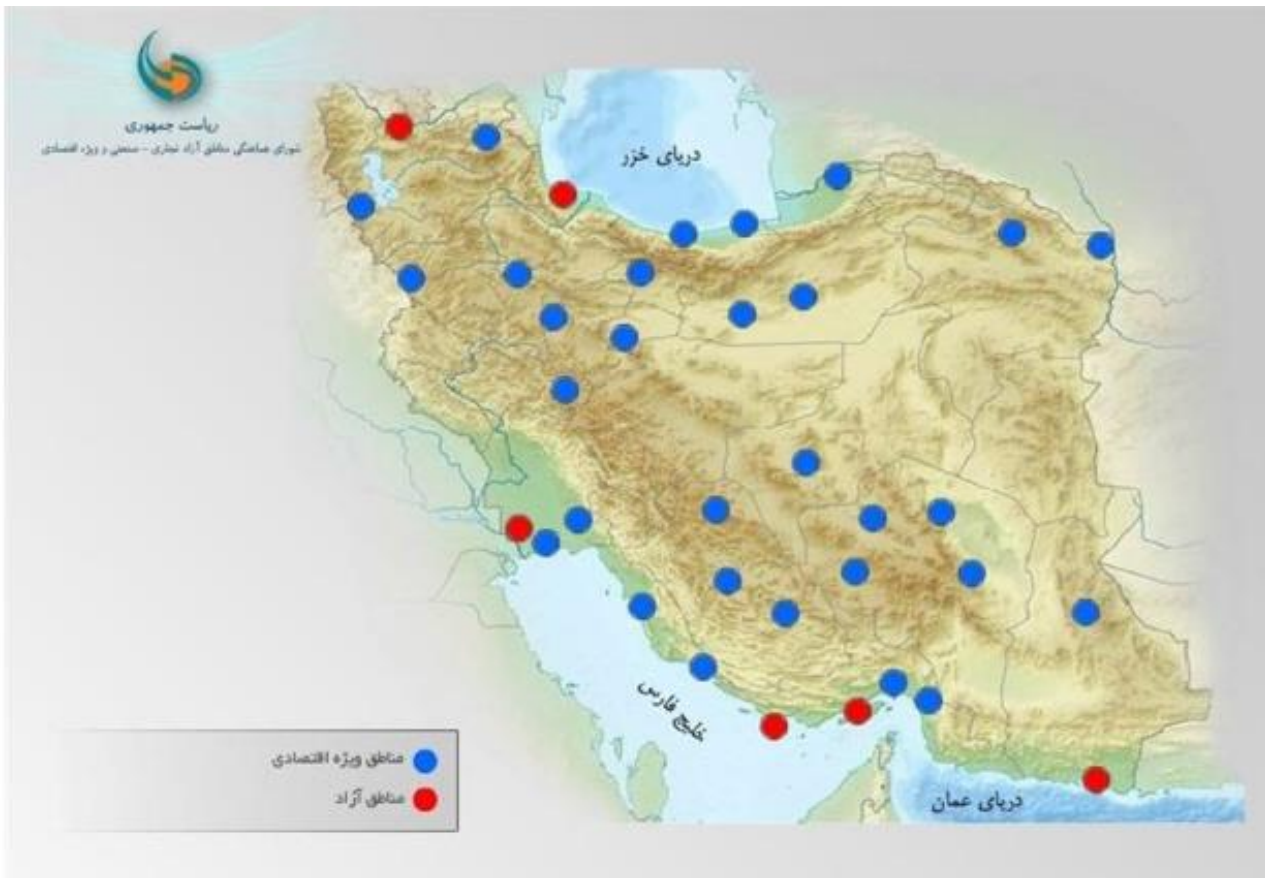
#### ۱-۳-۳ مزایا و معایب هر حلقه بر اساس پتانسیل‌های موجود در ایران

معایب	مزایا	حلقه
* نیاز به بازارهای ثانویه علاوه بر بازار خورشیدی	* زمان احداث کوتاه‌تر نسبت به حلقه پلی‌سیلیکون * وجود دانش بومی مرتبط در ایران * بازار جهانی گسترده (صنایع آلومینیوم و صنایع شیمیایی) * وجود معادن کوارتز با کیفیت بالا در کشور * نیاز به حجم سرمایه‌گذاری محدودتر در قیاس با حلقه‌ی پلی‌سیلیکون * استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی	سیلیکون متال‌گرید
* زمان راه‌اندازی ۳ ساله * نیاز به حجم سرمایه‌گذاری بالا * مصرف بالای برق و آب	* افزایش جذابیت راه‌اندازی صنایع پایین‌دستی مرتبط در کشور * تامین نیاز صنایع الکترونیک * استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی	پلی‌سیلیکون
* نیاز به وجود حلقه‌های بالادستی یا پایین‌دستی در کشور	* استفاده از مزیت انرژی ارزان در کشور و تولید محصول رقابت‌پذیر در بازارهای جهانی * امکان بهره‌گیری از افزایش نرخ خرید تضمینی برق تجدیدپذیر	شمش و ویفر
* تغییرات تکنولوژیکی و نیاز به به‌روزرسانی خط تولید سلول	* زمان احداث کوتاه * توسعه دانش فنی در کشور * امکان بهره‌گیری از افزایش نرخ خرید تضمینی برق تجدیدپذیر	سلول
	* زمان احداث کوتاه * امکان بهره‌گیری از افزایش نرخ خرید تضمینی برق تجدیدپذیر * حجم سرمایه‌گذاری اولیه کم * دوره بازگشت سرمایه کوتاه	ماژول

۲-۳-۳ خلاصه بررسی وضعیت وجود و عدم وجود مواد اولیه مصرفی در زنجیره تولید در ایران

Material Name	Domestic production	Producer name
BBr <sub>3</sub> [toxic]	no	
PH <sub>3</sub> pure [toxic]	no	
N <sub>2</sub> O [toxic]	no	
SiH <sub>4</sub> [toxic]	no	
CF <sub>4</sub>	yes	
POCl <sub>3</sub> [toxic]	no	
Rena mTex (or other texture solution)	no	
Ag	yes	
Ar	yes	Shiraz Petrochemical/ Fajr Petrochemical
comp. dry air (CDA)	yes	novin Petrochemical/Fajr Petrochemical
conductive adhesive for module	yes	
cooling water (cH <sub>2</sub> O)	yes	
DI water (D-H <sub>2</sub> O)	yes	
He	yes	Novin Petrochemical
HF (49%)	no	
KOH (50%)	no	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50%)	no	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (30%)	yes	Razi Petrochemical/ Orumiyeh Petrochemical
HNO <sub>3</sub>	yes	Shiraz Petrochemical/ Karoon Petrochemical
HCl (30%)	yes	Karoon Petrochemical/Shiraz Petchem
N <sub>2</sub> (m3)	yes	Isfahan Petchem/Mobin Petchem/Fajr Petchem
NH <sub>4</sub> OH (24.5%)	yes	
NH <sub>3</sub>	yes	khorasan Petchem/Shiraz Petchem/Razi Petchem/Pardis Petchem
O <sub>2</sub>	yes	novin Petrochemical/Fajr Petrochemical
solar grade glass	yes	Balon Sanat Co.
EVA(Vinyl acetate/Vinyl alcohol/Ethylene Vinyl Acetate)	yes	Arak Petrochemical [vinyl acetate]/ Fara Polymer Shimi
tabbing		

### ۳-۳-۳ پتانسیل‌های مناطق ویژه اقتصادی در ایران



نام منطقه	منطقه ویژه اقتصادی شهر فرودگاهی امام خمینی
<p>مزایای منطقه ویژه اقتصادی</p>	<p>۱- صدور و ترانزیت کالا از منطقه به بازارهای جهانی.</p> <p>۲- واردات مواد اولیه، کالاهای نیمه‌ساخته و تکمیل شده از بازارهای منطقه‌ای و جهانی به منظور تولید، پردازش و ایجاد ارزش افزوده جهت صادرات.</p> <p>۳- ارائه خدمات و ایجاد تسهیلات گمرکی (واردات- صادرات)، کارنه تیر، ترانزیت، بیمه و حمل و نقل در منطقه.</p> <p>۴- ایجاد تسهیلات گمرکی و روان‌سازی واردات، صادرات، تولید، پردازش، صادرات مجدد و ترانزیت کالاهای تولیدی، ماشین آلات، مواد اولیه و ابزار مور نیاز خط تولید ( از منابع داخلی و خارجی).</p> <p>۵- عدم اعمال محدودیت زمانی برای نگهداری کالا طبق توافق طرفین در انبارهای منطقه با حداقل هزینه‌های انبارداری.</p> <p>۶- امکان واگذاری و فروش تمام یا قسمتی از کالا به دیگران در مقابل قبض انبار قابل معامله و نیز گواهی مبدا و قابل پذیرش بودن آن در کلیه بانک‌های کشور جهت گشایش اعتبار اسنادی.</p> <p>۷- مجاز بودن ورود و تخلیه کالا به اتکای پروانه ترانزیت یا کارنه تیر از منطقه به سایر مناطق و گمرکات مرزی کشور و بالعکس با استفاده از تضمین شرکت‌های حمل و نقل بین‌المللی به اتکا کارنه تیر.</p> <p>۸- اعاده و دیپوی کالاهای ساخته شده از محل ورود موقت به منطقه جهت انجام امور صادرات یا ترانزیت و رفع تضمین و تعهدات.</p> <p>۹- معافیت کامل از تمامی عوارض گمرکی برای دستگاه‌های خط تولید، تأسیسات و مواد اولیه در صورت سرمایه‌گذاری در داخل منطقه.</p>

<p>۱۰- استفاده از قانون ارزش افزوده برای وارد کردن کالای تولیدی به داخل کشور به میزان ارزش افزوده ایجاد شده بدون احتساب عوارض گمرکی.</p>	
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی بجنورد</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- آزادی کامل ورود و خروج سرمایه، سود ویژه و منافع حاصل از فعالیت‌های اقتصادی و تولید برای سرمایه‌های خارجی و سرمایه ایرانیان با منشاء خارجی مطابق قانون تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری خارجی.</p> <p>۲- توقف کالا در بخش واحدهای صنعتی محدودیت زمانی نداشته و صاحبان واحدهای تولیدی و صنعتی می‌توانند مواد اولیه و قطعات مورد نیاز خود را از داخل و خارج از کشور به هر میزان و ارزشی با تشخیص مدیریت منطقه وارد نمایند.</p> <p>۳- امکان برگزاری نمایشگاه‌های بین‌المللی و تخصصی به منظور شناخت منطقه و ارتقاء سطح دانش تولیدکنندگان و متخصصین</p> <p>۴- امکان فعالیت در کاربری‌های صنعتی، تجاری، اداری و آموزشی</p> <p>۵- امکان استقرار نمایندگی دانشگاه‌های بین‌المللی</p> <p>۶- امکان ایجاد شعب ارزی بانک‌ها به منظور ارائه تسهیلات لازم و گشایش اعتبارات بانکی و اسنادی برای واردات به بازار منطقه‌ای</p>	<p><b>مزایای قانونی منطقه ویژه اقتصادی بجنورد</b></p>
<p>۱- توسعه صادرات و ورود به بازارهای رقابتی جهانی، از طریق کاهش هزینه‌های تولید</p> <p>۲- بهره‌گیری از امکانات جهانی جهت رشد و تحرک اقتصادی ملی و منطقه‌ای</p> <p>۳- ارائه تسهیلات قانونی جهت واردات و صادرات کالاهای تجاری و صنعتی</p> <p>۴- گسترش صنعت ترانزیت، صادرات مجدد و انتقال کالا (ترانشیپ)</p> <p>۵- جلب و تشویق سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی و ایجاد اشتغال مولد</p> <p>۶- ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و ارتقاء سطح اشتغال در کشور</p> <p>۷- اجرای سیاست‌های توسعه منطقه‌ای و ایجاد قطب‌های اقتصادی و صنعتی</p> <p>۸- ارتقاء سطح تکنولوژی و بهره‌گیری از فناوری‌های برتر و نوین اقتصادی</p> <p>۹- پردازش کالا با ایجاد تغییرات در آن برای تحویل ارزش افزوده با بهره‌گیری از امکانات بالقوه</p>	<p><b>اهداف تشکیل منطقه ویژه اقتصادی بجنورد</b></p>
<p>۱- نزدیکی به مراکز سیاسی، اقتصادی و تجاری کشور</p> <p>۲- همجواری با کشور ترکمنستان ( ۲۸۰ کیلومتر مرز مشترک)</p> <p>۳- همجواری با مرکز استان و دسترسی آسان به خدمات شهری</p> <p>۴- همجواری با استانهای صنعتی سمنان، خراسان رضوی و گلستان</p> <p>۵- اتصال به بزرگراه اصلی شمال کشور</p> <p>۶- دسترسی به فرودگاه بین‌المللی بجنورد</p> <p>۷- پیوند اقتصادی و تجاری با جمعیت بیش از یک میلیاردی کشورهای عضو اگو و سازمان کنفرانس اسلامی</p> <p>۸- استقرار در مسیر کریدور غرب به شرق (جاده ابریشم)</p> <p>۹- بهره‌گیری از صنایع مادر استان (پتروشیمی بجنورد، سیمان بجنورد، فولاد اسفراین و آلومینای جاجرم)</p> <p>۱۰- تنوع تولید محصولات کشاورزی و باغبانی در استان و امکان ایجاد صنایع تبدیلی کشاورزی در منطقه ویژه اقتصادی بجنورد</p> <p>۱۱- بهره‌گیری از تخصص صنایع و زیرساخت‌های موجود شهرک‌های صنعتی بجنورد و بیدک</p>	<p><b>مزیت‌های اختصاصی منطقه ویژه اقتصادی بجنورد</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی گرمسار</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- معافیت ۷ ساله مالیات بر درآمد (با قابلیت تمدید در شرایط خاص) برای کلیه فعالیت‌های تولیدی، عمرانی و خدماتی</p> <p>۲- معافیت نامحدود مالیات بر ارزش افزوده در تعاملات اقتصادی با بنگاه‌های مستقر در کلیه مناطق ویژه و آزاد</p> <p>۳- معافیت حقوق ورودی ماشین‌آلات و قطعات یدکی وارداتی جهت استفاده در منطقه</p> <p>۴- معافیت حقوق ورودی مواد اولیه وارداتی در صورت صادرات محصول</p> <p>۵- معافیت هر گونه عوارض صادراتی برای محصولات تولید شده در منطقه</p>	<p><b>مزایای مشوق‌ها و معافیت‌های منطقه ویژه اقتصادی گرمسار</b></p>

<p>۶- عدم نیاز به ثبت سفارش کالای تولیدی در منطقه تا سقف سهم مجاز هر واحد</p> <p>۷- پرداخت حقوق ورودی صرفاً مواد اولیه در صورت فروش محصول در داخل کشور</p> <p>۸- مجاز بودن ثبت شرکت برای فعالیت در منطقه با هر میزان مشارکت سهامدار خارجی</p> <p>۹- امکان واگذاری تمام یا بخشی از ارقام وارداتی به دیگران با قبض انبار تفکیکی قابل معامله</p> <p>۱۰- عدم نیاز به پرداخت حقوق ورودی مواد اولیه وارداتی تا زمان صدور محصول به داخل کشور</p> <p>۱۱- مجاز بودن صادرات مجدد و ترانزیت کلیه کالاها و ارقام وارداتی به منطقه با کمترین تشریفات</p> <p>۱۲- بلامانع بودن توقف طولانی مدت ماشین آلات و ارقام وارداتی به منطقه و عدم متروکه شدن آنها</p> <p>۱۳- تبعیت از قانون کار مناطق آزاد در امور اشتغال، بیمه و تأمین اجتماعی و مستثنی بودن از قانون کار کشور</p>	
<p>۱- موقعیت مناسب جغرافیایی با استقرار در نقطه تلاقی «بزرگراه تهران-گرمسار» و «آزاد راه قم- مشهد (حرم تا حرم)»</p> <p>۲- فاصله زمینی کم با شهرهای همجوار:   تهران ۹۰   گرمسار ۵   قم ۱۷۰   سمنان ۱۱۵   ساری ۲۷۰ کیلومتر</p> <p>۳- اتصال گرمسار از طریق «راه آهن حومه ای» به ایستگاه جوانمرد قصاب «متروی تهران»   (فاصله زمانی ۵۰ دقیقه)</p> <p>۴- دسترسی مناسب هوایی: فرودگاههای مهرآباد و امام خمینی (۱,۵ ساعت)   فرودگاههای قم و سمنان (۲ ساعت)</p> <p>۵- اتصال منطقه به راه آهن سراسری کشور از طریق خط فرعی و ایستگاه اختصاصی مستقر در منطقه</p> <p>۶- امکان استقرار سرمایه گذاران و انتفاع از مزایای منطقه به روش های مختلف خرید، اجاره، BOT</p> <p>۷- امکان تأمین نیروی انسانی مناسب و متخصص از شهرهای همجوار و به ویژه تهران</p>	<p><b>مزیت های اختصاصی منطقه ویژه اقتصادی گرمسار</b></p>
<p>۱- دارا بودن کلیه وظایف و اختیارات قانونی به عنوان «سازمان مسئول منطقه ویژه» به نیابت از «سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران»</p> <p>۲- تأمین زیرساخت ها: برق، گاز، آب و تصفیه خانه فاضلاب، ایستگاه و خط آهن اختصاصی، جاده ها و معابر، فضای سبز، روشنایی، ارتباطات، حفاظتی و امنیتی، آتش نشانی، رفاهی، بهداشتی و تفریحی</p> <p>۳- صدور مجوز فعالیت های اقتصادی، صنعتی، فرهنگی، آموزشی، پیمانکاری، خدماتی و تحقیقاتی و عدم نیاز به مجوز سایر سازمان ها</p> <p>۴- صدور قبض انبار تفکیکی قابل معامله برای ارقام وارداتی به منطقه و گواهی مبدأ معتبر برای ارقام صادراتی از منطقه</p> <p>۵- صدور مجوز خروج موقت مواد اولیه یا کالای نیمه ساخته به منظور تکمیل، پردازش یا تعمیر از منطقه</p> <p>۶- ارائه معرفی نامه های لازم جهت صدور پروانه اشتغال به کار اتباع خارجی</p> <p>۷- ارائه خدمات امور گمرکی، امور اشتغال، بررسی نقشه های اجرایی، صدور پروانه ساختمان و پایان کار</p> <p>- ارائه مشاوره صنعتی، بررسی های امکان سنجی و ارائه گزینه های مناسب جهت سرمایه گذاری و اخذ تسهیلات بانکی</p> <p>- فروش زمین به صورت ۳۰٪ نقد و الباقی در اقساط میان مدت با امکان اخذ سند مالکیت قطعی پس از دریافت پایان کار</p>	<p><b>خدمات شرکت مدیریت منطقه ویژه اقتصادی گرمسار</b></p>
<p>۱- بزرگراه تهران- مشهد و آزاد راه قم-گرمسار</p> <p>۲- راه آهن سراسری به گرمسار و از آنجا ریل اختصاصی منطقه ویژه</p> <p>۳- قطار حومه ای تهران-گرمسار که به ایستگاه مترو جوانمرد قصاب در تهران متصل می شود</p> <p>۴- بزرگراه گرمسار- فیروزکوه که تا دو سال آینده به بهره برداری خواهد رسید.</p>	<p><b>راههای ارتباطی به منطقه</b></p>
<p><b>الف) آب</b></p> <p>آب شرب: آب شرب منطقه با ظرفیت ۴ لیتر بر ثانیه از شهر گرمسار تأمین گردیده است.</p> <p>آب صنعت: آب منطقه به ظرفیت ۶ میلیون متر مکعب در سال، از محل سد نمود شهرستان فیروزکوه، از طریق خط لوله ای به طول ۴۰ کیلومتر که توسط سرمایه گذار بخش خصوصی و با نظارت شرکت آب منطقه ای استان سمنان در حال اجراست، تأمین خواهد شد. احداث رسوب گیر و مخازن زمینی و هوایی به پایان رسیده است</p>	<p><b>زیرساخت های تأمین شده</b></p>
<p><b>ب) برق</b></p>	

