



ریاست جمهوری

معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان

به نام خدا

سناریوهای توسعه نیروگاه های خورشیدی در ایران تا افق ۱۴۱۴

معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان ریاست جمهوری

ارائه:

تورج امرایی

معاون توسعه دانش بنیان معاونت علمی ریاست جمهوری و
استاد دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

بهار ۱۴۰۵

فهرست مطالب

□ مقدمه

□ وضعیت کنونی جهان در حوزه انرژی خورشیدی

□ وضعیت کشورهای منتخب در حوزه انرژی خورشیدی

□ وضعیت کنونی ایران در حوزه انرژی خورشیدی

□ ساختار حکمرانی در حوزه انرژی خورشیدی

□ بومی سازی و توسعه فناوری در حوزه انرژی خورشیدی

□ سناریوهای توسعه نیروگاه های خورشیدی در ایران تا افق ۱۴۱۴

□ پیشنهادات

مقدمه

□ ایران و ظرفیت انرژی خورشیدی:

- پتانسیل تابش خورشیدی بالا (۱۱۰۰-۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع)، و مساحت گسترده
- نیروی انسانی و فناوری: شرکت‌های دانش بنیان توانمند، مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی متعدد برای توسعه فناوری‌ها

□ مشکل ناترازی انرژی به ویژه ناترازی همزمان برق و سوخت فسیلی در ایران

- میزان اوج ناترازی برق در سال ۱۴۰۳: ۱۹۰۰۰ مگاوات
- میزان اوج ناترازی برق در سال ۱۴۰۴: ۱۴۹۲۳ مگاوات (۴)

□ انرژی تجدیدپذیر بویژه خورشیدی و بادی راهکاری مناسب برای تعدیل ناترازی برق

- کاهش هزینه تولید برق در مقایسه با نیروگاه‌های فسیلی
- افزایش درآمد ملی با کاهش مصرف سوخت فسیلی و ایجاد فرصت‌های صادراتی
- کاهش آلودگی‌های ناشی از سوخت فسیلی

وضعیت جهان در حوزه انرژی خورشیدی

سال ۲۰۲۴

- ❖ سهم انرژی خورشیدی: ۶.۹ درصد
- ❖ سهم انرژی بادی: ۸.۱ درصد
- ❖ سهم تجدیدپذیرها (شامل آبی): ۳۱.۹ درصد

سال ۲۰۳۰

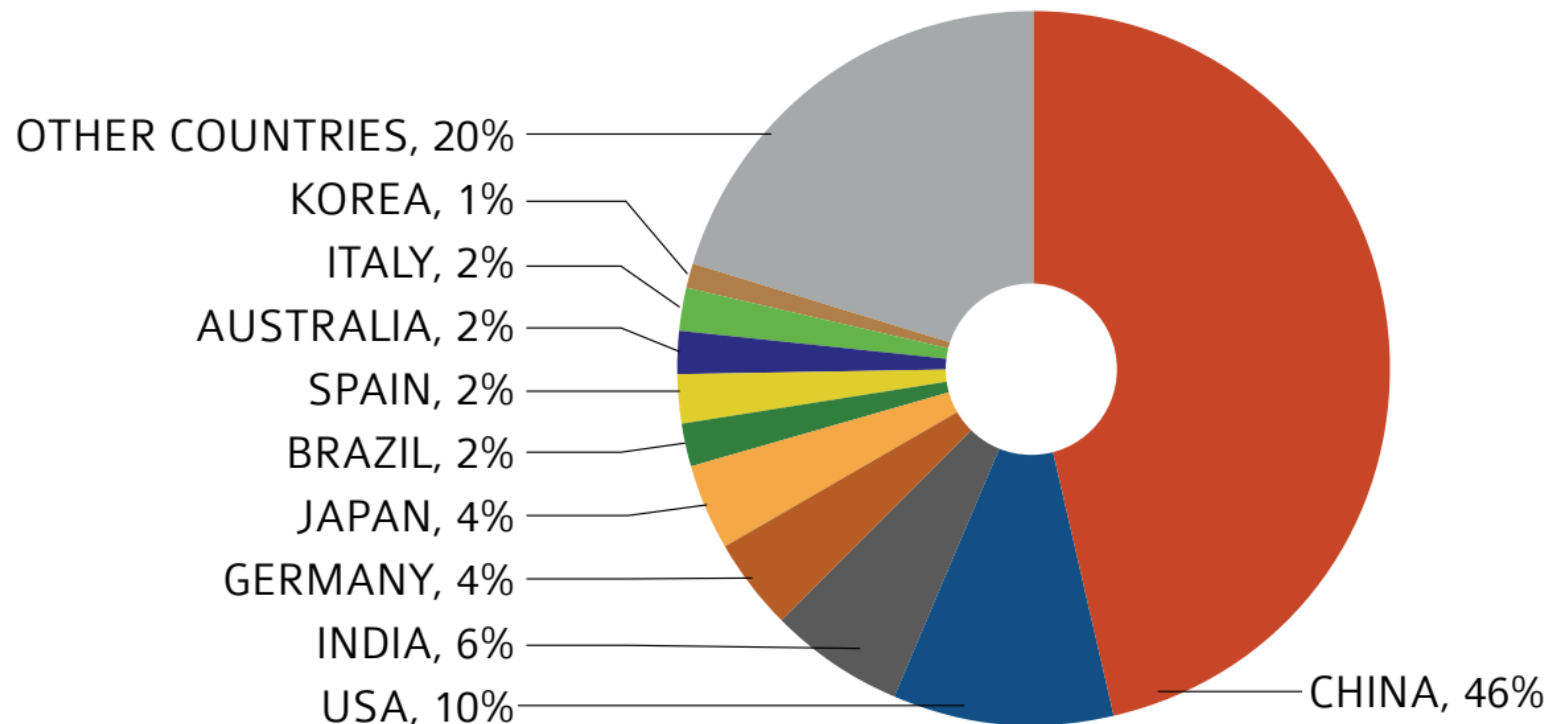
- ❖ سهم انرژی خورشیدی: ۱۶.۱ درصد
- ❖ سهم انرژی بادی: ۱۳.۴ درصد
- ❖ سهم تجدیدپذیرها (شامل آبی): ۴۵.۶ درصد

بر اساس پیش بینی آژانس انرژی جهانی **سهم انرژی خورشیدی** از کل انرژی الکتریکی تولیدی در جهان در ده سال آینده در افق نزدیک به ۲۰۳۵ به **حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد** خواهد رسید.



