نقش و جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان و ایران

بتول صفائی-گیتی طالقانی*

نقش و جایگاه انرژی در تحولات زندگی بشر

انرژی، زیربنایی اساسی برای پیشرفت اقتصادی است که نقش تعیین‌کننده‌ای در بهبود زندگی بشر دارد. از آنجا که بشر پیوسته کالاهای بیشتر و خدماتی که شدیداً انرژی‌بر هستند، طلب می‌کند، لذا نیاز به انرژی هر روزه افزایش می‌یابد. سودمندی صنایع سنگین، کشاورزی، حمل و نقل و خدمات، اساساً با کاربرد وسایلی که شدیداً انرژی‌بر هستند (از هواپیماهای جت گرفته تا کامپیوترها) افزایش یافته است. در واقع، افزایش سرانهٔ مصرف انرژی در همهٔ کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، با افزایش سرانهٔ تولید ناخالص ملی آنها متناسب می‌باشد.

منابع فعلی انرژی و میزان مصرف جهانی هرکدام

طبق برآوردی که در سال ۱۹۹۵ به عمل آمده است، زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی بیش از ۹۰ درصد از انرژی مصرفی جهان را تأمین می‌کنند و طبق پیش‌بینی کارشناسان، قرار بوده که سوختهای فسیلی بیش از ۷۵ درصد از نیاز انرژی جهان را تا سال ۲۰۰۰ تأمین کنند.

جدول شمارهٔ (۱)، میزان مصرف جهانی منافع فسیلی، برق آبی و هسته‌ای را براساس برآورد سال ۱۹۹۵ نشان می‌دهد.

برای قرن بیست و یکم، همانگونه که در شکل شمارهٔ (۱) دیده می‌شود، پیش‌بینی می‌شود که نفت و گاز ۳۵ درصد، زغال سنگ ۲۰ درصد و منابع انرژی جایگزین ۳۵ درصد از انرژی مصرفی جهان را تأمین کنند.

جدول شمارهٔ ۱
میزان مصرف جهانی منابع انرژی در سال ۱۹۹۵

ردیف	منابع انرژی	سهم تقاضا
۱	زغال سنگ	حدود ۳۰ درصد
۲	نفت	حدود ۴۰ درصد
۳	گاز طبیعی	حدود ۲۳ درصد
۴	برق آبی	حدود ۲ درصد
۵	انرژی هسته‌ای	حدود ۷ درصد

الگوی مصرف انرژی در ایران

مروری بر توسعهٔ اقتصاد انرژی در جمهوری اسلامی ایران نشان می‌دهد که حاملهای انرژی فسیلی، مانند فرآورده‌ها نفتی و گاز طبیعی، مهمترین اشکال انرژی می‌باشند که در بخشهای مختلف اقتصادی و اجتماعی به مصرف می‌رسند. طبق برآورد ترازنامهٔ انرژی جمهوری اسلامی ایران، مصرف نهایی انرژی در سال ۱۳۷۷ با رشد ۲/۹ درصد نسبت به سال قبل، به ۶۵۱/۲ میلیون بشکه معادل نفت‌خام رسید. در این سال، سهم حاملهای انرژی در کل مصرف نهایی انرژی، طبق جدول شمارهٔ (۲) می‌باشد.

آلودگی زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوختهای فسیلی در ایران

بررسی‌های به عمل آمده در سال ۱۳۷۷ نشان می‌دهد که میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوختهای فسیلی در ایران به ترتیب شامل: ۴۹۰۲ هزار تن منواکسید کربن، ۲۳۹/۸ هزار تن ذرات معلق، ۸۹۹/۴ هزار تن اکسیدهای نیتروژن، ۱۰۷۶/۶ هزار تن اکسیدهای گوگرد، ۲۲۲۳۲۰ هزار تن دی‌اکسید کربن و ۱۱۷۵/۶ هزار تن هیدروکربورها بوده است.

طبق برآورد ترازنامهٔ انرژی جمهوری اسلامی ایران، احتراق فرآورده‌های نفتی

* اعضای هیئت علمی مرکز توسعهٔ انرژی‌های نو، سازمان انرژی اتمی ایران

جدول شمارهٔ ۲

درصد سهم مصرف منابع انرژی در سال ۱۳۷۷ و درصد سهم افزایش آنها نسبت به سال قبل

ردیف	منابع انرژی	درصد مصرف انرژی نسبت به کل مصرف نهایی	درصد سهم افزایش نسبت به سال قبل
۱	فرآورده‌های نفتی	۶۲/۴۵ درصد	۸۲/۲۶ درصد
۲	گاز طبیعی	۲۸/۳۵ درصد	۱/۰۷ درصد
۳	برق	۷/۵ درصد	۴/۳ درصد
۴	سوختهای جامد	۱/۷ درصد	۱۲/۳۷ درصد

مهمترین عامل انتشار آلاینده‌ها می‌باشد، لذا رشد مصرف این فرآورده‌ها، موجبات افزایش میزان انتشار آلاینده‌ها را فراهم می‌نماید. در سال ۱۳۷۷، نفت کوره با ۶۱/۴ درصد، بیشترین سهم را در انتشار SOx و نفت گاز با ۸۱/۸ و ۴۸/۶ درصد به ترتیب بیشترین سهم را در انتشار SPM و NOx داشته است. همچنین بنزین موتور با انتشار ۹۷/۸ درصد از کل CO منتشر شده، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است.

پیش‌بینی وضعیت منابع سوختی فعلی ایران و لزوم جایگزینی انرژی‌های نو در ایران

با توجه به الگوی مصرف انرژی و روند رشد آن در ایران، پیش‌بینی می‌گردد که منابع سوختهای فسیلی ایران حتی تا ۱۵ یا ۲۰ سال آینده، جوابگوی نیازهای داخلی نیست. حال اگر این روند ادامه یابد و باز هم تکیهٔ اصلی بخش انرژی کشور به منابع فسیلی باشد، علاوه بر اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از پخش آلاینده‌ها به محیط زیست، کشور با محدودیت منابع فسیلی مواجه شده و در نتیجه با محدودیت صادرات انرژی روبرو خواهد شد. مطالعات نشان می‌دهد که تا سال ۱۳۹۵ شمسی، با درنظر گرفتن افزایش جمعیت و روند فزایندهٔ مصرف انرژی، به احتمال قریب به یقین، یا صادرات نفت ایران قطع می‌شود و یا میزان آن به کمترین حد ممکن خواهد رسید. با توجه به این موارد، لزوم افزایش کارآیی انرژی و چند پایه نمودن منابع انرژی احساس می‌گردد. به دنبال این خط مشی، نیاز به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر علاوه بر مصرف کارای منابع موجود انرژی، مورد تأکید قرار می‌گیرد.