<p>برق با ظرفیتی معادل ۶ مگاوات (قابل افزایش تا ۱۰ مگاوات) برای دوران ساخت تامین گردیده است. شبکه توزیع برق در سایت پیشرو منطقه تکمیل گردیده شبکه روشنایی منطقه تاکنون بیش از ۸۰ درصد پیشرفت داشته و در حال بهره برداری استفاده از انرژی های پاک و تجدید پذیر مانند ایجاد مزارع خورشیدی در دستور کار قرار دارد</p>	
<p><b>ج) گاز</b> به میزان ۶۵ هزار مترمکعب در سال با همکاری شرکت گاز استان سمنان از محل لوله ۴۸ اینچ پارچین تامین گردیده است عملیات اجرایی احداث خط انشعاب از خط لوله اصلی و احداث ایستگاه های تقلیل فشار گاز آغاز شده است ایجاد شبکه توزیع گاز در سایت ۲ تا پایان امسال نهایی می گردد.</p>	
<p><b>د) ارتباطات</b> اتصال منطقه ویژه به شبکه سراسری فیبر نوری کشور برقرار شده است مرکز ارتباطات منطقه ویژه در حال سرویس می باشد واگذاری تلفن و خدمات اینترنت به سرمایه گذاران آغاز شده است. احداث شبکه فیبرنوری در دستور کار قرار دارد.</p>	
<p><b>ه) ریل راه آهن</b> اخذ مجوز اتصال به راه آهن سراسری کشور انجام شده و مسیر ریل اختصاصی مذکور و ایستگاه باری اختصاصی منطقه در حال طراحی می باشد</p>	
<p><b>ز) گمرک</b> محدوده ای به مساحت ۱۰ هکتار به عنوان محدوده موقت گمرکی با هماهنگی گمرک محصور، تسطیح و تجهیز گردیده کلیه تجهیزات مورد نیاز برای اجرای فرآیند گمرکی مانند دوربین های حفاظتی، باسکول، ساختمان گمرک و دروازه ورودی و خروجی آماده شده است طبق برنامه ریزی تا شهریور ماه امسال، فعالیت گمرک در منطقه ویژه اقتصادی گرمسار آغاز خواهد شد.</p>	
<p>احداث کارخانه های: پنل های خورشیدی- انواع شربت از مرکبات، نودل، پاستا، ادویه فرآوری شده، نوشابه گاز دار ورزشی- سازه فلزی، مخازن فلزی، سازه جرثقیل سقفی- تجهیزات سر چاهی صنایع نفت و گاز- دستکش صنعتی- محصولات سبک بتنی- تولید بتن آماده و پیش ساخته- پیش داروها- محصولات پایه گچی و سیمانی- گچبرگ و محصولات دکوراتیو</p>	<p><b>سرمایه گذاری های انجام شده</b></p>
<p>صنایع مرتبط با فناوری های نو- صنایع خودرو، قطعه سازی و مراکز نمایشگاهی خودرو - صنایع چوب و انواع مصنوعات چوبی- صنایع ریلی، واگن سازی و تعمیر و تجهیز ناوگان حمل و نقل- صنایع غذایی، دارویی و تجهیزات پزشکی- احداث نیروگاه انرژی های تجدید پذیر و صنایع تولیدی مرتبط- صنایع نساجی، پوشاک و مصنوعات چرمی- خدمات پشتیبان تولید: تعمیرگاه، انبار، پمپ بنزین، باربری- صنایع شیمیایی و پایین دستی پتروشیمی- سردخانه و مراکز تعمیر و خدمات پس از فروش ماشین آلات- صنایع برق، الکترونیک و صنایع دانش بنیان- خدمات و مصالح ساختمانی</p>	<p><b>فرصت های سرمایه گذاری</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی لامرد</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- صدور و ترانزیت کالا به بازارهای جهانی ۲- ورود کالا از منطقه ویژه جهت مصرف داخلی، تابع مقررات صادرات و واردات خواهد بود و صدور کالا از این منطقه بدون هیچگونه تشریفات انجام خواهد شد. ۳- ورود کالا از خارج از کشور یا مناطق آزاد تجاری- صنعتی با کمترین تشریفات گمرکی انجام می شود. ۴- کالاهایی که از خارج و یا از مناطق آزاد تجاری صنعتی یا مناطق دیگر به منطقه وارد می شوند می توانند بدون هرگونه تشریفات از کشور خارج شوند. ۵- کلیه کالاهایی که برای تولید یا ارائه خدمات مورد نیاز منطقه وارد می شوند، مشمول مقررات عمومی صادرات واردات نبوده و واردات کالاهای مذکور به سایر نقاط کشور تابع مقررات صادرات و واردات خواهد بود.</p>	<p><b>مشوق های سرمایه گذاری و مزیت های کمی در منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد</b></p>

<p>۶- کالاهای تولید شده در منطقه ویژه و نیز مواد اولیه و قطعات منفصله وارد شده از منطقه به داخل کشور، به دلیل عدم استفاده از منابع و سهمیه انرژی کشور مشمول ضوابط قیمت گذاری نمی باشد .</p> <p>۷- مبادلات بازرگانی منطقه با خارج از کشور و یا با سایر مناطق ویژه اقتصادی و مناطق آزاد تجاری و صنعتی پس از ثبت در گمرک از حقوق گمرکی، سود بازرگانی و کلیه عوارض ورود و خروج تحت هر عنوان معاف بوده و مشمول محدودیت ها و ممنوعیت های واردات نمی باشد.</p> <p>۸- ورود کالاها، ماشین آلات و مواد اولیه واحدهای مستقر در منطقه ویژه، آزاد و بدون حقوق گمرکی و سود بازرگانی است و امکان ورود و خروج کالاها از منطقه به خارج از کشور بدون تشریفات گمرکی میسر خواهد بود .</p> <p>۹- ارائه خدمات و تسهیلات انبارداری، تخلیه و بارگیری کالا در انبارهای عمومی و اختصاصی منطقه ویژه.</p> <p>۱۰- واردات و نگهداری کالا (مواد اولیه، ماشین آلات، ابزار و قطعات تولیدی) در انبارهای منطقه جهت تبدیل، تکمیل یا تعمیر به داخل کشور امکان پذیر می باشد .</p> <p>۱۱- بهره مندی صنایع مستقر در منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد از معافیت مالیاتی ۱۰ ساله .</p> <p>۱۲- کالاهای وارد شده به منطقه ویژه به میزان ارزش افزوده از مالیات معاف می باشد .</p> <p>۱۳- استفاده از امتیاز تسهیلات مالی از محل صندوق ملی محیط زیست جهت واحدها و صنایع معدنی که خواستار مدیریت بهتر در کاهش پیامدهای سوء فعالیت های خود بر محیط زیست باشند .</p> <p>۱۴- غالب مجوزهای مورد نیاز در منطقه از سوی مدیریت منطقه ویژه صادر شده و سرمایه گذار با مقررات پیچیده مواجه نخواهد بود.</p> <p>۱۵- استقرار اداره کار مستقل در منطقه، وجود قوانین خاص کار و کارگری و تسهیلات ویژه درخصوص ورود، خروج و بکارگیری اتباع خارجی .</p> <p>۱۶- واردات مواد اولیه کالاهای نیمه ساخته و تکمیل شده از بازارهای منطقه ای و جهانی به منظور تولید، پردازش و ایجاد ارزش افزوده جهت صادرات.</p> <p>۱۷- ایجاد تسهیلات گمرکی و روان سازی واردات، صادرات، تولید، پردازش، صادرات مجدد و ترانزیت کالاهای تولیدی، ماشین آلات، مواد اولیه و ابزار مورد نیاز خط تولید (از منابع داخلی و خارجی)</p> <p>۱۸- عدم اعمال محدودیت زمانی برای نگهداری کالا طبق توافق طرفین در انبارهای منطقه با حداقل هزینه های انبارداری مستثنی بودن آن ها از مقررات کالای متروکه.</p> <p>۱۹- امکان بیمه کلیه کالاهای وارده به منطقه از هنگام ورود تا خروج (دوره نگهداری) در انبارهای عمومی و اختصاصی زیرنظر گمرک منطقه</p> <p>۲۰- مجاز بودن ترخیص تمام و یا قسمتی از کالاهای وارده به صورت ورود موقت از گمرک منطقه جهت انجام امور صادرات یا ترانزیت و رفع تضمین و تعهدات.</p>	
<p>۱- وجود فرودگاه بین المللی لامرد در مجاورت منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد</p> <p>۲- نزدیکی به فرودگاه بین المللی خلیج فارس واقع در منطقه ویژه انرژی پارس (عسلویه)</p> <p>۳- همجواری با کشورهای حوزه خلیج فارس جهت هرگونه تبادلات تجاری</p> <p>۴- نزدیکی به بنادر و تأسیسات بندی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه) و بندر منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی پارسیان با ظرفیت تخلیه و بارگیری ۴۰ میلیون تن در سال</p> <p>۵- همجواری با قطب های مهم انرژی (پارس جنوبی و شمالی، لاوان) جهت هرگونه تبادل صنعتی، تجاری و تکنولوژیکی</p> <p>۶- قرار گرفتن لامرد در مسیر کریدورهای مهم ترانزیتی کشور (لامرد به شیراز، لامرد به لارستان، لامرد به عسلویه و لامرد به بندعباس</p> <p>۷- پایان یافتن مطالعات مربوط به راه آهن شیراز- پارس جنوبی - منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد</p> <p>۸- تأمین آب، برق و تلفن دوران ساخت صنایع واقع در منطقه</p> <p>۹- تأمین آب دوران بهره برداری از طریق خلیج فارس</p>	<p><b>برتری نسبی و موقعیت جغرافیایی منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد</b></p>

<p>۱۰- نیروگاه سیکل ترکیبی به ظرفیت ۱ هزار مگاوات</p> <p>۱۱- مجاورت منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد با خط انتقال گاز سراسری ۵۶ اینچ چهارم، هفتم، هشتم و امکان تأمین گاز مورد نیاز</p> <p>۱۲- وجود اراضی مسطح بدون نیاز به هزینه های سنگین آماده سازی</p> <p>۱۳- وجود سرمایه اجتماعی بالقوه جهت مشارکت در طرح ها و صنایع مستقر در منطقه</p> <p>۱۴- مجاورت با شهر لامرد و امکان تأمین خدمات عمومی مورد نیاز در زمینه های آموزشی، بهداشتی، درمانی، رفاهی و خدماتی</p>	
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی بندر نوشهر</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- دسترسی آسان به بازار مصرف کشورهای آسیای میانه و اروپای شرقی</p> <p>۲- امکان ذخیره سازی و جابجایی کالاهای تجاری، نفتی و فله خشک</p> <p>۳- دارا بودن انبارها و تاسیسات اختصاصی صادرات و ترانزیت کالا</p> <p>۴- اتصال مستقیم از طریق خطوط لوله به مخازن نفتی چالوس با ظرفیت ذخیره سازی ۶۵ میلیون لیتر</p> <p>۵- قابلیت راه اندازی سفرهای دریایی و توسعه صنعت توریسم</p> <p>۶- دارا بودن انبار روباز به مساحت ۰۰۰/۹۰ متر مربع</p> <p>۷- دارا بودن انبار سرپوشیده به مساحت ۰۰۰/۷۰ متر مربع</p> <p>۸- دارا بودن سیلوی غلات به ظرفیت ۰۰۰/۳۳ تن</p> <p>۹- دارا بودن ۴ دستگاه باسکول ورودی و خروجی</p> <p>۱۰- دارا بودن سایت کانتینر یخچالی به ظرفیت 70 TEU</p>	<p><b>مهمترین ویژگی های بندر نوشهر</b></p>
<p>۱- توسعه اراضی و پسکرانه های بندری</p> <p>۲- ساخت اسکله های تجاری و نفتی</p> <p>۳- ایجاد صنایع تبدیلی و ارزش افزوده</p> <p>۴- احداث سامانه رسوبگیر و استحصال ۱۷ هکتار اراضی جهت سرمایه گذاری</p> <p>۵- ایجاد پایانه صادراتی</p> <p>۶- احداث کارخانجات بسته بندی محصولات کشاورزی</p> <p>۷- راه اندازی خط مسافری بین بندر نوشهر و بنادر کشورهای CIS</p> <p>۸- تأمین شناورهای تفریحی و مسافری و ارائه خدمات گردشگری دریایی</p> <p>۹- ایجاد مرکز تأمین و شارژ تجهیزات ایمنی و تجهیزات GMDSS و تعمیرات کشتی ها</p>	<p><b>فرصت های سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی بندر نوشهر</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی نمین</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- ورود کالا از مناطق مذکور جهت مصرف داخلی، تابع مقررات صادرات و واردات خواهد بود و صدور کالا از این مناطق بدون هیچگونه تشریفات انجام خواهد شد.</p> <p>۲- ورود کالا از خارج از کشور یا مناطق آزاد تجاری- صنعتی به منطقه با کمترین تشریفات گمرکی انجام شده و ترانزیت داخلی کالای وارد شده به منطقه بر اساس مقررات مربوطه انجام خواهد شد.</p> <p>۳- ورود کالای موضوع این ماده به مناطق واقع در مبادی ورودی کشور بدون هر گونه تشریفات گمرکی انجام خواهد شد.</p> <p>۴- کالاهایی که از خارج و یا از مناطق آزاد تجاری صنعتی یا مناطق دیگر به منطقه وارد می شوند می توانند بدون هر گونه تشریفات از کشور خارج شوند.</p> <p>۵- مدیریت منطقه می تواند پس از طبقه بندی و ارزش گذاری منطقه، حق استفاده از قسمتهای آن را به اشخاص حقیقی یا حقوقی واجد شرایط واگذار نماید.</p>	<p><b>مزایا و تسهیلات قانونی</b></p>



<p>۶- صاحبان کالاهای وارد شده به منطقه می توانند تمام یا قسمتی از کالای خود را به منظور ورود موقت به داخل کشور به گمرک اظهار و با انجام مقررات مربوطه ترخیص نمایند.</p> <p>۷- در صورتیکه پردازش کالاهای وارد شده به منطقه به میزانی باشد که موجب تغییر تعرفه گمرکی کالاهای مذکور شود، میزان سود بازرگانی مربوط به کالاهای فوق برای ورود به سایر نقاط کشور تنها معادل سود بازرگانی مواد اولیه و قطعات وارداتی بکار رفته در آن، محاسبه و دریافت خواهد شد.</p> <p>۸- وارد کنندگان کالا به مناطق می توانند تمام یا قسمتی از کالای خود را در مقابل قبض انبار تفکیکی قابل معامله که توسط مدیریت منطقه صادر خواهد شد به دیگران واگذار نمایند، در این صورت دارنده قبض انبار تفکیکی، صاحب کالامحسوب خواهد شد.</p> <p>۹- مدیریت هر منطقه مجاز هست حسب درخواست متقاضی نسبت به صدور گواهی مبدا برای کالاهایی که از منطقه خارج می شوند با تایید گمرک ایران اقدام نمایند.</p> <p>۱۰- کلیه کالاهایی که برای تولید یا ارائه خدمات مورد نیاز منطقه وارد می شوند، از شمول مقررات عمومی صادرات واردات مستثنی می باشند. واردات کالاهای مذکور به سایر نقاط کشور تابع مقررات صادرات و واردات خواهد بود.</p> <p>۱۱- قانون برنامه دوم توسعه اقتصادی، (واردات درصدی از کالاهای تولید شده در مناطق موضوع بند (د) تبصره (۲۵) اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به داخل کشور، معادل نسبتی از مجموع ارزش افزوده و مواد و قطعات داخلی به کار رفته به قیمت کل کالای تولیدی، بدون هر گونه محدودیتی و عدم نیاز به ثبت سفارش مجاز به گشایش اعتبار است.</p> <p>۱۲- کالاهای تولید شده در مناطق ویژه اقتصادی، همچنین مواد اولیه و قطعات منفصله وارد شده از منطقه یاد شده به داخل کشور، به دلیل عدم استفاده از منابع و سهمیه ارزی کشور مشمول ضوابط قیمت گذاری نمی باشد.</p>	
<p>۱- برخورداری از موقعیت ویژه جغرافیایی و قرا گرفتن در مسیر جاده ابریشم</p> <p>۲- همجواری و قرار گرفتن در مرکزیت استانهای صنعتی آذربایجان شرقی - گیلان - زنجان</p> <p>۳- مرز مشترک طولانی با کشور جمهوری آذربایجان و منطقه قفقاز</p> <p>۴- گذشتن سه زون اولویت دار کشوری (زون های کانی ساز) از استان اردبیل</p> <p>۵- برخورداری از ذخایر نفتی در منطقه مغان</p> <p>۶- برخورداری از منابع نامحدود انرژی های نو</p> <p>۷- همجواری با بزرگترین شهرک صنعتی استان بمنظور ایجاد صنایع مکملی و توسعه خوشه های صنعتی در منطقه</p> <p>۸- نیروی کار ارزان قیمت و توانمند در بخش های مختلف اقتصادی</p> <p>۹- منابع انرژی ارزان قیمت آب، برق، گاز و...</p> <p>۱۰- وجود تشکلهای دولتی و خصوصی در حوزه خدمات بازرگانی و اقتصاد</p>	<p><b>بخش صنعت و معدن</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی کاوه</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- امکان فعالیت در کلیه رشته های تولیدی، خدماتی و تجاری در منطقه اقتصادی کاوه</p> <p>۲- معافیت مالیاتی بر اساس قوانین مالیاتی کشور (قانون مالیاتهای مستقیم با اصلاحات ۱۳۹۴/۰۴/۳۱) (شرط برخورداری از هرگونه معافیت مالیاتی برای اشخاص حقیقی و حقوقی فعال در منطقه تسلیم اظهارنامه مالیاتی در زمان مقرر قانونی است).</p> <p>۳- برخورداری از گمرک اختصاصی منطقه و انجام و اجرای کلیه رویه های گمرکی شامل: ترخیص قطعی کالا به صورت عام، ترانزیت خارجی، مرجوعی، کارنه تیر، ورود موقت، خروج موقت و صادرات.</p> <p>۴- مجوز گمرک تخصصی مواد سوختی و مشتقات نفتی (هاب سوخت)</p> <p>۵- واقع شدن در چهارراه ارتباطی کشور و مجاورت با آزاد راه تهران - جنوب و تهران - غرب</p> <p>۶- نزدیکی به ۷ مرکز استان پر جمعیت کشور</p> <p>۷- نزدیکی به پایتخت</p> <p>۸- نزدیکی به فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره)</p> <p>۹- برخورداری از راه آهن اختصاصی و اتصال به شبکه ریلی کشور.</p>	<p><b>مزایای منطقه ویژه اقتصادی کاوه</b></p>