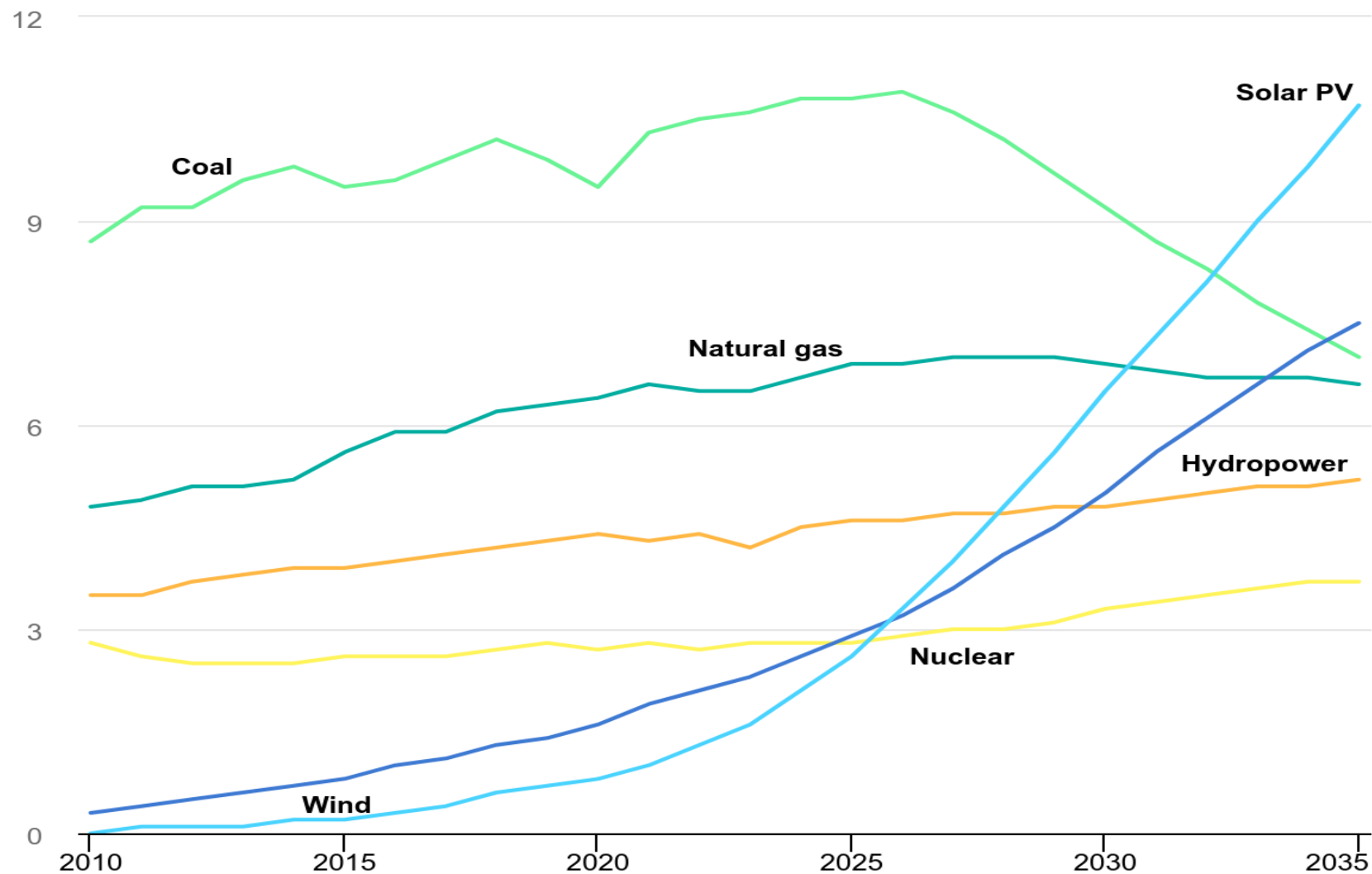
وضع موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهان (۲۰۲۵)

کشورهای پیشرو در بکارگیری انرژی خورشیدی



ظرفیت اسمی نصب شده نیروگاه های خورشیدی در جهان هم اکنون حدود **۲۲۶۰** گیگاوات است که **۱۰۰۰** گیگاوات آن مربوط به **چین** است.

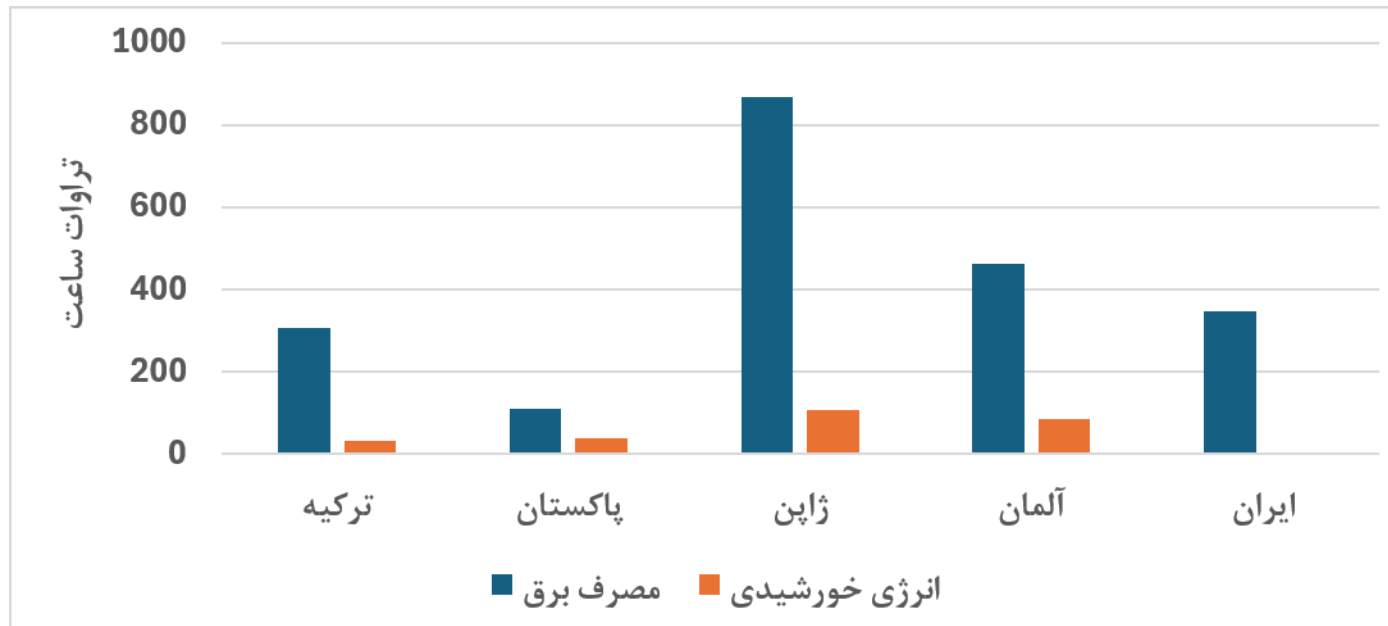
مقایسه منابع فسیلی و تجدیدپذیر در تولید انرژی الکتریکی تا سال ۲۰۳۵ (1000TWH)