این منابع عبارتند از انرژی خورشیدی، بادی، بیوگاز، زمین گرمایی، آبی، امواج جزر و مد و هیدروژن.

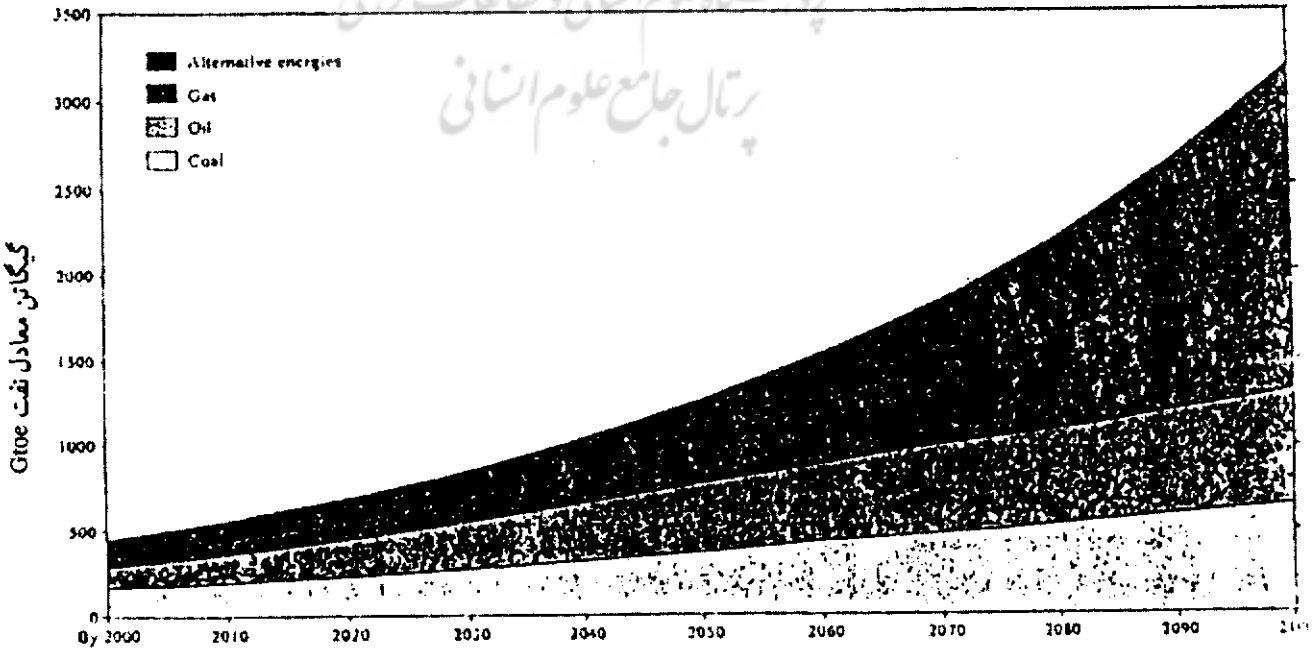
مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر

۱ـ تجدیدپذیری

مشخصهٔ بارز این انرژی‌ها آن است که پایان‌ناپذیرند و مرتباً به طور طبیعی بازسازی می‌شوند. به عبارت دیگر، منابع تولید این‌گونه انرژی‌ها، برخلاف نفت و گاز و زغال سنگ محدود نیستند و چنانچه از آنها به عنوان انرژی کمکی در جوار سوختهای فسیلی استفاده شود،

شکل شمارهٔ ۱

پیش‌بینی ترکیب عرضهٔ انرژی در قرن بیست و یکم



شکل ۱: ترکیب عرضهٔ انرژی در قرن بیست و یکم

در مصرف سوختهای متداول صرفه‌جویی شده و نگرانی در خصوص محدودیت منابع آن نیز برطرف می‌شود. در نتیجه، منابع فسیلی برای استفادهٔ نسلهای آینده باقی خواهند ماند.

۲ـ انعطاف‌پذیری

منابع انرژی تجدیدپذیر منطقه‌ای می‌توانند به صورت محلی کنترل شوند و برای این کار نیازی به شبکه‌های سراسری و سیستم‌های پیچیدهٔ انتقال انرژی نیست. بنابراین، اهالی هر منطقه می‌توانند تکنولوژی مناسب با راندمان بهتر را با درنظر گرفتن شرایط محلی و کار مورد نیاز خود انتخاب کنند که طبیعتاً در هر منطقه می‌توانند متفاوت باشد. این ویژگی، جنبهٔ انعطاف‌پذیری این انرژی را نشان می‌دهد.

۳ـ ایمنی

نتایج تحقیقات گوناگونی که تاکنون به عمل آمده است، حاکی از آن است که انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی‌های دیگر، عاری از هرگونه آلودگی‌های طبیعی‌اند. هرچند در برخی از انواع آن، مانند انرژی زمین گرمایی، بخار آب حاصله از این سیستم حاوی مقدار کمی سولفید هیدروژن، جیوه و رادون است، ولی به طور کلی اثرات نامطلوبی بر محیط زیست ندارد و آنها را به آسانی می‌توان از میان برد. بنابراین، از نظر جهانی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، احتمال وقوع حوادث بد و ناگوار، مانند باران اسیدی، پدیدهٔ گلخانه‌ای و غیره را به حداقل می‌رساند.

به طور کلی می‌توان گفت که جوامع امروزی به شکل فزاینده‌ای خواستار پاکسازی محیط زیستند و افزایش هزینهٔ مربوط به تولید انرژی سالم‌تر را متقبل خواهند شد. به همین دلیل است که تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر، که عاری از هرگونه آلودگی محیطی است، به تدریج جایگاه خود را در برنامه‌ریزی‌های انرژی پیدا می‌کند. خصوصاً اگر خسارتهای وارده در نتیجهٔ استفاده از سوختهای فسیلی به اجتماع و محیط زیست نیز درنظر گفته شوند.