<p>۱۰- مجاورت با بزرگترین شهر صنعتی کشور و برخورداری از تمامی امکانات شهری از قبیل دانشکده فنی حرفه ای، دانشگاههای متعدد، هتل، مناطق مسکونی، اماکن ورزشی، اماکن تفریحی، فضای سبز و همچنین بهره گیری از پتانسیل ویژه شهر صنعتی کاوه در خصوص امکان تامین نیروی کار متخصص در تمامی زمینه ها و سایر امکانات تخصصی و فنی مورد نیاز صنایع مختلف.</p> <p>۱۱- پوشش بیمه ای برای کلیه کالاهای فاقد پوشش بیمه ای که از مبادی ورودی مجاز به مقصد منطقه ویژه اقتصادی کاوه حمل و در اماکن گمرکی و عملیاتی این منطقه تخلیه می شوند.</p> <p>۱۲- تکثر بنگاه های تولیدی و اقتصادی در منطقه</p> <p>۱۳- وجود طرح جامع و ضوابط شهری</p> <p>۱۴- برخورداری از تأسیسات زیربنائی منحصر به فرد و استثنائی از قبیل امکانات تأمین و توزیع آب، شبکه جمع آوری و تصفیه فاضلاب صنعتی، تأمین انرژی برق و گاز به میزان مورد نیاز واحدهای صنعتی و برخورداری از شبکه مخابراتی و فیبر نوری.</p> <p>۱۵- برخورداری از خدمات حمل و نقل و لجستیک.</p> <p>۱۶- برخورداری از اراضی وسیع با حداقل هزینه آماده سازی اولیه برای سرمایه گذاری در حوزه های مختلف.</p> <p>۱۷- پیش بینی احداث مرکز همایش ها و نمایشگاههای موقت و دائمی به منظور برگزاری نمایشگاههای دائمی و ادواری تخصصی در زمینه های مختلف در سطح داخلی و بین المللی و معرفی محصولات واحدهای تولیدی با کمترین هزینه و فراهم شدن امکان برگزاری انواع همایش ها و نشست های مورد نیاز در آینده نزدیک.</p> <p>۱۸- فراهم شدن ارائه خدمات بیمه توسط انواع بیمه ها.</p> <p>۱۹- برخورداری از هوای پاک به واسطه جریان دائمی هوا و شرایط اقلیمی و آب و هوای مناسب.</p> <p>۲۰- امکان خرید زمین با تسهیلات ویژه و امکان ترهین و دریافت تسهیلات از بانکهای داخلی قبل از تولید.</p> <p>۲۱- وجود نزدیک به ۶۰ هزار مترمربع انبار سرپوشیده استاندارد و ۳۰ هزار مترمربع انبار روباز و سکوهای تخلیه مناسب.</p>	
<p>۱- برخورداری از موقعیت ویژه جغرافیایی و قرا گرفتن در مسیر جاده ابریشم</p> <p>۲- همجواری و قرار گرفتن در مرکزیت استانهای صنعتی آذربایجان شرقی -گیلان -زنجان</p> <p>۳- مرز مشترک طولانی با کشور جمهوری آذربایجان و منطقه قفقاز</p> <p>۴- گذشتن سه زون اولویت دار کشوری (زون های کانی ساز) از استان اردبیل</p> <p>۵- برخورداری از ذخایر نفتی در منطقه مغان</p> <p>۶- برخورداری از منابع نامحدود انرژی های نو</p> <p>۷- همجواری با بزرگترین شهرک صنعتی استان بمنظور ایجاد صنایع مکملی و توسعه خوشه های صنعتی در منطقه</p> <p>۸- نیروی کار ارزان قیمت و توانمند در بخش های مختلف اقتصادی</p> <p>۹- منابع انرژی ارزان قیمت آب، برق، گاز و...</p> <p>۱۰- وجود تشکلهای دولتی و خصوصی در حوزه خدمات بازرگانی و اقتصاد</p>	<p><b>بخش صنعت و معدن</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی شیراز</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- واقع شدن منطقه ویژه اقتصادی شیراز در مجاورت کلان شهر شیراز و مجاورت با فرودگاه بین المللی شیراز (فاصله ۱۰ کیلومتر</p> <p>۲- صدور مجوز های لازم جهت تاسیس واحد های تولیدی (جواز تاسیس و پروانه بهره برداری)</p> <p>۳- اخذ ویزا جهت اتباع خارجی برای واحد هایی که نیاز به نیروی خارجی دارند.</p> <p>۴- استقرار اداره کل گمرکات استان فارس در جوار منطقه ویژه (دیوار به دیوار)</p> <p>۵- استقرار گمرک منطقه ویژه اقتصادی شیراز در محل منطقه بمنظور ارائه خدمات به صنعتگران و تولید کنندگان جهت اجرای مقررات گمرکی</p> <p>۶- همجواری با کشورهای حوزه خلیج فارس</p> <p>۷- استقرار پنجره واحد تجاری به منظور سهولت در امر ترخیص کالاهای تولیدی و تجاری جهت اخذ مجوز های لازم</p>	<p><b>برتری های خاص منطقه ویژه اقتصادی شیراز</b></p>

<p>۸- شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیت صنعتی و تجاری (شیراز شهری برای تمام فصول)</p> <p>۹- ارتباط به جاده های ترانزیتی و کمر بندی بندر عباس، بوشهر، اصفهان، کرمان و مجاورت با خطوط راه آهن سراسری آتی الاحداث و همچنین نزدیکی به دو بندر بزرگ تجاری (بندر شهید رجایی بندر عباس و بندر بوشهر) و منطقه ویژه پارس جنوبی (عسلویه)</p> <p>۱۰- نزدیکی با خطوط انتقال گاز و برق به طوریکه سه خط انتقال گاز از درون منطقه عبور می نماید.</p> <p>۱۱- همکاری لازم با صنعتگران متقاضی سرمایه گذاری در امر اخذ مجوز های لازم همچنین واگذاری زمین با اخذ ۲۵٪ به صورت نقدی و اعطا تنفس ۸ ماهه و سپس دریافت باقیمانده قیمت زمین در مهلت ۳۲ ماه (مجموعاً ۴۰ ماه)</p> <p>۱۲- وجود انبارهای مسقف با پوشش بیمه ای مناسب جهت نگهداری کالاهای تجار و بازرگانان به همراه ماشین آلات تخلیه و بارگیری</p>	
<p>۱- ورود آزاد و بدون حقوق گمرکی ماشین آلات، قطعات یدکی، مواد اولیه و مصالح ساختمانی جهت احداث واحدهای تولیدی، تجاری و خدماتی در منطقه</p> <p>۲- آزادی کامل ورود و خروج سرمایه، سود و منافع حاصل از فعالیت های اقتصادی و تولیدی برای سرمایه های خارجی و داخلی با منشاء خارجی مطابق قانون تشویق و حمایت از سرمایه گذاری خارجی</p> <p>۳- صدور و ترانزیت کالا از منطقه به بازارهای جهانی</p> <p>۴- عدم وجود محدودیت زمانی جهت متروکه شدن کالا از نظر قوانین گمرکی</p> <p>۵- مجاز بودن ترخیص تمام و یا قسمتی از کالاهای وارده به صورت ورود موقت از گمرک منطقه</p> <p>۶- وارد کنندگان کالا به مناطق می توانند تمام یا قسمتی از کالای خود را به هر مقدار که بخواهند در مقابل قبض انبار تفکیکی قابل معامله که توسط منطقه صادر خواهد شد، به دیگران واگذار نمایند</p> <p>۷- حاکمیت قانون کار مناطق آزاد ( امور مربوط به روابط کار، قرارداد و مراجع حل اختلاف آنها بر اساس مقررات اشتغال، بیمه و تأمین اجتماعی مناطق آزاد می باشد )</p> <p>۸- معافیت مالیاتی صنعتگران طبق ماده ۱۳۲ قانون مالیاتهای مستقیم</p> <p>۹- معافیت از پرداخت هرگونه عوارض معمول در کشور برای فعالیت در محدوده منطقه ویژه اقتصادی</p> <p>۱۰- معافیت گمرکی ناشی از ارزش افزوده تولیدات در منطقه که توسط کمیسیون تعیین ارزش افزوده برای تولیدات</p> <p>۱۱- واحدهای صنعتی تعیین می شود و برای معافیت از پرداخت حقوق گمرکی مواد اولیه و قطعات خارجی بکار رفته در تولید اعمال می گردد.</p> <p>۱۲- صدور مجوز ساخت و پایان کار بصورت رایگان</p>	<p><b>مزایای قانونی سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی شیراز</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی سیرجان</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>- عدم نیاز به دریافت مجوزهای رایج از ادارات مختلف برای فعالیتهای اقتصادی، عمرانی ساختمانی، فرهنگی، آموزشی و خدماتی در درون منطقه ویژه سازمان مسئول منطقه ویژه اقتصادی به استناد قانون جایگزین تمامی دستگاههای اجرایی ذیربط بوده و مجوزهای لازم را با توجه به سیاستهای عمومی دولت رأساً صادر می نماید</p> <p>- مجاز بودن ثبت شرکت سهامی برای فعالیت در منطقه ویژه با هر میزان مشارکت سهامدار خارجی</p> <p>- مستثنی بودن فعالیت های تولیدی و خدماتی از شمول قانون کار و تبعیت از قوانین و مقررات مناطق آزاد کشور در امور مربوط به اشتغال نیروی انسانی و روابط کار، بیمه و تأمین اجتماعی</p> <p>- معافیت تولیدکنندگان کالا و خدمات برای فعالیت در محدوده منطقه ویژه از پرداخت هر نوع عوارض معمول در کشور</p> <p>- معافیت از پرداخت حقوق ورودی کالای تولید شده به میزان ارزش افزوده و ارزش مواد اولیه و قطعات داخلی به کار رفته در آن</p> <p>- بلامانع بودن ورود و عدم نیاز به ثبت سفارش و گشایش اعتبار آن بخش از کالای تولیدی در منطقه ویژه که به عنوان سهم مجاز ورود کالا به سرزمین اصلی تعیین می شود. ورود کالای مازاد بر سهم مجاز ورود کالا به سرزمین اصلی تابع ضوابط خاص خود می باشد</p>	<p><b>مزایای استقرار فعالیت های تولیدی و اقتصادی در منطقه ویژه اقتصادی سیرجان</b></p>

<p>- عدم نیاز به پرداخت حقوق ورودی مواد اولیه خارجی بکار رفته در تولید کالا، مادامی که کالای تولید شده از درب خروج گمرک منطقه ویژه به مقصد داخل کشور خارج نشده است.</p> <p>- بلامانع بودن واگذاری تمام یا بخشی از کالاهای خارجی وارده به منطقه ویژه به دیگران در مقابل ارائه قبض انبار تفکیکی قابل معامله که توسط سازمان مسئول منطقه ویژه صادر می‌شود.</p> <p>- بلامانع بودن توقف طولانی مدت انواع کالا و مواد اولیه خارجی وارده به منطقه ویژه و نبود نگرانی از بابت متروکه شدن آنها</p> <p>- پایین بودن هزینه‌های انبارداری کالاهای وارداتی در مقایسه با هزینه‌های انبارداری در بنادر جنوبی</p> <p>- امکان ترانزیت و صادرات مجدد برای کالاهای وارده به منطقه ویژه با حداقل تشریفات اداری</p> <p>- صدور کارت بازرگانی، پروانه اشتغال به کار اتباع خارجی و همچنین گواهی مبدأ قابل قبول برای نظام بانکی کشور توسط سازمان مسئول منطقه ویژه</p> <p>- به منظور تأمین تسهیلات تفریحی - ورزشی، مجموعه استخر به مساحت تقریبی ۱۵۰۰ متر مربع در محدوده ۵۰ هکتاری تفریحی - توریستی منطقه ویژه احداث گردیده است.</p> <p>- همچنین منطقه ویژه با در اختیار داشتن مهمانسرای مدرن و همچنین رستوران لوکس تمامی خدمات رفاهی را برای سرمایه گذاران فراهم آورده است.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>منطقه ویژه اقتصادی لرستان</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱- جذب سرمایه های خارجی و تجویز سرمایه های داخلی</p> <p>۲- افزایش صادرات کالا و نیز صادرات خدمات</p> <p>۳- ایجاد فرصتهای شغلی جدید و ارتقاء سطح اشتغال</p> <p>۴- کاهش هزینه های وارداتی مواد اولیه برای کشور و کمک به جهانی شدن تولیدات داخلی</p> <p>۵- اجرای سیاست های توسعه منطقه ای و ایجاد قطبهای اقتصادی</p> <p>فرصتهای سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی لرستان</p> <p>۱- وجود شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیتهای صنعتی و تجاری در تمام فصول سال</p> <p>۲- دسترسی آسان به خدمات شهری و امکانات ارتباطی ارزان در منطقه</p> <p>۳- وجود کمرک در منطقه مجهز به سیستم آسیکودا</p> <p>۴- وجود معادن غنی و بی نظیر از قبیل سنگ و فولاد در منطقه و تولید و عرضه به بازارهای خارجی</p> <p>۵- کاهش فوق العاده هزینه های تولید و توزیع به سبب قرار گرفتن واحدهای صنعتی در کنار معادن غنی منطقه</p> <p>۶- دسترسی به نیروی انسانی ماهر و ارزان و بهره گیری از تجربیات آنها و سهولت دسترسی به ماشین آلات و ابزار</p> <p>۷- قرار گرفتن در سه راهی خوزستان - اصفهان - تهران</p> <p>۸- همجواری با راه آهن تهران - خوزستان</p> <p>۹- امکان استفاده از تسهیلات بلند مدت</p> <p>۱۰- استقرار دفتر شرکت بین المللی حمل و نقل در مرکز کسب و کار</p> <p>۱۱- پیگیری ایجاد ایستگاه راه آهن در منطقه</p>	<p style="text-align: center;"><b>اهداف کلی منطقه ویژه اقتصادی لرستان</b></p>
<p>- واگذاری زمین و هزینه های انتفاع از تاسیسات بصورت نقد و اقساط - بخشودگی قسمتی از هزینه های انتفاع از تاسیسات برای واحدهایی که زودتر از زمان پرداخت اقساط به بهره برداری می رسند.</p> <p>- عدم نیاز متقاضیان ایجاد واحدهای تولیدی و صنعتی به کسب مجوز ادارات و سازمان های متعدد از قبیل محیط زیست، منابع طبیعی و غیره.</p> <p>- منطقه ویژه و شهرکهای صنعتی از قانون شهرداریها مستثنی هستند.</p> <p>- صدور مجوز ساخت و ساز و پایان کار در محدوده اختیارات شهرکهای صنعتی و در کوتاهترین زمان ممکن و به صورت رایگان انجام میشود.</p>	<p style="text-align: center;"><b>مشوق های سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی لرستان</b></p>

<p>- هزینه های سرمایه گذاری به دلیل استفاده از خدمات مشترک سازماندهی شده توسط شهرکهای صنعتی از جمله آب و برق و تلفن و گاز و تصفیه خانه کاهش می یابد.</p> <p>- معافیت مالیاتی ماده ۱۳۲ قانون مالیاتی، مشمول واحدهایی می شود که در منطقه ویژه و شهرکهای صنعتی مستقر می شوند.</p>	
<p align="center"><b>منطقه ویژه اقتصادی یزد</b></p>	<p align="center"><b>نام منطقه</b></p>
<p>- اشخاص حقیقی و حقوقی که در منطقه به کار تولید کالا و خدمات فعالیت دارند، برای فعالیت در محدوده منطقه از پرداخت هر گونه عوارض معمول در کشور معاف می باشند (عوارض خدمات گمرکی توسط منطقه اخذ خواهد شد که واحدهای تولیدی مستقر در منطقه ویژه اقتصادی یزد به مقدار درصد صادراتی که از کل محصول تولیدی خود در منطقه انجام می دهند، از پرداخت هزینه ثابت عوارض خدمات گمرکی منطقه معاف خواهند بود).</p> <p>- مبادلات بازرگانی منطقه با خارج از کشور و یا با سایر مناطق ویژه اقتصادی و مناطق آزاد تجاری - صنعتی پس از ثبت در گمرک از حقوق گمرکی، سود بازرگانی و کلیه عوارض ورود و صدور تحت هر عنوان معاف بوده و مشمول محدودیت ها و ممنوعیت های مقررات واردات و صادرات به استثنای محدودیت ها و ممنوعیت های قانونی و شرعی نمی شود</p> <p>- توقف کالا در منطقه در بخش واحدهای تولیدی و صنعتی محدودیت زمانی نداشته و صاحبان مراکز تولیدی و صنعتی می توانند مواد اولیه و قطعاتی از داخل کشور و یا خارج کشور را به هر میزان و ارزشی در بخش تولیدی و یا صنعتی خود با تشخیص مدیریت منطقه دپو و نگهداری نمایند.</p> <p>- ورود کلیه ماشین آلات خط تولید و لوازم و قطعات مورد مصرف در منطقه از خارج کشور، اعم از نو و مستعمل مجاز و از پرداخت هر گونه حقوق و عوارض گمرکی معاف می باشد.</p> <p>- عدم نیاز به ثبت سفارش برای ورود کلیه مواد اولیه و قطعات خارجی به منطقه و نیز برای ورود محصول تولیدی از منطقه به داخل کشور.</p> <p>- معاف بودن ضایعات مواد اولیه و قطعات تولید از پرداخت حقوق ورودی</p> <p>- پرداخت حقوق ورودی مواد اولیه و قطعات تولید پس از تولید و در زمان خروج کالا از منطقه</p> <p>- امکان صدور گواهی مبدا توسط منطقه برای کالاهایی که از منطقه ویژه خارج می شوند با تایید گمرک ایران</p> <p>- گمرک جمهوری اسلامی ایران مکلف است تقاضای صاحبان کالا را برای ترانزیت کالا و حمل مستقیم از سایر مبادی ورودی به مناطق، پذیرفته و تسهیلات لازم را از این جهت فراهم نماید.</p> <p>- امور اشتغال نیروی انسانی، بیمه و تأمین اجتماعی کارکنان شاغل در واحدهای صنعتی و تولیدی مستقر در منطقه ویژه، تابع قانون مصوب در مناطق آزاد تجاری - صنعتی می باشد.</p>	<p align="center"><b>مزایای قانونی منطقه ویژه اقتصادی یزد در بخش صنعت</b></p>
<p align="center"><b>منطقه ویژه اقتصادی ری</b></p>	<p align="center"><b>نام منطقه</b></p>
<p>- موقعیت قرار گیری منطقه نسبت به شهر تهران به عنوان بزرگترین بازار مصرف و مرکز سیاسی - اقتصادی ایران</p> <p>- دسترسی های جاده ای، بزرگراهی و ترانزیتی (آزاد راه تهران - قم و جاده قدیم تهران - قم)</p> <p>- همجواری با فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره) و امکان استفاده از سیستم حمل و نقل هوایی گسترده (داخلی و بین المللی)</p> <p>- همجواری با شهرک صنعتی شمس آباد به عنوان یک منطقه صنعتی</p> <p>- امکان دسترسی ریلی با توجه به قرار گیری در مسیر راه آهن</p> <p>- همجواری با شهر فرودگاهی آتی فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره) و رونق تجاری منطقه در آینده</p> <p>- همجواری با منطقه آزاد تجاری - صنعتی فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره)</p> <p>- امکان واگذاری زمین و فعالیت به صورت ۱۰۰ درصد به بخش خصوصی</p>	<p align="center"><b>تسهیلات و مزیتها و امکانات منطقه</b></p>
<p>الف- برق: عبور خطوط انتقال فشار قوی از پیرامون و درون منطقه زمینه ساز انعقاد توافقنامه سه جانبه بین شرکت برق منطقه تهران و شرکت توزیع برق نواحی استان با سازمان مسئول منطقه شده است که بر این اساس احداث پست ۶۳/۲۰ کیلو ولت در فازهای چهارگانه توسعه را میسر ساخته است.</p> <p>ب- تأمین آب منطقه از دو منبع صورت می گیرد:</p>	<p align="center"><b>خدمات زیر ساختی قابل ارائه به سرمایه گذاران</b></p>

<p>اول: کانال آب محمدیه واقع در ۴۰ کیلومتری شمال سایت به میزان ۵ میلیون متر مکعب در سال دوم: چاههای اراضی قنبرآباد واقع در ۳۲ کیلومتری جنوب شرقی سایت به میزان ۴ میلیون متر مکعب در سال ج- سوخت: عبور خط لوله فشار قوی گاز از درون منطقه زمینه اخذ تأییدیه و انعقاد موافقتنامه با شرکت ملی گاز ایران برای تأمین گاز را فراهم ساخته است. د- راه آهن: امکان دسترسی ریلی با توجه به قرار گیری در مسیر راه آهن دو خطه تهران و اصفهان (امکان ایجاد بار انداز و سکوی اختصاصی) ه- خطوط ارتباطی و اینترنتی: که در این راستا اقدامات مربوط به آن انجام پذیرفته است.</p>	
<p>صنایعی که می توانند در منطقه حضور و سرمایه گذاری نمایند به شرح ذیل است: - فعالیتهای نمایشگاهی، دفاتر تجاری، مرکز همایش، مراکز اقامتی - کارخانجات مونتاژ، کارخانجات سورتینگ و بسته بندی، کارخانجات فرآوری محصولات صنعتی، معدنی، کشاورزی و دامپروری - فعالیتهای انبارداری، سردخانه داری، حمل و نقل کالا و فعالیتهای مرتبط به کارگر - خدمات حرفه ای و پشتیبانی و آموزشی - فعالیتهای مرتبط با امور مواد غذایی و آشامیدنی - فعالیتهای مرتبط با صنایع مربوط به انرژی های پاک - فعالیتهای مرتبط با مهندسی، ابزار دقیق و صنایع سبک</p>	<p><b>فرصت های سرمایه گذاری</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی زرنديه (ایرانیان)</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>منطقه ویژه اقتصادی زرنديه (ایرانیان) به استناد مصوبه مورخ ۲۹/۰۹/۱۳۸۹ مجلس شورای اسلامی با عنوان قانون ایجاد مناطق ویژه اقتصادی و با ابلاغ آن توسط ریاست محترم جمهور در تاریخ ۲۰/۱۲/۱۳۹۰ ایجاد گردید و در تاریخ ۰۱/۰۸/۱۳۹۲ و با ابلاغ گمرک جمهوری اسلامی ایران عملیاتی اعلام شد. در قسمت اول از ماده یک قانون تشکیل و اداره مناطق ویژه اقتصادی جمهوری اسلامی ایران، پشتیبانی از فعالیتهای اقتصادی، برقراری ارتباط تجاری بین المللی و تحرک در اقتصاد منطقه ای و تولید و پردازش کالا، انتقال فناوری، صادرات غیر نفتی، ایجاد اشتغال مولد و جلب و تشویق سرمایه گذاری داخلی و خارجی، صادرات مجدد، عبور خارجی، ترانزیت و انتقال کالا (ترانشیپ)، به عنوان هدف از ایجاد مناطقی با عنوان منطقه اقتصادی بیان شده است.</p>	<p><b>توضیحات</b></p>
<p>دسترسى ها: <u>دسترسى جاده اى (مجاورت با ۴ آزاد راه و جاده)</u> جاده قدیم تهران - ساوه آزاد راه تهران - ساوه آزاد راه تهران - قم کمربندی جنوب تهران <u>دسترسى هوايى (نزدیکی به ۴ فرودگاه)</u> فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره) (۷ کیلومتر) فرودگاه مهرآباد (۳۰ کیلومتر) فرودگاه پیام (۶۰ کیلومتر) فرودگاه اراک (۲۰۰ کیلومتر) <u>دسترسى ریلی</u> راه آهن شمال به جنوب کشور ایستگاه قطار شهری (مترو پرند)</p>	<p><b>مزیت های منطقه ویژه اقتصادی زرنديه (ایرانیان)</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی سهران</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>