تا سال ۲۰۳۵ بالغ بر ۱۱ هزار
تراوات ساعت یعنی معادل حدود
۲۸ برابر کل تولید انرژی
ناویژه صنعت برق ایران در
۱۴۰۳ توسط نیروگاه های
خورشیدی تامین می شود.
البته گاز طبیعی کماکان در
این رقابت باقی می ماند. اما
رشد بادی و خورشیدی به شدت
افزایشی است.

وضعیت انرژی خورشیدی در کشورهای منتخب

سهم انرژی تولیدی نیروگاه های خورشیدی از سبد انرژی برق در برخی کشورها



کل مصرف انرژی برق و تولید خورشیدی (تراوات ساعت)

کشور	مصرف برق	انرژی خورشیدی
ترکیه	۳۰۵	۳۲
پاکستان	۱۱۰	۳۸
ژاپن	۸۶۹	۱۰۷
آلمان	۴۶۳	۸۳
ایران	۳۸۵	۱۳

۳۸۵ میلیارد کیلووات ساعت (تراوات ساعت) معادل تولید ناویژه برق ایران در پایان ۱۴۰۳ بوده است.

سهم انرژی های تجدیدپذیر خورشیدی ایران از تولید ویژه برق کشور در پایان ۱۴۰۳ زیر ۰.۵ درصد بوده است.



مثال: وضعیت انرژی خورشیدی در ترکیه

سال ۲۰۲۴

- ❖ ۲۱.۵ گیگاوات ظرفیت نامی نیروگاه خورشیدی
- ❖ ۱۶ گیگاوات ظرفیت نامی نیروگاه بادی
- ❖ ۳۲.۲ گیگاوات ظرفیت نامی نیروگاه آبی
- ❖ تامین ۶۰٪ از انرژی الکتریکی از تجدیدپذیرها



سال ۲۰۳۵

- ❖ هدف گذاری ۱۲۰ گیگاواتی انرژی تجدیدپذیر غیر آبی
- ❖ ۶۹.۶ گیگاوات ظرفیت نامی نیروگاه خورشیدی
- ❖ ۴۳.۵ گیگاوات ظرفیت نامی نیروگاه بادی

نیروگاه‌های خورشیدی بامی گزینه جدی و رو به گسترش در جهان

آمار اتحادیه اروپا تا اوایل ۲۰۲۵:

- ❑ کل ظرفیت نصب شده نیروگاه خورشیدی: ۳۹۳ گیگاوات
- ❑ سهم نیروگاه خورشیدی بامی (خانگی): ۱۰۶ گیگاوات
- ❑ سهم نیروگاه خورشیدی بامی (تجاری و عمومی): ۱۵۱ گیگاوات
- ❑ سهم نیروگاه غیر بامی مقیاس بزرگ: ۱۳۶ گیگاوات

اروپا در نظر دارد تا سال ۲۰۲۷ ظرفیت **نیروگاه‌های خورشیدی بامی** را به ۳۵۵ گیگاوات برساند.

وضعیت انرژی خورشیدی در ایران

سال ۱۴۰۷ (پایان برنامه هفتم)

❖ هدف گذاری ۱۲ گیگاوات انرژی تجدیدپذیر

طرح ویژه دولت چهاردهم

❖ هدف گذاری ۳۰ گیگاوات انرژی تجدیدپذیر

(۲۵ گیگاوات خورشیدی و ۵ گیگاوات بادی)

تا خرداد ۱۴۰۵:

❖ ۵۱۹۸ مگاوات ظرفیت نامی نیروگاه تجدیدپذیر

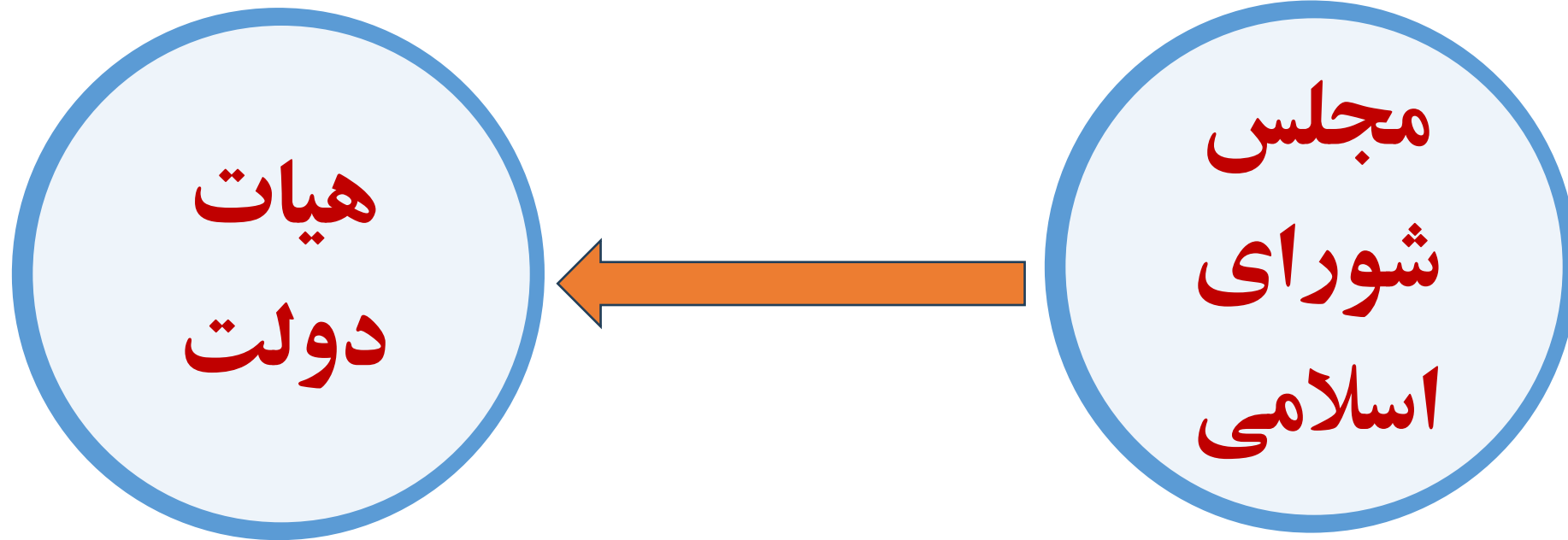
❖ ۳۵۴۴ مگاوات ظرفیت نامی نیروگاه خورشیدی