۴ـ ایجاد اشتغال

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، از نظر ایجاد کار و توسعهٔ اقتصادی منطقه‌ای نیز مورد توجه قرار دارند. برای مثال، ایجاد مشاغل جنگل‌کاری و جنگلداری جهت تولید انرژی بیوماس، احداث کارخانه‌های گوناگون جهت تولید و ساخت ادوات گوناگون تبدیل انرژی، به‌کارگیری نیروهای متخصص جهت طراحی سیستم‌های گوناگون تبدیل انرژی، استخدام کارکنان فنی جهت نصب، راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری دستگاه‌های گوناگون تبدیل انرژی، ایجاد اشتغال در بخشهای توزیع این‌گونه انرژی‌ها و فعال‌تر شدن مراکز تحقیقاتی و تولیدی.

افزایش سرانهٔ مصرف انرژی در همهٔ کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، با افزایش سرانهٔ تولید ناخالص ملی آنها متناسب می‌باشد

تاریخچهٔ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان

تاریخچهٔ استفاده از انرژی خورشیدی

فکر استفاده از انرژی خورشیدی فکر جدیدی نیست، معروف است که ارشمیدس فیلسوف یونان باستان، از انرژی اشعهٔ خورشید برای آتش زدن یک دسته کشتی در حال جنگ استفاده نمود. او برای این کار، از آینه‌هایی برای شدت بخشیدن به گرما استفاده کرد.

در اواخر قرن هجدهم، آنتوان لاووازیه توانست درجهٔ حرارتی نزدیک به ۱۷۵۰ درجهٔ سانتیگراد را با استفاده از عدسیهای محدب به وجود آورد. در سال ۱۸۲۶، جان اریکسون مخترع سوئدی، موتوری را که با هوای گرم کار می‌کرد، اختراع نمود. این موتور با تولید نیرویی برابر با ۳۰۰ قوهٔ اسب کار می‌کرد. در ایالات متحدهٔ آمریکا، درست قبل از آغاز قرن بیستم، انرژی خورشیدی مورد توجه علاقه‌مندان قرار گرفت و تعدادی موتور خورشیدی بسیار بزرگ ساخته شد.

در جنگ جهانی، برای سربازانی که مجبور به نجات جان خود به وسیلهٔ قایقهای نجات بودند، تهیهٔ آب شیرین یکی از مشکلات بزرگ بود. در این زمان دکتر ماریا تلکز، دستگاه تقطیر کوچکی از جنس پلاستیک اختراع نمود که سربازان می‌توانستند آن را در قایقهای نجات حمل کنند. بعدها نوع کاملتر این مدل توسعه یافت.

بین سالهای ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰، آبگرمکن‌های متعدد خورشیدی در جنوب کالیفرنیا نصب گردید که برخی از آنها هنوز هم کار می‌کنند. در سال‌های بعد، ساخت آبگرمکن‌های خورشیدی در ژاپن و اسراییل با وسعت زیادی گسترش یافت.

خوراک‌پزهای خورشیدی که از نوع انعکاسی یا شیشه‌ای بودند، با استقبال زیاد مردم آمریکا روبرو شدند. این خوراک‌پزها، حرارتی بیش از ۴۰۰ درجه فارنهایت تولید می‌کردند. یکی از کارهای جالب ژاپنی‌ها، استفاده از انرژی خورشید برای رویاندن جلبک در مخزن‌های پلاستیکی بود.

تاریخچهٔ استفاده از انرژی باد

اولین کشوری که در دنیا از انرژی باد برای مصارف کشاورزی استفاده کرد، ایران بود که در این زمینه سابقه‌ای بیش از ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ سال دارد. استفاده از این انرژی بعداً از طریق ایران به دیگر سرزمین‌های اسلامی راه یافت و سپس اروپا و قارهٔ امریکا و سایر نقاط جهان، انرژی باد را مورد استفاده قرار دادند. با کشف موارد استفادهٔ جدید، انرژی باد در چهار مورد: ۱ـ پمپاژ آب و آبیاری، ۲ـ آسیاب نمودن غلات، ۳ـ تولید الکتریسیته و ۴ـ استفادهٔ مکانیکی، نظیر استفاده از انرژی باد در اره نمودن چوب و صنایع دستی و غیره، به خدمت گرفته شد و در بدو امر، تا قبل از کشف نیروی بخار و دستیابی به سایر منابع انرژی تجاری، به طور وسیعی مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

کشور هلند که در قرن ۱۴ پیشرفته‌ترین کشور در این زمینه بود از این انرژی جهت آبیاری استفاده می‌نمود. اما دانمارکی‌ها اولین ملتی بودند که در زمینهٔ تولید الکتریسیته از انرژی باد اقدام نمودند. این کشور در سال ۱۸۹۰، از یک دستگاه توربین بادی جهت تولید الکتریسیته استفاده می‌نمود. با آغاز قرن بیستم، اندیشهٔ استفاده از انرژی باد و تبدیل آن به انرژی الکتریکی قوت گرفت و کشورهایی نظیر فرانسه، انگلیس، آلمان، آمریکا و شوروی سابق، کوشش زیادی جهت توسعهٔ این مبدل‌ها به عمل آوردند. استفاده از انرژی باد در کشورهای شوروی سابق و آمریکا، در چهار دههٔ ۱۸۷۰ تا ۱۹۱۰ رونق فراوان یافته بود. ولی از این زمان، استفاده از این

انرژی به علت کشف و ساخت موتور دیزل توسط رودلف دیزل در آلمان و فراوانی نفت مورد بی‌توجهی قرار گرفت. اما بعد از سال ۱۹۷۳ و پس از بروز اولین شوک نفتی، کشورهای غربی و به خصوص کشورهای صنعتی، سیاست انرژی خود را تغییر دادند و در راستای این تغییر سیاست، انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی خوشیدی، بادی، آبی و... مورد توجه فراوانی قرار گرفت.