<p>دسترسی‌ها:</p> <p>دسترسی جاده‌ای (مجاورت با ۴ آزاد راه و جاده)</p> <p>جاده قدیم تهران - ساوه</p> <p>آزاد راه تهران - ساوه</p> <p>آزاد راه تهران - قم</p> <p>کمربندی جنوب تهران</p> <p>دسترسی هوایی (نزدیکی به ۴ فرودگاه)</p> <p>فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) (۷ کیلومتر)</p> <p>فرودگاه مهرآباد (۳۰ کیلومتر)</p> <p>فرودگاه پیام (۶۰ کیلومتر)</p> <p>فرودگاه اراک (۲۰۰ کیلومتر)</p> <p>دسترسی ریلی</p> <p>راه آهن شمال به جنوب کشور</p> <p>ایستگاه قطار شهری (مترو پرند)</p>	<p><b>اهداف شکل‌گیری منطقه ویژه</b></p>
<p>- فراهم نمودن تسهیلات لازم جهت دستیابی خریداران عمده داخلی و خارجی به کالاهای مورد نیاز خود در این منطقه و دسترسی آسان آنان به بازارهای تجاری منطقه ای و بسط و توسعه تجارت خارجی کشور</p> <p>- جذب سرمایه گذاری داخلی و خارجی</p> <p>- افزایش تولید داخلی و توسعه صادرات غیر نفتی</p> <p>- ایجاد عرصه فعالیت های تجاری منطقه‌ای با توجه به بازار کشورهای آسیای میانه و کشورهای حوزه خلیج فارس و بهره برداری مفید از این بازارها با استفاده از تسهیلات ترانزیت خارجی، صادرات و صادرات مجدد</p> <p>- ایجاد اشتغال و افزایش نیروی انسانی متخصص</p> <p>- تسریع در انجام امور زیربنایی و رشد و توسعه اقتصادی منطقه</p> <p>- تنظیم بازار کالا و ارائه خدمات عمومی</p>	<p><b>اهداف شکل‌گیری منطقه ویژه</b></p>
<p>- امکان توقف کالا با ماندگاری اولیه تا ۳ ماه و قابل تمدید به تشخیص مدیریت منطقه</p> <p>- امکان مشارکت و سرمایه گذاری داخلی و خارجی</p> <p>- امکان پردازش کالا در منطقه ویژه و ایجاد ارزش افزوده در آن</p> <p>- امکان ترانزیت و صادرات مجدد برای کالاهای وارده با حداقل تشریفات اداری</p> <p>- امکان بهره برداری از ماشین آلات، تجهیزات و سایر امکانات مورد نیاز جهت سرمایه گذاری در منطقه ویژه بدون پرداخت حقوق و عوارض گمرکی</p> <p>- امکان صدور قبض انبار تفکیکی قابل معامله</p> <p>- امکان صدور گواهی مبدا برای کالاهایی که از منطقه خارج و وارد سرزمین اصلی میشوند</p> <p>- تضمین سرمایه های خارجی و سود حاصل از آن</p> <p>- برخورداری از معافیت گمرکی برای ورود کالاهای ساخته شده در منطقه به داخل کشور به میزان ارزش افزوده</p> <p>- امکان ورود کالا به منطقه بدون ثبت سفارش و با حداقل تشریفات گمرکی و بدون پرداخت حقوق و عوارض گمرکی</p> <p>- دستیابی سریع و آسان مراکز تولیدی داخلی به مواد اولیه و تحویل کالا در منطقه در کوتاهترین زمان ممکن</p> <p>- ایجاد رقابت در جهت رشد و توسعه صنایع داخلی و افزایش کیفیت کالاهای تولید شده در داخل کشور</p> <p>- آزادی کامل ورود و خروج سرمایه</p> <p>- ایجاد بازار های رقابتی در زمینه های مختلف سرمایه گذاری</p>	<p><b>امکانات و مزایای قانونی</b></p>

<p>-ورود کالا بدون پرداخت حقوق ورودی و عوارض گمرکی</p> <p>-معافیت گمرکی ماشین آلات و قطعات یدکی وارده به واحدهای تولیدی منطقه</p> <p>-معافیت حقوق ورودی کالاهای پردازش شده به میزان ارزش افزوده و ارزش مواد داخلی به داخل کشور</p> <p>-مجاز بودن ورود کالای مازاد بر ارزش افزوده به داخل کشور صرفا با پرداخت حقوق ورودی قطعات خارجی</p> <p>-تعیین مدت توقف کالا توسط منطقه و متروکه نشدن کالا و تمدید مدت توقف آن</p> <p>-امکان مبادلات بازرگانی با خارج از کشور با حداقل تشریفات گمرکی</p> <p>-امکان ترانزیت و صدور مجدد کالا بدون محدودیت</p> <p>-صدور قبض انبار تفکیکی و واگذاری تمام یا قسمتی از کالا به دیگران</p> <p>-صدور گواهی مبدا برای کالاهای صادراتی از منطقه</p> <p>-امکان نگهداری کالا و ورود آن به قلمرو گمرکی</p> <p>-امکان مشارکت و سرمایه گذاری داخلی و خارجی به هر میزان</p> <p>-تضمین سرمایه خارجی و سود حاصل از آنها</p> <p>-آزادی ورود و خروج سرمایه</p> <p>-اشتغال نیروی انسانی داخلی و خارجی با شرایط ساده و متفاوت با سرزمین اصلی بر اساس مقررات اشتغال مناطق ویژه</p> <p>-امکان صدور محصولات تولیدی به خارج و استفاده از جوایز صادراتی</p> <p>-امکان واگذاری و اجاره زمین به متقاضیان سرمایه گذاری در منطقه</p> <p>-ثابت شرکت و یا شعب نمایندگی های شرکتهایی که قصد فعالیت در منطقه را دارند</p> <p>-ثابت مالکیت های مادی و معنوی در منطقه</p>	<p><b>تسهیلات و تخفیفات قانونی</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی سرخس</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>-نگهداری امانی کالا</p> <p>-تسریع و تسهیل در دستیابی به کالا، برای نزدیک کردن صحنه فعالیت صاحبان کالا اعم از مواد اولیه ، ماشین آلات و سایر کالاهای ساخته شده بامصرف کنندگان داخلی به منظور پشتیبانی از تولید داخلی کشور.</p> <p>- پردازش کالا یا ایجاد تغییرات در آن برای تحویل ارزش افزوده با استفاده از امکانات بالقوه.</p> <p>- فراهم نمودن تسهیلات لازم جهت دستیابی خریداران عمده داخلی به کالاهای مورد نیاز خود در این مناطق، نزدیک کردن بازارهای تجاری منطقه ای و بسط و توسعه تجارت خارجی کشور.</p> <p>- ایجاد عرصه فعالیت های تجاری منطقه ای با توجه به بازارهای کشورهای آسیای میانه، قفقاز و ماوراء قفقاز.</p> <p>- ارتباط با کشورهای آسیایی و اروپایی و سایر نقاط و بهره برداری مفید از این بازارها با استفاده از تسهیلات ترانزیت داخلی و خارجی صادرات و صادرات مجدد.</p> <p>- جذب سرمایه و امکانات داخلی و خارجی برای موارد فوق الذکر به منظور نیل به اهداف مورد نظر با رعایت قوانین و مقررات مربوط.</p> <p>این منطقه در منتهی الیه شمال شرق ایران در استان خراسان رضوی و در فاصله ۱۶۵ کیلومتری شرق شهر مقدس واقع شده است و از شمال و شمال شرق به کشور ترکمنستان محدود می باشد. ( به طول ۱۰ ۶۱ شرقی و عرض ۳۶ ۳۲ شمالی با ارتفاع ۲۳۵ متری از سطح دریا)</p>	<p><b>فعالیت های مجاز در منطقه ویژه اقتصادی سرخس</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی بیرجند</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>۱. نزدیک ترین منطقه ویژه اقتصادی ایران به شاهراه حلقوی افغانستان و همجواری با ۴۶۰ کیلومتر مرز مشترک ایران و افغانستان</p> <p>۲. واقع شدن در مرکز ثقل چهارراه ترانزیتی کریدورهای منطقه ای و بین المللی</p>	<p><b>مزیت های منحصر به فرد منطقه ویژه اقتصادی بیرجند</b></p>

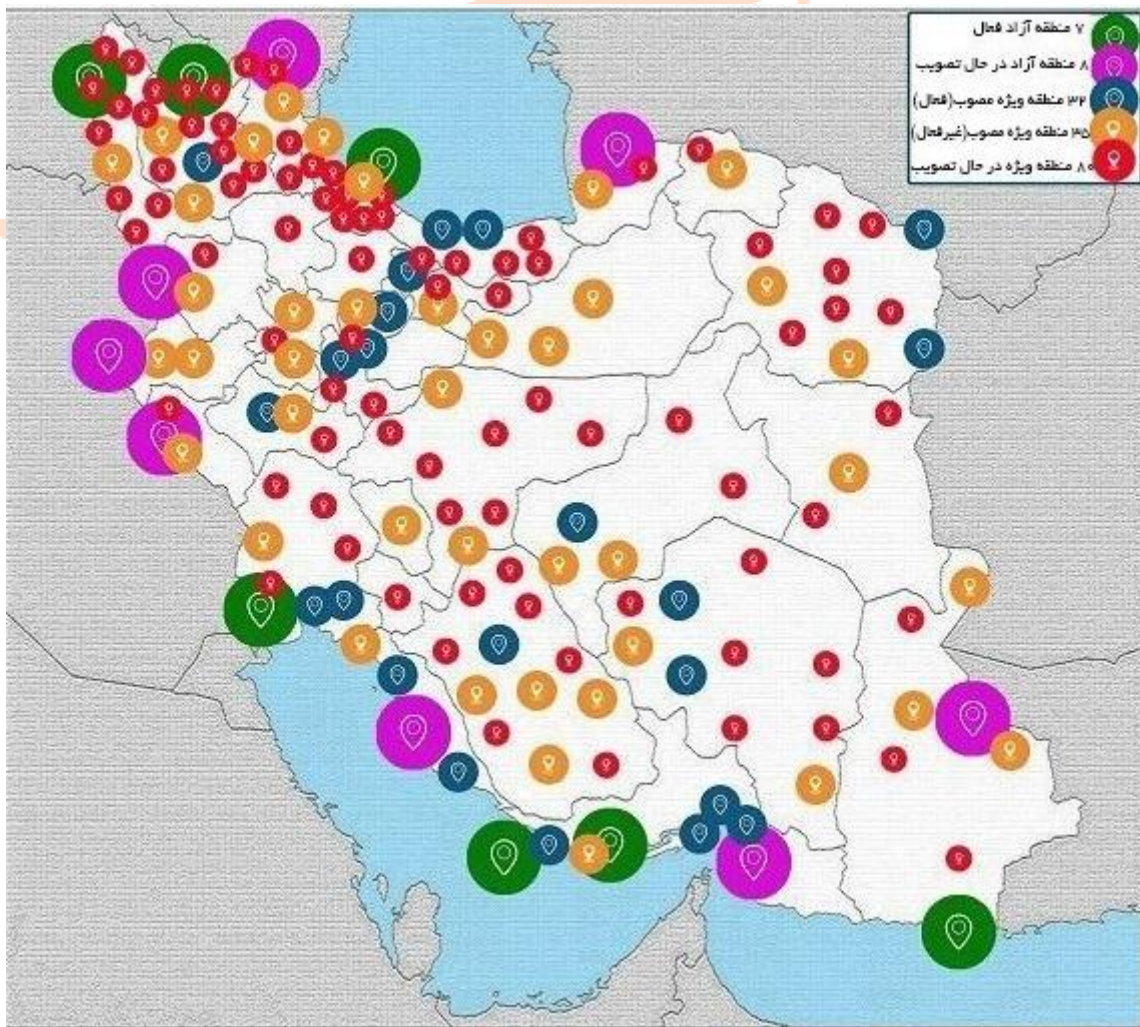


<p>۳. تنها منطقه ویژه اقتصادی ایران دارای سایت اصلی در مجاورت مرکز استان و قطعه منفرجه در نقطه صفر مرزی</p> <p>۴. فاصله منطقه ویژه اقتصادی تا اولین ولسوالی فراه ۸۰ کیلومتر و فاصله تا مرکز ولایت فراه ۱۲۰ کیلومتر</p> <p>۵. حضور پرشور مردم افغانستان در قطعه منفرجه مرزی بدون نیاز به اقدامات کنسولی</p> <p>۶. پسرکانه و بندرخشک (dryport) کریدور شرق و شمال جنوب ( مشهور به بندرابونصر فراهی برای مردم افغانستان</p> <p>۷. پل ارتباطی بین بنادر مهم خاورمیانه و آسیای میانه به منظور دیپوی مواد اولیه ، کالاهای ترانزیتی و مرکز ثقل دیو و توزیع کانتینرهای خالی</p> <p>۸. وجود فرودگاه بین المللی بیرجند به عنوان مرز مجاز هوایی در مجاورت منطقه ویژه اقتصادی</p> <p>۹. وجود گمرک و پایانه مرزی ماهیروود</p> <p>۱۰. تسهیل روابط کاری و کارفرمایی به دلیل مستثنی بودن از شمول قانون کار و تبعیت از قوانین کار و بیمه مناطق آزاد کشور</p> <p>۱۱. حضور نیروی انسانی تحصیل کرده، ماهر، متعهد و ارزان به دلیل واقع شدن در قطب دانشگاهی و فرهنگی شرق کشور</p> <p>۱۲. فراهم بودن کلیه ی زیرساخت های سرمایه گذاری</p> <p>۱۳. صدور تمامی مجوزهای مورد نیاز سرمایه گذاری به صورت رایگان و در کمتر از ۷۲ ساعت و توسط یک سازمان</p> <p>۱۴. امکان سرمایه گذاری خارجی بدون مشارکت داخلی و بدون هیچ گونه محدودیت</p> <p>۱۵. ورود آزاد و بدون حقوق گمرکی ماشین آلات، قطعات یدکی، مواد اولیه و مصالح ساختمانی جهت احداث واحدهای تولیدی، تجاری</p> <p>۱۶. مشمولیت معافیت مالیاتی بر اساس قانون رفع موانع تولید و معافیت از پرداخت هر نوع عوارض معمول در کشور</p> <p>۱۷. ارزانترین نرخ تخصیص زمین نسبت به سایر مناطق ویژه اقتصادی کشور ، اعطاء سند مالکیت و امکان ترهین اسناد جهت اخذ تسهیلات بانکی</p>	
<p>-استقرار در مرز رسمی ماهیروود به عنوان سومین معبر رسمی بین المللی و مشترک با کشور جمهوری اسلامی افغانستان .</p> <p>-استقرار اداره کل گمرکات استان و گمرک رسمی ماهیروود در دو سایت مرکزی و مرزی منطقه به منظور سهولت در رویه های صادرات و واردات – ترانزیت خارجی و داخلی و مهم تر از آن صادرات فرآورده های نفتی .</p> <p>-تأمین کننده زیر ساخت های مورد نیاز حمل و نقل و ترانزیت و تسهیل امور ترانسپورت و مجوز واردات کامیون های افغانستانی به کشور در قالب کنوانسیون های مشترک گمرکی و حمل و نقلی .</p> <p>-امکان ایجاد بارانداز، انبارها، سردخانه و دیپوی کالای وارداتی با معافیت حقوق ورودی در سایت مرزی منطقه ویژه اقتصادی خراسان جنوبی واقع در مرز ماهیروود (میل ۷۸)</p> <p>-امکان واردات ماشین آلات و ادوات جهت تخلیه، بارگیری، باربری و جابجایی کالاهای تجاری اعم از جرتقیل های مختلف با معافیت های گمرکی .</p> <p>-امکان واردات توربین های بادی با معافیت حقوق ورودی جهت استفاده از انرژی باد با توجه به اقلیم مناسب و وجود بادهای نسبتاً شدید و طولانی مدت در مرز ماهیروود و تولید برق و صادرات به مناطق همجوار افغانستان .</p> <p>-امکان واردات مخازن بزرگ جهت نگهداری و ذخیره سازی مشتقات نفتی و گاز LPG در سایت منطقه مرزی ماهیروود و انتقال به افغانستان و استقرار امکانات سیلندر پُرکنی و پرتال گاز LPG و امکان ترانزیت مشتقات و گاز از کشور های مختلف به افغانستان از طریق سایت مرزی منطقه ویژه اقتصادی .</p> <p>-امکان ایجاد انبار جهت واردات برنج، چای و غیره و دیگر اقلام مورد نیاز مرزنشینان استان و بسته بندی و برندسازی اقلام مورد نیاز خانواده های مرزنشین .</p> <p>-ایجاد امکانات انبارداری جهت انتقال سریع محموله های تجاری داخلی و تجار افغانستانی از مبادی بندرعباس، چابهار و سایر مرزهای ورودی به صورت کلی و انتقال در پارت های کوچک با زمان بندی مورد نظر و کاهش هزینه های انبارداری و جلوگیری از تخلیه و بارگیری مجدد در بنادر و از همه مهمتر تسریع در امور مربوطه، صرفه جویی در وقت، هزینه و غیره .</p>	<p><b>مشوق های منطقه ویژه اقتصادی بیرجند در حوزه تجارت، حمل و نقل، ترانزیت و خدمات</b></p>

<p>- مهیا نمودن مخازن و انبار جهت دپو و نگهداری کالاهای تولیدی واحدهای بزرگ اعم از پتروشیمی (فرآورده های نفتی، کودهای شیمیایی و ...) ، کارخانجات تولید سیمان، گچ، آهن و غیره در سایت مرزی منطقه ویژه اقتصادی و انتقال سریع و به موقع به بازارهای هدف.</p> <p>- امکان ورود ناوگان افغانستانی به سایت مرزی منطقه ویژه اقتصادی بدون تشریفات گمرکی، کنسولی، تخلیه و بارگیری، ترانزیت کانترینر و سایر کالاها، امکان تردد نیروی کار و تجار افغانستانی به سایت مرزی منطقه ویژه اقتصادی.</p> <p>- امکان استقرار مراکز بهداشتی - درمانی و بیمارستانی و خدمات رسانی به بیماران و اتباع افغانستانی و امکان واردات تمامی دستگاه ها و لوازم بیمارستانی و توریسم درمانی با معافیت گمرکی در سایت مرزی منطقه ویژه اقتصادی. زیرا با توجه به وضعیت نه چندان مطلوب کشور افغانستان (بخصوص در حوزه های دندان پزشکی، چشم پزشکی، مراکز نابوری و...) ...</p>	
<p><b>نام منطقه</b></p>	<p><b>منطقه ویژه اقتصادی دوغارون</b></p>
<p>در بخش ترانزیت و حمل و نقل:</p> <p>وجود بزرگ راهها و قرار گرفتن در کریدورهای بین المللی و ارتباط با کشورهای CIS و خلیج فارس</p> <p>در بخش انرژی های نو و پاک:</p> <p>وزش بادهای نسبتا شدید و موسوم به ۱۲۰ روزه سیستان در منطقه و ایجاد نیروگاههای بادی و خورشیدی</p> <p>در بخش سرمایه گذاری:</p> <p>وجود امنیت و ثبات بالا در منطقه به نسبت کشور افغانستان تمایلات زیاد سرمایه گذاران افغانستانی را در جهت سرمایه گذاری در ایران به همراه داشته است</p> <p>در بخش صنعت و معدن:</p> <p>وجود ذخایر غنی معدنی در اطراف این منطقه چه در خاک کشور عزیزمان چه در کشور افغانستان</p>	<p><b>مزیت های منطقه</b></p>
<p>انبارهای مسقف و روباز - مخازن ذخیره سوخت - تجهیزات تخلیه و بارگیری - تجهیزات توزین - ساختمان اداری - گمرک مستقل منطقه ویژه - استراحتگاه و خوابگاه رانندگان - جایگاه عرضه سوخت - تجهیزات اطفاء حریق - ۳۰ هکتار پارکینگ آسفالت - گارد حفاظت - حصار کامل فاز یک منطقه و برخورداری از درب های ورود و خروج به مرز - شبکه فیبر نوری - تامین برق مصرفی و اضطراری - حضور نیروهای مرزبانی و گذر نامه - دوش های ویژه ترانشیپمنت سوخت - انجام رویه های گمرکی صادرات - واردات و ترانزیت با برخورداری از کد ترانزیتی ۶۰۵۰۳</p>	<p><b>خدمات زیر ساختی قابل ارائه به سرمایه گذاران</b></p>
<p><b>نام منطقه</b></p>	<p><b>منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی</b></p>
<p>- ورود ماشین آلات صنعتی از خارج کشور بدون تشریفات گمرکی و عوارض گمرکی صورت می پذیرد</p> <p>- ایجاد پنجره واحد در محل گمرک منطقه</p> <p>- معافیت مالیات بر ارزش افزوده در داخل منطقه</p> <p>- معافیت حاصل از ارزش افزوده دریافتی کمیسیون تعیین ارزش افزوده و اعمال آن توسط گمرک</p> <p>- ارائه خدمات زیربنایی، مهندسی، تسهیلات مواصلاتی، انبارداری، تخلیه، بارگیری، بهداشتی، فرهنگی، ارتباطات، آموزشی و رفاهی و ارائه خدمات استفاده از اسکله مایعات منطقه.</p> <p>- ارائه تنفس جهت پرداخت وجه زمین (اجاره به شرط تملیک) برای سرمایه گذاران</p> <p>- وجود تصفیه خانه صنعتی پساب های صنعتی</p> <p>- وجود بانک های مختلف در منطقه</p> <p>- وجود باند چرخ بال در منطقه</p> <p>- تبادل خوراک بین مجتمعی از طریق زیرساخت های ایجاد شده در منطقه</p> <p>- ایجاد فضای سبز جهت حفظ محیط زیست</p> <p>- واگذاری زمین بصورت اجاره به شرط تملیک صورت می پذیرد</p>	<p><b>تسهیلات مزیت ها و امکانات منطقه</b></p>
<p><b>نام منطقه</b></p>	<p><b>منطقه ویژه اقتصادی سلفچگان</b></p>