❖ ۳۷۲ مگاوات ظرفیت نامی نیروگاه بادی

❖ رشد بیش از ۱۱ برابری نسبت به پایان ۱۴۰۳



حکمرانی انرژی در ایران



- وزارت نفت
- وزارت نیرو
- سازمان بهینه سازی و مدیریت راهبردی انرژی
- شورای عالی انرژی

- قانون برنامه هفتم توسعه : ۱۴۰۳ تا ۱۴۰۷
- قانون مانع زدایی از توسعه صنعت برق مصوب سال ۱۴۰۱
- قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور مصوب سال ۱۳۹۴

حکمرانی انرژی در ایران

هدف نهایی حکمرانی انرژی باید تامین همزمان **امنیت انرژی**، **کارایی اقتصادی**، **پایداری زیست محیطی**، و **عدالت در دسترسی به انرژی** باشد.

چالش های حکمرانی انرژی در ایران:

- چندپارگی نهادی علیرغم در هم تنیدگی منابع و حامل های انرژی
- یارانه های گسترده انرژی و قیمت گذاری دستوری
- شدت بالای مصرف انرژی در صنعت، ساختمان و حمل و نقل
- فرسودگی زیرساختهای انرژی
- تحریم های بین المللی و چالش جذب سرمایه گذاری و انتقال فناوری



بومی سازی و توسعه فناوری: زنجیره سیلیکون

بخش پنل های فتوولتائیک چندین بازیگر اصلی دارد و بخش های سلول و شمش و ویفر نیز توسط چندین تیم در حال پیاده سازی است که به زودی به بهره برداری خواهد رسید.

در پلی سیلیکون به عنوان مهمترین بخش زنجیره هیچ اقدامی انجام نشده

از ابتدا تا مرحله سیلیکون متال پیشرفت قابل ملاحظه ای داشته



*مبتنی بر مزیت انرژی کشور است. می توان به صورت مدولار آن را توسعه داد و زمان راه اندازی آن نسبتاً کوتاه است.
*وابستگی استراتژیک تامین مواد اولیه آن به چین بسیار زیاد خواهد بود و چین عملاً مازادی برای صادرات پلی سیلیکون ندارد و این موضوع را تشویق نمی نماید.
*بدون وجود حلقه تولید سلول، بازار داخلی آن محدود است.

تولید سیلیسیم متالورژی از حلقه های پرسود زنجیره است که با توجه به حجم سرمایه گذاری پایین آن، جذابیت بالایی برای سرمایه گذاری بخش خصوصی دارد و توسعه آن نیازمند ارائه مشوق های دولتی خاصی نیست.

بومی سازی و توسعه فناوری: عمق ساخت داخل در انرژی خورشیدی

فناوری اصلی	زیر دسته	درصد عمق ساخت داخل	وضعیت تولید
مبدل (اینورتر)	مقیاس کوچک	۶۰	تولید تجاری محدود
	مقیاس متوسط	۳۰	تولید تجاری محدود
	مقیاس بزرگ	—	تولید تجاری ندارد
زنجیره سیلیکون	پنل	۶۰	تولید تجاری تجاری
	سلول	—	تولید تجاری ندارد
	شمش و ویفر	—	تولید تجاری ندارد
	پلی سیلیکون	۰	تولید تجاری ندارد
	سیلیکون متال	۷۰	تولید تجاری دارد
سایر تجهیزات جانبی	سیم و کابل و سازه، ترانسفورمر، کنترل و ابزار دقیق	۱۰۰	تولید تجاری انبوه دارد

مشخصات ابلاغیه های بومی سازی مبدل های خورشیدی در قالب تولید بار اول با محوریت معاونت علمی (شرکت متقاضی: ساتبا)

شرکت مجری		توان پژوهان فناور پاسارگاد		جستار دانش علم و صنعت		نیان الکترونیک	فرزان فن اندیش فردا	وبکو
نوع مبدل		هیبریدی		متصل به شبکه	متصل به شبکه	متصل به شبکه	متصل به شبکه	متصل به شبکه
رده توان مبدل (کیلووات)		۲۰		۱۲۵۰	۳۶۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰
تعداد		۱۰۰۰		۳	۲۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۵۰
ارزش کل طرح (دلار)		۱،۹۵۰،۰۰۰		۱۷۹،۰۰۰	۱،۸۷۵،۰۰۰	۳۷۰،۰۰۰	۴۳۵،۰۰۰	۲۶۹،۶۶۲
نیاز سالیانه کشور		۱۵،۰۰۰ دستگاه		۷،۰۰۰ دستگاه	۱۳،۰۰۰ دستگاه	۱۵،۰۰۰ دستگاه	۱۵،۰۰۰ دستگاه	۱۰،۰۰۰ دستگاه
اثر بخشی	کاهش ارزبری سالانه کشور (میلیون دلار)	۱۴		۱۶۰	۴۹	۴۹	۳۴	۳۷
	کاهش هزینه نسبت به نمونه خارجی (%)	۰		۰	۰	۵۷	۱۹	۵

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

چندین سناریو برای برآورد ظرفیت نامی مورد نیاز از نوع نیروگاه خورشیدی و بادی در افق ۱۴۱۴ (مستقل از ظرفیت ساخت یا تامین و ظرفیت شبکه انتقال و توزیع)

فرضیات :

❖ ۴/۵٪ رشد نیاز مصرف انرژی ۱/۵٪ بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی ۳٪ رشد خالص

سناریو ۱: تامین کل نیاز مصرف جدید انرژی تا سال ۱۴۱۴ (رفع ناترازی با انرژی تجدیدپذیر)
(۸۰٪ خورشیدی و ۲۰٪ بادی)

سناریو ۲: تامین ۲۰٪ کل نیاز مصرف انرژی تا سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی

سناریو ۳: تامین ۳۰٪ کل نیاز مصرف انرژی تا سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی

سناریو ۴: تامین ۲۵٪ و ۵٪ کل نیاز مصرف انرژی تا سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی و بادی

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۱: تامین کل نیاز مصرف جدید انرژی از سال ۱۴۰۴ تا ۱۴۱۴ توسط بادی و خورشیدی
(رفع کامل ناترازی در افق ۱۴۱۴ با ۸۰٪ خورشیدی و ۲۰٪ بادی)

■ نیاز مصرف جدید کشور از سال ۱۴۰۴ تا ۱۴۱۴: ۱۸۰ تراوات ساعت

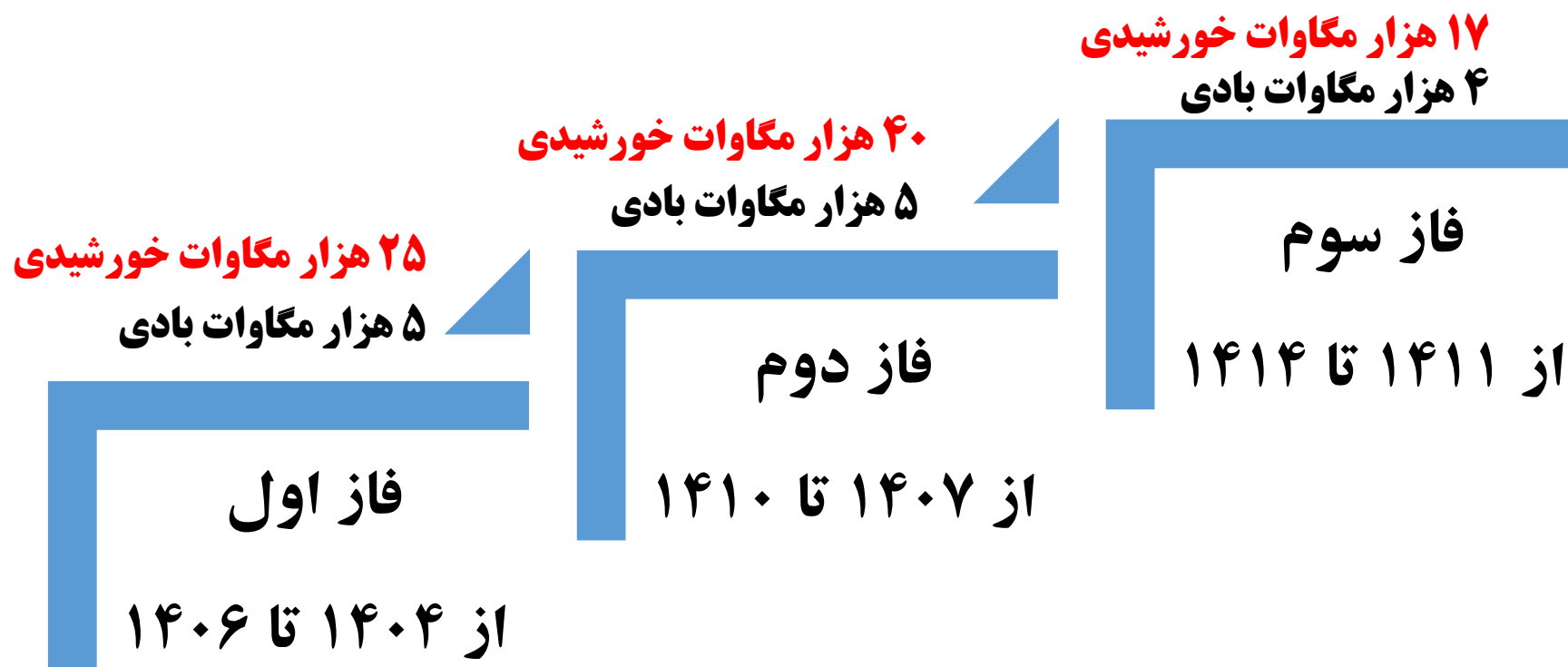
ظرفیت نامی مورد نیاز نیروگاه خورشیدی:
۸۲ گیگاوات معادل سالی ۸.۲ گیگاوات در افق ۱۰ ساله

ظرفیت نامی مورد نیاز نیروگاه بادی:
۱۴ گیگاوات معادل سالی ۱.۴ گیگاوات در افق ۱۰ ساله

این فقط نیازسنجی است و توان ساخت یا تامین فعلی و نیز ظرفیت میزبانی تجدیدپذیر در شبکه انتقال و توزیع را در نظر نمی گیرد.

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۱: تامین کل نیاز مصرف جدید انرژی از سال ۱۴۰۴ تا ۱۴۱۴ توسط بادی و خورشیدی
(رفع کامل ناترازی در افق ۱۴۱۴ با ۸۰٪ خورشیدی و ۲۰٪ بادی)



ظرفیت نامی جدید در سه دوره زمانی مطابق سناریو ۱

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۲: تامین ۲۰٪ کل نیاز مصرف انرژی در سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی

■ نیاز مصرف انرژی در ۱۴۱۴: ۵۷۰ تراوات ساعت

■ ۲۰٪ سهم انرژی خورشیدی: ۱۱۴ تراوات ساعت

ظرفیت نامی مورد نیاز نیروگاه خورشیدی :

۶۵ گیگاوات معادل سالی ۶.۵ گیگاوات در افق ۱۰ ساله

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۲: تامین ۲۰٪ کل نیاز مصرف انرژی در سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی



ظرفیت نامی جدید در سه دوره زمانی مطابق سناریو ۲

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۳: تامین ۳۰٪ کل نیاز مصرف انرژی در سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی

■ نیاز مصرف انرژی در ۱۴۱۴: ۵۷۰ تراوات ساعت

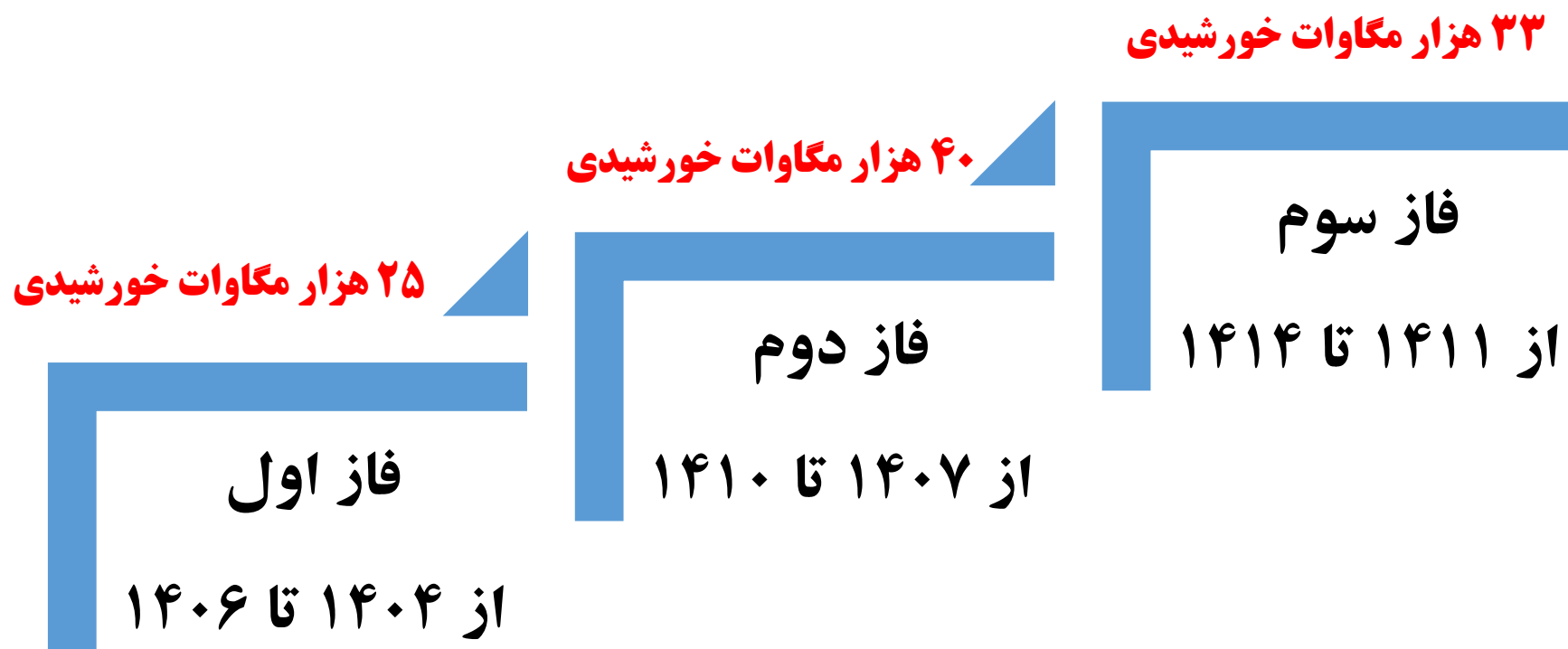
■ ۳۰٪ سهم انرژی خورشیدی: ۱۷۱ تراوات ساعت

ظرفیت نامی مورد نیاز نیروگاه خورشیدی :

۹۸ گیگاوات معادل سالی ۹.۸ گیگاوات در افق ۱۰ ساله

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۳: تامین ۳۰٪ کل نیاز مصرف انرژی در سال ۱۴۱۴ با انرژی خورشیدی



ظرفیت نامی جدید در سه دوره زمانی مطابق سناریو ۳

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۴: تامین ۲۵٪ و ۵٪ کل نیاز مصرف انرژی تا سال ۱۴۱۴ به ترتیب با انرژی خورشیدی و بادی

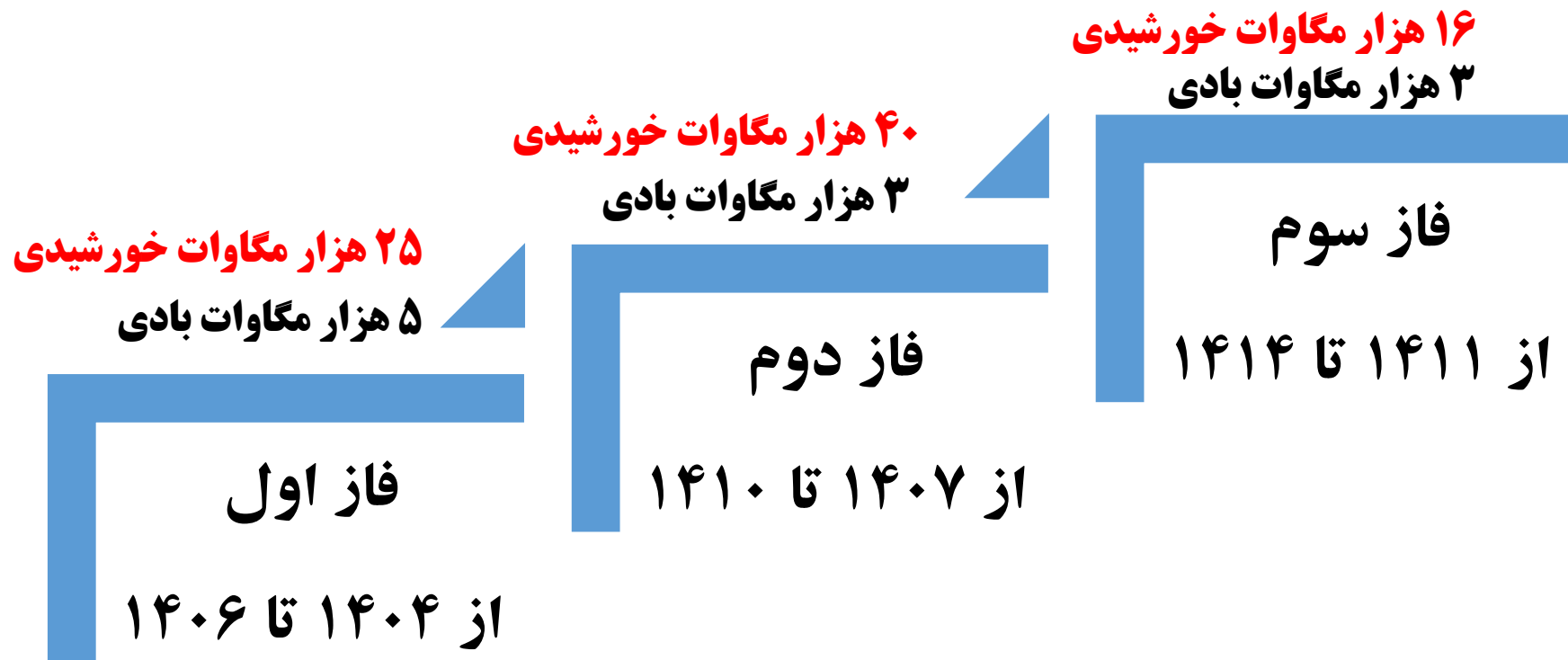
▪ ۲۵٪ سهم انرژی خورشیدی تا سال ۱۴۱۴: ۱۴۲.۵ تراوات ساعت