اهمیت و سابقهٔ استفاده از انرژی بیوگاز در جهان و ایران

در کشورهایی نظیر چین و هندوستان، واحدهای بیوگاز در ابعاد کوچک و روستایی ساخته شده و در کشورهای صنعتی نیز ساخت واحدهای بزرگ صنعتی برای دامپروری‌ها و شبکه‌های تصفیهٔ آب و فاضلاب متداول است. در کشورهای در حال توسعه، نظیر چین و هندوستان، سرمایه‌گذاری‌های زیادی توسط مؤسسات دولتی در زمینهٔ طراحی و توسعهٔ این صنعت به عمل آمده است. در این کشورها، به دلیل وجود مقررات شدید در زمینهٔ حفظ محیط زیست، سرمایه‌گذاری‌های زیادی توسط شرکت‌های خصوصی در جهت گسترش صنعت تصفیهٔ بیهوازی به عمل آمده است.

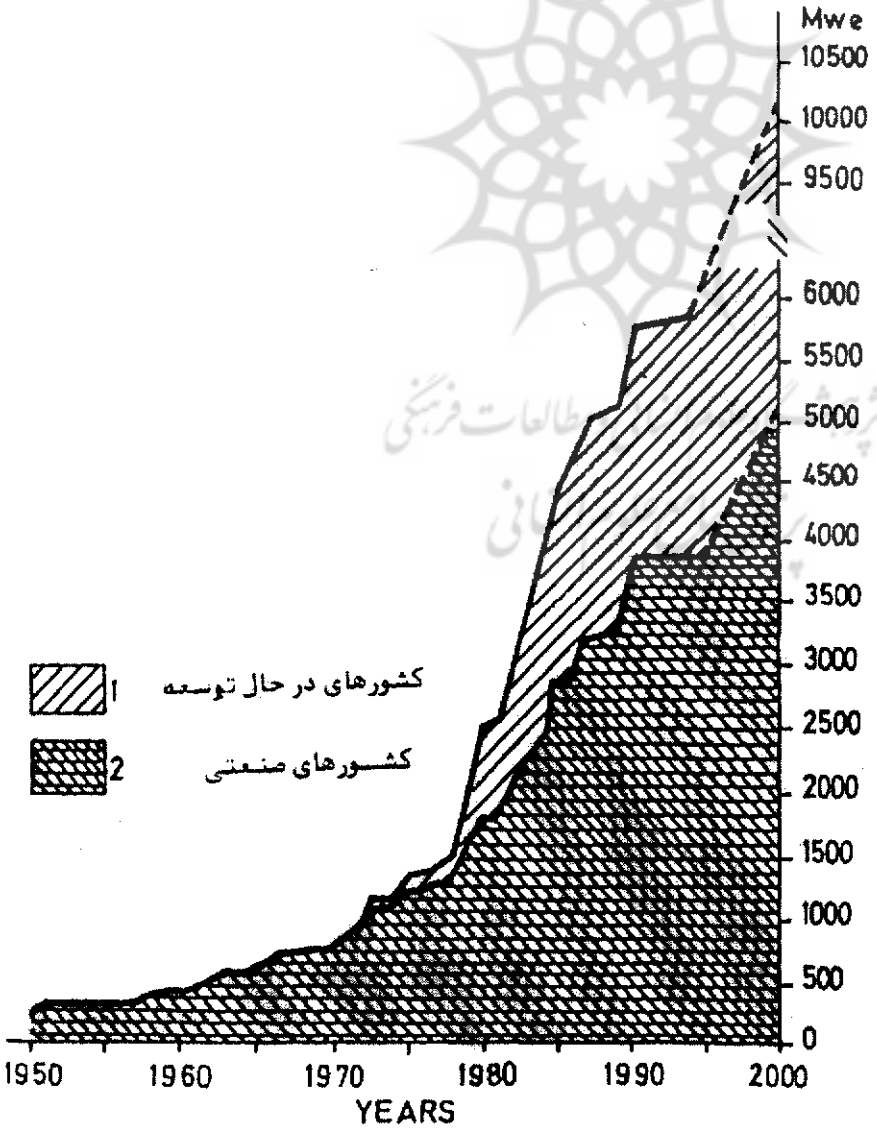
در کشور ایران، گفته می‌شود احتمالاً حمام شیخ که ساختمان آن مربوط به قرن سوم هجری است، به وسیلهٔ گاز متان گرم می‌شده، به طوری که شعله‌ای از این گاز جهت گرم نمودن آب خزینهٔ آن مستقیماً مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در ایران از سال ۱۳۵۳، مطالعات پراکنده‌ای در این زمینه توسط ۱۶ مؤسسهٔ تحقیقاتی دانشگاهی انجام گرفته که منتهی به ساخت حدود ۶۰ دستگاه آزمایشی بیوگاز گردیده است.

تاریخچه استفاده از انرژی زمین گرمایی

اطلاعات ثبت شده در تاریخ نشان می‌دهد که انرژی زمین گرمایی برای گرم کردن فضای مورد نظر و در استخرهای آب‌گرم برای حمام کردن و درمان مورد استفاده بوده است.[1] در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم، استفادهٔ صنعتی و تجاری از این انرژی که به صورت بخار از دهانهٔ آتشفشان و چاه‌های کم‌عمق خارج می‌شد، در تولید اسید بوریک شروع شد. در ایتالیا، اولین قدم در تبدیل این انرژی به برق را در سال ۱۹۰۴ پرنس پیرو جینوری‌کونتی[2] برداشت. در ابتدا، از یک موتور بخار به صورت رفت و برگشت که توسط بخار آب حاصله از ژئوترمال تغذیه می‌شد، استفاده نمودند. ولی این موتور به دلیل مواد خورندهٔ موجود در بخار، دچار خوردگی شدید شد و عمرش به شدت کوتاه شد. برای حل این مشکل، ایتالیایی‌ها توانستند با استفاده از مبدل حرارتی، بخار عاری از گازهای خورنده تولید نمایند. یک واحد ۲۵۰ کیلوواتی از این نوع، در سال ۱۹۱۳ به بهره‌برداری رسید و از آن به بعد، به طور پیوسته تا سال ۱۹۴۰ این نیروگاه توسعه یافت.