<p>- فراهم بودن امکانات واگذاری زمین به منظور ایجاد کاربری های مختلف صنعتی، تجاری، شیمیایی، اداری، خدماتی، فلزی</p> <p>- صدور مجوزهای قانونی برای ساخت و ساز، تولید، پردازش، تعمیر، تکمیل، تفکیک و بسته بندی مواد و کالاهای خارجی برای تأمین نیازهای داخلی و صادرات مجدد</p> <p>- حق مالکیت حقیقی و حقوقی زمین و سازه ها برای سرمایه گذاران ایرانی توسط منطقه فراهم و تضمین سرمایه گذاری خارجی در چارچوب مقررات قانون حمایت از سرمایه گذار خارجی توسط دولت تأمین می گردد.</p> <p>- اعطای سند مالکیت شش دانگ به سرمایه گذارانی که نسبت به ساخت و ساز اقدام می نمایند و امکان ترهین اسناد مذکور جهت اخذ تسهیلات بانکی</p> <p>- سرمایه گذاری در زمینه های گوناگون با توجه به در اختیار داشتن رتبه اول تنوع تولید در کل مناطق ایران.</p> <p>- بکارگیری تمهیدات لازم جهت پوشش بیمه ای کالاهای وارده تجار از زمان ورود تا خروج</p> <p>- بلامانع بودن خرید و ساخت و اجاره و یا واگذاری انبار اختصاصی در بخش انبارهای منطقه.</p> <p>- هزینه بسیار پایین انبارداری نسبت به سایر گمرک ها</p> <p>- دسترسی آسان به نیروهای متخصص به لحاظ نزدیک بودن به مراکز جمعیتی کشور و به خصوص تهران</p> <p>- نزدیک ترین منطقه ویژه اقتصادی به مراکز مصرفی کشور</p> <p>- تسهیل صدور کارت بازرگانی تجار توسط منطقه و با هماهنگی اتاق بازرگانی</p> <p>- بکارگیری تمهیدات کافی در حفاظت فیزیکی منطقه به گونه ای تاکنون هیچ گونه مشکلی جهت فعالیت در منطقه حادث نگردیده است.</p> <p>- معافیت های مالیاتی برای واحدهای تولیدی تا ۷ سال پس از بهره برداری.</p>	<p><b>تسهیلات و مزایا</b></p>
<p>با توجه به مزیت های قانونی مناطق و امتیازات بومی و منطقه ای منطقه ویژه اقتصادی سلفچگان به شرح موارد معنونه فوق، امکان فعالیت در زمینه انواع تولیدات و همچنین در زمینه واردات، تأمین نیارهای داخلی، ترانزیت و صادرات مجدد کالا وجود دارد، به گونه ای که پس از حصول نتایج مذاکرات بین المللی در ماه های پایانی سال گذشته و در ایام آغازین سال جاری، با مراجعات متعدد سرمایه گذاران خارجی از کشورهای مختلف مواجه و زمینه های مختلف جهت سرمایه گذاری توسط این گونه مراجعین بررسی و به نظر می رسد انتظارات آنها با بررسی موقعیت این منطقه تأمین گردیده و امید است در آینده شاهد تحولات چشمگیری در عرصه سرمایه گذاری خارجی بیش از پیش باشیم.</p> <p>با عنایت به پیشرفت مناسب عملیات زیرسازی خط ریلی منطقه، سرمایه گذاری در احداث بارانداز و انبارهای عمومی در محوطه مربوطه یکی از اولویت های سرمایه گذاری در منطقه می باشد و همچنین فعالیت های بازرگانی شامل صادرات، صادرات مجدد، واردات، واردات مجدد، ترانزیت و ...، سرمایه گذاری در زمینه ساخت مراکز اقامتی، خدماتی و رفاهی، احداث کارخانجات واگن سازی، احداث کارخانجات تولید انواع خودرو سواری، خط تولید ماشین آلات راه سازی و ... از فرصت های سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی سلفچگان می باشد</p>	<p><b>فرصت های سرمایه گذاری</b></p>
<p><b>منطقه ویژه اقتصادی بوشهر</b></p>	<p><b>نام منطقه</b></p>
<p>- صنایع بسته بندی مواد غذایی و فرآوری آبزیان</p> <p>- تولید شناورهای دریائی</p> <p>- تولید تجهیزات تکنولوژی بالای مورد نیاز صنایع نفت و گاز</p> <p>- ایجاد سیستم های تولید همزمان برق و آب شیرین</p> <p>- ایجاد زیرساخت های مورد نیاز حمل و نقل سردخانه ای و انبارهای با دمای پائین</p> <p>- مونتاژ و تولید وسایل الکتریکی و الکترونیکی</p> <p>- مونتاژ و تولید وسایل خانگی و آشپزخانه ای</p> <p>- صنایع پایین دست پتروشیمی، نفت و گاز</p> <p>- سرمایه گذاری در زمینه استفاده از فناوریهای زیستی و فناوریهای نانو برای تولید خدمات و محصولات جدید</p>	<p><b>اولویت های سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی بوشهر</b></p>

<p>۱- صدور گواهی مبدأ برای کالاهای که از منطقه ویژه خارج می شوند</p> <p>۲- صدور قبض انبار تفکیکی و قابل معامله</p> <p>۳- امکان پردازش کالا و ایجاد ارزش افزوده</p> <p>۴- ترانزیت و صادرات مجدد برای کالاهای وارده به منطقه ویژه</p> <p>۵- واردات ماشین آلات و خط تولید بدون پرداخت حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی</p> <p>۶- سرمایه گذاری در منطقه ویژه اقتصادی بوشهر با مشارکت سرمایه گذاران داخلی و خارجی</p> <p>۷- بهره مندی از معافیت ۹ درصد مالیات بر ارزش افزوده در محدوده منطقه ویژه</p> <p>۸- بهره مندی از معافیت مالیاتی به مدت ۵ سال</p> <p>۹- بهره مندی از معافیت پرداخت حقوق و عوارض گمرکی به میزان درصد ارزش افزوده جهت واردات مواد اولیه</p>	<b>مزیت های قانونی در منطقه ویژه اقتصادی بوشهر</b>
<p style="text-align: center;"><b>منطقه ویژه اقتصادی پیام</b></p>	<p>نام منطقه</p>
<p style="text-align: center;"><b>منطقه ویژه اقتصادی اسلام آباد غرب</b></p>	<p>نام منطقه</p>
<p style="text-align: center;"><b>منطقه ویژه اقتصادی اترک</b></p>	<p>نام منطقه</p>
<p style="text-align: center;"><b>منطقه ویژه اقتصادی ارگ جدید</b></p>	<p>نام منطقه</p>



## ۳-۳-۴ مناطق ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر در ایران

### منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر پارسیان



#### مزایا و نقاط قوت:

- نزدیکی به مخزن گازی پارس جنوبی (شعاع ۱۵۰ کیلومتری)
- دسترسی به خطوط حمل و نقل دریایی
- وجود گاز شیرین به میزان قابل برداشت بالاتر از ۱۰۰ میلیون مترمکعب در روز (حوزه‌های تابناک، شانول، وراوی و هما) در مجاورت منطقه
- دسترسی به امکانات زیر بنایی موجود در سایت های پارس ۱ و ۲
- ایجاد قطب جدید توسعه در کنار سایت های ۱ و ۲ پارس
- استفاده از ظرفیت های استان های هرمزگان، بوشهر و فارس برای توسعه
- افزایش توانمندی های هم زمان کرانه و پس کرانه با استفاده از ظرفیت های توسعه ساحلی
- مردم و مسئولین حمایتگر
- دسترسی به منابع آب

#### تسهیلات منطقه ویژه صنایع انرژی بر پارسیان

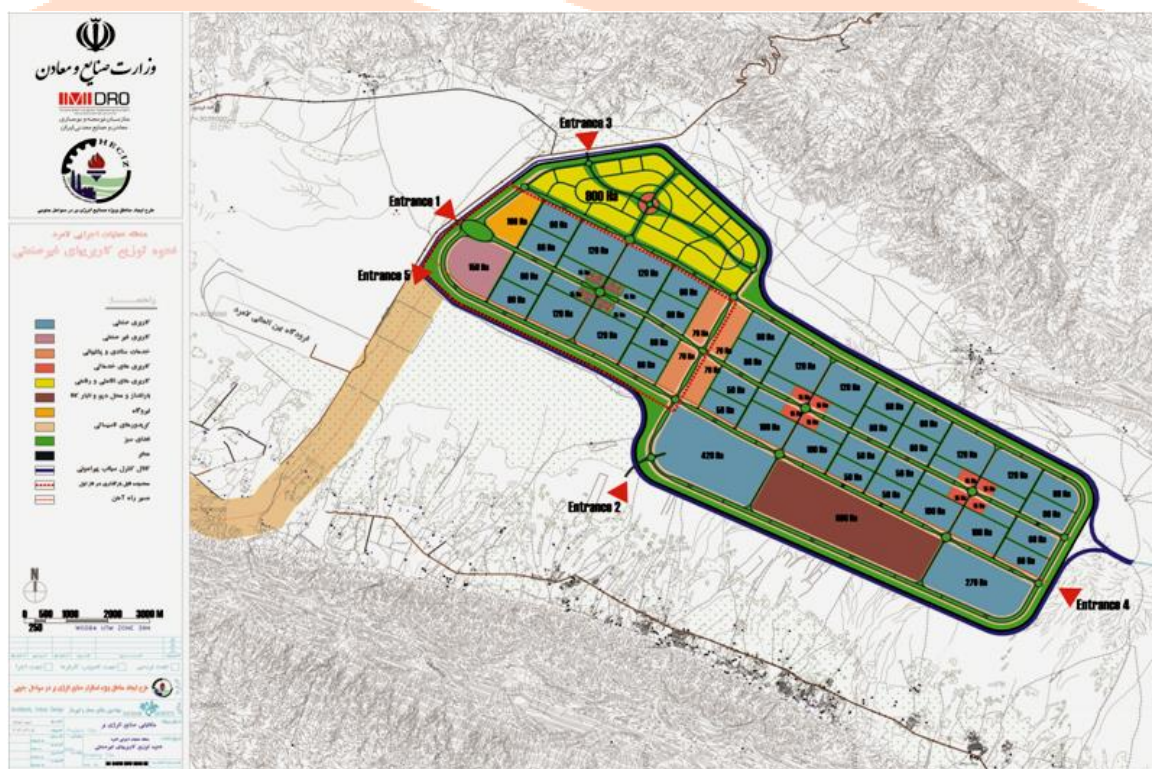
- آماده واگذاری ۲۵۰۰ هکتار زمین به سرمایه گذاران
- تامین زیرساختها آب، برق، گاز و مخابرات توسط منطقه
- استفاده از معافیت های گمرکی برای واردات تجهیزات

- جذب شریک داخلی برای سرمایه گذاری خارجی
- حمایت برای اخذ وام از طریق منابع داخلی و خارجی
- مشاوره در تمام مراحل اجرای پروژه
- انجام عملیات اخذ مجوز اشتغال برای کارکنان خارجی سرمایه گذاران

### تسهیلات منطقه ویژه صنایع انرژی بر پارسیان برای سرمایه گذاران

- آماده واگذاری ۳۰۰۰ هکتار زمین به سرمایه گذاران که ۳۰٪ مبلغ زمین پیش پرداخت و ۷۰٪ باقیمانده طی زمان اجرای پروژه و یا بعد از بهره برداری و تولید
- تامین زیرساختها آب، برق، گاز و مخابرات توسط منطقه
- استفاده از معافیت های گمرکی برای واردات تجهیزات
- جذب شریک داخلی برای سرمایه گذاری خارجی
- حمایت برای اخذ وام از طریق منابع داخلی و خارجی
- مشاوره در تمام مراحل اجرای پروژه
- انجام عملیات اخذ مجوز اشتغال برای کارکنان خارجی سرمایه گذاران

### منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر لامرد



## مزایای منطقه‌ای:

- ایجاد توسعه، رونق و افزایش فعالیت های اقتصادی در منطقه
- افزایش سطح درآمد های حاصل از توسعه اقتصادی منطقه
- ایجاد اشتغال در مشاغل صنعتی و خدماتی و به تبع آن کاهش نرخ بیکاری
- ایجاد و توسعه مراکز آموزشی، علمی، فنی و دانشگاهی
- ارتقای سطح مدیریت، مهارت و تخصص نیروی کار
- توسعه تمامی زیرساخت ها و تأسیسات زیربنایی منطقه ای
- توسعه امکانات سکونتی، رفاهی و خدماتی منطقه
- افزایش سطح رفاه فردی و اجتماعی

## زیرساخت‌های ایجاد شده:

- احداث جاده دسترسی پیرامونی سایت لامرد در زون صنعتی به طول ۳۸ کیلومتر و مسیر پیرامونی در زون توسعه به طول ۲۲ کیلومتر
- اجرای فنس کشی گمرکی سایت لامرد به طول ۳۸ کیلومتر
- اجرای شبکه بیسیم مخابراتی
- احداث کانال کنترل سیلاب پیرامون سایت لامرد
- ایجاد گمرک سایت لامرد
- احداث جاده شریانی سایت لامرد بطول ۵/۴ کیلومتر
- تامین آب دوران ساخت صنایع به میزان ۲۰ لیتر در ثانیه
- تامین برق دوران ساخت به میزان ۴ مگاوات

## ۳-۳-۵ تعرفه‌ی آب در مصارف صنعتی

### قیمت آب صنعتی در ایران بر اساس گزارش سال ۹۶:

متوسط تعرفه آب برای مصارف صنعتی در حال حاضر ۵۷۶۰ ریال به ازای هر مترمکعب است. این رقم برای شهر تهران که دارای بالاترین ضریب شهری است (۱/۴۵) به ۸۳۵۰ ریال می‌رسد. قابل ذکر است این رقم در قبال تحویل آب تصفیه شده در ورودی واحد صنعتی، از بهره‌بردار دریافت می‌شود. در صورتی که اگر آب به صورت تصفیه نشده تحویل شود یا انتقال آب تامین شده به عهده بهره‌بردار باشد یا استحصال آب زیرزمینی توسط خود بهره‌بردار صنعتی انجام گیرد، تعرفه مذکور تنزل یافته و به حداقل می‌رسد (۵۷۶۰ ریال به ازای هر مترمکعب). بالاترین تعرفه آب در مصارف صنعتی مربوط به آب بسته‌بندی است. براساس مصوبه شورای اقتصاد در حال حاضر ۵ درصد از قیمت عمده‌فروشی آب بسته‌بندی در محل کارخانه به عنوان آب بها از بهره‌بردار دریافت می‌شود. حجم آب عرضه شده از طریق صنایع بسته‌بندی آب، کمتر از ۵ میلیون مترمکعب است. بنابراین هم از دیدگاه حجمی و هم مالی، هنوز جایگاه درخور توجهی در مدیریت منابع آب کشور ندارد.

### قیمت آب صنعتی در ایران بر اساس گزارش سال ۹۷ برای تهران:

آب بهها و کارمزد دفع فاضلاب کاربری های غیرخانگی					
کد کاربری	عنوان کاربری	نرخ آب بهها (ریال)	نوع تعرفه	کارمزد دفع فاضلاب(ریال)	بهای فصل(ریال) (۲۰٪ آب بهها)
۱	مسکونی	مسکونی	مسکونی	مسکونی	ندارد
۲	دولتی و عمومی	۷۱۲۸	عمومی ودولتی	۲۸۹۳	دارد
۵	تجاری و صنعتی	۹۱۴۱	تجاری	۴۰۲۴	دارد
۶	تجاری و مسکونی	مسکونی	مسکونی	مسکونی	ندارد
۸	آتش نشانی	۷۱۲۸	عمومی ودولتی	۲۸۹۳	دارد
۹	درحال ساختمان	۹۹۰۰	آزادبنایی	۳۶۰۰	دارد
۱۲	مراکز بهداشتی و درمانی دولتی	۲۶۴۰	آموزشی و اماکن مذهبی	۵۰۶	دارد
۱۵	مراکز فرهنگی خصوصی (خدماتی)	۹۱۴۱	تجاری	۴۰۲۴	دارد
۱۷	آب خام تجاری صنعتی	۵۲۸۰	آزادبنایی صنعتی	۳۲۱۸	دارد
۱۸	آب خام موسسات دولتی و غیردولتی	۹۱۴۱	آزادبنایی تجاری	۴۰۲۴	دارد
۱۹	آب خام جنگلکاری	۷۱۲۸	آزادبنایی عمومی	۲۸۹۳	دارد
۲۱	آب موقت کارگاهی	۹۹۰۰	آزادبنایی	۳۶۰۰	دارد
۲۴	مراکز نظامی وانتظامی	۷۱۲۸	عمومی ودولتی	۲۸۹۳	دارد
۲۵	آب باتانکر	۹۹۰۰	آزادبنایی	۰	ندارد
۲۶	صنعتی	۵۲۸۰	صنعتی	۳۲۱۸	دارد
۲۸	آب آزاد	۹۹۰۰	آزادبنایی	۳۶۰۰	دارد



## فصل ۴ مطالعات اقتصادی زنجیره ارزش



## ۴-۱ بررسی حلقه سیلیکون متال گرید

### ۴-۱-۱ هزینه‌ها

Metallurgical-grade silicon		
دوران احداث: یک سال		حلقه اول
میلیون کیلوگرم	۳۵	ظرفیت: ۳۵ هزار تن معادل
میلیون دلار	۱۰۰	هزینه ثابت
میلیون دلار	۲۸,۳۵	هزینه عملیاتی*
درصد	۹	نرخ تنزیل:

\* نرخ هزینه عملیاتی (سالانه): 0.81 \$/Kg

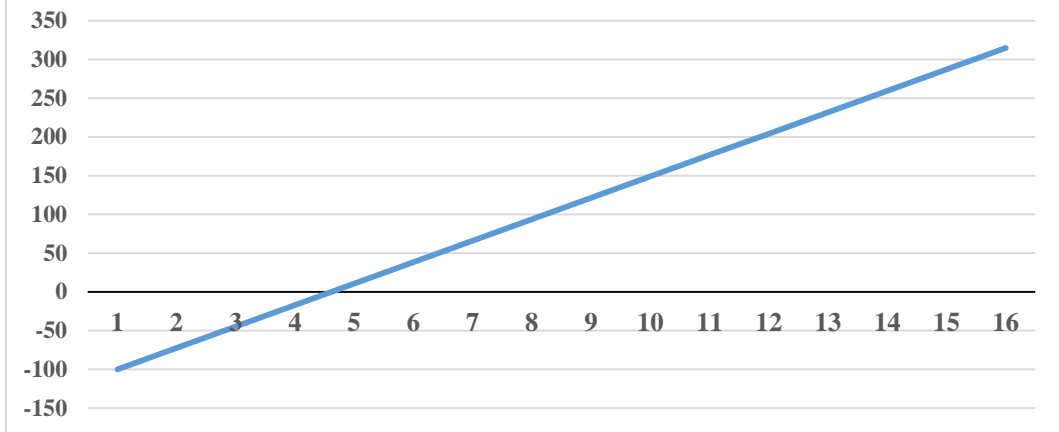
### ۴-۱-۲ نرخ فروش و درآمدها

نرخ فروش محصول این حلقه برابر با ۱,۶ دلار به ازای هر کیلوگرم می‌باشد. با در نظر گرفتن ظرفیت ۳۵ هزار تن در آمد سالانه این حلقه ۵۶ میلیون دلار خواهد بود.