▪ ۵٪ سهم انرژی بادی تا سال ۱۴۱۴: ۲۸.۵ تراوات ساعت

ظرفیت نامی مورد نیاز نیروگاه خورشیدی: ۸۱ گیگاوات
ظرفیت نامی مورد نیاز نیروگاه بادی: ۱۱ گیگاوات

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

سناریو ۴: تامین ۲۵٪ و ۵٪ کل نیاز مصرف انرژی تا سال ۱۴۱۴ به ترتیب با انرژی خورشیدی و بادی



ظرفیت نامی جدید در سه دوره زمانی مطابق سناریو ۴

نیروگاه‌های خورشیدی بامی گزینه جدی برای توسعه انرژی خورشیدی در ایران

به دلیل **محدودیت فضا و سازه**، ایمنی انسانی و محیطی (برق گرفتگی، آتش سوزی، سایه اندازی و کاهش بازده) و **تاثیرگذاری روی شبکه توزیع محلی فشار ضعیف (تزریق هارمونیک)**، شرایط سخت گیرانه تری با توجه به استانداردها برای نیروگاه های بامی وجود دارد.

مثال: استاندارد IEC-61215 برای تست بار مکانیکی ناشی از فشار باد یا برف

استانداردهای مهم در حوزه تجهیزات نیروگاه خورشیدی

موضوع استاندارد	استاندارد جهانی	شرح استاندارد
صحه گذاری، اصالت سنجی و گپ آنالیز گزارشات آزمون پنل های خورشیدی وارداتی	IEC 61215	احراز شرایط طراحی و تایید نوع مدول های فتوولتائیک
	IEC 61730	احراز شرایط ایمنی مدول فتوولتائیک: الزامات ساختمان مدول و الزامات آزمون
صحه گذاری، اصالت سنجی و گپ آنالیز گزارشات آزمون اینورترهای خورشیدی وارداتی	IEC 62109	الزامات عمومی ایمنی مبدل های قدرت برای استفاده در سیستم های فتوولتائیک
	IEC 61727	ویژگی های رابط شبکه برق سیستم های فتوولتائیک
	IEC 61683	اندازه گیری بازده تنظیم کننده های توان سیستم های فتوولتائیک
	IEC 61000	آزمون های سازگاری الکترومغناطیسی
	IEC 62116	آزمون تدابیر جلوگیری از جزیره ای شدن اینورترهای فتوولتائیک متصل به شبکه

- نسخه ملی بسیاری از استانداردهای فوق توسط **سازمان ملی استاندارد** ایران تدوین و انتشار یافته اند.
- **شرکت مانا انرژی** دارای مجهزترین آزمایشگاه پنل است که با همکاری **شرکت اپیل** بهره برداری می شود.
- شرکت اپیل و نیز صنایع انفورماتیک ایران توانایی انجام آزمون های مهم مبدل های کوچک را دارند.

پیشنهادهای

❖ تدوین برنامه کلان انرژی در افق ۱۰ سال آینده یک ضرورت است. کشور فاقد یک سند جامع انرژی است.

❖ برنامه توسعه صنعت برق کشور در افق ۱۰ سال آینده با تعیین سهم هریک از انواع فناوریها باید تدوین شود. برنامه توسعه انرژی خورشیدی و بادی ذیل آن تدوین می شود.

❖ شیوه های خرید انرژی تجدیدپذیر در ایران باید متناسب با شرایط جدید بازنگری شوند.

❖ سهم فناوریهای انرژی خورشیدی چند منظوره همچون FPV، AgriPV، BIPV باید متناسب با شرایط کشور تعیین شود. این سه فناوری در پیوست معرفی شده است.

❖ پیوست فناوری برای انتقال دانش و تکنولوژی با مشارکت شرکت های مطرح داخلی در طرح های واردات از خارج باید در اولویت قرار داده شود.

پیشنهادهای

❖ شبکه برق ایران با توجه به تعدد نیروگاههای گازی و نیز نیروگاههای برق آبی می تواند بین ۲۰ تا ۳۰ درصد مصرف را به کمک نیروگاه های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی بدون نیاز به ذخیره ساز تامین کند.

❖ توسعه و بکارگیری ذخیره سازهای مقیاس متوسط و مقیاس بزرگ از نوع باتری یک ضرورت است.

❖ سهم نیروگاه های خورشیدی بامی از کل سبد انرژی خورشیدی باید به میزان حداقل ۴۰ درصد برسد. هم اکنون این سهم زیر ۱۰ درصد است.

❖ توسعه سامانه های خورشیدی هیبریدی بویژه از نوع مقیاس کوچک ضرورت دارد. پیش نیاز طراحی و پیاده سازی سامانه های خورشیدی هیبریدی باتری های ذخیره ساز است.

❖ راه اندازی حداقل ۲ آزمایشگاه مرجع در زمینه مبدل و ۲ آزمایشگاه مرجع در زمینه پنل برای استانداردسازی ضروری است.

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

پیوست ۱: معرفی فناوری نیروگاه خورشیدی شناور Floating PV

نیروگاه خورشیدی شناور نوعی فناوری تولید برق از انرژی خورشیدی است که در آن پنل‌های فتوولتائیک بر روی سازه‌های شناور در سطح آب‌هایی مانند دریاچه‌ها، مخازن، سدها یا کانال‌ها نصب می‌شوند.