حدود نیم قرن از احداث اولین نیروگاه زمین‌گرمایی می‌گذشت که دولت نیوزیلند تصمیم گرفت تا راه پرنس جینوری کونتی را ادامه دهد. ظرفیت پروژهٔ تولید برق در این کشور در سال ۱۹۶۳ تکمیل شد و تا قدرت ۱۹۹۲ مگاوات افزایش یافت. پس از ایتالیا و نیوزیلند، ایالات متحدهٔ امریکا سومین کشوری بود که در این راه گام نهاد و در سال ۱۹۶۰، با احداث یک واحد ۱۲ مگاواتی نخستین گام را بسیار محتاطانه برداشت، پس از آن در سال ۱۹۶۳، یک واحد ۱۴ مگاواتی را نیز به این سیستم افزود. با کشف مخازن جدید، توسعهٔ نیروگاه‌های زمین گرمایی شتاب بیشتری به خود گرفت، به طوری که امروزه این کشور با تولید حدود ۲۸۰۰ مگاوات، بیشترین سهم را در تولید انرژی الکتریکی از انرژی زمین گرمایی دارا می‌باشد. در شکل شمارهٔ ۲، روند رشد تولید انرژی الکتریکی

شکل شمارهٔ ۲
ظرفیت نصب نیروگاههای برق زمین گرمایی در جهان
در سالهای ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰



از انرژی زمین گرمایی، در سالهای مختلف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نشان داده شده است.

وضعیت فعلی انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان

تکنولوژی فتوولتائیک

فتوولتائیک، یعنی استفاده از مواد شبه‌رسانا برای تبدیل مستقیم نور خورشید به الکتریسیته، که با استفاده از این روش، شاهد کاهش هزینهٔ برق تولید شده از حدود یک دلار در سال ۱۹۸۰، به ۳۰-۲۰ سنت به ازای هر کیلووات ساعت در حال حاضر هستیم. با افزایش فزایندهٔ میزان تولید و تأکید بر ابزار و وسایل فیلم نازک، انتظار می‌رود تا در اوایل دههٔ آینده، هزینهٔ تولید الکتریسیته از این منبع به کمتر از ۱۰ سنت در هر کیلووات ساعت برسد.

در حال حاضر، تولید سالانه از طریق این روش، در سطح جهانی به ۱۵۰ مگاوات در زمان اوج می‌رسد و سالیانه رشدی معادل ۲۰ درصد دارد. این نرخ افزایش، موجب دو برابر شدن ظرفیت در کمتر از چهار سال خواهد شد و تعداد زیادی از نیروگاه‌های فتوولتائیک جدید و توسعه یافته نیز به بازار خواهند پیوست.

در سال ۱۹۹۸، کل تولید جهانی در مقایسه با سال ۱۹۹۷، حدود ۲۰/۴ درصد افزایش یافت و به ۱۵۱/۷ مگاوات سید. ایالات متحده با کل تولید ۵۳/۷ مگاوات، اولین و ژاپن با ۴۹/۲ مگاوات، دومین تولیدکننده در سطح جهانی می‌باشند. از سال ۱۹۹۲ تاکنون، بازار جهانی این تکنولوژی رشد سالیانه‌ای برابر با ۱۷ درصد داشته است.

تکنولوژی‌های حرارتی خورشیدی

تکنولوژی‌های خورشیدی که ارائه دهندهٔ گرما و آب گرم برای مصرف‌کنندگان نهایی، یعنی مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی است، دارای سابقه‌ای طولانی در کاربرد تجاری است. گسترده‌ترین کاربرد آن در معماری خورشیدی (طراحی ساختمان) و سیستم گرمایشی آب گرم خورشیدی است. در عرض ۲۵ سال گذشته، تعداد زیادی از سیستم‌های حرارتی خورشیدی در نقاط مختلف جهان، به ویژه در اروپا، آسیا و آمریکای شمالی نصب شده‌اند. بعضی از

با توجه به الگوی مصرف انرژی و روند رشد آن در ایران، پیش‌بینی می‌گردد که منابع سوختهای فسیلی ایران تا ۱۵ یا ۲۰ سال آینده، جوابگوی نیازهای داخلی نباشد

تحلیل‌گران تخمین می‌زنند که حدود ۳۰ میلیون مترمربع از کلکتورهای خورشیدی، در سال برابر با ۱۶/۷Twh انرژی تولید می‌کنند.

شکل دیگر استفاده از انرژی خورشیدی، متمرکز نمودن آن برای ایجاد حرارت جهت تولید بخار و یا برق است. تکنولوژی‌های الکتریکی حرارتی خورشیدی (که به طور سنتی به عنوان «حرارتی خورشیدی» شناخته شده‌اند، ولی امروزه بیشتر به آن نیروی خورشیدی متمرکز گفته می‌شود تا از سیستم گرمایشی هوا و آب مناطق مسکونی متمایز گردد) به «سه شکل» ارائه می‌شود.

نوع اول: متمرکز کننده‌های طولی که اشعه‌های خورشیدی را در طول محور کلکتورهای سهمی شکل متمرکز می‌نمایند (۳۵۴ مگاوات متمرکزکننده‌های سهمی طولی در صحرای «موهاوی» ایالات متحده از سال ۱۹۸۰ در حال تولید برق هستند که برق حاصله را وارد شبکه برق کالیفرنیا می‌نمایند).

نوع دوم: برج‌های نیرو با گیرندهٔ مرکزی که به وسیلهٔ مجموعه‌ای از آینه‌های متمرکزکننده احاطه شده است (برج‌های آزمایشی در حال حاضر در ایالات متحده و اسپانیا مشغول تولید برق هستند.)

نوع سوم: سیستم موتور، همراه با متمرکزکنندهٔ بشقابی که از متمرکزکننده‌های بشقابی شکل از نوع رادار، برای تمرکز اشعهٔ خورشید بر روی موتورهایی که همانند موتور استرلینگ نیروی محرکهٔ آن حرارتی است، استفاده می‌کنند (در حال حاضر با انواع ۷/۵ و ۲۵ کیلووات آزمایش می‌شود). هزینهٔ تولید الکتریسیته متمرکزکننده‌های طولی سهمی، در حدود ۱۲-۱۰ سنت در هر کیلووات ساعت است که این رقم حتی می‌تواند کاهش نیز بیابد. انتظار می‌رود که هزینهٔ تولید الکتریسیته از نوع تکنولوژی دیگر، به مراتب پایین‌تر از سیستم‌های متمرکزکنندهٔ طولی سهمی باشد و انتظار می‌رود تا در صورت تولید آنها در مقادیر تجاری، قیمت به حدود۶-۴ سنت درهرکیلووات ساعت برسد.