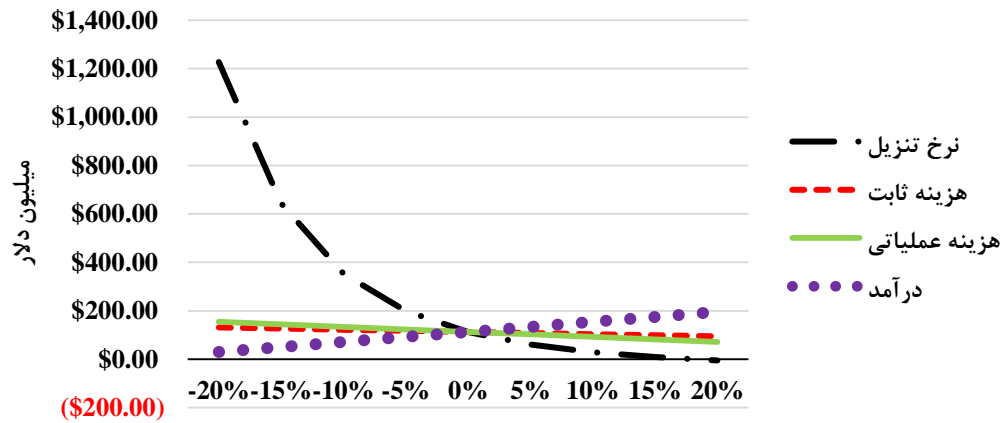
### ۴-۱-۳ بررسی‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی	
IRR	٪۲۶,۸۷
NPV	۱۱۲,۷۳\$

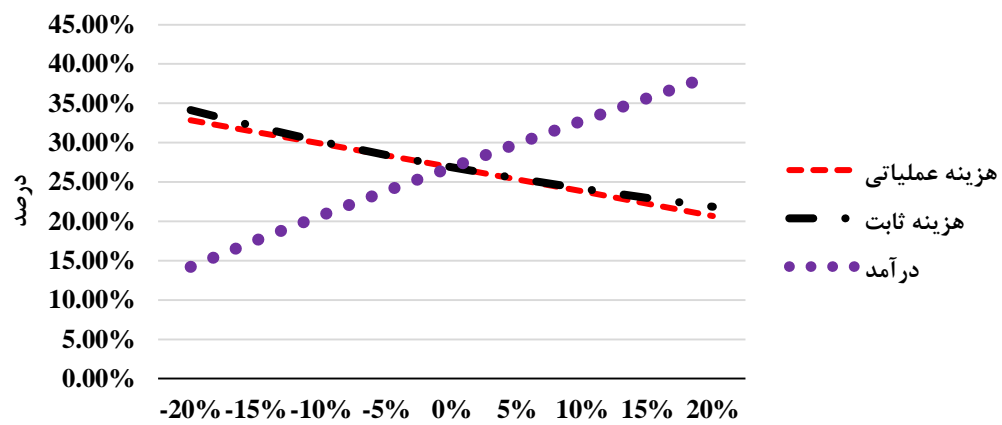
### بازگشت سرمایه



### حساسیت ارزش حال خالص MG-Si



### حساسیت نرخ بازده داخلی MG-Si



## ۲-۴ بررسی حلقه پلی سیلیکون

### ۱-۲-۴ هزینه‌ها

Polysilicon		
دوران احداث: سه سال		حلقه دوم
میلیون کیلوگرم	۱۰	ظرفیت: ۱۰ هزار تن معادل
میلیون دلار	۲۵۰	هزینه ثابت
میلیون دلار	۴۸	هزینه عملیاتی*
درصد	۹	نرخ تنزیل:

\* نرخ هزینه عملیاتی (سالانه): 4.8 \$/Kg

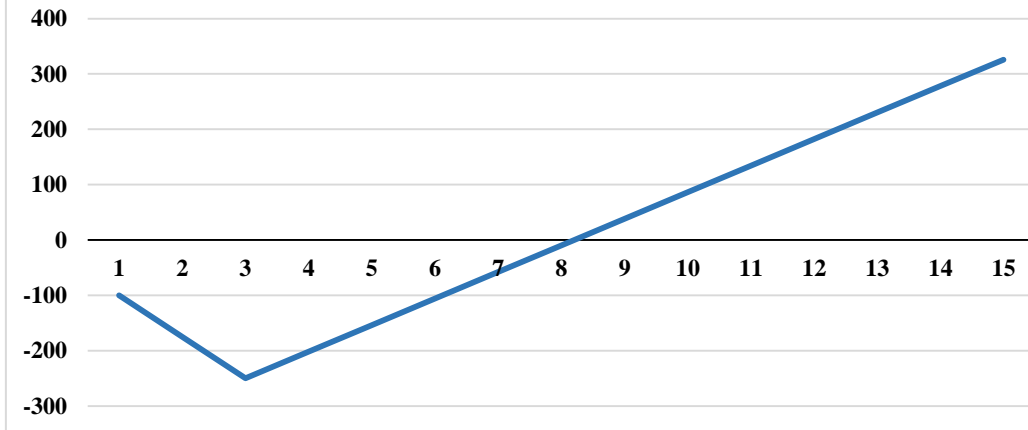
### ۲-۲-۴ نرخ فروش و درآمدها

نرخ فروش محصول این حلقه برابر با ۹,۶ دلار به ازای هر کیلوگرم می‌باشد. با در نظر گرفتن ظرفیت ۱۰ هزار تن در آمد سالانه این حلقه ۹۶ میلیون دلار خواهد بود.

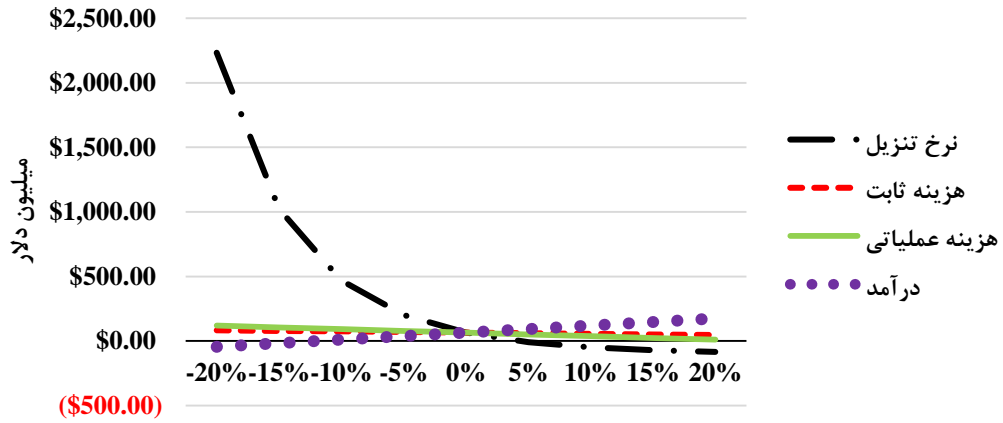
### ۳-۲-۴ بررسی‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی	
IRR	٪۱۴
NPV	۸۵,۹۸\$

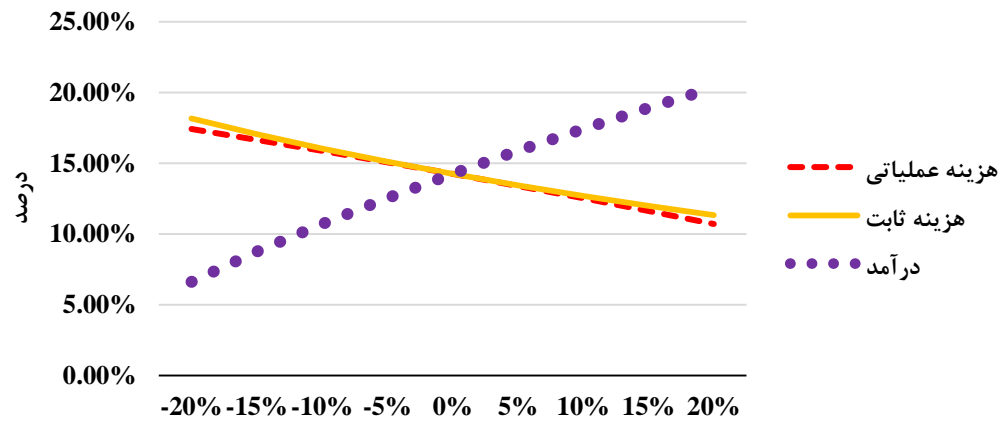
### بازگشت سرمایه



### حساسیت ارزش حال خالص Poly-Si



### حساسیت نرخ بازده داخلی Poly-Si



### ۳-۴ بررسی حلقه شمش و ویفر

#### ۱-۳-۴ هزینه‌ها

Ingot + Wafer (1GW)	
حلقه سوم	دوران احداث: یک سال
ظرفیت:	۱ گیگاوات
هزینه ثابت	۹۰ میلیون دلار
هزینه عملیاتی*	۷۱ میلیون دلار
نرخ تنزیل:	۹ درصد

\* نرخ هزینه عملیاتی (سالانه): 7.1 c/w

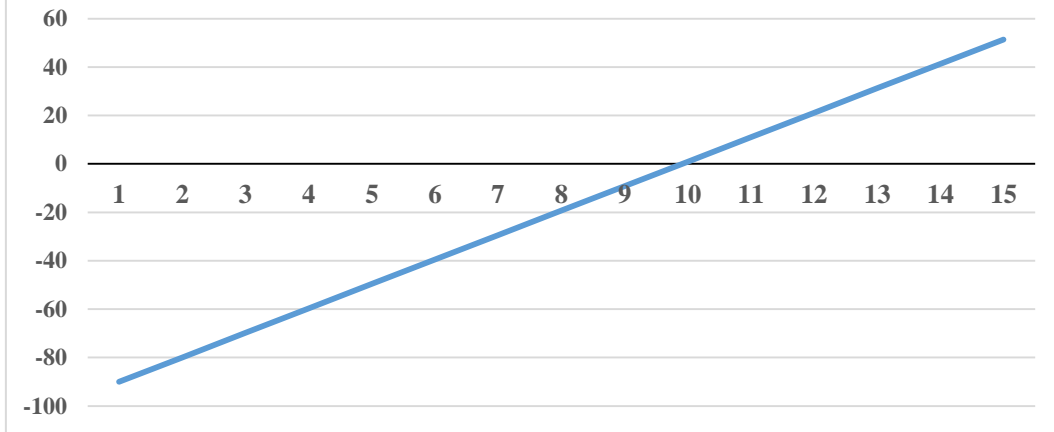
#### ۲-۳-۴ نرخ فروش و درآمدها

نرخ فروش محصول این حلقه 8.11 c/w است که برابر با ۸۱,۱ میلیون دلار به ازای ظرفیت یک گیگاوات در سال خواهد بود.

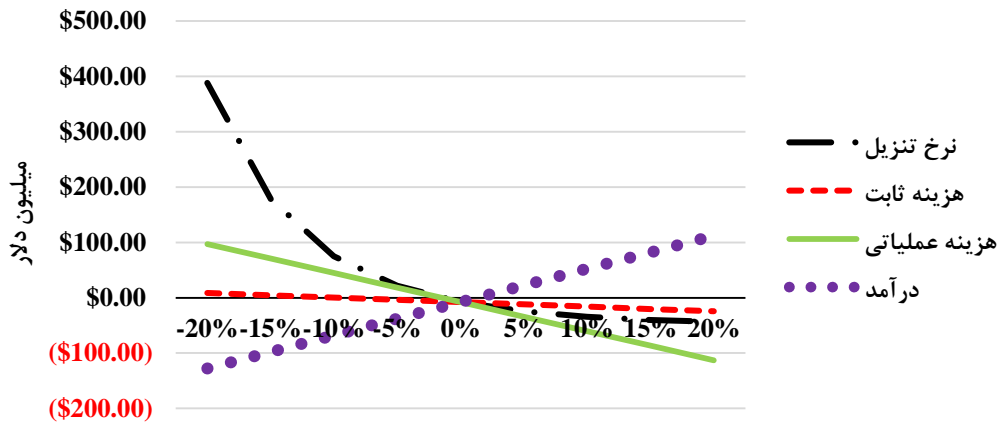
#### ۳-۳-۴ بررسی‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی	
IRR	٪۷
NPV	(۷,۸۸\$)

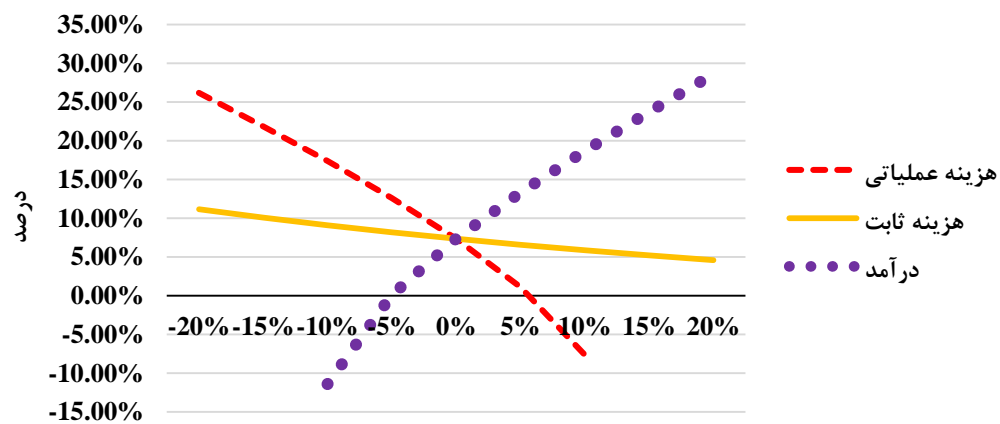
### بازگشت سرمایه



### حساسیت ارزش حال خالص (Ingot+Wafer 1GW)



### حساسیت نرخ بازده داخلی (Ingot+Wafer 1GW)



## ۴-۴ بررسی حلقه سلول

### ۱-۴-۴ هزینه‌ها

Cell (1GW)		
دوران احداث: یک سال		حلقه چهارم
گیگاوات	۱	ظرفیت:
میلیون دلار	۸۰	هزینه ثابت
میلیون دلار	۱۳۶	هزینه عملیاتی*
درصد	۹	نرخ تنزیل:

\* نرخ هزینه عملیاتی (سالانه): 13.6 c/w

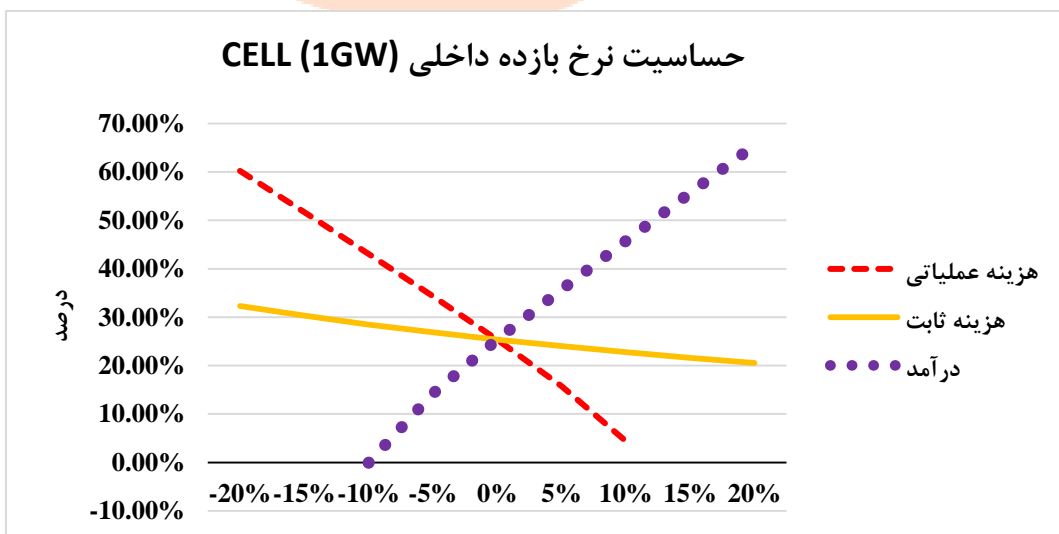
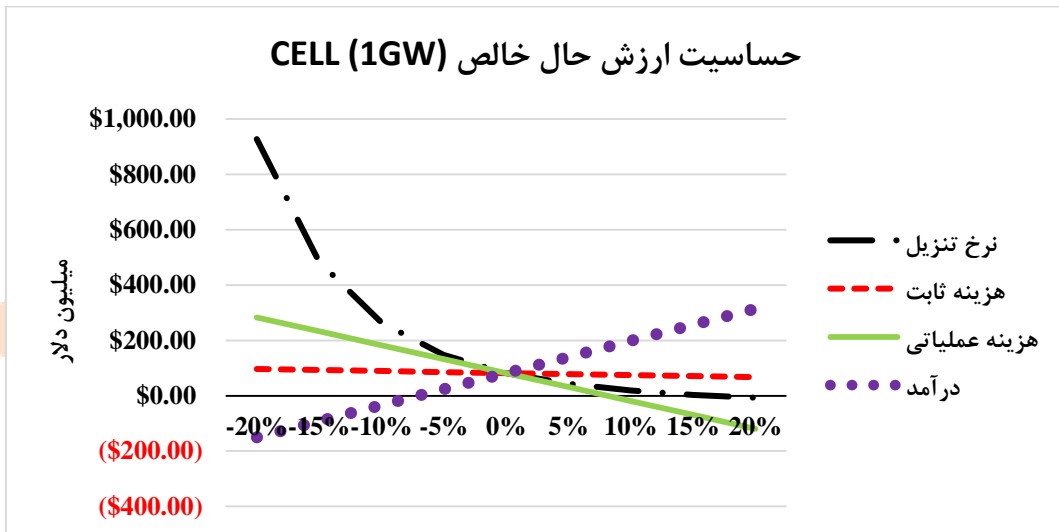
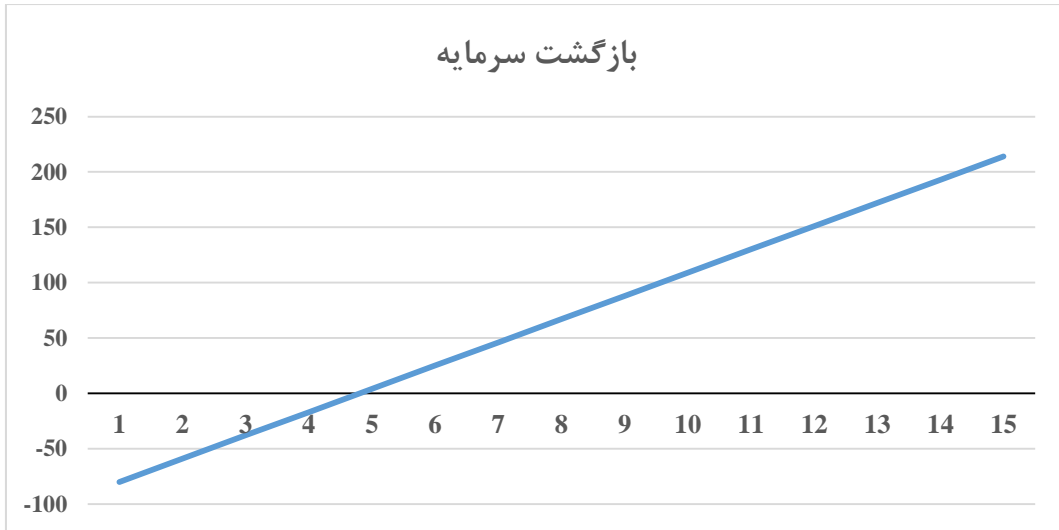
### ۲-۴-۴ نرخ فروش و درآمدها

نرخ فروش سلول‌های تولیدی ۱۵,۷ سنت به ازای هر وات می‌باشد که با در نظر گرفتن ظرفیت یک گیگاواتی برای حلقه تولیدی برابر با ۱۵۷ میلیون دلار در سال خواهد بود.