هدف اصلی FPV، بهره‌برداری از فضاهای آبی برای تولید برق بدون اشغال زمین‌های قابل استفاده برای کشاورزی یا ساخت‌وساز است. این فناوری به‌ویژه در کشورهایی با کمبود زمین یا جمعیت بالا مانند ژاپن، کره جنوبی و هلند کاربرد دارد. علاوه بر این، FPV با **کاهش تبخیر آب از سطح مخازن (تا ۷۰-۸۰ درصد در برخی موارد)**، **به حفظ منابع آبی کمک می‌کند و با خنک نگه داشتن پنل‌ها به دلیل مجاورت با آب، راندمان تولید برق را ۵ تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد.** **قیمت این فناوری حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد بالاتر از فناوریهای مرسوم است.**

چشم انداز انرژی خورشیدی در ایران در افق ۱۴۱۴

پیوست ۲: معرفی فناوری نیروگاه خورشیدی کشاورزی Agri PV

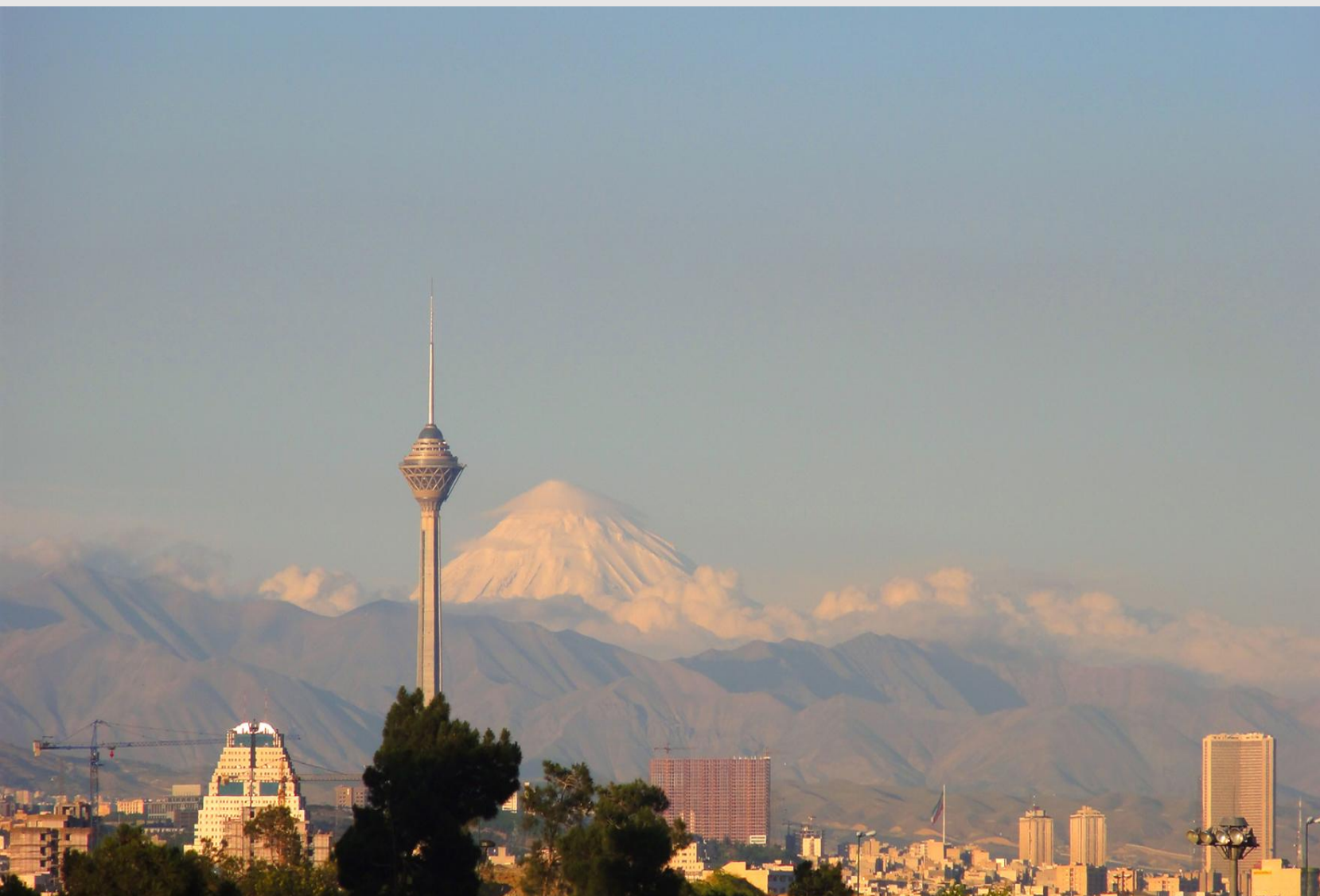
نیروگاه خورشیدی کشاورزی یک فناوری نوپدید است که به طور همزمان امکان تولید انرژی خورشیدی و فعالیت های کشاورزی را در یک زمین فراهم می کند. در این سیستم، پنل های فتوولتاییک به گونه ای نصب می شوند که امکان کشت محصولات کشاورزی در زیر یا کنار آنها فراهم باشد. هدف اصلی AgriPV، استفاده بهینه از زمین های کشاورزی برای تولید برق و محصولات کشاورزی به صورت هم زمان است. مزیت های آن به شرح زیر است.

- ❖ تبخیر آب را کاهش می دهد (تا ۳۰-۴۰ درصد)،
- ❖ دمای محیط را تعدیل می کند،
- ❖ از محصولات در برابر شرایط جوی سخت مانند تگرگ یا آفتاب سوختگی محافظت می کند،
- ❖ راندمان تولید برق را به دلیل خنک تر ماندن پنل ها افزایش دهد (۵-۱۰ درصد بهبود راندمان).

هزینه احداث AgriPV حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از سیستم های زمینی است. با این حال استفاده از زمین دو منظوره هزینه های بلندمدت را جبران می کند.

پیوست ۳: معرفی فناوری نیروگاه خورشیدی Building-Integrated Photovoltaics

نیروگاه خورشیدی یکپارچه با ساختمان BIPV نوعی از فناوری است که در آن پنل‌های فتوولتایک به عنوان بخشی از عناصر ساختمانی (مانند نما، پنجره‌ها، سقف یا دیوارها) طراحی و نصب می‌شوند. برخلاف سیستم‌های خورشیدی سنتی که به صورت جداگانه روی ساختمان‌ها اضافه می‌شوند، BIPV به طور کامل با معماری بنا ادغام شده و علاوه بر تولید برق، نقش ساختاری یا زیبایی‌شناختی نیز ایفا می‌کند.



Turaj Amraee

Professor, Electrical Engineering
Ph.D., Sharif University of Technology,
in collaboration with Grenoble-INP, France.

Department of Electrical Engineering
K. N. Toosi University of Technology, Tehran-Iran
Room:109 ECE

Tel.Office: +98 (21) 84062298, Fax: +98 (21) 88462066

Tel.PSS Lab: +98 (21) 84062349

Email: amraee@kntu.ac.ir

<https://scholar.google.com/citations?user=4LWA77AAAAAJ&hl=en>

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAV-6532-2020>

هوای پاک، با توسعه سامانه های خورشیدی و بادی