تکنولوژی گرمایش خورشیدی

به طور کلی برای آژانس بین‌المللی انرژی، بازار انرژی حرارتی خورشیدی در سالهای اخیر گسترش یافته است، در حالی که استفاده از آن در ایالات متحده در حالت تثبیت و یا حتی رو به کاهش است. در طول سالهای ۱۹۹۰، بازار آن در اروپا رشدی معادل ۱۸ درصد داشته است، به طوری که مجموع تولیدکنندگان آن در اروپا، تعداد ۱۷۸ تولیدکننده است. به عنوان مثال، فقط ۲۶ شرکت در اروپا بیش از ۳۰ نفر کارمند دارند.

نیروگاه حرارتی خورشیدی

به نظر می‌رسد که بازار برای نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی با درجات حرارت بالا، آمادهٔ پیشرفت است. تکنولوژی‌های مربوط به این نیروگاه‌ها، از نظر هزینه دارای کارآیی کافی بوده و آماده برای کاربرد آن در مناطقی هستند که دارای منابع غنی انرژی خورشیدی می‌باشند. نیروگاه‌هایی که در طی دههٔ ۱۹۸۰ ساخته شده‌اند، دارای قابلیت اطمینان بالا و ظرفیت رقابتی مطلوب هستند. آنها همچنین دارای این مزیت نیز هستند که در حال حاضر با توجه به محدودیت انواع کاربرد تجاری آن، می‌توان پیش‌بینی ظرفیتی معادل ۷۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۰۲ و ۵۰۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۱۰ را برای آنها نمود.

بیوماس

بسیاری از مناطق دنیا، خوشبختانه دارای منابعی با مبدأ ارگانیک که بیوماس نامیده می‌شود، هستند که به صورتهای مختلفی (چوب، علف، غلات و ضایعات غلات) دیده می‌شوند که می‌توانند به راههای مختلف به انرژی قابل استفاده تبدیل شوند. به عنوان مثال، می‌توان آنها را سوزاند، همان طور که در طی قرون متمادی این کار انجام گرفته و به صورت وسیعی در دنیای در حال توسعهٔ امروز، از چوب استفاده می‌شود. این عمل باعث از بین بردن جنگل‌ها، فرسایش خاک، کاهش بهره‌وری مزارع و افزایش خطر سیلاب‌های موسمی است. در درازمدت، یکی از مؤثرترین راهها برای استفاده از بیوماس، تکنولوژی بیوگاز است که در آن گاز حاصله از تبدیل بیوماس می‌تواند به عنوان

سوخت در موتورهای احتراقی با کارآیی بالا به کار رود و یا به عنوان مادهٔ ترکیبی برای تولید سوخت مایع استفاده می‌شود. بیوماس همچنین به عنوان مادهٔ اصلی برای تولید اتانول به کار می‌رود که این ماده خود به عنوان سوخت نقلیه و مادهٔ شیمیایی صنعتی مورد استفاده قرار گرفته و بدین ترتیب اتکا به نفت کاهش می‌یابد.

پروژه‌های زیادی در این زمینه در حال انجام است که می‌توان به صورت مؤثر با کمترین هزینه از بیوماس در تولید انرژی استفاده کرد. به عنوان مثال، احتراق همزمان زغال سنگ و بیوماس در دیگ‌های بخار و به حالت گازی در آوردن بیوگاز در محدودهٔ وسیعی از مواد آبی مانند چوب، سبزیجات و حتی یونجه. مزیت علمی تولید انرژی از بیوماس آن است که برعکس منابع تجدیدپذیر دیگر، مانند خورشید و باد که به طور متناوب تولید می‌شود، تولید آن در ۲۴ ساعت مداوم خواهد بود. این عمل از نظر تولید کربن نیز خنثی است، یعنی اینکه دی‌اکسید کربن آزاد شده در طول استفاده از بیوماس، مجدداً در مرحلهٔ رشد بازپس گرفته می‌شود. انتظار می‌رود که منطقی بودن قیمت این شکل از انرژی، آن را قابل رقابت با انواع دیگر نماید و درآمد حاصله از فروش منابع بیوماس می‌تواند سهمی در توسعهٔ اقتصاد روستایی داشته باشد.

بیوماس سهم عمده‌ای در موازنهٔ انرژی کشورهای عضو IEA دارد و حدود ۳ درصد از کل عرضهٔ انرژی اولیه (TPES) را تشکیل می‌دهد. برای تعدادی از این کشورها، بیوماس یکی از بزرگترین داده‌ها به TPES است. از نظر جهانی، حدود ۱۴ درصد از کل تقاضای نهایی انرژی را بیوماس تشکیل می‌دهد. اگرچه در بسیاری از کشورهای عضو IEA، به طور فزاینده‌ای از ضایعات شهری و صنعتی برای تولید الکتریسیته و گرما و همچنین بیوسوخت استفاده می‌شود، ولی با این حال، چوب منبع اصلی حرارتی بیوماس است. استفاده از سوخت جامد یا بیوماس به طور فزاینده‌ای در سیستم‌های احتراق مدرن امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

باد

بسیاری از مناطق جهان دارای منابع عظیم انرژی باد هستند. امروزه، تکنولوژی استفاده از انرژی باد سریعترین رشد را در دنیا داراست، به طوری که سیستم‌های قابل اطمینان (نوعاً از نظر تکنیکی ۹۸-۹۵ درصد)، برق بادی با هزینه‌ای

منابع انرژی تجدیدپذیر منطقه‌ای می‌توانند به صورت محلی کنترل شوند و برای این کار نیازی به شبکه‌های سراسری و سیستم‌های پیچیدهٔ انتقال انرژی نیست

کمتر از ۵ سنت در هر کیلووات ساعت در مناطق مشخصی که سرعت باد حدود ۷ متر بر ثانیه است، تولید می‌کنند. انتظار می‌رود که با نسل جدید توربین‌های بادی که در دست تولید است، هزینهٔ تولید باز هم کاهش یابد. استفاده از انرژی باد در نقاط مختلف دنیا به سرعت در حال گسترش است، به طوری که ظرفیت نصب شده در اروپا، در حال حاضر از ایالات متحده پیشی گرفته است. ظرفیت نصب شدهٔ جهانی در پایان سال ۱۹۹۸، نزدیک به ۹۶۰۰ مگاوات بوده و پروژه‌های عظیم انرژی بادی برای کشورهای صنعتی و در حال توسعه برنامه‌ریزی شده است.