### ۳-۴-۴ بررسی‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی	
IRR	٪۲۵
NPV	۸۱,۹۰\$





## ۴-۵ بررسی حلقه ماژول

### ۴-۵-۱ هزینه‌ها

Module (1GW)		
دوران احداث: یک سال		حلقه پنجم
گیگاوات	۱	ظرفیت:
میلیون دلار	۲۰	هزینه ثابت
میلیون دلار	۲۵۲	هزینه عملیاتی*
درصد	۹	نرخ تنزیل:

\* نرخ هزینه عملیاتی (سالانه): 25.2 c/w

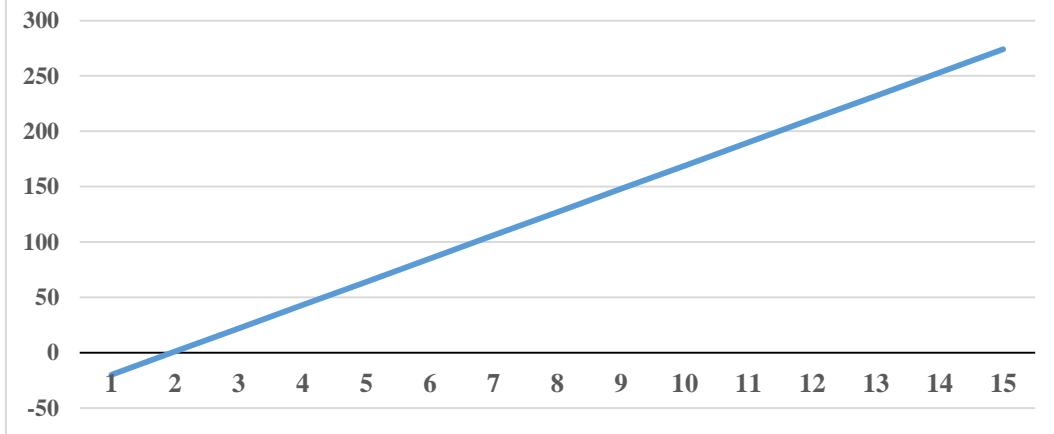
### ۴-۵-۲ نرخ فروش و درآمدها

نرخ فروش ماژول‌های تولیدی ۲۷,۳ سنت به ازای هر وات می‌باشد که با در نظر گرفتن ظرفیت یک گیگاواتی برای حلقه تولیدی برابر با ۲۷۳ میلیون دلار در سال خواهد بود.

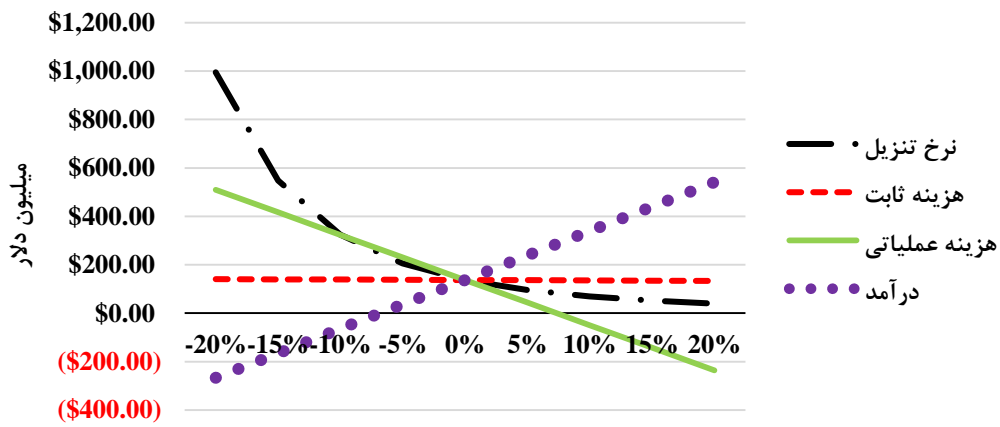
### ۴-۵-۳ بررسی‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی	
IRR	٪۱۰۵
NPV	۱۳۶,۹۵\$

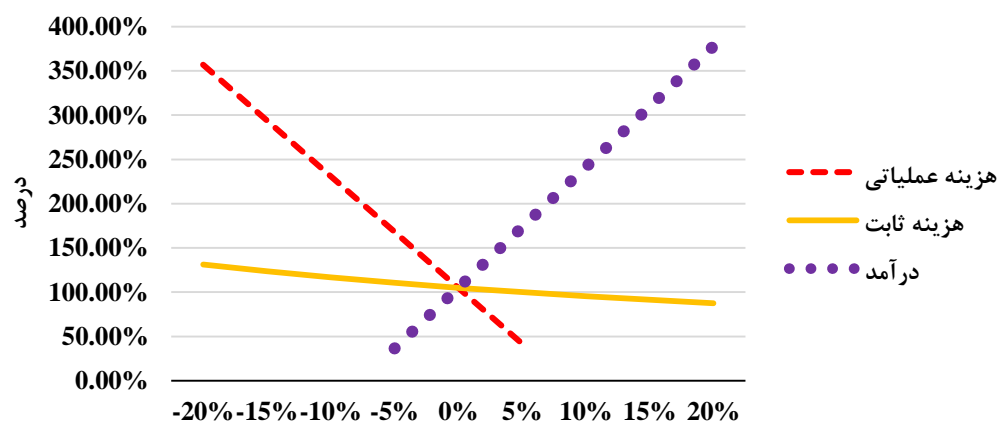
### بازگشت سرمایه



### حساسیت ارزش حال خالص (Module 1GW)



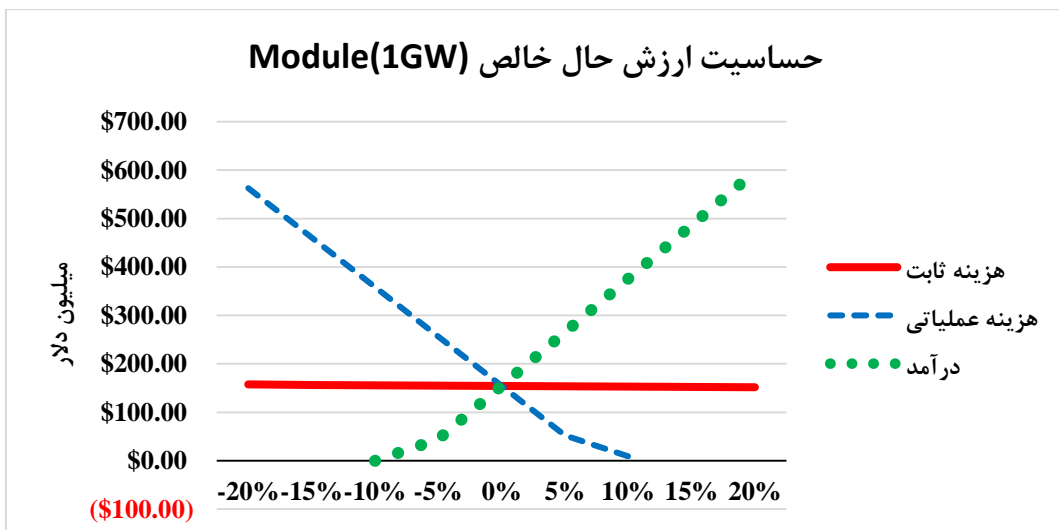
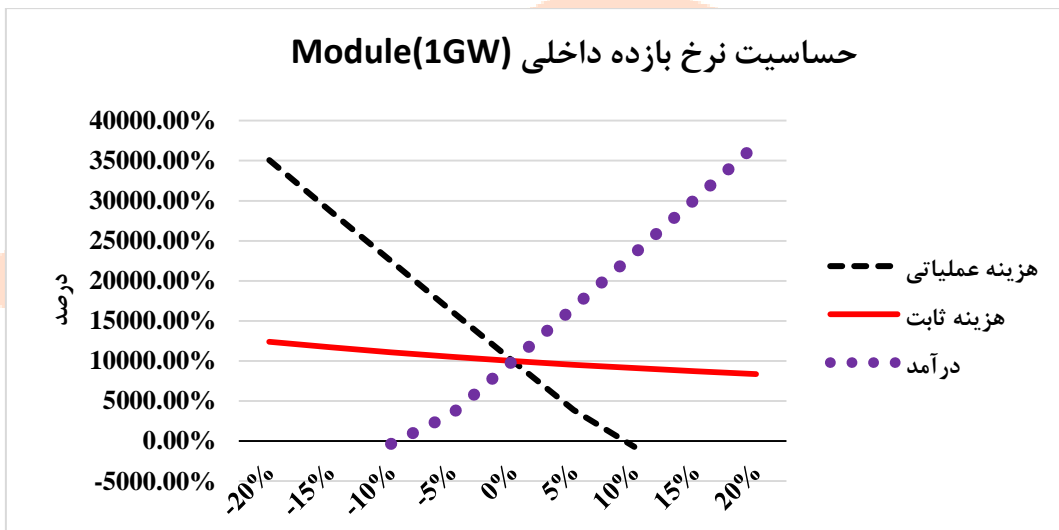
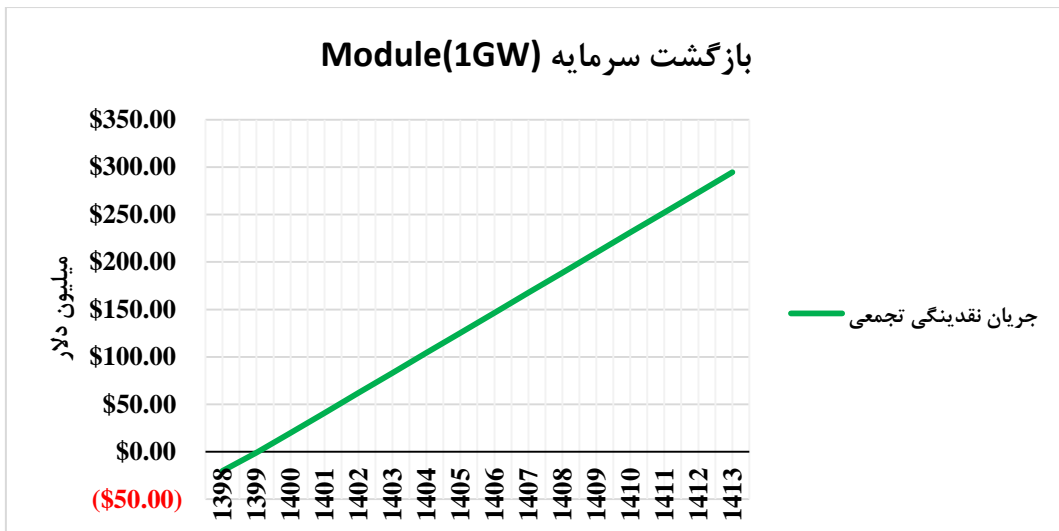
### حساسیت نرخ بازده داخلی (Module 1GW)



۴-۶ بررسی زنجیره‌های تولید در صورت ادغام رو به عقب (مدل سازی در نرم افزار کامفار)

۴-۶-۱ تولید ماژول فتوولتائیک

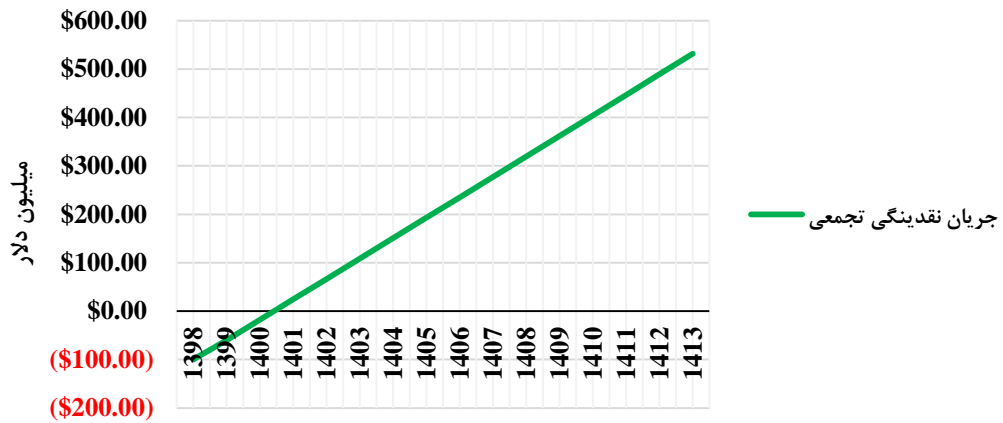
ماژول			
ردیف	عنوان	رقم	واحد
۱	ظرفیت	۱	گیگاوات
۲	دوره احداث	۱	سال
۳	دوره بهره برداری	۱۵	سال
۴	هزینه ثابت	۲۰	میلیون دلار
۵	هزینه عملیاتی	۲۵۲	میلیون دلار
۶	فروش	۲۷۳	میلیون دلار
۷	نرخ تورم	۶	درصد
۸	نرخ تنزیل	۹	درصد
۹	آورده سرمایه گذار	۳	میلیون دلار
۱۰	وام	۲۲	میلیون دلار
۱۱	دوره تنفس	۶	ماه
۱۲	دوره بازپرداخت	۸	سال
۱۳	نحوه بازپرداخت	اقساط مساوی	ماهانه-
۱۴	بهره وام	۳,۵	درصد
۱۵	هزینه بنگاهی وام	۱	درصد
۱۶	نرخ بازده داخلی کل سرمایه گذاری	۹۹,۸۸	درصد
۱۷	ارزش خالص حال کل سرمایه گذاری	۱۵۴,۳۹	میلیون دلار
۱۸	نرخ بازده داخلی آورده سرمایه گذار	۹۶۷,۴	درصد
۱۹	دوره بازگشت سرمایه	۲,۰۵	سال



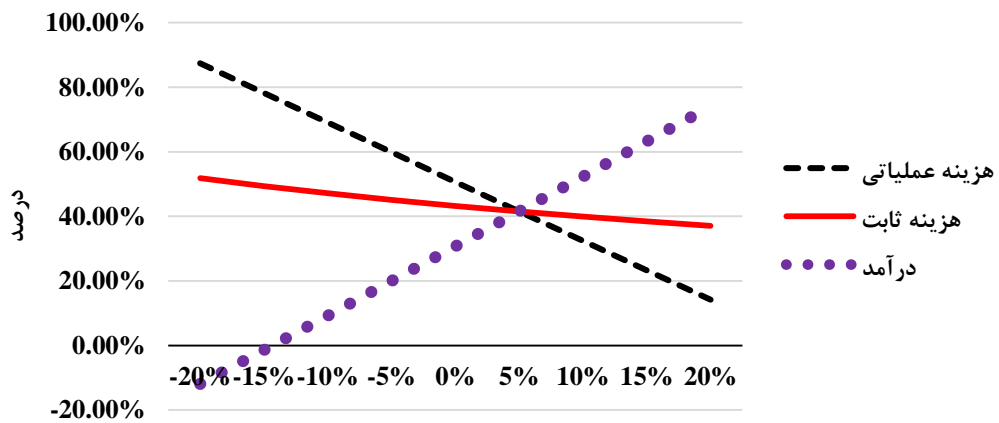
#### ۲-۶-۴ تولید سلول و ماژول

ماژول و سلول			
ردیف	عنوان	رقم	واحد
۱	ظرفیت	۱	گیگاوات
۲	دوره احداث	۱	سال
۳	دوره بهره برداری	۱۵	سال
۴	هزینه ثابت	۱۰۰	میلیون دلار
۵	هزینه عملیاتی	۲۳۱	میلیون دلار
۶	فروش	۲۷۳	میلیون دلار
۷	نرخ تورم	۶	درصد
۸	نرخ تنزیل	۹	درصد
۹	آورده سرمایه گذار	۱۵	میلیون دلار
۱۰	وام	۸۵	میلیون دلار
۱۱	دوره تنفس وام	۶	ماه
۱۲	دوره بازپرداخت وام	۸	سال
۱۳	نحوه بازپرداخت وام	اقساط مساوی	ماهانه-
۱۴	بهره وام	۳,۵	درصد
۱۵	هزینه بنگاهی وام	۱	درصد
۱۶	نرخ بازده داخلی کل سرمایه گذاری	۴۱,۵۳	درصد
۱۷	ارزش خالص حال کل سرمایه گذاری	۲۶۷,۲۸	میلیون دلار
۱۸	نرخ بازده داخلی آورده سرمایه گذار	۱۷۸	درصد
۱۹	دوره بازگشت سرمایه	۳,۴	سال

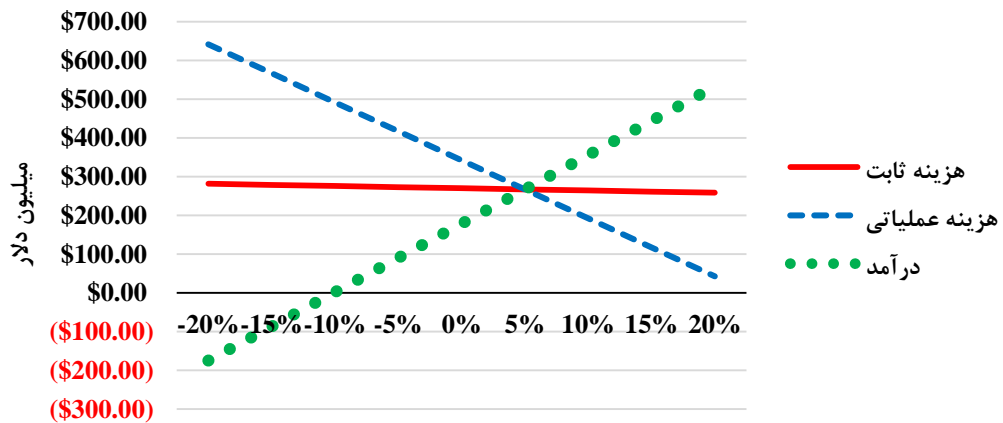
### بازگشت سرمایه (حلقه ماژول و سلول)



### حساسیت نرخ بازده داخلی (حلقه ماژول و سلول)



### حساسیت ارزش حال خالص (حلقه ماژول و سلول)

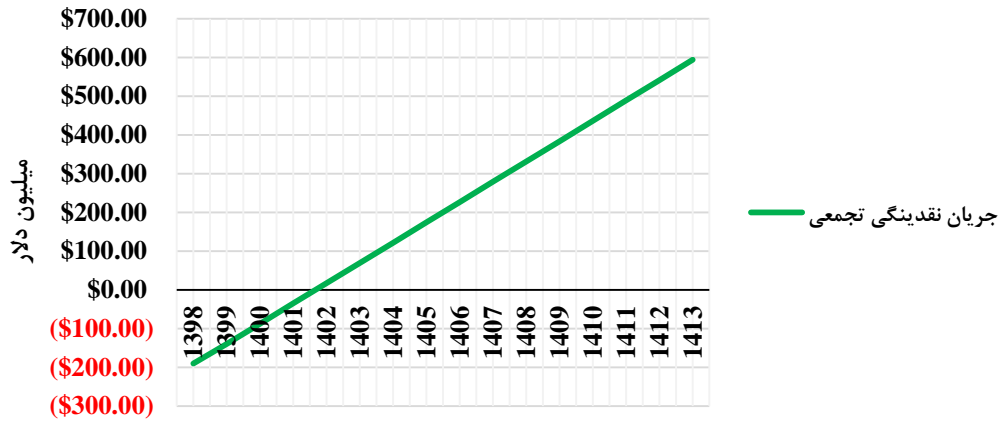


### ۴-۶-۳ شمش تا ماژول

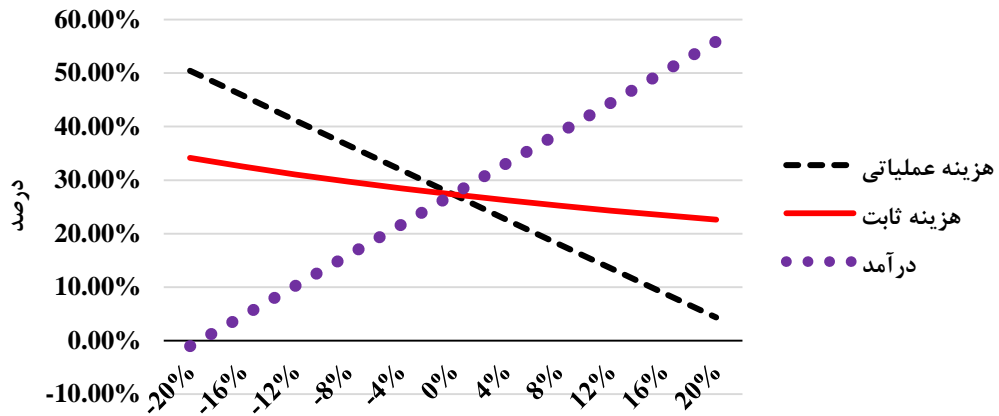
شمش تا ماژول			
ردیف	عنوان	رقم	واحد
۱	ظرفیت	۱	گیگاوات
۲	دوره احداث	۱	سال
۳	دوره بهره برداری	۱۵	سال
۴	هزینه ثابت	۱۹۰	میلیون دلار
۵	هزینه عملیاتی	۲۲۰,۹	میلیون دلار
۶	فروش	۲۷۳	میلیون دلار
۷	نرخ تورم	۶	درصد
۸	نرخ تنزیل	۹	درصد
۹	آورده سرمایه گذار	۲۹	میلیون دلار
۱۰	وام	۱۶۱	میلیون دلار
۱۱	دوره تنفس وام	۶	ماه
۱۲	دوره بازپرداخت وام	۸	سال
۱۳	نحوه بازپرداخت وام	اقساط مساوی	ماهانه-
۱۴	نرخ بهره وام	۳,۵	درصد
۱۵	هزینه بنگاهی وام	۱	درصد
۱۶	نرخ بازده داخلی کل سرمایه گذاری	۲۷,۳۱	درصد
۱۷	ارزش خالص حال کل سرمایه گذاری	۲۸۴,۷۲	میلیون دلار
۱۸	نرخ بازده داخلی آورده سرمایه گذار	۹۶,۸۷	درصد
۱۹	دوره بازگشت سرمایه	۴,۷	سال