در طی سالهای ۱۹۹۸-۱۹۹۷، کل ظرفیت نصب شدهٔ این انرژی در سطح جهانی ۳۵ درصد افزایش پیدا کرد و به ۹۶۰۰ مگاوات رسید که از این مقدار، فقط ۲۱۰۰ مگاوات آن در طول سال ۱۹۹۸ بود که بیشترین گسترش را در اروپا داشته است. میانگین ظرفیت توربین‌های بادی نصب‌شده در بازارهای اصلی، بیش از ۵۰۰ کیلووات بوده است. در پایان سال ۱۹۹۷، تقریباً ۱۳۰ توربین با یک مگاوات ظرفیت یا بیشتر در حال تولید بوده‌اند. شرکت‌های دانمارکی بیش از ۶۰ درصد از بازار جهانی این تکنولوژی را در دست دارند.

ژئوترمال (زمین گرمایی)

منابع زمین گرمایی- آب گرم یا بخار حاصله از مخازن زیرزمینی- اولین بار در سال ۱۹۰۴ در ایتالیا برای تولید الکتریسیته به کار رفته است. امروزه در سراسر جهان، بیش از ۸۰۰۰ مگاوات نیروگاه‌های ژئوترمال در حال فعالیت هستند. گسترش استفاده از این منبع انرژی به صورتی گسترده در اندونزی، فیلیپین و مکزیک و آمریکای مرکزی صورت گرفته است.

انرژی ژئوترمال، تکنولوژی پایه است و اگر آب گرم یا بخار آب با حرارت بالا در نزدیکی سطح زمین باشد، بسیار مقرون به صرفه خواهد بود (مانند بخار گرم و خشک ناحیهٔ «لاردارلو» ایتالیا و فوران‌های کالیفرنیا). در درازمدت نیز انرژی ذخیره‌شده درصخره‌های گرم‌وخشک واقع در قسمتهای عمیق‌تر سطح زمین، قابلیت بالقوهٔ ارائه منابع بیشتری از انرژی ژئوترمال را دارد.

ظرفیت تولید انرژی ژئوترمال در ایالات متحده که بزرگترین تولیدکننده است، در سال ۱۹۹۸ به ۲۸۵۰ مگاوات رسید و در همان سال ایتالیا دارای ۵۵۸ مگاوات و ژاپن نیز از سال ۱۹۹۵ ظرفیت تولید را به ۱۱۶ مگاوات افزایش داده و در همین راستا، نیوزیلند نیز ۵۹ مگاوات تولید کرده است. در سال ۱۹۹۸، کل ظرفیت تولید این‌گونه انرژی در سطح جهان، معادل ۸/۲۴۰ مگاوات بوده است.

نیروی آبی

نیروی آبی، رشد یافته‌ترین شکل انرژی تجدیدپذیر است که در حال حاضر قسمت مهمی از نیازهای جهانی انرژی را (۱۹ درصد) فراهم می‌نماید و قابلیت بالقوه‌ای برای استفاده از این نوع انرژی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه وجود دارد. اما توسعهٔ آن در کشورهای صنعتی به آن شدت نیست، مگر اینکه بتوان به مشکلات زیست‌محیطی حاصل از استفاده از این نوع انرژی فائق آمد (مشکلاتی نظیر کنترل و بر هم زدن سطح زمین، از بین رفتن ماهی‌ها و از دست دادن اکسیژن آب به هنگام عبور از توربین‌ها). در عین حال، تلاش زیادی لازم است تا توربین‌های مطلوبی طراحی گردند که باعث از بین رفتن ماهی‌ها نشده و به طور کلی اثرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده از این نوع انرژی را به حداقل برسانند.

نیروی آبی کوچک

در مناطقی که قابلیت بالقوهٔ استفاده از این نوع انرژی با حداقل اثرات منفی زیست‌محیطی وجود دارد، تمایل شدیدی برای کاربرد نیروی آبی ایجاد شده است. اگرچه اطلاعات در این زمینه در IEA به‌صورت شفاف وجودندارد، ولی ظرفیت نیروی آبی کوچک در اروپا بین سالهای ۱۹۹۳ و ۱۹۹۶، به مقدار ۷۰۹ مگاوات افزایش یافت و تولید آن به ۹۶۴۳ مگاوات رسید.

انرژی اقیانوس

هرچند استفاده از انرژی آب روی اقیانوس به وسیلهٔ مهار کردن انرژی موجود در امواج اقیانوس و مد دریا تا چند سال آینده به صورت

تجاری مورداستفاده قرارنخواهدبود، اماتحولاتی که در راه گسترش استفاده از این انرژی در سال‌های اخیر به وجود آمده، این امیدواری را ایجاد کرده است که بتوان برای طراحی سیستم‌های کاربردی و عملی در این زمینه امیدوار بود و آزمایش‌های گوناگونی نیز در این زمینه در دست انجام است.

جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

وجود منابع عمده و قابل توجه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، یکی از عوامل اصلی توجه به این نوع انرژی‌ها از دیرباز بوده است، لیکن به علت سرمایه‌بری و ارزبری زیاد طرح‌های توسعهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر و وابستگی کامل این بخش به منابع مالی دولتی، بیشتر فعالیت‌های این‌بخش معطوف به‌امور تحقیقاتی گردیده است.

چگونگی اقتصادی شدن انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

تغییرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوختهای فسیلی، لزوم برآورد هزینهٔ خسارت را برای نشان‌دادن انواع زیان‌های اقتصادی وارده به‌نظام‌های اقتصادی در اثر تخلیهٔ منابع و آلودگی مطرح می‌کند. هم‌اکنون بیشتر کشورها به‌نوعی مصرف سوخت فسیلی را از طریق یارانه‌های پرداختی پشتیبانی می‌کنند. بنابراین اگر یارانهٔ سوختهای فسیلی برداشته شود، دولت‌ها می‌توانند قیمت‌هایی برای سوخت فسیلی تعیین کنند که منعکس کنندهٔ هزینه‌های حفاظتی و زیست‌محیطی آن باشد.