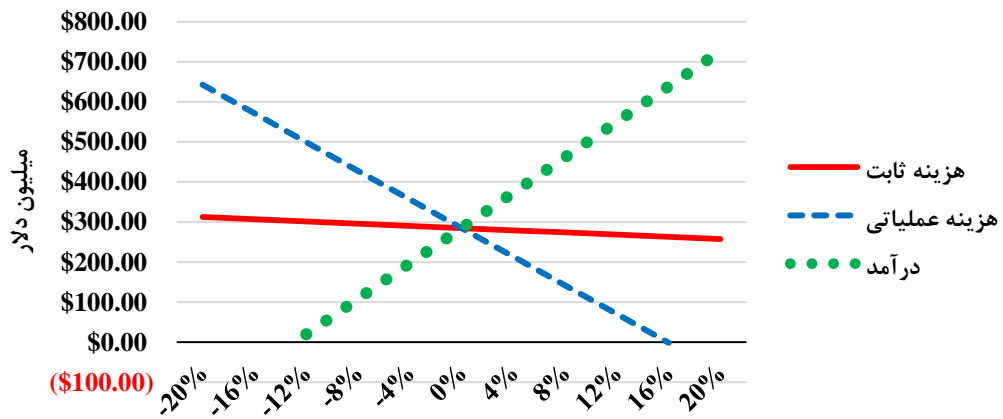
### بازگشت سرمایه (حلقه شمش تا ماژول)



### حساسیت نرخ بازده داخلی (حلقه شمش تا ماژول)



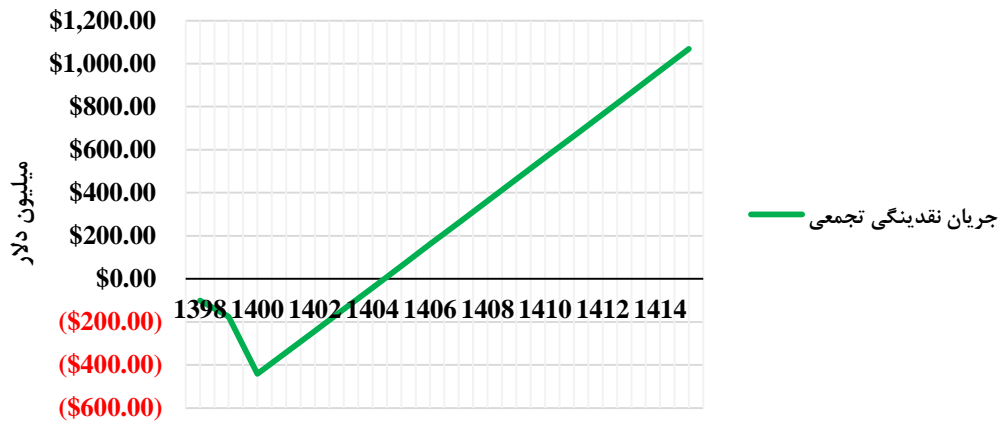
### حساسیت ارزش حال خالص (حلقه شمش تا ماژول)



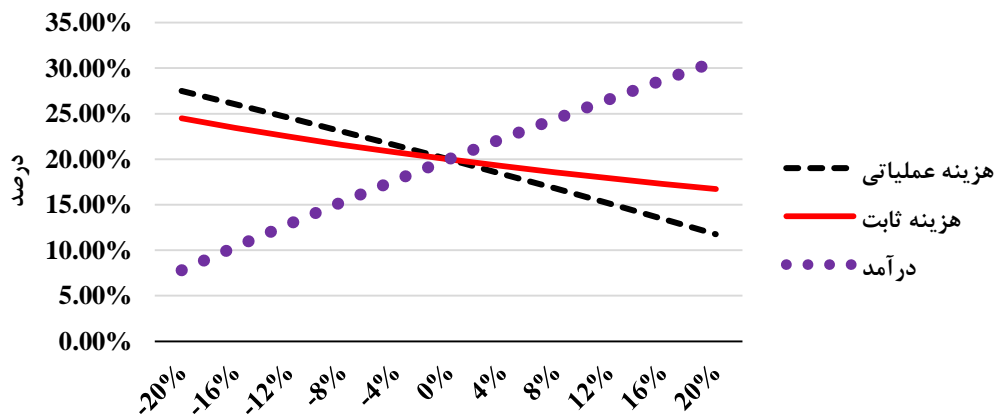
#### ۴-۶-۴ پلی سیلیکون تا ماژول

پلی سیلیکون تا ماژول			
ردیف	عنوان	رقم	واحد
۱	ظرفیت	۱	گیگاوات
۲	دوره احداث	۳	سال
۳	دوره بهره برداری	۱۵	سال
۴	هزینه ثابت	۴۴۰	میلیون دلار
۵	هزینه عملیاتی تا ماژول	۱۹۶,۹	میلیون دلار
	هزینه عملیاتی ویفر	۲۴	میلیون دلار
۶	فروش ماژول فتوولتائیک	۲۷۳	میلیون دلار
	فروش پلی سیلیکون	۴۸	میلیون دلار
۷	نرخ تورم	۶	درصد
۸	نرخ تنزیل	۹	درصد
۹	آورده سرمایه گذار	۶۶	میلیون دلار
۱۰	وام	۳۷۴	میلیون دلار
۱۱	دوره تنفس وام	۶	ماه
۱۲	دوره بازپرداخت وام	۸	سال
۱۳	نحوه بازپرداخت وام	اقساط مساوی	ماهانه-
۱۴	نرخ بهره وام	۳,۵	درصد
۱۵	هزینه بنگاهی وام	۱	درصد
۱۶	نرخ بازده داخلی کل سرمایه گذاری	۱۹,۹۸	درصد
۱۷	ارزش خالص حال کل سرمایه گذاری	۳۹۷,۱۹	میلیون دلار
۱۸	نرخ بازده داخلی آورده سرمایه گذار	۴۷,۸۶	درصد
۱۹	دوره بازگشت سرمایه	۷,۴	سال

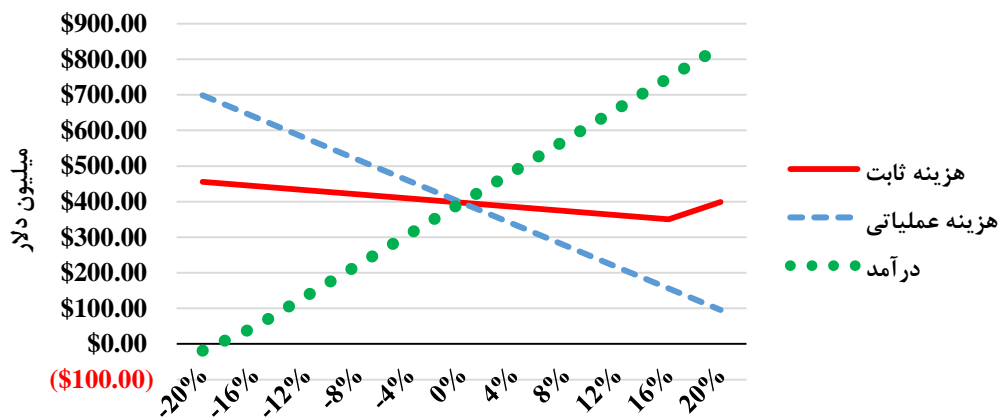
### بازگشت سرمایه (حلقه پلی سیلیکون تا ماژول)



### حساسیت نرخ بازده داخلی (حلقه پلی سیلیکون تا ماژول)



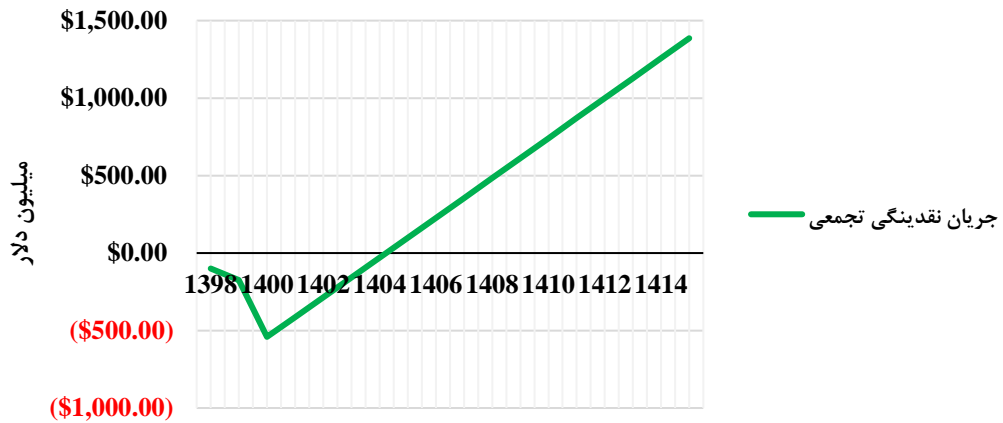
### حساسیت ارزش حال خالص (حلقه پلی سیلیکون تا ماژول)



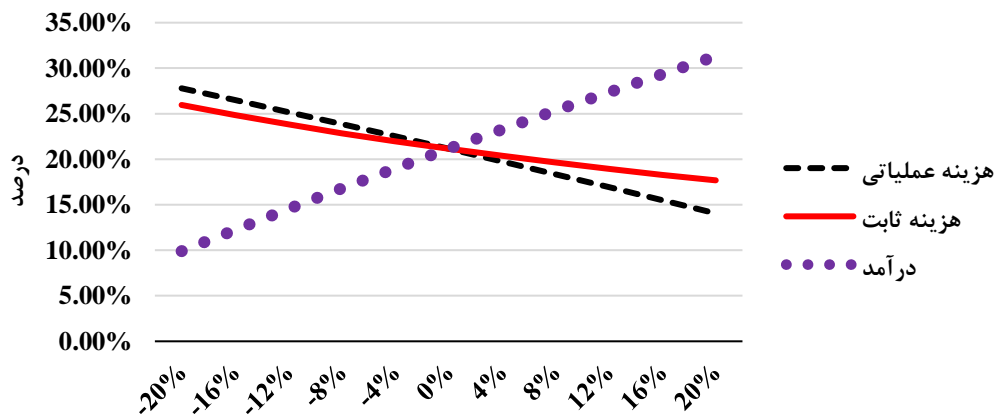
#### ۴-۶-۵ سیلیکون متالوژی تا ماژول

سیلیکون متالوژی تا ماژول			
ردیف	عنوان	رقم	واحد
۱	ظرفیت	۱	گیگاوات
۲	دوره احداث	۳	سال
۳	دوره بهره برداری	۱۵	سال
۴	هزینه ثابت	۵۴۰	میلیون دلار
۵	هزینه عملیاتی بقیه زنجیره	۲۱۱,۴۲	میلیون دلار
	هزینه عملیاتی مرحله متالوژی	۱۸,۶۳	میلیون دلار
۶	فروش ماژول	۲۷۳	میلیون دلار
	فروش پلی سیلیکون	۴۸	میلیون دلار
	فروش سیلیکون متالوژی	۳۶,۸	میلیون دلار
۷	نرخ تورم	۶	درصد
۸	نرخ تنزیل	۹	درصد
۹	آورده سرمایه گذار	۸۱	میلیون دلار
۱۰	وام	۴۵۹	میلیون دلار
۱۱	دوره تنفس وام	۶	ماه
۱۲	دوره بازپرداخت وام	۸	سال
۱۳	نحوه بازپرداخت وام	اقساط مساوی	ماهانه-
۱۴	نرخ بهره وام	۳,۵	درصد
۱۵	هزینه بنگاهی وام	۱	درصد
۱۶	نرخ بازده داخلی کل سرمایه گذاری	۲۱,۱۴	درصد
۱۷	ارزش خالص حال کل سرمایه گذاری	۵۲۵,۵۲	میلیون دلار
۱۸	نرخ بازده داخلی آورده سرمایه گذار	۵۳,۱	درصد
۱۹	دوره بازگشت سرمایه	۷,۲	سال

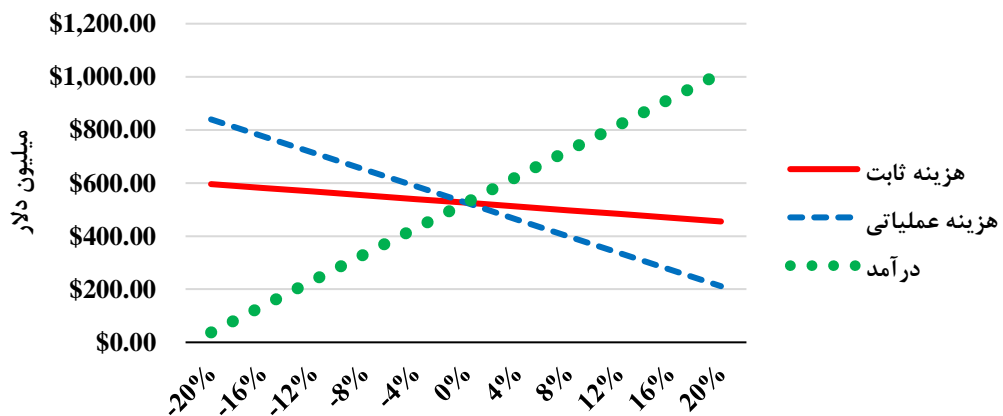
### بازگشت سرمایه (حلقه سیلیکون متالوژی تا ماژول)



### حساسیت نرخ بازده داخلی (حلقه سیلیکون متالوژی تا ماژول)



### حساسیت ارزش حال خالص (حلقه سیلیکون متالوژی تا ماژول)



- [1] M. Mat Desa, S. Sapeai, A. Azhari, K. Sopian, M. Sulaiman, N. Amin and S. Zaidi, "Silicon back contact solar cell configuration: A pathway towards higher efficiency," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. vol. 60, pp. pp. 1516-1532, 2016.
- [2] "IRENA,[Online]. Available: [www.irena.org](http://www.irena.org)," 2014. [Online].
- [3] e. a. Debra Sandor, "System Dynamics of Polysilicon for Solar Photovoltaics: A Framework for Investigating the Energy Security of Renewable Energy Supply Chains," *Energy Security and Sustainability*, vol. 10, no. 1, 11 January 2018.
- [4] B. a. O. L. Ceccaroli, "Solar grade silicon feedstock," in *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, 2003, pp. 169-217.
- [5] A. J. K. T. a. H. Schei, "Production of high silicon alloys," Trondheim, Norway: Tapir, 1998.
- [6] A. e. a. Goodrich, "A wafer-based monocrystalline silicon photovoltaics road map: Utilizing known technology improvement opportunities for further reductions in manufacturing costs," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 114, pp. 110-135, 2013.
- [7] R. T. L. J. a. M. W. Fu, "Economic measurements of polysilicon for the photovoltaic industry: market competition and manufacturing competitiveness," *IEEE Journal of Photovoltaics*, pp. 515-524, 2015.
- [8] G. P. a. E. R. W. Willeke, "Advances in photovoltaics," vol. 89, 2012.
- [9] "Tutorial Wacker Polysilicon," Capital Market Day, July 25, 2007.
- [10] P. a. W. K. Woditsch, "Solar grade silicon feedstock supply for PV industry," *Solar energy materials and solar cells*, vol. 72.1, pp. 11-26, 2002.
- [11] A. e. a. Müller, "Silicon for photovoltaic applications," *Materials Science and Engineering: B*, vol. 134.2, pp. 257-262, 2006.
- [12] B. E. a. J. D. Ydstie, "Producing poly-silicon from silane in a fluidized bed reactor," INTECH Open Access Publisher, 2011.
- [13] W. Peter, "Physics of Solar Cells: From Principles to New Concepts," 2009.
- [14] J. O. P. K. E. a. A. K. Odden, "From monosilane to crystalline silicon, Part I: Decomposition of monosilane at 690–830K and initial pressures 0.1–6.6 MPa in a free-space reactor," *Solar energy materials and solar cells*, vol. 86.2, p. 165.
- [15] B. a. C. C. Prior, ""Polysilicon 2012-2016: supply, Demand & Implications for the Global PV Industry," GTM Research, Boston, January 2012.
- [16] REC, "Granular polysilicon technology," Shanghai, China, 2012.
- [17] J. D. Plummer, "Silicon VLSI technology: fundamentals, practice, and modeling," in *Pearson Education India*, 2009.
- [18] G. e. a. Dhanaraj, "Crystal Growth Techniques and Characterization: An Overview," Berlin Heidelberg, 2010.

- [19] G. M. R. S. a. R. W. S. Fisher, "Silicon crystal growth and wafer technologies," *Proceedings of the IEEE* 100, no. *Special Centennial Issue*, pp. 1454-1474, 2012.
- [20] M. A. Green, "The passivated emitter and rear cell (PERC): from conception to mass production," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, pp. 190-197, 2015.
- [21] A. W. a. M. A. G. Blakers, "Oxidation condition dependence of surface passivation in high efficiency silicon solar cells," *Applied physics letters*, vol. 47.8, pp. 818-820, 1985.
- [22] C. R. a. S. M. S. Crowell, "Current transport in metal-semiconductor barriers," *Solid-state electronics*, pp. 1035-1048, 1966.
- [23] M. A. a. J. S. Green, "Minority carrier effects upon the small signal and steady-state properties of Schottky diodes," *Solid-State Electronics*, pp. 1141-1150, 1973.
- [24] M. A. Green, "Enhancement of Schottky solar cell efficiency above its semiempirical limit," *Applied Physics Letters* 27.5, pp. 287-288, 1975.
- [25] A. a. N. C. Ebong, "Metallization of crystalline silicon solar cells: a review," in *High Capacity Optical Networks and Enabling Technologies. IEEE*, 2012.
- [26] M. A. a. R. B. G. Green, "MIS solar cell—general theory and new experimental results for silicon," *Applied Physics Letters* 29.9, pp. 610-612, 1976.
- [27] A. W. a. M. A. G. Blakers, "678-mV open-circuit voltage silicon solar cells," *Applied Physics Letters* 39.6, pp. 483-485, 1981.
- [28] J. a. J. F. A. Lindmayer, "Dotted contact fine geometry solar cell". U.S. Patent, 28 Sep 1976.
- [29] A. a. R. A. A. Meulenber, "Surface effects in high voltage silicon solar cells," in *Conf. Rec. IEEE Photovoltaic Spec. Conf.; No. CONF-820906-. Comsat Laboratories, Clarksburg, MD, United States*, 1982.
- [30] M. A. Green, "The path to 25% silicon solar cell efficiency," *History of silicon cell evolution.* *Progress in Photovoltaics Research and Applications* 17.3, pp. 183-189, 2009.
- [31] F. Jackson, "Planning and installing photovoltaic systems," London: Earthscan, 2008.
- [32] H. H. M. e. a. Ali, "Production of metallurgical-grade silicon from Egyptian quartz," *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy* , vol. 118 , no. 2, pp. 143-148, 2018.
- [33] "www.valleydesign.com/sodalime.htm," [Online].