علاوه‌برهزینه‌های حفاظتی و زیست‌محیطی، افزایش مالیات سوخت فسیلی، یکی دیگر از راه‌های تشویق برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. در بیشتر کشورهای اروپایی نیز در این مورد اقدام شده است. مثلاً در اکتبر ۱۹۹۰، در اروپا و ژاپن، مالیات بنزین بین ۱/۴۴ تا ۳/۵ دلار در هر گالن بوده است. همچنین از طرف OECD (یازده کشور عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه) مالیات وضع شده بر روی کربن برای کاهش صدور CO_2، حدود ۱۰۰ دلار برای هر تن کربن درنظر گرفته شده است. جدول شمارهٔ ۳، نمایانگر مقدار کربن صادر شده از هر تن نفت معادل برای منابع سوختی می‌باشد.

جدول شمارهٔ ۳

ضرایب صدور کربن

(تُن کربن برای هر تُن نفت معادل)

زغال سنگ	گاز طبیعی	محصولات نفتی
۱/۰۵	۰/۶۳	۰/۸۲

بنابراین، به منظور رفع آلودگی محیط زیست و تشویق کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر، باید هزینه‌های حفاظتی و زیست‌محیطی برای احتراق سوخت‌های فسیلی درنظر گرفته شود و نظام مالیاتی خاصی برای کاهش CO_2 در قیمت‌گذاری انرژی مدنظر قرار گیرد.

در حال حاضر تغییرات زیادی لازم است تا اولویت‌هایی برای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر مشخص شود که مهمترین آنها عبارتند از:

الف) کاهش یارانه‌ها برای سوختهای فسیلی و افزایش مالیات‌ها جهت هزینه‌های حفاظتی و زیست‌محیطی.

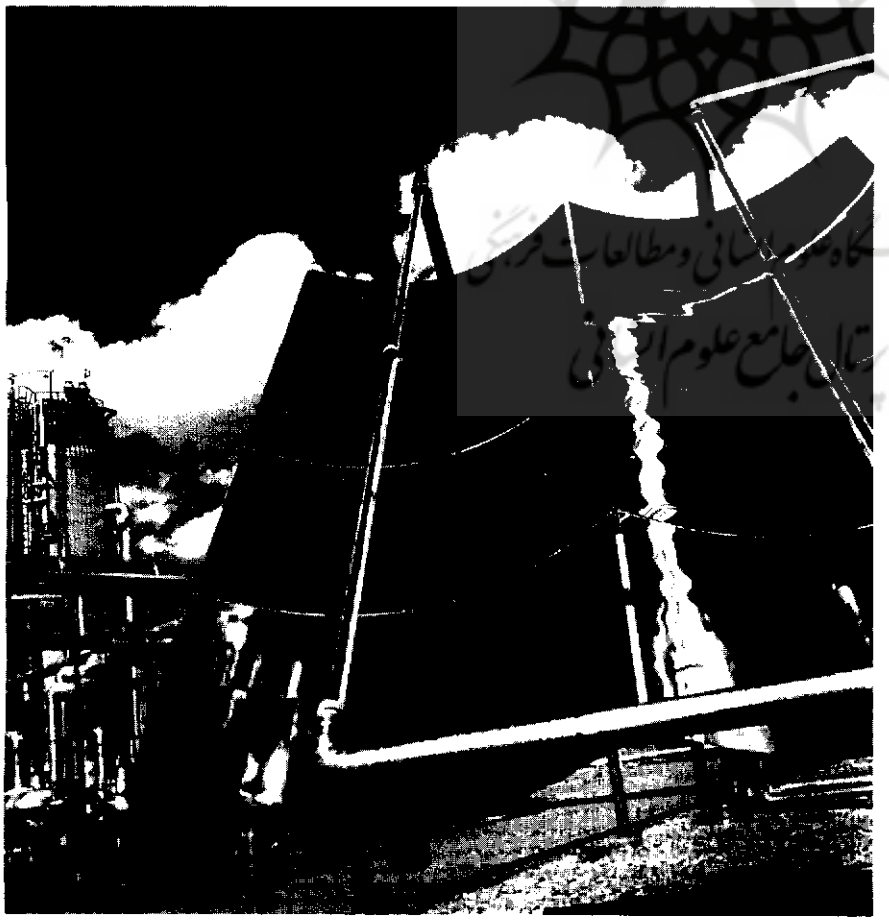
ب) اصلاح صنعت تولید الکتریسیته.

ج) افزایش کارآیی تحقیق و توسعه در ارتباط با تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر.

د) درنظر گرفتن یارانه برای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر.

دورنمای آیندهٔ اقتصاد انرژی در ایران

مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، موجب صرفه‌جویی فرآورده‌های نفتی به عنوان سوخت می‌شود. صرفه‌جویی حاصله در درجهٔ اول، موجب حفظ فرآورده‌های نفتی گشته، که امکان صادرات و یا تبدیل آن فرآورده‌ها به مشتقات بسیار زیاد پتروشیمی با ارزش افزودهٔ بالا وجود دارد. در درجهٔ دوم، تولید انرژی فاقد هرگونه آلودگی زیست‌محیطی، کمک شایانی به حفظ طبیعت سالم جهت زیست بشری نموده و در نتیجه مسیر برای نیل به توسعهٔ پایدار اقتصادی اجتماعی هموار می‌گردد. استفاده از فن‌آوری انرژی‌های تجدیدپذیر در روستاهای کشور، موجبات عمران و آبادی این مناطق را فراهم نموده و بالاخره با بومی‌سازی فن‌آوری انرژی‌های تجدیدپذیر، اقتصاد انرژی کشور رشد بیشتری می‌یابد. ■



پی‌نوشت:

1. The national Energy Authority of Iceland; "Production Cost of Geothermal Steam", Orkustofnum, Mill, 1992.
2. Princo Piero Ginoriconti